

# NOTIZIARIO TECNICO TELECOM ITALIA

NUOVE PIATTAFORME  
DI COMUNICAZIONE

INTERCONNESSIONE TRA  
SISTEMI E TRA OPERATORI

STRATEGIE INNOVATIVE  
PER LA RETE DI ACCESSO

IMPATTO DI INTERNET  
SULL'EVOLUZIONE DELLE TLC

PERUGIA, SPECIALE CNT: L'EVOLUZIONE DELLE RETI DOPO IL 1998

anno 8  
n. 1  
MAGGIO  
1999



## Ai lettori

### Arriva con ritardo... ma ne è valsa la pena

*"Lo sviluppo dell'Europa e quello dell'Italia riposano, in misura cruciale, sulla capacità di competere nell'economia globale ... È necessario destinare maggiori risorse agli investimenti nella ricerca e nell'innovazione tecnologica e alla formazione di capitale umano. L'offerta va spostata verso i servizi."*

Mentre questo numero del Notiziario Tecnico va in stampa, Antonio Fazio, Governatore della Banca d'Italia, si è così espresso nelle "Considerazioni Finali" presentate nel corso della 105<sup>a</sup> Assemblea della Banca d'Italia.

Il Convegno Nazionale delle Telecomunicazioni trattato in questo numero della rivista - che ha ricevuto un sostegno significativo da Telecom Italia - può essere visto come un "rivolo" che confluisce nel grande "fiume" di necessità di innovazione e di formazione auspicato oggi da più parti per il nostro Paese. Questo convegno ha infatti permesso di approfondire i principali temi oggi dibattuti sull'Information and Communication Technology, tracciando un ampio quadro dello stato dell'arte tecnico e tecnologico.

Il giudizio dei presenti sull'evento è stato molto positivo: la scelta effettuata dagli organizzatori del congresso - anzitutto sui temi da trattare e poi sugli oratori e sui presidenti di sessione - è stata accurata. La preferenza data a Perugia, una città che invita alla riflessione, e l'ospitalità fornita da una prestigiosa e antica Università, sono stati poi un ulteriore elemento che ha favorito il dibattito, sempre di alto livello, tra i presenti.

Il convegno ha avuto così un successo superiore a quello ottenuto da analoghe iniziative che sono organizzate di frequente. A questo incontro hanno però potuto partecipare solo centocinquanta tecnici. Si è posto perciò il problema di come far conoscere ai molti esperti che oggi operano nelle telecomunicazioni i lavori presentati nei due giorni dai numerosi relatori. Le tre Associazioni professionali (AEI, AIIT, IIC) che hanno promosso questo incontro hanno quindi chiesto alla Direzione del Notiziario Tecnico di dare visibilità all'evento pubblicando sulla rivista gli atti del convegno.

Il Comitato Direttivo della rivista ha aderito di buon grado a questa proposta ed ha anche ritenuto opportuno rendere fruibile dalla maggior parte dei lettori le memorie presentate; sono stati a questo scopo rivisti i testi e le figure apportando - con l'ausilio degli autori - quelle modifiche che avrebbero reso più agevole la lettura degli articoli, riducendo, in particolare, l'impiego di acronimi o di termini gergali impiegati da specialisti. Il Comitato ha anche deciso di non far riaggiornare dagli autori il contenuto dei testi e in particolare le conclusioni: il convegno ha voluto infatti essere un'istantanea eseguita a maggio dello scorso anno, e quindi un riferimento di possibilità tecniche e di scelte, valide in quel momento. Gli articoli presentati in questo numero speciale sono, perciò, in qualche caso datati, ma possono servire a far conoscere meglio il presente ed a fornire sia uno squarcio sullo spessore delle conoscenze e delle potenzialità presenti nel Paese sia, allo stesso tempo, sulle motivazioni che chiariscono le decisioni prese in questi ultimi tempi dai gestori e dai costruttori di sistemi di telecomunicazione.

A voi che troverete - come mi auguro - interessante questo numero speciale del Notiziario Tecnico, desidero formulare un invito: incontriamoci al prossimo CNT partecipando numerosi al convegno per ricevere con tempestività, di prima mano e dalla voce diretta dei relatori, le novità attese per il successivo biennio e, intervenendo al dibattito, per contribuire a migliorare le nostre conoscenze sugli scenari del prossimo futuro delle telecomunicazioni.

Arrivederci quindi a Milano il 26 ed il 27 ottobre del prossimo anno.



Foto Bellu

Allegoria della Fontana Maggiore di Perugia (da *Consigli e Riformanze* atti del Comune del 1508. Miniatura conservata nella Biblioteca Augusta di Perugia).

r.c.

# Convegno Nazionale delle Telecomunicazioni

## Uno sguardo al futuro prossimo dell'Information and Communication Technology

*Il CNT (Convegno Nazionale delle Telecomunicazioni) nasce dalla convergenza delle capacità e professionalità di tre importanti organismi nazionali:*

- *l'AEI, Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana;*
- *l'AIIT, Associazione Italiana Ingegneri delle Telecomunicazioni;*
- *l'IIC, Istituto Internazionale delle Comunicazioni.*



Perugia nel XVII secolo (Cesare Sarmeì: Piazza del Sopramuro, Galleria Nazionale dell'Umbria).

*Gli elementi peculiari del Convegno sono la periodicità biennale, la sede itinerante, il carattere di alta professionalità tecnico specialistico di aggiornamento sui temi più importanti e avanzati.*

*L'obiettivo dell'iniziativa è quindi quello di incoraggiare il dialogo fra gli interessati alle telecomunicazioni italiane: ricercatori, manifatturieri, gestori, consumatori, autorità, finanziatori. Sono certo che, particolarmente nelle fasi che precedono*

*la competizione, un dialogo fra gli interessati possa rivelarsi particolarmente utile per consentire che il progresso possa avere luogo secondo un modello di riferimento comune, nell'interesse di tutti.*

*Questa prima edizione del CNT si è tenuta presso l'Università di Perugia ed ha pienamente risposto alle aspettative di coloro che vi hanno partecipato. Gli atti del Convegno costituiscono per almeno un biennio un ottimo documento di riferimento sullo stato e sulle prospettive delle telecomunicazioni italiane.*

*Desidero esprimere a Telecom Italia e alla Redazione di questo Notiziario Tecnico la gratitudine dei tre organismi promotori e mia personale, per aver dato in questo modo una diffusione sensibilmente più vasta agli atti del Convegno CNT '98 e agli interventi che hanno avuto luogo in tale occasione.*

*Paolo de Ferra  
Presidente del Comitato Organizzatore*

# Il saluto del Rettore dell'Università di Perugia

*Sono molto lieto di porgere ai partecipanti al convegno su "L'evoluzione delle reti dopo il 1998" il saluto più cordiale mio personale e dell'Università che rappresento, esprimendo a quanti hanno reso possibile la realizzazione di questa manifestazione il mio particolare compiacimento.*

*La qualità degli studiosi intervenuti, l'interesse delle relazioni e l'attualità dei temi trattati sono di per sé garanzia di ottimo successo, ma, vorrei aggiungere, anche testimonianza di un prestigio dell'Università di Perugia nel campo della ricerca scientifica del quale non posso non compiacermi.*

*Come economista non posso non richiamare alla mia mente l'impatto che l'informatizzazione e le reti telematiche stanno avendo sullo sviluppo dei sistemi economici. Anche senza volersi soffermare nei dettagli delle numerose applicazioni nel campo del commercio, dell'organizzazione delle imprese e della finanza, l'innovazione informatica e telematica è sicuramente di incidenza tale da segnare l'andamento del ciclo economico presente per un periodo di tempo sicuramente molto lungo.*

*Le ricerche in questo campo hanno infatti generato un progresso che sta sempre più conferendo all'uomo il dono dell'ubiquità anche se in senso diverso da quello comunemente inteso, non assicurando cioè all'uomo la presenza fisica in luoghi diversi, quanto piuttosto la convergenza di informazioni da luoghi diversi.*

*La dinamica dell'evoluzione scientifica, con la sua rilevante accelerazione in questo e in tutti gli altri campi della ricerca, apre oggi la strada a orizzonti nuovi e potenzialmente ricchi di prospettive promettenti.*

*Consentitemi di chiudere con l'augurio che queste prospettive pienamente si realizzino e che sempre in futuro i risultati della ricerca costituiscano le pietre miliari del progresso umano.*

*Grazie e buon lavoro.*

*Professor Giuseppe Calzoni  
Rettore Magnifico dell'Università di Perugia*



Stemma dell'Università di Perugia.



Domenico Bruschi:  
"I letterati".  
Sala dei ricevimenti,  
Palazzo della  
Provincia di  
Perugia.

## Apertura del convegno



Paolo de Ferra, Presidente del Comitato Organizzatore, apre il convegno.

Paolo de Ferra, Presidente del Comitato Organizzatore, dopo un breve indirizzo di saluto ai presenti, ha indicato - a nome dei tre Organismi promotori del convegno (AEI, AIIT e IIC) - le caratteristiche innovative, in un periodo di grandi cambiamenti che hanno investito il mondo delle telecomunicazioni, e ha messo in evidenza come si stia offuscando il clima di certezze a cui le telecomunicazioni erano state finora abituate. Ha poi citato l'"International Switching Symposium" - tenutosi nel settembre scorso - in cui è stato sottolineato in maniera autorevole che se qualcuno ha le idee chiare su ciò che sta accadendo, vuol dire che in realtà quel qualcuno non sa bene ciò che sta accadendo. Ha concluso sottolineando che in questo quadro l'aggiornamento tecnico diventa ancora più necessario.

Giuseppe Calzoni, Rettore dell'Università di Perugia, ha poi sottolineato l'impatto duraturo che l'informatizzazione e le reti telematiche stanno avendo sullo sviluppo dei sistemi economici attraverso la diffusa disponibilità di informazioni, aggiornate di continuo e provenienti da ogni parte. Si aprono così nuovi orizzonti, ricchi di prospettive promettenti per il progresso umano. Si è infine augurato che convegni di questo tipo possano ripetersi con successo.

Ha portato quindi il saluto del Gruppo Telecom Italia Stefano Pileri, Responsabile della Direzione Rete, che ha confermato l'importanza attribuita dall'Azienda a questo convegno - di cui ha voluto essere sostenitore principale - e la continuità del sostegno che la Società intende dare alle edizioni future. Per queste nuove occasioni di incontro, Pileri ha anche indicato l'opportunità di una maggiore apertura a livello europeo, in linea con l'allargamento di orizzonti che ogni grande organismo di telecomunicazioni persegue in un mondo che ormai si riconosce diviso solo per grandi blocchi e non per aspetti provinciali.

Guido Salerno, Segretario Generale del Ministero della Comunicazione, ha successivamente esposto le attività svolte dal Ministero delle Comunicazioni per il progresso del nostro Paese attraverso la liberalizzazione del settore, in linea con la politica comunitaria. Ha poi annunciato la progressiva riduzione di attribuzione e di responsabilità che intende effettuare il Ministero, lasciando che l'evoluzione sia decisa direttamente dal mercato ossia dalla volontà dei cittadini, senza che alcun Organismo statale si assuma il ruolo di intermediario. Ha quindi aperto ufficialmente il primo Convegno Nazionale delle Telecomunicazioni.

L'intervento di Guido Salerno, Segretario Generale del Ministero della Comunicazione.

Paolo de Ferra  
Presidente del Comitato Organizzatore



# Evoluzione delle reti dopo il 1998

*La tavola rotonda sull'evoluzione delle reti dopo il 1998, seguita alla seduta di apertura, è stata presieduta da Paolo de Ferra affiancato da Guido Salerno: a essa sono stati chiamati a partecipare rappresentanti dei competitori presenti nelle telecomunicazioni sul piano nazionale, che hanno affrontato un tema di interesse immediato per il Paese.*

*Il tema introduttivo alla tavola rotonda è stato esposto da Guido Salerno che, a fronte dei diversi adempimenti compiuti dal Governo - indispensabili per assicurare la completa liberalizzazione e competitività reale nel nostro Paese - ha chiarito i punti contenuti nell'elenco delle deliberazioni prese nel corso degli ultimi mesi dal Governo e riportati nella Gazzetta Ufficiale. Guido Salerno ha anche sottolineato che il lavoro da svolgere è stato quasi concluso, ma che qualcosa era ancora in corso di esame.*

*Paolo de Ferra ha poi introdotto il tema della tavola rotonda - l'evoluzione delle reti dopo il 1998 - facendo presenti le difficoltà oggi incontrate nel fare previsioni sul futuro anche prossimo in un ambiente liberalizzato e in fase di turbolenta evoluzione: non è facile infatti prevedere quali saranno i sistemi di riferimento del futuro anche più vicino. Un aspetto importante riguarda l'accesso alla rete per il quale si pongono alcuni quesiti: per chi chiederà, per esempio, solo comunicazioni a banda stretta, saranno impiegati ancora i doppini di rame? O saranno fornite porzioni di accessi generali a banda larga? O, ancora, essi saranno accessi radio, che presentano numerosi vantaggi potenziali e che di recente si sono dimostrati idonei a servire anche aree ad alta densità di utilizzatori e di traffico? Altre domande alle quali occorre oggi dare risposta riguardano i rapporti tra commutazione di circuito e di pacchetto (quest'ultimo sistema comprende sia le modalità ATM sia quelle Internet). Si dovrà rispondere quindi nel prossimo futuro a numerosi quesiti, e si ha l'impressione che le risposte che si ritiene dovranno essere date porteranno a uno scenario molto incerto.*

*Stefano Pileri (Telecom Italia) ha avviato l'esposizione dei diversi punti di vista dei partecipanti alla tavola rotonda, sostenendo che le future evoluzioni avranno luogo come conseguenza di tre spinte fondamentali: le richieste di mobilità; le esigenze del traffico di dati (come generalizzazione di Internet, il cui traffico si prevede che "sorpasserà" quello a commutazione di circuito a metà degli anni Duemila); le opportunità che si presenteranno, legate alla televisione a pagamento.*

*Per gli aspetti tecnologici e tecnico-sistemistici fondamentali, Telecom Italia è orientata a perseguire alcuni obiettivi; quelli di maggior valenza possono essere così sintetizzati:*

- per i sistemi di accesso i portanti in rame dovrebbero rimanere il mezzo principale per la maggior parte degli utilizzatori; a essi si affiancano i cavi in fibra ottica per gli

Stefano Pileri,  
Responsabile  
della Direzione  
Rete di  
Telecom Italia,  
partecipa al  
dibattito  
sull'evoluzione  
delle TLC.



utilizzatori che avranno esigenze di comunicazione di dati ad alta velocità. Per la distribuzione del segnale televisivo il sistema più impiegato dovrebbe essere l'accesso da satellite;

- per i sistemi di trasporto, la ricchezza delle risorse che sono derivate a Telecom Italia dalla fusione delle diverse Società di telecomunicazione nazionali operanti nei primi anni Novanta - e in primo luogo delle risorse provenienti dall'IRITEL - non impone, almeno per il momento, il passaggio a sistemi con frequenza di cifra superiore a 2 Gbit/s;
- l'evoluzione dei nodi di commutazione dipenderà dalla domanda che sarà progressivamente manifestata dagli utilizzatori: se la prevalenza della domanda sarà orientata verso la trasmissione di dati e del multimediale, la commutazione di circuito rimarrà bloccata per far posto a nuovi sistemi. Se prevarrà la domanda di mobilità, i sistemi a commutazione di circuito continueranno a essere inseriti in rete, integrandoli con funzioni di mobilità;
- per la televisione a pagamento, tipicamente di tipo tematico, sono previsti per il 2001, 2,5 - 3 milioni di utilizzatori da servire con sistemi adeguati.

Fausto Pioli di Marco (Infostrada) ha poi rammentato la presenza di Infostrada con reti proprie fin dal 1995 e gli accordi con le Ferrovie dello Stato, sia per l'utilizzo di fibre ottiche già posate lungo le linee ferroviarie sia per la posa di nuovi cavi per costituire una nuova infrastruttura adeguata agli aumenti di traffico. Ha condiviso poi la previsione di Stefano Pileri sul "sorpasso" di Internet. Con questa prospettiva, la situazione in cui Infostrada si trova al momento in termini di "ricchezza" di infrastrutture presenti è diversa da quella di Telecom Italia, ed essa ha perciò la convenienza a impiegare sistemi a frequenza di cifra superiore a 2 Gbit/s. I mezzi fondamentali che potranno essere utilizzati sono del tipo ATM e radio.

Pietro Porzio Giusto (TIM) ha focalizzato il suo intervento sulle prospettive dell'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), come sistema universale la cui introduzione in servizio potrà avere luogo fin dal 2002. Nel gennaio del 1998 è stato effettuato in ETSI un sensibile passo avanti, con la scelta tecnica di uno standard basato sulla moltiplicazione a divisione di codice. TIM è uno dei principali protagonisti nella definizione di questo nuovo standard, che nasce con l'obiettivo dell'universalità e della flessibilità di adeguamento ai requisiti delle comunicazioni foniche e multimediali e delle trasmissioni di dati (anche dissimmetriche). Pur con prospettive apparentemente così positive, si sono incontrate tuttavia finora molte difficoltà nel processo di standardizzazione. Esse sono dovute agli interessi particolari delle varie manifatturiere e all'incertezza dei gestori di sistemi GSM in presenza di una regolamentazione confusa in diversi Paesi, che riguardano in particolare il dilemma se la licenza per l'UMTS potrà essere concessa anche a chi già svolge un servizio GSM. Altre difficoltà presenti al momento riguardano l'assegnazione della banda necessaria e, ultimi - ma di non minore rilevanza - gli aspetti che riguardano gli ingiustificati ma crescenti timori per gli effetti sulla salute, dovuti alla presenza di campi elettromagnetici emessi dai sistemi radio.

Franco Settimo (Omnitel) ha concordato con le opinioni espresse ed ha rammentato poi l'evoluzione dei sistemi radiomobili: dai primi sistemi, senza handover né servizio automatico, a quelli AMPS e TACS senza "roaming" internazionale e senza sicurezza, al GSM a 800, 900 e 1800 MHz, ancora non completamente adeguato per le comunicazioni di dati ma con miglioramenti in avanzato corso di specificazione (fase 2+). Ha infine sottolineato che la futura generazione UMTS appare meno "rivoluzionaria"

delle precedenti, poiché cambierà solo quanto è necessario (la parte radio) mentre le stazioni fisse rimarranno simili alle attuali, pur presentando gli aggiornamenti consentiti dall'innovazione tecnologica.

Guido Salerno ha successivamente fornito alcuni chiarimenti su alcuni punti emersi nelle presentazioni dei diversi relatori della tavola rotonda che vertevano in particolare su:

- la differenza con cui la regolamentazione considera da un lato quanto è fisso (un insieme di reti) e d'altro lato ciò che è mobile (un insieme di sistemi);
- la convergenza in atto fra la regolamentazione nazionale e quella internazionale (in particolare, quella europea);
- l'atteggiamento europeo in tema di assegnazione delle frequenze dopo l'esperienza negativa effettuata dagli americani nella loro attribuzione in base a un'asta;
- l'assegnazione già effettuata all'UMTS di una banda larga 90 MHz;
- l'importanza della salute dei cittadini e dell'individuazione di limiti per le emissioni elettromagnetiche. Sicché, ha affermato Guido Salerno, è necessario affrontare questo problema con un approccio liberistico, e cioè con soluzioni guidate, invece che da leggi, da offerte che rispondono alle attese dei clienti: può al riguardo essere stabilito un confronto tra l'industria dei cellulari e quanto già avviene in quella automobilistica, nella quale alcuni costruttori non prevedono nelle nuove vetture "airbag" di serie, mentre altri ne prevedono uno, due o più.

La seconda fase della tavola rotonda ha avuto inizio con una serie di commenti sul tema della salute. Pietro Porzio Giusto ha in particolare sottolineato l'importanza che i limiti di campo non debbano essere indicati su "drammatizzazioni" di fenomeni portati a conoscenza dell'opinione pubblica che non hanno fondamento. Anche Carlo Someda, Professore di campi elettromagnetici presso l'Università di Padova, ha sottolineato l'importanza di fare chiarezza, ossia di diradare tutta la confusione creata sull'argomento da un'informazione imprecisa e, in qualche caso, orientata ad attirare l'attenzione dei lettori con notizie che colpiscono ma che non sono confermate da prove e da misure.



Un momento della tavola rotonda. Da sinistra, Pietro Porzio Giusto (TIM), Franco Settimo (Omnitel), Guido Salerno (Ministero delle Comunicazioni), Paolo de Ferra (Presidente del Comitato Organizzatore del convegno), Stefano Pileri (Telecom Italia) e Fausto Pioli di Marco (Infostrada).



*Diversi altri argomenti sono stati messi in luce dai presenti, che hanno sottolineato principalmente l'importanza di limitare la standardizzazione alle parti per le quali essa risulti indispensabile, sia per evitare che un eccesso di normalizzazione porti al blocco dell'evoluzione, sia per allontanare i pericoli che dietro agli standard si nascondano intenzioni protezionistiche di questo o quel Paese o di questa o quella industria.*

*Paolo de Ferra, concludendo questa serie di interventi, ha espresso l'augurio che convegni come questo possano migliorare in fase precompetitiva i rapporti fra concorrenti in vista di un conseguente rafforzamento dell'industria europea e nazionale sui mercati mondiali, allo stesso modo di quanto già fatto dagli americani. Ha anche ricordato che da più parti si osserva che, se gli americani hanno acquisito posizioni di sensibile vantaggio in campo informatico, non altrettanto "ecumenici" essi si sono finora dimostrati nel campo del radiomobile, dove inseguono gli europei. Ha poi dato la parola all'uditorio per domande e approfondimenti.*

*Alle numerose domande poste dal pubblico, hanno risposto i partecipanti alla tavola rotonda approfondendo temi trattati in precedenza. I quesiti posti possono essere così sintetizzati:*

- a) Esiste una diversità di atteggiamento e di efficienza fra gestori dominanti e nuovi entranti?

*I nuovi entranti non hanno certamente l'esclusiva delle nuove tecnologie; il loro vantaggio riguarda sostanzialmente la possibilità di poter sfruttare l'assenza dell'obbligo a coprire l'intero territorio e di dare il servizio solo nelle aree maggiormente redditizie. D'altra parte, anche un gestore dominante può avere gli stessi vantaggi quando entra in aree di altri Paesi (Stefano Pileri). Il nuovo entrante, tipicamente più snello nella sua organizzazione, ha anche maggiore facilità a essere più rapido nella ricerca delle porzioni di mercato che possono permettergli di conseguire redditi più elevati (Fausto Pioli di Marco).*

- b) Si hanno riflessi della concentrazione in pochi Paesi (Italia esclusa) delle grandi industrie di telecomunicazioni?

*In Italia occorre puntare sulla piccola e media industria particolarmente per l'evoluzione dei servizi multimediali (Stefano Pileri).*

- c) Qual è il futuro di quanto è stato avviato come progetto Socrate, ora che il progetto è stato bloccato? In particolare, l'orientamento di Telecom Italia nei riguardi degli utilizzatori che avranno necessità di accessi in fibra ottica: per essere collegati dovranno farne domanda?

*Nei casi in cui per il completamento manca solo l'ultimo tratto, esso sarà ultimato secondo il piano originale. Se la tratta mancante è maggiore, Telecom è disponibile a esaminare la situazione assieme all'utilizzatore. Quest'indirizzo della Società è stato assunto soprattutto nella prospettiva che emergano nuove soluzioni meno costose, in particolare con terminazioni da antenna (sistemi radio) piuttosto che da cavo. È prevedibile, in generale, che le forniture di accessi in fibra ottica dipenderanno da analisi del mercato più che dalla singola domanda (Stefano Pileri).*

- d) Si ha una certa flessibilità in rapporto ai cambiamenti di rotta imposti dal mercato? Quali sono le prospettive per la pianificazione, di cui è innegabile l'utilità per i fornitori?

*La flessibilità è da considerare un requisito indispensabile ed è un patrimonio per chi la possiede. La pianificazione a lungo termine va considerata invece come un orientamento di massima. Qualcosa a cui si guarda come un primo riferimento ma senza poter contare che individui completamente le future necessità (Stefano Pileri).*

*Non si può pensare che si mantenga in futuro la consuetudine di effettuare una pianificazione a medio-lungo termine; occorre perciò che tutti si adeguino a questa nuova situazione (Fausto Pioli di Marco).*

- e) L'UMTS è presentato sia per applicazioni di rete fissa sia come sistema radiomobile: in queste circostanze, sarà possibile mantenere separati i gestori del servizio fisso e di quello mobile?

*La domanda riflette i criteri generali per cui lo sviluppo dell'UMTS era considerato come parallelo allo sviluppo dell'UPT (Universal Personal Telecommunication). Si può tuttavia osservare che negli ultimi tempi l'UMTS riveste un'importanza via via più crescente, ben maggiore di quella dell'UPT (Franco Settimo).*

*La domanda posta dai presenti forse sottintende non tanto di fondere nuovamente organismi che precedentemente sono stati separati, quanto la necessità di pervenire a nuove alleanze sotto l'aspetto funzionale. Questo sarebbe, per esempio, il caso delle sinergie tra Infostrada e Omnitel (Paolo de Ferra).*

*Occorre distinguere tra sistemi e servizi: con lo stesso sistema, un gestore può fornire un certo servizio e un altro invece dare un servizio diverso (Aldo Roveri).*

*Paolo de Ferra, concludendo la tavola rotonda, ha ringraziato i partecipanti per gli spunti di discussione emersi nel dibattito e per l'interesse destato nei presenti, chiaramente manifestato dalle numerose domande provenienti dalla platea.*

*Paolo de Ferra  
Presidente del Comitato Organizzatore*



Il Palazzo dei Priori e la Fontana Maggiore, Centro di Perugia.

## Strategie verso nuove piattaforme di comunicazione

*La ricerca di nuove piattaforme di comunicazione è in effetti determinata dal clima di profonda trasformazione che il mondo delle telecomunicazioni sta oggi vivendo in rapporto al mutato scenario che vede la liberalizzazione, la competizione e la pluralità di attori contrapporsi al precedente assetto monopolistico. In questo quadro l'innovazione tecnologica si misura sempre più per la sua capacità di fornire risposte rapide - con ritorni nel breve e nel medio periodo - alle esigenze del mercato; queste risposte costituiscono oggi il centro focale delle attività di tutti i gestori.*

*Le memorie presentate al Convegno hanno trattato alcuni aspetti essenziali relativi al tema, ossia:*

- l'inarrestabile convergenza in atto fra servizi precedentemente separati;*
- le tecnologie hardware e software utilizzabili;*
- i requisiti che le nuove esigenze pongono alle future architetture, sia per le reti di accesso sia per quelle di trasporto.*

*Nella sessione sono emersi quattro messaggi:*

- 1. La chiave per il successo sarà la misura in cui le architetture saranno flessibili di fronte ai cambiamenti. L'attuale turbolenza è, infatti, inarrestabile e il suo esito finale dipenderà da numerosi fattori - non solo tecnologici e tecnici ma soprattutto culturali, economici e politici - che presentano scenari diversi nei diversi momenti e nei diversi Paesi. Si avranno perciò soluzioni diverse e mutevoli che solo la flessibilità potrà soddisfare; ma occorrerà anche tener d'occhio gli investimenti necessari, non solo per quanto di nuovo sarà da introdurre ma anche per l'adeguamento dell'esistente e per gli aspetti di esercizio e manutenzione.*
- 2. Per la rete di accesso conviene impiegare le infrastrutture esistenti. In questo quadro l'evoluzione tecnologica mette a disposizione una quantità di soluzioni. La scelta sarà di volta in volta funzione del rapporto costi-benefici in presenza di diverse esigenze e densità di distribuzione degli utilizzatori.*
- 3. Per la rete di trasporto le tecnologie ottiche WDM presentano prospettive molto interessanti. Esse permettono di incrementare la capacità delle fibre già installate e aprono la via alla realizzazione di uno strato completamente ottico sia per le funzioni di trasmissione sia per quelle di connessione. Andrà ovviamente tenuto conto dei vincoli di compatibilità con le reti PDH e SDH esistenti e con le reti ATM e IP.*
- 4. La disponibilità di una piattaforma intelligente sta diventando molto importante per ottenere la piena padronanza dei servizi. L'esigenza è correlata alla necessità per i gestori di reggere alla concorrenza diversificando le proprie offerte di servizi e soddisfacendo le esigenze dei clienti in tempi brevi ed a costi contenuti. Per ottenere questi risultati occorrerà che essi aumentino la programmabilità delle proprie infrastrutture e acquisiscano maggiore autonomia in tale programmazione; e il Middleware potrà essere lo strumento adatto a soddisfare questa esigenza.*

*Il Presidente della sessione  
Alberto de Petris  
(Infostrada)*

## Strategie verso nuove piattaforme di comunicazione

### L'impatto della competizione e della liberalizzazione sulle architetture di rete

MICHELE MORGANTI

*L'architettura delle attuali reti di telecomunicazioni riflette in misura considerevole le condizioni di sostanziale monopolio in cui tali reti si sono sviluppate. La progressiva liberalizzazione del mercato e lo sviluppo della competizione porteranno quindi necessariamente (ed in alcuni casi significativi già hanno portato) ad un riesame critico degli assunti che la hanno ispirata e condizionata. Particolarmente significativo da questo punto di vista è il mutato ruolo degli standard e la crescente prevalenza di quelli "de facto" (dettati dalla risposta dei mercati in un contesto altamente competitivo di breve/medio termine) su quelli "de iure" (spesso autoimposti in un contesto poco competitivo dominato da obiettivi di lungo e lunghissimo termine). Per conseguenza stanno comparando architetture di rete più semplici, meno integrate e meno ottimizzate di quelle esistenti ma anche più flessibili, adatte ed adattabili ad un contesto in rapida evoluzione e bisognoso di tempi di risposta e di spiegamento delle nuove tecnologie e dei nuovi servizi assai più rapidi degli attuali.*

#### 1. L'influenza del monopolio telefonico sulle attuali architetture di rete

L'architettura delle attuali reti di telecomunicazioni è il risultato di circa un secolo di evoluzione condizionata da tre fattori chiave:

- un regime di mercato sostanzialmente caratterizzabile come federazione di monopoli geografici, per lo più riconducibili ai confini geopolitici di un particolare stato sovrano che non di rado ne è stato anche il principale gestore;
- la persistente dominanza del servizio telefonico in termini sia economici sia, soprattutto, numerici, favorito in ciò anche dall'obbligo di accesso universale ad un servizio ritenuto socialmente essenziale. Questo particolare obbligo, se da una parte limita in misura sostanziale la libertà imprenditoriale del gestore che vi è sottoposto, escludendo a priori che questi possa operare su basi esclusivamente economiche, dall'altra ha però anche sempre rappresentato il motivo principale per l'esistenza del regime di monopolio e tuttora viene spesso invocato a giustificazione per il suo mantenimento;
- la disponibilità (o l'indisponibilità) di determinate tecnologie.

Nell'analizzare il perché nelle reti di telecomunicazioni pubbliche si siano affermate nel tempo certe scelte architetture piuttosto di altre si tende spesso a enfatizzare le problematiche e le motivazioni tecniche trascurando con ciò più o meno consapevolmente quale e quanta importanza abbiano avuto anche gli altri due fattori.

Un primo chiaro esempio di tali condizionamenti lo si può trovare negli standard *de iure* che in passato hanno assunto (e oggi ancora in larga misura mantengono)

un ruolo ed un significato che non trovano riscontro in nessun altro settore applicativo o di mercato, né pubblico, né, tantomeno, privato.

Al di fuori delle telecomunicazioni il processo di standardizzazione *de iure* si limita di norma a quanto è strettamente necessario per garantire un minimo livello di interoperabilità fisica e funzionale tra i diversi apparati e sistemi. Superata questa soglia lo standard cambia natura ed entra decisamente nel campo del competitivo, in quanto va di fatto a limitare lo spazio entro cui possono svilupparsi soluzioni diverse ed innovative. In un regime di libero mercato questa costrizione della libertà imprenditoriale ed inventiva non è di massima accettabile e pertanto l'unica forma di standardizzazione tollerata è quella *de facto* sancita direttamente dalla risposta del mercato.

Nelle telecomunicazioni invece, la quasi totale assenza di competizione tra i gestori, principalmente riconducibile alla loro connotazione strettamente territoriale, ha fatto sì che il processo di standardizzazione si spingesse ben oltre tali limiti, sia verso il basso, dove ha spesso preso la forma di specifiche dettagliate di prodotto, sia pure verso l'alto, dove si trova tra l'altro (caso per altro unico nel campo dei servizi pubblici e come tale particolarmente degno di nota e di lode) l'autoimposizione di elevatissimi standard di grado e qualità del servizio. Standard questi ultimi che sembrano trovare la propria giustificazione più in un non ben definibile e certo non facilmente quantificabile debito di riconoscenza per i benefici legati al regime di monopolio, e forse anche in una malcelata ambizione di eccellenza tecnica e tecnologica ad ogni costo, che non nei risultati di una oggettiva analisi della domanda e delle esigenze del mercato.

Monopolio dei gestori vuol dire poi oligopolio

della domanda di apparati, e quindi anche in ultima analisi, attraverso il processo già descritto, oligopolio delle soluzioni. Ne consegue che in molti casi si è giunti alla scelta ed all'affermazione di soluzioni tecniche non certo ottimali dal punto di vista dell'equilibrio tra costi e benefici per l'utente finale, solo al fine di rispettare lo Standard con la S maiuscola, assunto a riferimento assoluto e quindi non più discutibile anche quando palesemente contraddetto dal mercato; ad esempio, da quello già considerevolmente più libero delle reti private.

Volendo citare un caso concreto, basti pensare agli standard di disponibilità dei sistemi di commutazione telefonica, originariamente definiti in modo arbitrario sulla base delle specifiche di progetto e di esercizio per un particolare sistema di un particolare binomio fornitore-gestore e poi non solo non più rivisti, sebbene l'evoluzione tecnologica, di mercato, e perfino di architettura di rete ne avessero ormai palesemente invalidato i presupposti ed evidenziato l'inadeguatezza, ma addirittura trasferiti in modo acritico anche ad altre tipologie di servizi e ad altre tecniche di commutazione.

Un secondo esempio non meno rilevante di quanto grande possa essere l'influenza di fattori non tecnici sull'evoluzione dell'architettura delle reti di telecomunicazioni si può riconoscere nella naturale propensione di tutti coloro che si trovano ad operare in regime di monopolio a privilegiare i risultati di lungo termine rispetto a quelli di breve, aiutati in ciò sia dalla certezza di un futuro ritenuto, a ragione o a torto, sotto controllo, sia pure dalla possibilità di reggere senza grande rischio, grazie proprio alla mancanza di concorrenza, esposizioni finanziarie considerevoli anche per periodi molto lunghi.

A livello tecnico tutto ciò si è tradotto nella maggior parte dei casi in una ricerca quasi ossessiva dell'ottimizzazione, soprattutto tramite integrazione, favorita anche da una cultura dominante di origine telefonica che basandosi su di una conoscenza approfondita e completa di un particolare fenomeno (quello telefonico per l'appunto) tende ad estendere lo stesso approccio anche a fenomeni e comportamenti molto meno conosciuti e ancor meno dominati e dominabili. Da questa tendenza all'integrazione ad ogni costo finisce poi purtroppo anche per derivare una propensione al gigantismo sistemico che a sua volta inevitabilmente si accompagna ad eccessiva complessità e rigidità delle soluzioni tecniche e, in ultima analisi, a instabilità e incontrollabilità.

Sono queste affermazioni molto forti che, ovviamente, necessitano anche di un gran numero di distinguo. È però un dato di fatto che difficilmente concetti come quello di ISDN prima e di B-ISDN poi avrebbero potuto nascere e svilupparsi così come effettivamente è avvenuto in una situazione di libero mercato in cui i tempi di ritorno dell'investimento si misurano in mesi e non in anni o addirittura in decenni. Così come è un dato di fatto che nessun costruttore avrebbe potuto assumersi l'onere ed il rischio dello sviluppo di sistemi di tali dimensioni e complessità senza un'adeguata certezza del mercato e senza una più o meno implicita garanzia che tale mercato non sarebbe stato irrimediabilmente compro-

messo da prevedibili ritardi e difficoltà di realizzazione, ma anzi che vi sarebbe stata da parte dei gestori interessati non solo condiscendenza ma anche un aiuto fattivo nella risoluzione di ogni problema.

Quando poi tali presupposti, per le mutate condizioni di mercato, sono venuti a cadere, come è stato il caso del B-ISDN, tale approccio è stato da tutti rapidamente abbandonato lasciando spazio a soluzioni certamente meno ambiziose in termini sistemistici ed ingegneristici ma anche più pragmatiche ed efficaci e di ritorno più immediato.

Volendo infine fare anche un riferimento specifico alla situazione italiana, un ulteriore esempio di condizionamento, peraltro ormai completamente superato ma comunque degno di essere qui citato, è quello storico della rete sovrapposta dell'Azienda di Stato la cui principale, se non unica, ragione d'essere era una certa concezione di segmentazione del monopolio telefonico ma il cui effetto pratico, finché è durato, è stato soprattutto quello di una innaturale settorializzazione e stratificazione della nostra rete di telecomunicazioni.

## 2. La transizione da monopolio a mercato liberalizzato

Nel corso dell'ultimo decennio l'evoluzione dello scenario socio/politico, prima ancora che di quello economico, si è caratterizzata per una crescente ostilità del pubblico nei confronti di tutte le forme di monopolio, sia pubblico, sia privato. Questo fenomeno, a partire dai Paesi ad economia e orientamento politico tradizionalmente più liberali, si è rapidamente esteso a tutti i Paesi più sviluppati portando da una parte alla completa o parziale privatizzazione di un gran numero di enti pubblici e dall'altra alla concomitante istituzione di enti governativi incaricati di garantire, e in molti casi anche di controllare e di regolamentare, lo sviluppo equilibrato di un'economia di libero mercato in tutti quei settori ritenuti critici o strategici per l'economia nazionale: primo tra tutti quello delle telecomunicazioni.

Pur con l'obiettivo ultimo dichiarato di un mercato completamente liberalizzato, questi enti, trovandosi quasi sempre di fronte a situazioni di partenza di pressoché totale assenza della concorrenza o comunque di presenza di attori con posizione fortemente dominante, tendono spesso, e forse necessariamente, ad eccedere i limiti di assoluta neutralità che dovrebbero caratterizzare il loro operato a regime per assumere posizioni ed intraprendere iniziative che si potrebbero oggettivamente definire più di garantismo della concorrenza che non di sua semplice tutela.

Tra queste azioni rivestono particolare rilevanza (ai fini dell'impatto diretto ed indiretto, immediato e dilazionato che possono avere sull'evoluzione dell'architettura di reti e sistemi di telecomunicazioni) tutte quelle intese ad abbassare o addirittura a rimuovere barriere regolatorie che, a giudizio degli stessi enti, potrebbero indebitamente e ingiustificatamente ostacolare l'ingresso di nuovi concorrenti (salvo eventualmente mantenerle in vita o anche crearne di nuove per penalizzare in forma mirata tutti coloro che si

trovano invece ad occupare posizioni ritenute dominanti). Per citare alcuni casi concreti:

- la proibizione per il gestore dominante di aggiungere nuove tipologie di servizi alla propria offerta o di entrare in nuovi segmenti di mercato (ad esempio quello della distribuzione del segnale televisivo, sia in forma diffusiva che interattiva) i cui effetti possono andare da una semplice disottimizzazione degli investimenti fatti o in corso per arrivare fino alla rinuncia all'introduzione in volume di nuove soluzioni di accesso altrimenti assai valide e competitive;
- l'imposizione, sempre al gestore dominante, di segmentare e deverticalizzare, anche a livello societario, la propria offerta di servizi i cui effetti nel tempo possono solo essere quelli, già visti in passato, di una progressiva segmentazione e stratificazione funzionale anche dell'architettura di rete o addirittura di replicazione delle infrastrutture in chiave settoriale di mercato;
- la rimozione o quanto meno l'attenuazione dei vincoli di fornitura del servizio universale per i nuovi gestori che li induce ad una diversa strutturazione dell'offerta in termini sicuramente tariffari ma anche di soluzioni tecniche che possono essere ottimizzate in funzione di classi di utenza più omogenee per esigenze e disponibilità economica;
- la possibilità di offrire nuove classi di servizio fortemente differenziate sia per qualità che per struttura tariffaria rispetto a quelle tradizionali, quali possono essere l'offerta di un servizio telefonico locale gratuito ma con qualità di servizio non più garantita;
- la possibilità di fornire con lo stesso nome servizi alternativi a quelli tradizionali seppure con caratteristiche (e tecniche) radicalmente diverse da questi ultimi.

Vale la pena, in relazione a quest'ultimo esempio, porre in modo particolare l'accento sui cosiddetti servizi di telefonia su CATV e su Internet. Essi sono infatti indicativi di come la rimozione di certe barriere regolatorie abbia agito non solo nel senso di favorire la comparsa di nuovi gestori di tipo, tutto considerato, tradizionale, ma anche nel senso di consentire l'ingresso a pieno titolo sulla scena delle telecomunicazioni pubbliche di soggetti decisamente anomali in quanto caratterizzati da estrazione economica, imprenditoriale e tecnologica radicalmente diversa.

Va per altro rilevato anche come quest'ultimo fenomeno stia in effetti avendo conseguenze di estensione e rilevanza tali da far legittimamente dubitare che esso possa essere stato interamente previsto, valutato e voluto da parte di quei regolatori che ne sono stati gli ispiratori e gli artefici. Tanto per fare un esempio pratico, bisognerebbe a questo punto cominciare seriamente a chiedersi se in futuro, in base alle nuove regole di sostegno della concorrenza, qualsiasi soggetto possessore di una rete di PBX, di una WAN o anche di una semplice LAN, qualsiasi ne siano funzione, dimensione ed estensione, potrà con diritto ritenersi *ipso facto* assimilabile ed assimilato ad un gestore pubblico e quindi rivendicarne anche tutti i privilegi statuari e tariffari.

Liberalizzazione del mercato, sviluppo della competizione, evoluzione rapida del contesto regola-

torio, tutti insieme concorrono da una parte ad aumentare la spinta al cambiamento e dall'altra a togliere visibilità e certezza su ciò che lo stesso cambiamento comporta. Di qui, necessariamente, un progressivo cambio di mentalità di tutti i grandi gestori, anche se dominanti e di cultura tradizionale, che li spinge a mettere (e a rimettere) sempre più seriamente in discussione l'opportunità di tutto ciò che potrebbe dare loro ritorno, anche se consistente, solo sul lungo termine, favorendo invece ciò che può dare risultati magari modesti ma più immediati. Eguale cambio di atteggiamento, per ovvio fenomeno di induzione, si può ormai ritrovare anche presso tutti i tradizionali fornitori di apparati e sistemi di telecomunicazioni che si trovano costretti, loro malgrado, a competere apertamente e direttamente anche con il mondo delle tecnologie informatiche e con quello della creazione e distribuzione dei contenuti multimediali.

A livello tecnico e tecnologico tutto ciò si traduce direttamente in un cambio egualmente radicale di impostazione architeturale che porta a privilegiare la valorizzazione dell'esistente rispetto alle potenzialità del futuro, la disponibilità ed i tempi di attivazione sui costi di gestione e la flessibilità sull'ottimizzazione e sull'integrazione. Tramontano così definitivamente i miti delle grandi architetture di rete e dei grandi sistemi integrati, che richiedono eccessivo impegno economico e per tempi troppo lunghi. Trionfano invece le soluzioni mirate, realizzate rapidamente con tutto quanto è già direttamente disponibile purché risponda ad una chiara esigenza di mercato o purché serva a respingere efficacemente una qualche minaccia immediata.

In questo contesto il tradizionale processo di standardizzazione entra ovviamente in crisi in quanto lo stesso mondo che lo ha creato non può più permettersi di aspettarne i lunghi tempi di studio, armonizzazione e conciliazione. Proliferano allora Consorzi e Fora monotematici, i primi a scopo dichiaratamente competitivo, i secondi in funzione prevalentemente promozionale di tecnologie e soluzioni proprietarie, non di rado tra loro in competizione se non addirittura incompatibili; entrambi meno rigidi e meno rigorosi sia per quanto riguarda gli aspetti tecnici della standardizzazione sia, soprattutto, per quanto attiene a quelli statuari ed alle loro possibili conseguenze legali immediate e di lungo termine. Avviene così sempre più spesso che gli standard *de iure*, quando pure riescono ad emergere e a concretizzarsi, si trovano a confrontarsi con situazioni *de facto* ormai già ampiamente radicate e consolidate.

In questo contesto il mondo delle telecomunicazioni perde tutti i suoi riferimenti tradizionali e rischia di frantumarsi in una miriade di situazioni locali ove si confrontano attori, servizi, reti e tecnologie ogni volta nuovi e diversi. L'esperienza maturata in una determinata situazione diviene così difficilmente mutuabile e scarsamente fruibile al di fuori del contesto specifico che l'ha generata ed ogni caso è perciò destinato a fare storia a sé.

In questo contesto l'Architettura di rete che fino ad oggi abbiamo conosciuto, intesa come esperienza formalizzata che consente di dare risposte efficienti ed efficaci a classi di problemi già noti a priori e

nell'ambito di un intervallo di variabilità definito, perde la sua validità e finisce invece per configurarsi come una sorta di sterile e dannosa burocrazia intellettuale.

### 3. Segmentazione e stabilizzazione del mercato

Tenuto conto anche della dinamicità e della competitività del contesto, a loro volta legate all'entità degli interessi economici e politici in gioco, non si può certo sperare di poter prevedere già oggi con certezza ed esattezza di dettagli quale sarà il futuro assetto mondiale delle telecomunicazioni: quali servizi, su quali reti, offerti da chi e con quali tecnologie. Le dimensioni e le problematiche del cambiamento in corso non sono certo infatti inferiori a quelle che già in passato hanno caratterizzato lo sviluppo del trasporto su gomma in alternativa a quello su ferro, o di quello aereo in alternativa a quello marittimo.

Esistono però vincoli e leggi economiche e di mercato che avendo validità universale ci permettono, senza scendere nel dettaglio, di predirne l'assetto generale ed alcuni attributi significativi con un ragionevole livello di confidenza.

Non è difficile, ad esempio, predire che ad una fase di frammentazione esasperata del mercato (di cui oggi stiamo vedendo solo l'inizio) seguirà una fase di consolidamento e stabilizzazione che porterà alla definizione di un numero necessariamente limitato di macro segmenti piuttosto ben caratterizzati in termini sia di domanda, sia di offerta. Malgrado l'evoluzione tecnologica, infatti, le telecomunicazioni restano un settore in cui il peso economico per la realizzazione e la manutenzione dell'infrastruttura permane rilevante per cui, anche senza enfatizzarlo troppo, come forse erroneamente è avvenuto in passato, esso resta incompatibile con una elevata frammentazione del mercato.

Parimenti non è difficile prevedere che all'interno di ciascuno di questi segmenti si affermerà e sopravviverà solo un numero assai ristretto di soluzioni tecniche e di alternative architetture specifiche con ben poco spazio per le diversificazioni (non diversamente del resto da quanto è sempre avvenuto su tutti i mercati liberi, da quello dell'automobile, dove è luogo comune che alcune classi di vetture si differenzino ormai solo per la collocazione dell'accendisigari, a quello del trasporto aereo, dove il vantaggio competitivo sembrerebbe a volte concentrarsi più nella ricchezza della lista dei vini che non nella puntualità e sicurezza del servizio). La differenza principale rispetto ad oggi sarà però quella che tali soluzioni, invece di essere scelte dai gestori sulla base dell'aderenza a standard da loro stessi definiti, dovranno affermarsi ed affinarsi direttamente sulla base della risposta di mercato dell'utente finale il cui gradimento condiziona direttamente non solo il successo loro ma anche quello di coloro che le avranno sviluppate ed adottate.

Continuando nello stesso esercizio è facile anche prevedere che ai due estremi di tale mercato si collocheranno, come in tutti i mercati liberi, una nicchia bassa, al limite della legislazione per la protezione del consumatore, ed una nicchia alta, per i pochi che o

potranno permettersela o, loro malgrado, non potranno non permettersela. Rincrease invece un po' dover anche prevedere che quanto resterà delle telecomunicazioni così come le conosciamo oggi, con i loro elevatissimi standard di grado e qualità del servizio, ha forti probabilità di finire confinato proprio all'interno di quest'ultima nicchia.

Di gran lunga più importanti, in termini sia numerici, sia, soprattutto, economici, saranno i segmenti intermedi: verosimilmente non meno di tre e non più di cinque, pur tenendo conto delle considerevoli dimensioni del mercato globale complessivo.

Per ciascuno di essi è prevedibile si vengano a costituire due distinti livelli di oligopolio: un primo livello a carattere globale/mondiale ed un secondo livello a carattere decisamente più locale/regionale. Quest'ultimo in particolare dovrà trovare gli strumenti per la propria sopravvivenza soprattutto in una conoscenza approfondita e puntuale delle peculiarità del suo territorio e della sua utenza e quindi in una sempre maggiore personalizzazione del servizio offerto. Anche qui poi le inflessibili leggi economiche che regolano la ripartizione delle quote di mercato in regime di libera concorrenza ci portano a prevedere che, in assenza di legislazioni specifiche, in ciascuna regione geografica il numero complessivo di concorrenti per ciascun segmento (con la significativa eccezione delle due nicchie estreme che seguono leggi economiche proprie) non potrà superare qualche unità.

Inoltre, difficilmente un singolo gestore (e in particolare quelli attivi solo a livello regionale) potrà permettersi di coprire contemporaneamente più di due o tre segmenti di mercato e se lo farà dovrà comunque, per poter restare competitivo, mantenere una netta separazione tra le diverse aree di affari, non tanto per motivi regolatori quanto per evitare che i problemi di una possano propagarsi fino a compromettere anche le altre.

A livello tecnico questa separazione si tradurrà verosimilmente in una netta prevalenza delle reti specializzate, anche nell'accesso, su quelle generalizzate e quindi nel tramonto definitivo di quell'Utopia di Rete Universale che più o meno esplicitamente ha pervaso tutto il mondo delle telecomunicazioni dall'avvento della numerizzazione ad oggi.

Ultima facile previsione, nell'ambito di tutti i segmenti si confermerà sempre più netta la prevalenza degli standard *de facto* su quelli *de iure* che saranno rigorosamente limitati, come è giusto e logico, agli aspetti di interoperabilità tra reti e servizi diversi, tra gestori diversi all'interno di ciascun segmento e tra segmenti diversi.

### 4. Conclusioni

Sotto la spinta di un gran numero di forze, sociali, politiche ed economiche, il mondo delle telecomunicazioni è ormai entrato in una fase di turbolenza evolutiva tanto inarrestabile quanto difficile da controllare. Se anche infatti qualcosa possiamo ragionevolmente prevedere circa l'esito finale, ben poco possiamo oggi dire su come e quando questo verrà raggiunto e da chi.

Per poter sopravvivere ad un cambiamento di tale entità, gli attori di oggi, anche i più grandi e tecnologicamente avanzati, dovranno innanzitutto imparare a non fidarsi più ciecamente della propria esperienza passata, per riscoprire invece in tutta la sua interezza, complessità e ricchezza quel discorso architeturale che premette sempre l'identificazione e l'analisi dei problemi alla formulazione delle soluzioni. Questo almeno fino a quando il mercato delle telecomunicazioni non avrà nuovamente raggiunto un grado di

stabilità tale da consentire una nuova formalizzazione dell'esperienza e quindi anche un vero e proprio rinascimento dell'architettura.

*Michele Morganti - Italtel*

*michele.morganti@italtel.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## La piattaforma di comunicazione degli anni 2000. Trend tecnologici e scenari evolutivi

SALVATORE IMPROTA  
ANGELO TOGNONI

*I progressi della tecnologia, l'ingresso della competizione nel mondo delle telecomunicazioni, la globalizzazione dell'economia stanno modificando sostanzialmente l'assetto tradizionale delle telecomunicazioni. Nuovi bisogni e nuove possibilità come quelle offerte dalla prepotente affermazione di Internet, pongono nuovi requisiti ai contenuti e all'architettura della rete telefonica tradizionale. Nel presente articolo sono analizzate le tendenze e le esigenze poste alla base della creazione di nuovi servizi. Sono poi rapidamente considerate le possibili architetture sia dell'accesso sia della parte di trasporto della rete, partendo dalle due architetture di riferimento, telefonica e informatica. La loro evoluzione sulla base sia delle possibilità offerte oggi dalla tecnologia sia dell'adeguatezza a permettere di introdurre nuovi servizi viene discussa. Sono quindi illustrate tre ipotesi di scenario evolutivo per la futura piattaforma di comunicazioni (Gran tradizione, Service Mania, Up and Away), definiti in uno studio della Ericsson. Sono infine analizzate le condizioni tecnologiche, economiche e socio-politiche che renderebbero possibile il loro realizzarsi.*

### 1. Introduzione

L'affermazione e la diffusione conseguente di una politica liberista nel mercato delle telecomunicazioni, in antitesi con la visione monopolistica preesistente, assieme alla tendenza alla convergenza con il mondo dei media e dei computer, stanno avendo come primo visibile effetto l'ingresso della competizione in questa realtà, con la conseguente proliferazione di nuovi *service providers* e *network operators*.

L'attuale mercato contempla una molteplicità di attori, a volte cooperanti, a volte in competizione, orientati alla fornitura di servizi che si possono sostituire o integrare l'un l'altro. D'altra parte, la maturità dello sviluppo tecnologico, consentendo la combinazione dei concetti di interattività e di multimedialità, sta rendendo possibili una grande varietà di servizi appena immaginabili fino a ieri. La dinamicità di tale processo è guidata dall'esigenza di una comunicazione di tipo sempre più personale e universale e dall'indipendenza dell'informazione dai concetti spazio-tempo (mobilità).

Questi mutamenti, oltre a richiedere una revisione dell'immagine tradizionale del servizio di telecomuni-

cazione (dalla sua creazione alla sua utilizzazione), avranno una profonda influenza sul tessuto sociale, economico, politico e culturale dei vari Paesi.

Allo stesso tempo la realtà socio-economica e le politiche locali dei Governi, tramite l'applicazione di leggi di regolamentazione del mercato, potranno facilitare od ostacolare lo sviluppo di potenziali servizi o l'affermarsi di nuove tecnologie.

Nella figura 1 gli attori chiave presenti nel rinnovato mercato globale dell'informazione e le relative interdipendenze [1] mostrano chiaramente che l'offerta di nuovi servizi dipende decisamente dalle prestazioni globali del sistema, richiedendo una forte interazione tra ciascuna componente.

In quest'ottica, e per conquistare nuove quote di mercato, assumono significato le nuove alleanze strategiche "incrociate", sia a livello mondiale sia regionale. Questa spinta a integrarsi sta portando settori tradizionalmente distinti - quelli delle telecomunicazioni, degli elaboratori e dei media - a convergere verso un unico paesaggio di comunicazione, rispondente alla nuova visione della *Società dell'Informazione*.

In questa fase di transizione, un ruolo essenziale sarà giocato dall'introduzione e dall'applicazione di



Per poter sopravvivere ad un cambiamento di tale entità, gli attori di oggi, anche i più grandi e tecnologicamente avanzati, dovranno innanzitutto imparare a non fidarsi più ciecamente della propria esperienza passata, per riscoprire invece in tutta la sua interezza, complessità e ricchezza quel discorso architeturale che premette sempre l'identificazione e l'analisi dei problemi alla formulazione delle soluzioni. Questo almeno fino a quando il mercato delle telecomunicazioni non avrà nuovamente raggiunto un grado di

stabilità tale da consentire una nuova formalizzazione dell'esperienza e quindi anche un vero e proprio rinascimento dell'architettura.

*Michele Morganti - Italtel*

*michele.morganti@italtel.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## La piattaforma di comunicazione degli anni 2000. Trend tecnologici e scenari evolutivi

SALVATORE IMPROTA  
ANGELO TOGNONI

*I progressi della tecnologia, l'ingresso della competizione nel mondo delle telecomunicazioni, la globalizzazione dell'economia stanno modificando sostanzialmente l'assetto tradizionale delle telecomunicazioni. Nuovi bisogni e nuove possibilità come quelle offerte dalla prepotente affermazione di Internet, pongono nuovi requisiti ai contenuti e all'architettura della rete telefonica tradizionale. Nel presente articolo sono analizzate le tendenze e le esigenze poste alla base della creazione di nuovi servizi. Sono poi rapidamente considerate le possibili architetture sia dell'accesso sia della parte di trasporto della rete, partendo dalle due architetture di riferimento, telefonica e informatica. La loro evoluzione sulla base sia delle possibilità offerte oggi dalla tecnologia sia dell'adeguatezza a permettere di introdurre nuovi servizi viene discussa. Sono quindi illustrate tre ipotesi di scenario evolutivo per la futura piattaforma di comunicazioni (Gran tradizione, Service Mania, Up and Away), definiti in uno studio della Ericsson. Sono infine analizzate le condizioni tecnologiche, economiche e socio-politiche che renderebbero possibile il loro realizzarsi.*

### 1. Introduzione

L'affermazione e la diffusione conseguente di una politica liberista nel mercato delle telecomunicazioni, in antitesi con la visione monopolistica preesistente, assieme alla tendenza alla convergenza con il mondo dei media e dei computer, stanno avendo come primo visibile effetto l'ingresso della competizione in questa realtà, con la conseguente proliferazione di nuovi *service providers* e *network operators*.

L'attuale mercato contempla una molteplicità di attori, a volte cooperanti, a volte in competizione, orientati alla fornitura di servizi che si possono sostituire o integrare l'un l'altro. D'altra parte, la maturità dello sviluppo tecnologico, consentendo la combinazione dei concetti di interattività e di multimedialità, sta rendendo possibili una grande varietà di servizi appena immaginabili fino a ieri. La dinamicità di tale processo è guidata dall'esigenza di una comunicazione di tipo sempre più personale e universale e dall'indipendenza dell'informazione dai concetti spazio-tempo (mobilità).

Questi mutamenti, oltre a richiedere una revisione dell'immagine tradizionale del servizio di telecomuni-

cazione (dalla sua creazione alla sua utilizzazione), avranno una profonda influenza sul tessuto sociale, economico, politico e culturale dei vari Paesi.

Allo stesso tempo la realtà socio-economica e le politiche locali dei Governi, tramite l'applicazione di leggi di regolamentazione del mercato, potranno facilitare od ostacolare lo sviluppo di potenziali servizi o l'affermarsi di nuove tecnologie.

Nella figura 1 gli attori chiave presenti nel rinnovato mercato globale dell'informazione e le relative interdipendenze [1] mostrano chiaramente che l'offerta di nuovi servizi dipende decisamente dalle prestazioni globali del sistema, richiedendo una forte interazione tra ciascuna componente.

In quest'ottica, e per conquistare nuove quote di mercato, assumono significato le nuove alleanze strategiche "incrociate", sia a livello mondiale sia regionale. Questa spinta a integrarsi sta portando settori tradizionalmente distinti - quelli delle telecomunicazioni, degli elaboratori e dei media - a convergere verso un unico paesaggio di comunicazione, rispondente alla nuova visione della *Società dell'Informazione*.

In questa fase di transizione, un ruolo essenziale sarà giocato dall'introduzione e dall'applicazione di

normative che - determinando le condizioni per l'innovazione e l'investimento - assicurino una leale e reale competizione. In tale direzione si muovono le iniziative in ambito Europeo [2] per la regolamentazione della liberalizzazione del settore delle telecomunicazioni, entrata in vigore dal primo gennaio 1998. L'obiettivo è la definizione di regole che consentano a nuovi soggetti di operare nella fornitura sia dei tradizionali servizi di telefonia che di mobilità.



Figura 1 Ruoli chiave e di interdipendenza per la fornitura di nuovi servizi.

Il nuovo scenario che così si va definendo, sarà caratterizzato da instabilità e da cambiamenti continui. Nondimeno sarà strategico individuare le linee guida fondamentali per costruire la piattaforma di comunicazioni adeguata ai nuovi bisogni.

## 2. Tecnologie innovative e servizi emergenti

### 2.1 I servizi

Nei prossimi anni la verifica della maturità dei servizi a larga banda, nelle due categorie affari (*Multi-media Conferencing, Computer Supported Cooperative Work*) e residenziali (*Video On Demand, Tele-shopping, Travel Services*), costituirà una forte spinta per un ammodernamento dell'area di accesso dell'infrastruttura di comunicazione. In particolare continuerà il processo, già avviato, di trasformazione della semplice coppia di rame, tuttora prevalente come modalità di connessione dell'utente, in una vera rete di accesso. Le nuove applicazioni, oltre a richiedere l'uso di risorse specializzate (router, multicast unit), richiederanno una chiara definizione della logica di creazione e distribuzione dei servizi, imponendo requisiti aggiuntivi sulla rete, sia in termini di funzionalità che di controllo. Tali esigenze devono poi coniugarsi con le attuali realtà infrastrutturali: una miriade di reti tecnologicamente differenti, che convergono verso un'unica infrastruttura internazionale di informazione. È proprio l'esistenza di questa rete che ha permesso la nascita e che favorirà la crescita del fenomeno Internet,

candidato a divenire il tramite per la "confezione e l'offerta" di molti dei nuovi servizi, grazie al livello di penetrazione atteso, verso l'utenza di tipo affari e verso quella di tipo residenziale. Le previsioni degli analisti di mercato parlano di 500 milioni di utenti nel Duemila e di un tasso di crescita comparabile se non superiore a quello del radio mobile.

In generale si può prevedere che la tecnologia continuerà a offrire, come in passato, delle opportunità e delle nuove proposte; ma il rapporto tra ciò che è possibile fare e ciò che si realizzerà, in presenza di competizione, sarà sempre più determinato dal valore dell'offerta per il cliente finale e sempre meno da una pura spinta all'innovazione tecnologica. Il successo di un servizio sarà strettamente dipendente da quanto il contenuto stesso interpreterà realmente bisogni espressi o latenti nella Società.

Vanno quindi nella giusta direzione servizi che si sposano con la globalizzazione dell'economia e con le esigenze di organizzazioni sempre più in rete.

### 2.2 L'accesso

È facile prevedere che sotto la spinta di Internet, la tecnologia radiomobile proporrà soluzioni che consentano il trasferimento di dati in modo sempre più significativo per potere, ad esempio, accedere a Internet e ai servizi che saranno offerti, come pure sarà di ausilio all'accesso degli utilizzatori alle reti Intranet aziendali e quindi a tutti i supporti informativi di un'organizzazione, pur essendo lontani dal proprio ufficio. In questa direzione si stanno già muovendo le proposte per i sistemi mobili di nuova generazione (UMTS, WCDMA) come pure le soluzioni in sviluppo (HSCSD, GPRS) per il GSM.

Con la tecnica *HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)* si potrà disporre nella rete mobile GSM di una velocità di trasmissione fino a 64 kbit/s che permetterà di offrire servizi di video conferenza, di collegarsi con il proprio ufficio o di accedere a Internet o alla Intranet aziendale e tramite questa alla propria LAN.

Con il *GPRS (General Packet Radio Service)* si otterrà sia un aumento della velocità di cifra disponibile (fino a 115 kbit/s) sia una maggiore flessibilità (ad esempio ricevere contemporaneamente voce e dati). Il sistema inoltre consentendo maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse di rete permetterà ai gestori di poter offrire tariffe più competitive.

Con il *WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)* sarà infine possibile collegare alla rete GSM

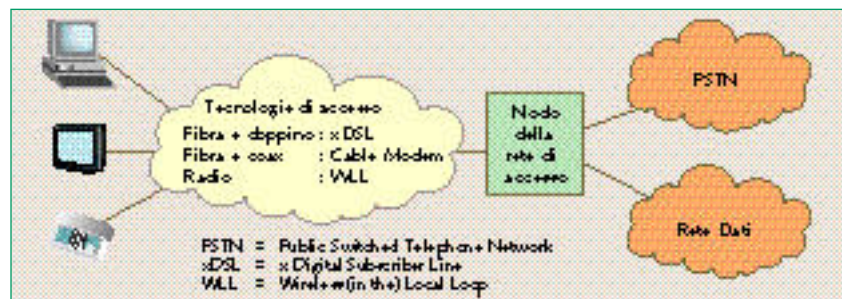


Figura 2 Modello della rete di accesso multimediale.

terminali con velocità fino a 2 Mbit/s.

Nel campo delle nuove opportunità un ruolo importante sarà svolto dallo sviluppo dei sistemi satellitari sia come complemento alla mobilità fornita dai sistemi terrestri sia come nuove modalità per servizi già esistenti ma con contenuti per prestazioni o qualitativi innovativi (Internet via satellite, Video Broadcasting e On Demand, rete di comunicazione commutata satellitare).

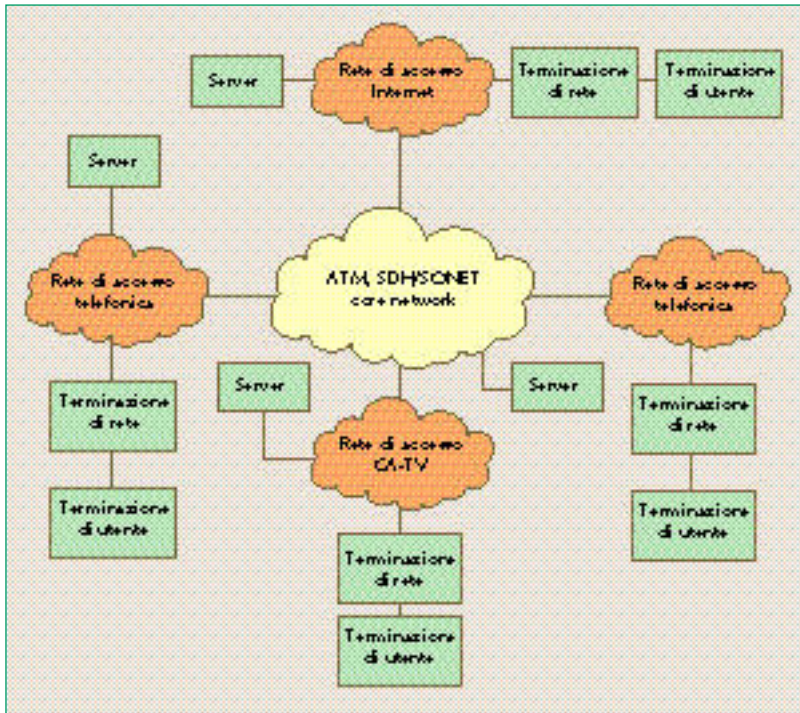


Figura 3 Modello di connettività tra reti.

Per quanto riguarda le tecnologie per soluzioni cablate che potranno permettere servizi che richiedono una maggiore larghezza di banda, come quelli dati e video in aggiunta alla voce, lo scenario si presenterà variegato con proposte legate alla strategia di offerta perseguita dal gestore potenziale ed a quella di valore per il cliente finale.

Le modalità di fornire accesso possono essere suddivise in due classi:

- a) soluzioni globali che permetteranno un'ampia proposta di servizi a larga banda (da qualche Mbit/s fino a 50÷100 Mbit/s).

Rientrano in questo gruppo soluzioni che utilizzeranno la fibra ottica per "avvicinare" all'utente notevoli quantità di banda e che tenderanno a impiegare la tecnica ATM per un trasporto integrato dei servizi. Possibili varianti saranno quelle che consentiranno di arrivare a casa dell'utente tramite doppino (xDSL) oppure tramite cavo coassiale (HFC) od ancora direttamente con la fibra ottica (FTTH).

- b) soluzioni aventi come obiettivo solo un segmento basso dei servizi a larga banda (da alcune centinaia di kbit/s fino a qualche Mbit/s).

L'obiettivo mirato riguarda segmenti di mercato

ben definiti con caratteristiche di nicchia o di finestra temporale. Questi saranno in genere basati su *overlay networks* come architettura e tecnologicamente tenderanno a privilegiare la semplicità della soluzione per avere un costo contenuto e una rapidità di messa in campo del prodotto, per raggiungere l'obiettivo di ritorni a breve del capitale investito. È poco probabile l'impiego di ATM in queste soluzioni, in quanto questa tecnologia è ancora

complessa e costosa per applicazioni che non consentano di svolgere un ampio spettro di servizi. Potrà essere anche utilizzata la tecnologia ADSL - magari semplificata e con prestazioni ridotte rispetto a quelle massime possibili - per ottenere significative riduzioni dei costi.

Come tecnologia complementare e alternativa a quelle citate nei due casi precedenti, troverà sempre più spazio quella radio di tipo *WLL (Wireless Local Loop)*: questa tecnologia di accesso all'ultimo miglio sarà particolarmente interessante per i nuovi gestori di servizi residenziali in quanto offre una soluzione a costi contenuti e di rapida installazione. Per fornire invece soluzioni di accesso a servizi a larga banda, ad esempio per utenze affari, si potrà far uso di tecniche del tipo *LMDS (Local Multipoint Distribution System)*.

Per quanto riguarda l'architettura, quindi, nella rete di accesso essa potrà presentare o soluzioni specializzate per servizi oppure una soluzione unica che permetta di accedere a diverse reti di trasporto dedicate a specifici servizi (ad esempio rete telefonica e rete dati

rispettivamente per servizi voce e dati). La scelta potrà avvenire sulla base della qualità, del costo e dell'affidabilità del servizio sottoscritto dall'utente.

Questa seconda ipotesi (figura 2), creando per il cliente un'unica interfaccia amministrativa per la gestione dell'accesso, potrà assumere un ruolo determinante per la diffusione capillare dei nuovi servizi Internet e più in generale "a larga banda", verso l'utenza residenziale.

### 2.3 La rete di trasporto

All'inizio di questo contributo si è parlato della confluenza tra telecomunicazioni, computer e media. Quale sarà l'effetto di questa convergenza sulla tecnologia che sarà impiegata nella futura rete di comunicazione? A livello di rete i modelli sono: quello informatico, pensato per interconnettere terminali e con la capacità elaborativa (*l'intelligenza*) collocata nelle apparecchiature periferiche; quello telefonico, sviluppato per interconnettere persone e con la capacità elaborativa concentrata all'interno della rete (figure 3 e 4).

Da questi modelli sono derivate differenze sostanziali nella tipologia delle apparecchiature idonee a risolvere i due concetti di rete.

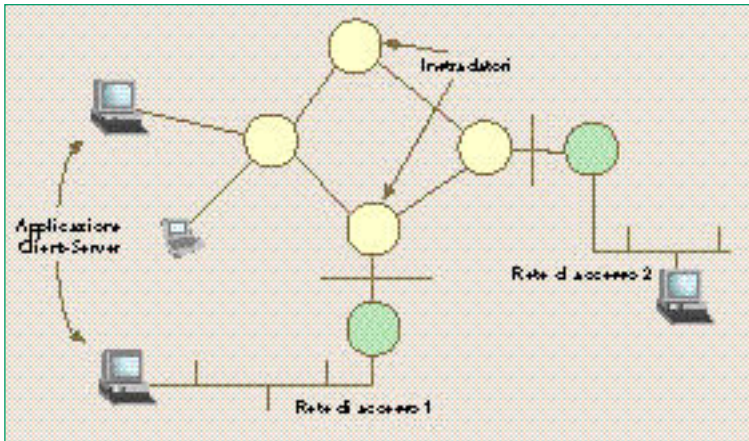


Figura 4 Modello di architettura per la rete informatica.

Ciò che le distingue e le caratterizza è la collocazione dell'intelligenza: nella prima è collocata sulla periferia mentre la rete, tramite nodi instradatori, i *router*, si limita a garantire l'interconnessione e il trasporto; nella seconda l'intelligenza è concentrata nei nodi della rete ed è utilizzata sia per la gestione sia per la creazione dei servizi per l'utente. Nella rete informatica qualità e affidabilità del servizio sono quindi demandati alle unità periferiche, mentre in quella telefonica sono garantiti dalla stessa rete.

Il fenomeno Internet, costruito sull'efficienza del protocollo IP e sulla disponibilità di trasporto a basso costo, ha decretato l'attuale successo dell'architettura informatica di rete, fino a porla, nel prossimo futuro, come alternativa possibile non solo per i dati ma anche per il servizio voce e video.

In questa stessa direzione spingono anche le evoluzioni della tecnologia trasmissiva, che in virtù della disponibilità di fibre e di dispositivi ottici - come amplificatori e filtri - con caratteristiche e prestazioni sempre migliori, hanno consentito di avere una banda sempre più ampia a costi sempre più contenuti. La tecnica WDM, resa possibile da questi miglioramenti tecnologici, permetterà in particolare di disporre di reti ottiche che potranno trasportare su una sola fibra traffico per centinaia di Gbit/s.

Anche per quel che riguarda le tecnologie di rete e di prodotto le due architetture hanno seguito strade differenti. Il mondo delle telecomunicazioni è stato guidato dal principio di avere la risorsa di rete dedicata e garantita a sostegno del servizio fornito (il collegamento che si realizza tra due utenti telefonici). Questo collegamento è stato progettato per risultare di elevata qualità, affidabilità e disponibilità. Sono stati così sviluppati apparati costosi, complessi, con tempi di vita decennali.

Gli investimenti di tipo infrastrutturale sono stati elevati, con ritorni nel medio o nel lungo periodo ma sostenibili in una prospettiva di gestione del servizio in monopolio. Il mondo dei computer ha invece sviluppato architetture e prodotti basati sulla condivisione della risorsa di rete (una velocità di cifra condivisa tra più macchine, e quindi più efficiente della soluzione telefonica per l'utilizzo della risorsa trasmissiva). Il risultato è stato un servizio con caratteristiche

di disponibilità limitate. Le apparecchiature sono più semplici e più economiche, con tempo medio di vita tuttavia solo di qualche anno. Gli investimenti sono inferiori rispetto a quelli della rete di telecomunicazioni e sono rivolti a offrire servizi su reti private.

Il risultato di queste due tendenze è stato da un lato la rete di telecomunicazioni, una struttura a livello mondiale sostanzialmente omogenea nei suoi contenuti di prodotti e di tecnologie; dall'altro una moltitudine di reti locali (LAN) basate su prodotti e su tecnologie spesso diverse, via via sempre più interconnesse, fino ad arrivare al livello dell'attuale WWW.

Quello che può essere previsto dalla convergenza tra computer, telecomunicazioni e media su questi concetti di rete, è la ridefinizione dei requisiti di base in entrambi i casi, in modo tale da poter soddisfare le esigenze dei nuovi contenuti.

Nei prossimi anni si avrà una forte interazione tra i due concetti che competeranno per candidarsi come supporto preferenziale per fornire i nuovi servizi, partendo ciascuno dai propri punti di forza:

- economicità e semplicità per la rete informatica con qualità di servizio non garantita dalla rete ma rimandata a livello di applicazione e gestita in periferia;
- qualità, affidabilità e disponibilità per la rete telefonica tradizionale.

Si avranno di certo cambiamenti all'interno di entrambe le architetture di rete; saranno introdotte

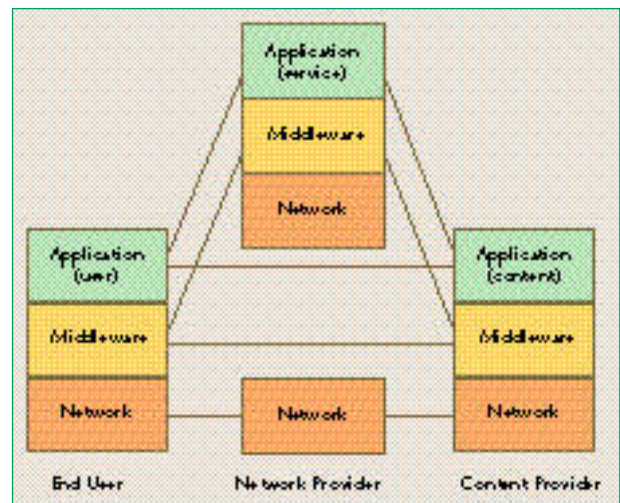


Figura 5 Architettura del modello middleware.

tecnologie e soluzioni che permettano di difendere meglio il "cuore" del proprio contenuto e magari saranno individuate soluzioni che consentano di entrare nel segmento tradizionalmente appannaggio del competitore.

Un esempio di rilievo di questa convergenza può essere considerato il nascere di concetti quali il *Middleware* (figura 5) inteso come risposta a esigenze sia di interconnettività tra reti e tra reti e dispositivi terminali, sia di interoperabilità tra servizi e applica-

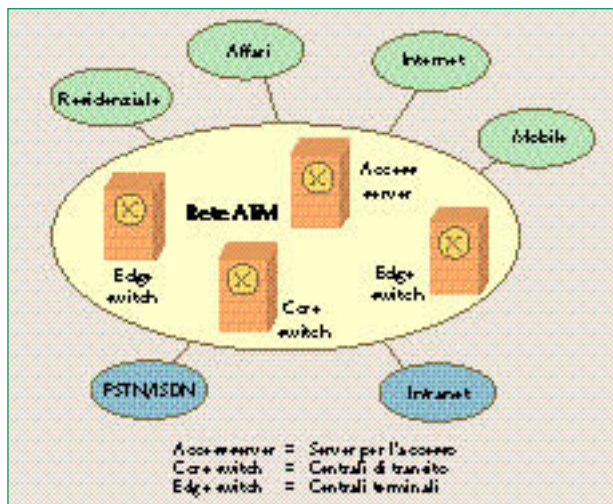


Figura 6 Rete ATM multiservizio.

zioni distribuite. Queste esigenze implicano sia sul lato terminale sia su quello della rete un accrescimento del contenuto di intelligenza. Questo requisito si traduce in pratica nel porre le funzioni di *gestione* e di *elaborazione* in ciascuno dei sistemi relativi agli elementi coinvolti, vale a dire nei dispositivi d'utente e nei sistemi di *service*, *content* e *network provider* [3]. Questo strato, abilitando l'interlavoro tra funzioni di gestione e di intelligenza centralizzate o decentralizzate (ad esempio attraverso architetture basate sui concetti *Client-Server*), può colmare le lacune derivanti dall'eterogeneità di entità distribuite quando si procede nella progettazione e nell'utilizzazione di servizi e di applicazioni d'utente.

Fondamentalmente il Middleware possiede molteplici proprietà, tra cui le potenzialità per gestire:

- la creazione e l'attivazione dei servizi;
- il controllo di sessione, di chiamata, di connessione;
- problemi di numerazione e di indirizzamento;
- problemi di sicurezza: dall'autenticazione agli sbarramenti in ingresso (*firewalls*);
- problemi relativi alla tariffazione.

Queste caratteristiche sono offerte dal *Middleware* tramite l'*API (Application Programming Interface)* orientate verso il cliente. È un modo questo che, pur mantenendo fermo il concetto che l'intelligenza per la creazione dell'offerta dei servizi è all'interno della rete, porta flessibilità e apertura in tale architettura<sup>1</sup>.

In modo analogo, le variazioni che si stanno attuando al protocollo IP per l'introduzione della gestione della qualità di servizio sulla rete dati, hanno lo scopo di trasportare, sia voce che video, con qualità accettabile e a costi verosimilmente più contenuti di quelli oggi praticati dalla rete telefonica. In tale prospettiva l'attuale infrastruttura che supporta Internet dovrà essere sostanzialmente irrobustita e ampliata. Da qui l'esigenza di avere prodotti per l'in-

stradamento del traffico sempre più potenti come i *Gigabit router* o i commutatori basati sul concetto di *label switching*. L'obiettivo è di passare dalla velocità di instradamento dei router attuali, che risulta di circa  $10^5$  pacchetti al secondo, fino a  $10^6 \div 10^7$ .

Questa tendenza alla convergenza potrà essere anche un'opportunità per i gestori della rete telefonica tradizionale per accelerare l'evoluzione verso un'architettura in grado di gestire servizi integrati di voce, dati e video con costi e qualità competitivi.

In quest'ottica potrà avere sempre più spazio la possibilità di una rapida affermazione della tecnologia ATM per realizzare autostrade di trasporto veloci, flessibili e affidabili. I commutatori ATM potranno essere introdotti in rete sia all'interno dell'infrastruttura, sia sul bordo per l'interlavoro con le sottoreti che attualmente forniscono l'accesso per servizi quali: residenziali, affari, Internet, Intranet, PSTN/ISDN, rete mobile (figura 6). Il disporre di ATM come portante IP aprirà alcune possibilità quali: una rete ad alta capacità ampliabile modularmente, la fornitura di qualità di servizio (QoS) nelle reti private virtuali (VPN), la riduzione del numero di *routers*, la *tariffazione* su base utilizzo di banda.

### 3. Verso lo scenario di rete del terzo millennio

Quanto precedentemente descritto va visto come un insieme di elementi che, all'interno del sistema stesso, agiranno sull'evoluzione delle telecomunicazioni dei prossimi anni.

Ma altri saranno i fattori che influenzeranno, in modo più incisivo, la definizione dello scenario futuro (figura 7); tra questi possono essere segnalati:

- *lo sviluppo della tecnologia di base* come disponibilità di capacità di calcolo e di algoritmi efficienti per la codifica vocale e di immagini; memoria a costi sempre più bassi e livelli di integrazione sempre maggiori; sviluppo e affermazione di tecnologie e architetture software che consentano sempre più di spostare su più elementi distribuiti in rete od addirittura verso l'utente, intelligenza e capacità di creare servizi, in luogo di averli su nodi centralizzati all'interno della rete di connessione. Uno sviluppo positivo in tal senso favorirà il paradigma informatico con forte presenza di tecnologia LAN nelle soluzioni adottate;

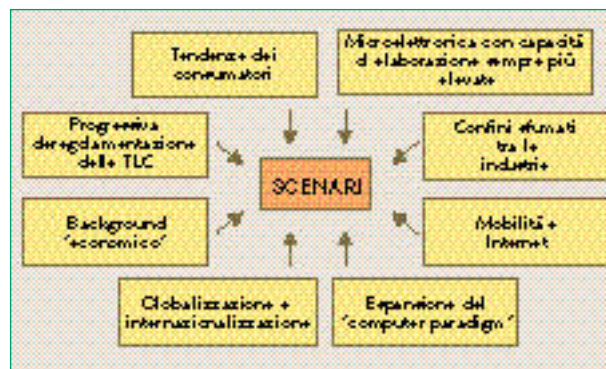


Figura 7 Fattori guida per i futuri scenari.

<sup>(1)</sup> Maggiori particolari sul Middleware sono riportati nell'articolo a pagina 42 su "Il Middleware: un elemento per l'evoluzione dell'intelligenza di rete" [N.d.r.].

- *fattori economici e di contenuto dei servizi* quali investimenti indirizzati a sviluppare un paradigma in luogo dell'altro. Capacità di spesa dell'utente per l'accesso ai servizi proposti. Validità della soluzione in rapporto allo sviluppo economico di un'area;
- *fattori sociali* come diffusione di un'adeguata cultura tecnica per l'utilizzo e la valorizzazione dei contenuti dei servizi offerti;
- *fattori politici* in quanto incentivanti una soluzione in luogo di un'altra, ritenuta in linea con piani e politiche di sviluppo.

Da queste forze di indirizzo si potranno originare scenari differenti che possono essere visti all'interno di situazioni limite. Con queste linee di tendenza potrà essere delimitato il campo degli scenari possibili che potranno essere collegati al realizzarsi delle condizioni abilitanti.

La Ericsson ha effettuato uno studio con il quale sono stati individuati tre scenari ben caratterizzati denominati:

- Gran Tradizione;
- Up and Away;
- Service Mania.

### 3.1 Scenario Gran Tradizione

Lo scenario si sviluppa mantenendo una continuità rispetto alla situazione presente: con questa scelta risulterebbe vincente il paradigma della rete telefonica. La capacità elaborativa è concentrata nella rete e i gestori controllano sia l'innovazione sia l'introduzione di nuovi servizi. Il servizio di mobilità continua a espandersi ed è caratterizzato da una crescente competizione. La rete fissa continua a fornire servizi telefonici gestiti dai vecchi gestori di telecomunicazioni. La diffusione dei servizi multimediali come pure della tecnologia ATM è lenta. Le politiche di liberalizzazione sono messe in atto garantendo comunque ai gestori tradizionali adeguate quote di mercato (figura 8).

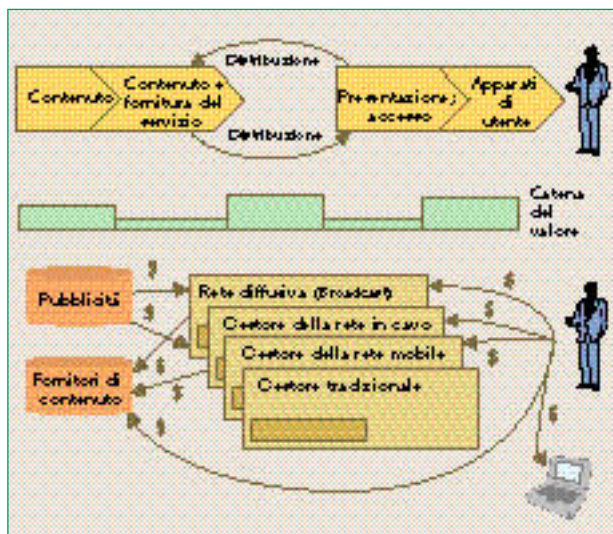


Figura 8 Scenario Gran Tradizione.

Le forze che guidano verso questo scenario sono:

- *Economia e Tecnologia*

La crescita economica è lenta nei Paesi industrializzati (circa il 2 per cento) e forte in quelli in via di sviluppo (8÷10 per cento).

Sono investite molte risorse in infrastrutture di telefonia in Asia.

I servizi avanzati di telecomunicazioni rimangono confinati in aree a reddito elevato (Stati Uniti, Europa e Giappone).

Si ottengono risultati significativi nella tecnologia di compressione vocale e video.

- *Valori e Società*

Nei clienti prevale una cultura resistente al cambiamento con l'affermarsi di un atteggiamento conservativo verso nuovi consumi, poco attratta dalle nuove tecnologie.

I valori tradizionali, le istituzioni e la richiesta di sicurezza sono i bisogni espressi dalla Società che risulta essere chiusa e protezionista.

- *Tendenze globali*

Gli Stati promuovono attivamente e investono in politiche di sicurezza sociale, favorendo iniziative economiche a sostegno della disoccupazione.

Il processo di deregolamentazione del settore, le privatizzazioni e l'introduzione della concorrenza è lento e controllato nei suoi effetti sociali e sull'occupazione.

### 3.2 Scenario UP and AWAY

Questo scenario si posiziona sul lato diametralmente opposto al precedente. Gli elementi sono una completa deregolamentazione, senza restrizioni sulle alleanze, sulle concentrazioni, sulla competizione. Il mercato è pilotato dalla risposta dei clienti all'offerta di servizi e dall'efficienza delle soluzioni proposte.

Un fortissimo sviluppo della tecnologia di compressione e riconoscimento vocale, della capacità di calcolo e di memorizzazione in componenti ad alta integrazione e a costi sempre più contenuti, rende possibile la realizzazione di una molteplicità di dispositivi d'utente semplici come uso e flessibili come funzionalità. La visione informatica della rete è vincente: essa è basata sui router e ha funzioni di puro trasporto di interconnessione (figura 9).

I servizi sono controllati dai terminali d'utente connessi a dispositivi di controllo con funzioni di *Gateway* e *Agent*. Sull'accesso non sono effettuati investimenti di rilievo in modo da disporre una banda via via crescente mediante l'impiego efficiente che si può fare delle risorse disponibili. Tutta l'attenzione è posta nella realizzazione di dispositivi d'utente che possano dare risposte a esigenze individuali e al controllo dei servizi. Le condizioni di contesto per l'affermazione di questo scenario sono:

- *Economia e tecnologia*: il motore di questo scenario è una crescita economica sostenuta nei Paesi industrializzati e sensibile in quelli in via di sviluppo. Tecniche di riconoscimento e identificazione vocale sono centrate nella creazione di servizi personalizzati. Si consolidano inoltre tecnologie per garantire la sicurezza delle transazioni e una avanzata architettura software basata sugli Agent.

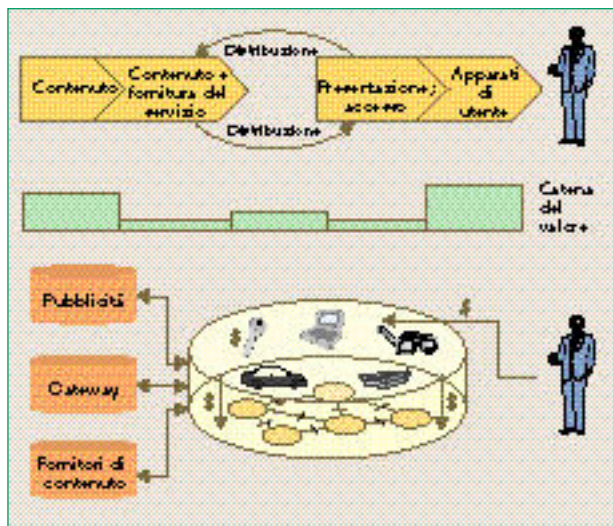


Figura 9 Scenario UP and AWAY (completa deregolamentazione).

- **Valori e società:** la cultura informatica è ben diffusa nella società. Si ha un'apertura verso il cambiamento e la sua accettazione. Il cliente ha un atteggiamento attivo e positivo verso l'offerta dei servizi che contribuisce a creare e a migliorare.
- **Tendenze globali:** la stabilità politica caratterizza lo scenario complessivo. La deregolamentazione è completa e coinvolge tutti i settori. La società è aperta e ha un respiro internazionale. Il capitalismo è condiviso senza riserve come modello di sviluppo.

### 3.3 Scenario Service Mania

Questo scenario si posiziona in modo intermedio rispetto ai precedenti.

È caratterizzato dalla deregolamentazione delle telecomunicazioni applicata per togliere tutti i vincoli alla competizione. A tale scopo sono anche redatte normative per agevolare l'ingresso di nuovi attori in concorrenza con quelli già presenti.

Esiste una elevata domanda di servizi integrati, che impiegano dispositivi terminali d'accesso dotati di una grande capacità elaborativa e specializzati per servizio.

Sull'accesso non esiste una tecnologia vincente ma esiste una molteplicità di reti e di soluzioni specializzate come il doppino di rame, la fibra, il coassiale, l'ADSL.

La tecnologia radio è molto diffusa e differenziata per applicazioni: cellulare, a larga banda, rete locale, satellitare. Anche nell'interconnessione domina la specializzazione. La rete è formata da più reti dedicate per fornire servizi specializzati. Rimane la rete per il servizio telefonico mentre per il trasporto dati a larga banda trova applicazione la tecnologia ATM.

La grande varietà dei servizi offerti in questo scenario fa nascere un nuovo ruolo, il *broker di servizi*, che è il tramite per convogliare e personalizzare l'offerta verso i clienti.

I *service provider* hanno invece il ruolo dei crea-

tori dei nuovi servizi, tenendo conto delle esigenze e della capacità di spesa della clientela indirizzata. L'interfaccia di essi è il *broker di servizi* (figura 10).

Le condizioni generali che influenzano l'affermarsi di questa ipotesi di evoluzione sono:

- **Economia e tecnologia**  
Crescita economica sostenuta nei Paesi industrializzati ed elevata in quelli in via di sviluppo. La concorrenza nel settore è stimolata e favorita. Lo sviluppo della tecnologia dei router sostiene la gestione di un traffico dati crescente nella rete. Il Middleware viene impiegato come strato dell'architettura del controllo di rete in cui aggregare servizi attraverso differenti modi di trasporto.
- **Valori e società**

È diffusa la cultura del valore del tempo libero da dedicare ai propri interessi personali. Il cliente ha un atteggiamento passivo: desidera essere interessato alle scelte ed essere oggetto di una proposta di servizi. La Società è aperta ma con un'attenzione maggiore verso il contesto locale rispetto a quello

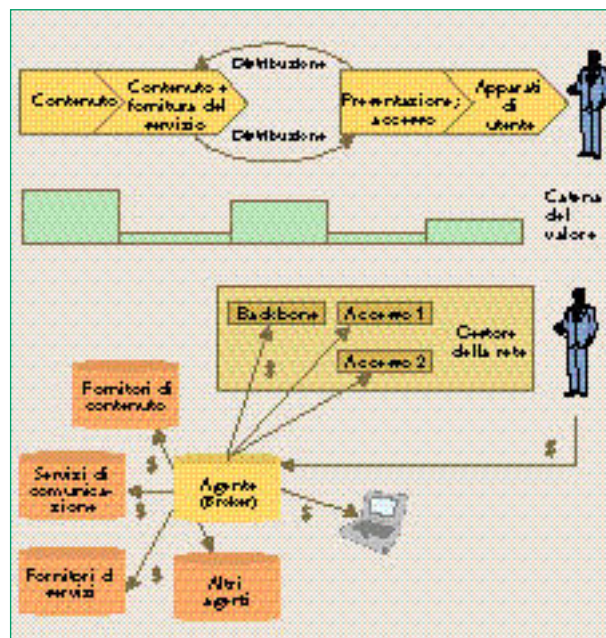


Figura 10 Scenario Service Mania.

globale.

- **Tendenze globali**  
Esiste una diffusa stabilità politica. Le Società che operano su un piano globale sono caratterizzate dalla ricerca di una visibile e forte presenza locale. Le alleanze tra Società sono ampiamente diffuse.

È questa l'ipotesi ritenuta più probabile per definire l'evoluzione delle comunicazioni del prossimo futuro in virtù della flessibilità e apertura che essa presenta.

## 4. Conclusioni

Da quanto illustrato fin qui in questo contributo può essere concluso che predire l'evoluzione delle

telecomunicazioni in un contesto in forte cambiamento come quello attuale è un'operazione molto azzardata. Quello che risulta evidente è che fattori che determinano la direzione del cambiamento non sono specifici dell'ambito delle telecomunicazioni ma appartengono al campo delle forze che hanno finora guidato la nostra storia: l'economia, le condizioni di partenza, le dinamiche sociali, le politiche dei governi, la cultura di una Società. Altri elementi più specifici come: la cultura informatica, la disponibilità di tecnologie specifiche, la maggiore o minore regolamentazione, il livello di competizione ammesso, potranno avere un impatto più diretto nella definizione dei contorni dello scenario futuro.

Considerando che le condizioni elencate sono differenti nelle diverse parti del mondo, è verosimile che potremo avere scenari differenti (e quindi anche piattaforme di comunicazione diverse) da area ad area se non tra Paesi diversi.

Ciò che potrà essere fatto, data l'estrema turbolenza del contesto, è tener sotto controllo quegli indicatori che possono permettere di individuare la direzione su cui ci si va indirizzando e quindi, se necessario, riposizionarsi rispetto al nuovo scenario.

Flessibilità e apertura al cambiamento saranno infatti le chiavi per essere attori nella costruzione del nostro futuro, anche nelle telecomunicazioni.

## Bibliografia

- [1] Zahariadis, T. et al.: *Interactive Multimedia Services to Residential Users*. «IEEE Communication Magazine», giugno 1997.
- [2] Commission Directive 90/388/EEC, seconda edizione.
- [3] Speakers' Papers of 7th World Telecomm: *The Role of Middleware in Telecommunication Application Platforms*. Forum, Tech. Summit, ITU, 3-11 ottobre 1995, Vol. 1, pp. 713-717.

Salvatore Improta, Angelo Tognoni  
Ericsson Telecomunicazioni

angelo.tognoni@tei.ericsson.se

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

---

# Soluzioni architetture e tecnologiche per servizi innovativi: punti di forza e di debolezza

LUIGI FAMMARTINO

*Lo scenario delle telecomunicazioni è caratterizzato da una profonda innovazione, sia per gli aspetti tecnologici sia per le condizioni di mercato. In questo contesto, oltre a un'offerta rinnovata di servizi di comunicazione di tipo tradizionale, il mercato dei servizi di telecomunicazioni propone una serie di servizi innovativi basati sul concetto di multimedialità.*

*L'introduzione di servizi innovativi richiede la predisposizione di un'infrastruttura di rete, capace di offrire questi servizi in maniera flessibile. La nuova piattaforma di trasporto è caratterizzata da accessi, che si avvalgono delle infrastrutture esistenti e che evolveranno verso il trasporto integrato dei traffici sia a banda stretta sia a banda larga (Full Service Network).*

*La rete di transito sarà invece caratterizzata, inizialmente, dalla presenza di un'infrastruttura sovrapposta a banda larga per il trasporto dei servizi innovativi. L'evoluzione architetture e tecnologica della rete è accompagnata dal conseguimento di benefici di diversa natura e dalla presenza di alcune criticità: da un lato l'introduzione dei nuovi sistemi consente la realizzazione di una rete più affidabile e in grado di integrare su un'unica piattaforma l'accesso sia ai servizi tradizionali sia a quelli innovativi. D'altro lato comporta investimenti rilevanti in termini di predisposizione di nuove infrastrutture, adattamento di infrastrutture esistenti, installazione, esercizio e manutenzione degli apparati in una fase in cui il mercato non è ancora sufficientemente maturo.*

## 1. Introduzione

Lo scenario internazionale delle telecomunicazioni è oggi caratterizzato da una rapidità e da una profondità di innovazione senza precedenti sia per gli aspetti tecnologici sia per le condizioni di mercato sia anche per quelle legate alla regolamentazione. Fra i numerosi

fattori di cambiamento (figura 1) hanno particolare rilevanza l'innovazione tecnologica, l'affermarsi di scenari competitivi fra i gestori di rete, la globalizzazione dei mercati e la nascita di nuovi servizi.

In questo contesto l'evoluzione della rete di telecomunicazioni assume particolare importanza per l'offerta dei servizi in maniera efficace. Nel presente articolo,



telecomunicazioni in un contesto in forte cambiamento come quello attuale è un'operazione molto azzardata. Quello che risulta evidente è che fattori che determinano la direzione del cambiamento non sono specifici dell'ambito delle telecomunicazioni ma appartengono al campo delle forze che hanno finora guidato la nostra storia: l'economia, le condizioni di partenza, le dinamiche sociali, le politiche dei governi, la cultura di una Società. Altri elementi più specifici come: la cultura informatica, la disponibilità di tecnologie specifiche, la maggiore o minore regolamentazione, il livello di competizione ammesso, potranno avere un impatto più diretto nella definizione dei contorni dello scenario futuro.

Considerando che le condizioni elencate sono differenti nelle diverse parti del mondo, è verosimile che potremo avere scenari differenti (e quindi anche piattaforme di comunicazione diverse) da area ad area se non tra Paesi diversi.

Ciò che potrà essere fatto, data l'estrema turbolenza del contesto, è tener sotto controllo quegli indicatori che possono permettere di individuare la direzione su cui ci si va indirizzando e quindi, se necessario, riposizionarsi rispetto al nuovo scenario.

Flessibilità e apertura al cambiamento saranno infatti le chiavi per essere attori nella costruzione del nostro futuro, anche nelle telecomunicazioni.

## Bibliografia

- [1] Zahariadis, T. et al.: *Interactive Multimedia Services to Residential Users*. «IEEE Communication Magazine», giugno 1997.
- [2] Commission Directive 90/388/EEC, seconda edizione.
- [3] Speakers' Papers of 7th World Telecomm: *The Role of Middleware in Telecommunication Application Platforms*. Forum, Tech. Summit, ITU, 3-11 ottobre 1995, Vol. 1, pp. 713-717.

Salvatore Improta, Angelo Tognoni  
Ericsson Telecomunicazioni

angelo.tognoni@tei.ericsson.se

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

---

# Soluzioni architetture e tecnologiche per servizi innovativi: punti di forza e di debolezza

LUIGI FAMMARTINO

*Lo scenario delle telecomunicazioni è caratterizzato da una profonda innovazione, sia per gli aspetti tecnologici sia per le condizioni di mercato. In questo contesto, oltre a un'offerta rinnovata di servizi di comunicazione di tipo tradizionale, il mercato dei servizi di telecomunicazioni propone una serie di servizi innovativi basati sul concetto di multimedialità.*

*L'introduzione di servizi innovativi richiede la predisposizione di un'infrastruttura di rete, capace di offrire questi servizi in maniera flessibile. La nuova piattaforma di trasporto è caratterizzata da accessi, che si avvalgono delle infrastrutture esistenti e che evolveranno verso il trasporto integrato dei traffici sia a banda stretta sia a banda larga (Full Service Network).*

*La rete di transito sarà invece caratterizzata, inizialmente, dalla presenza di un'infrastruttura sovrapposta a banda larga per il trasporto dei servizi innovativi. L'evoluzione architetture e tecnologica della rete è accompagnata dal conseguimento di benefici di diversa natura e dalla presenza di alcune criticità: da un lato l'introduzione dei nuovi sistemi consente la realizzazione di una rete più affidabile e in grado di integrare su un'unica piattaforma l'accesso sia ai servizi tradizionali sia a quelli innovativi. D'altro lato comporta investimenti rilevanti in termini di predisposizione di nuove infrastrutture, adattamento di infrastrutture esistenti, installazione, esercizio e manutenzione degli apparati in una fase in cui il mercato non è ancora sufficientemente maturo.*

## 1. Introduzione

Lo scenario internazionale delle telecomunicazioni è oggi caratterizzato da una rapidità e da una profondità di innovazione senza precedenti sia per gli aspetti tecnologici sia per le condizioni di mercato sia anche per quelle legate alla regolamentazione. Fra i numerosi

fattori di cambiamento (figura 1) hanno particolare rilevanza l'innovazione tecnologica, l'affermarsi di scenari competitivi fra i gestori di rete, la globalizzazione dei mercati e la nascita di nuovi servizi.

In questo contesto l'evoluzione della rete di telecomunicazioni assume particolare importanza per l'offerta dei servizi in maniera efficace. Nel presente articolo,

quindi, partendo dall'analisi dell'offerta di nuovi servizi e delle nuove tecnologie, che nel breve periodo saranno disponibili, si descrivono e si analizzano le tendenze architetturali che oggi guidano lo sviluppo della rete.



Figura 1 Fattori di cambiamento.

## 2. Lo scenario dei servizi

L'offerta di servizi di telecomunicazione è orientata verso un ampliamento del portafoglio complessivo e verso una differenziazione degli stessi in relazione ai diversi segmenti di mercato. In particolare, oltre a una offerta rinnovata di servizi di comunicazione di tipo tradizionale - arricchita dalla possibilità di utilizzare terminali di tipo mobile - il mercato propone una serie di servizi di telecomunicazione innovativi basati sul concetto di multimedialità. Questi, in relazione alle principali caratteristiche a essi relativi, possono essere classificati in due categorie principali:

- servizi diffusivi, che possono essere senza controllo della prestazione (ad esempio Pay TV, Pay Per View) o con controllo della prestazione (ad esempio Near Video On Demand);
  - servizi interattivi, che possono essere di conversazione (ad esempio videocomunicazione), di messaggistica (posta elettronica), di retrieval (ad esempio servizi on-line e Video On Demand).
- Per il settore della clientela residenziale l'evoluz-

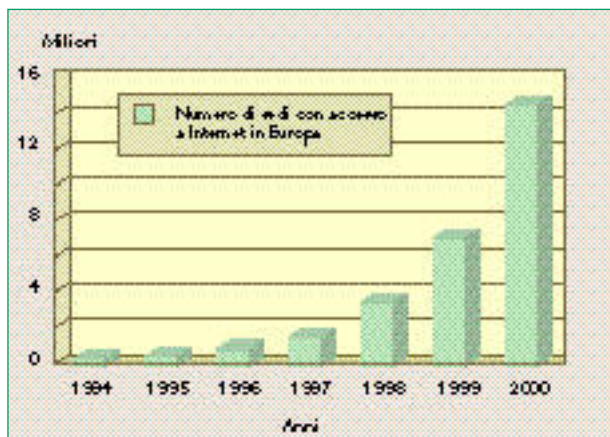


Figura 2 Stima della crescita di Internet in Europa.

zione dei servizi innovativi è orientata ai servizi di tipo diffusivo e di tipo interattivo, con applicazioni a carattere di intrattenimento e di pubblica utilità. Per quanto riguarda in particolare i servizi interattivi, la tendenza è verso la fornitura di un vasto insieme di applicativi, tra cui l'accesso a informazioni su server remoti, il tele-shopping e il telelavoro.

Per il settore affari l'evoluzione dei servizi è maggiormente orientato al trasporto dei dati a più alta velocità e a soluzioni di reti aziendali (reti Corporate) mutate dal modello Internet (ad esempio Intranet). In questo settore i servizi saranno caratterizzati da maggiori esigenze in termini di qualità.

## 3. Evoluzione del mercato

L'evoluzione dello scenario dei servizi, sebbene sia delineata nelle sue tendenze, non è tuttavia facilmente stimabile in termini di tempi e di domanda. In ogni caso, le previsioni di crescita per i servizi innovativi risultano incoraggianti, specialmente sulla base degli andamenti storici di alcuni di essi. In particolare, lo sviluppo dei servizi basati sulla piattaforma Internet a partire dagli anni 1992-'95 ha prodotto un incremento di tipo esponenziale del traffico e la nascita di nuove applicazioni, che vanno dal commercio elettro-

	SERVIZI	REQUISITI DI BANDA	
		Central-utente	Utente-central
Tradizionali	POTS/ISDN	64 kbit/s 2 Mbit/s	64 kbit/s 2 Mbit/s
	Circuiti Diretti Numerici	64 kbit/s 2 Mbit/s	64 kbit/s 2 Mbit/s
Innovativi	TV analogica + numerica (DVB)	8 MHz	0,2-4 kbit/s
	TV numerica (SDVB)	3-6 Mbit/s	0,2-4 kbit/s
	Servizi Multimediali Interattivi (ad esempio VOD)	3-6 Mbit/s	16 kbit/s
	Servizi On-Line (ad esempio Home Banking)	1-2 Mbit/s	16 kbit/s
	Servizi Web + accesso a Internet	0,5-3 Mbit/s	9,6-500 kbit/s

Figura 3 Requisiti di banda dei principali servizi di telecomunicazione.

nico allo sviluppo di applicativi integrati (quali: Internet Phone, Vocaltec). La figura 2 mostra una previsione di crescita del numero di abitazioni in Europa dotate di accesso a Internet. È interessante notare come in soli tre anni (dal 1997 al 2000) la penetrazione aumenti di circa 10 volte, passando da poco più di 1,5 milioni a circa 15 milioni con un tasso di crescita intorno al 100 per cento annuo.

L'introduzione di servizi innovativi si riflette quindi in un incremento di occupazione di risorse trasmissive di rete e di capacità elaborativa.

Nella figura 3 sono riportati i requisiti di banda dei servizi innovativi; a questi si deve anche aggiungere

un aumento generalizzato dei tempi di fruizione dei servizi innovativi rispetto a quelli tradizionali di tipo telefonico (in particolare per i servizi di tipo diffusivo).

Il quadro evolutivo esposto costituisce il riferimento per individuare gli sviluppi di rete più adeguati: essi richiedono, infatti, la predisposizione di un'infrastruttura di rete capace di offrire i servizi innovativi a larga banda in maniera flessibile e dotata di efficaci soluzioni gestionali.

A partire da uno scenario di riferimento articolato - che vede la presenza di reti basate su una molteplicità di sistemi e di tecnologie - un'esigenza primaria nella definizione dell'evoluzione architetture della rete è quindi quella di rendere maggiormente indipendenti i servizi offerti dalle soluzioni infrastrutturali impiegate.

#### 4. Lo sviluppo tecnologico

Lo sviluppo tecnologico costituisce uno dei principali fattori di evoluzione della rete in quanto rende praticabile, da un punto di vista tecnico ed economico, l'offerta di nuovi servizi e consente di ottimizzare le infrastrutture esistenti.

In particolare, la trasmissione di informazioni ad alta velocità può avvalersi sia dei portanti trasmissivi a elevata capacità (fibre ottiche, cavi coassiali) sia dei portanti in rame, per mezzo delle tecniche trasmissive *ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)* e *VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber Line)* che consentono di veicolare i servizi innovativi sui cavi a coppie simmetriche già posati nella rete di distribuzione.

A essa si accompagnano i sistemi di commutazione in tecnica *ATM (Asynchronous Transfer Mode)*, che in prospettiva consentono di costituire una singola infrastruttura di trasporto per il trasferimento in modo integrato di una molteplicità di tipi di traffico. La tecnica di trasporto ATM consente in particolare il trattamento di elevati volumi di traffico e una maggiore flessibilità nell'allocazione della capacità trasmissiva.

L'evoluzione dei sistemi di rete sarà comunque parallela a uno sviluppo dei sistemi d'utente che vedrà un diffuso utilizzo dei Personal Computer e di nuovi sistemi a basso costo (tra cui i Network Computer, ovvero sistemi di elaborazione privi di memorie di massa e orientati all'esecuzione di programmi ricevuti via rete). Questi ultimi sistemi mirano essenzialmente a una più facile accettazione da parte della clientela di massa e potranno presentarsi come estensione di apparecchi già di uso comune. Si tratta in questo caso di dispositivi come la Web TV, che permette di visualizzare pagine Web direttamente sullo schermo televisivo.

#### 5. Soluzioni architetture del livello di trasporto e gestione della rete

A fronte del contesto evolutivo e degli specifici sviluppi nell'offerta di servizi, le modifiche della rete di trasporto possono in generale essere ispirate ai seguenti principi:

- realizzazione di una infrastruttura di rete di transito a larga banda in grado di consentire servizi innovativi e servizi dati ad alta velocità coprendo le esigenze del mercato affari e residenziale;
- ottimizzazione della piattaforma di rete per i servizi tradizionali mediante il miglioramento dei processi di realizzazione e di esercizio, l'ottimizzazione dei costi e il contenimento degli investimenti direttamente connessi. Questo risultato si realizza anche tramite la graduale riduzione del numero dei nodi di rete;
- evoluzione della rete di giunzione tramite l'impiego di sistemi trasmissivi basati sulla gerarchia sincrona SDH con un notevole ampliamento della capacità trasmissiva e con il miglioramento della gestibilità della rete;
- capacità di aprire la rete verso altri gestori sia per rispondere a disposizioni normative, sia per cogliere nuove opportunità commerciali, approntando i punti di interconnessione dotati delle funzionalità necessarie.

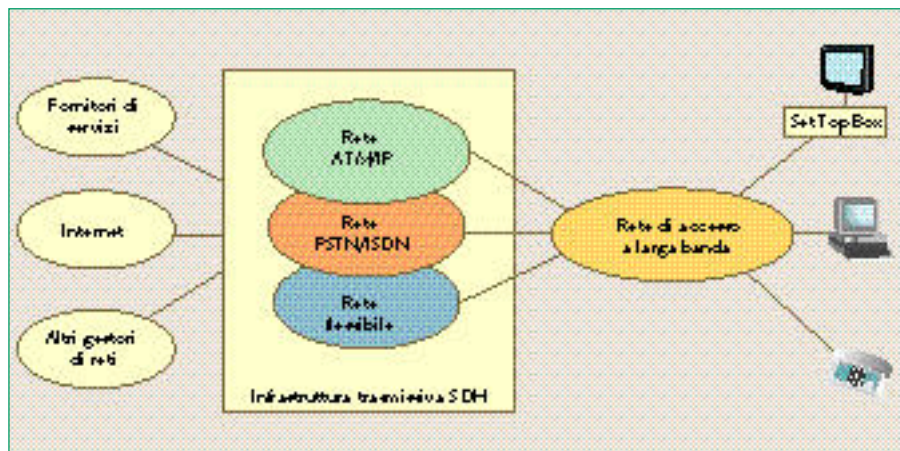


Figura 4 Piattaforma di trasporto a larga banda.

In questo scenario, l'evoluzione della piattaforma di rete deve essere ispirata dall'obiettivo di rendere massime le potenzialità di offerta dei servizi, di ridurre al minimo le quote specifiche di investimento per il singolo servizio e di rendere massima la capacità di rapido adattamento ai cambiamenti del mercato. Una rappresentazione schematica della nuova piattaforma per la rete di trasporto è riportata in figura 4.

#### 6. La rete di accesso

La nuova piattaforma di trasporto a larga banda è caratterizzata da accessi che si avvalgono delle infrastrutture esistenti e che, in prospettiva e, compatibil-

mente con i criteri di convenienza economica, evolveranno verso il trasporto integrato dei servizi sia a banda stretta sia a banda larga (*Full Service Network*). L'omogeneità tecnologica e di gestione consentirà di acquisire benefici in termini di ampliamento della gamma dei servizi offerti e di riduzione dei costi gestionali.

L'importanza dell'accesso risiede nel fatto che esso costituisce la parte più capillare dell'intera rete di telecomunicazioni e rappresenta una quota considerevole dell'insieme degli investimenti sostenuti dal gestore di rete. È in effetti questo il segmento della rete nel quale i gestori hanno concentrato l'attenzione, poiché presenta una molteplicità di leve strategiche su cui agire per offrire alla clientela servizi innovativi in aggiunta a quelli tradizionali.

Nella figura 5 sono mostrate alcune possibili soluzioni per la realizzazione di accessi a larga banda riguardanti la fornitura dei servizi interattivi sia alla clientela residenziale sia a quella affari:

- multiplex ADSL su doppino telefonico;
- rete HFC (*Hybrid Fiber Coaxial cable*) con *Cable Data Modem*;
- rete ottica passiva (PON) terminata con sistemi ADSL o VDSL.

La soluzione con multiplex ADSL utilizza la rete primaria e secondaria in rame per la fornitura di servizi di tipo interattivo. Sullo stesso doppino in rame è possibile, grazie all'impiego della tecnica trasmissiva ADSL, il trasporto sia del canale telefonico tradizionale, sia di quello a larga banda. Nella residenza del cliente, un apposito apparato demodulatore, *NT (Network Termination)*, consente di separare i due segnali e di inoltrarli ai rispettivi terminali utilizzatori.

La rete HFC utilizza una infrastruttura in fibra e coassiale principalmente per il trasporto di servizi video con modalità diffusiva. Su questa stessa infrastruttura è possibile trasportare anche servizi di tipo interattivo tramite l'inserimento in rete (tipicamente a livello di Local Node) e presso il cliente di particolari modem denominati *Cable Data Modem*. Con questi sistemi è possibile condividere, tra tutti i clienti connessi al Local Node, una capacità di banda pari ad alcune decine di Mbit/s nella direzione dalla rete al cliente.

La rete PON utilizza un'infrastruttura di accesso in fibra ottica in configurazione ad albero basata su componenti ottici passivi e consente il trasporto integrato di servizi a banda stretta e a banda larga sia di tipo diffusivo sia interattivo. Dal punto di vista trasmissivo la rete ha una capacità di 622 Mbit/s nella direzione centrale-utente (*downstream*) e di 155 Mbit/s nella direzione utente-centrale (*upstream*). Essa è terminata nella rete di accesso da un moltiplicatore multiservizio *ONU (Optical Network Unit)* equipaggiato con le interfacce di servizio a cui sono collegati i clienti tramite i rilegamenti a coppie simmetriche esistenti dotati, secondo

la distanza, di sistemi trasmissivi di tipo ADSL o VDSL.

In rete, la ONU può essere posta a livello di centrale locale, a livello di armadio ripartilinea, a livello di edificio o di appartamento realizzando rispettivamente le configurazioni *FTTE (Fiber To The Exchange)*, *FTTCab (Fiber To The Cabinet)*, *FTTB (Fiber To The Building)*, *FTTO (Fiber To The Office)*; mentre le prime tre configurazioni sono principalmente previste per la fornitura di servizi alla clientela residenziale, la configurazione FTTO è prevista per la clientela affari.

Le quattro configurazioni sono tra loro diverse sia in termini di banda trasportata per cliente (minima per FTTE che utilizza l'ADSL, massima per FTTO che consente direttamente la connessione in fibra) sia negli investimenti di rete (minimi per FTTE, che riutilizza interamente la rete secondaria in rame, massimi per FTTO, che richiede la realizzazione di una completa infrastruttura in fibra fino alla residenza del cliente).

Sempre per la realizzazione della rete nell'ultimo miglio, particolare attenzione rivestono le soluzioni radio e satellitari che possono costituire un'alternativa

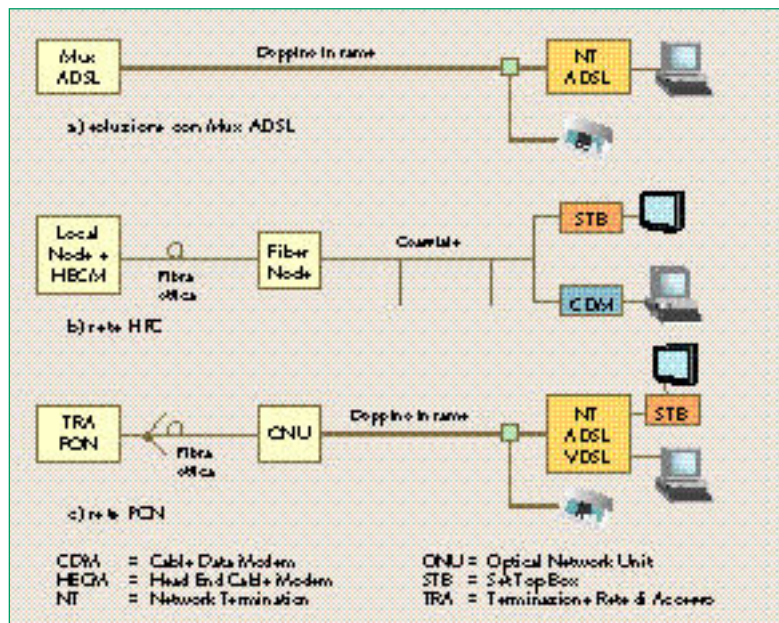


Figura 5 Possibili accessi a larga banda.

alle soluzioni in cavo precedentemente individuate. In particolare i sistemi radio stanno rapidamente evolvendo verso sistemi di tipo *LMDS (Local Multipoint Distribution System)* che consentono di utilizzare un'ampia capacità di banda per la fornitura di servizi di tipo multimediale.

L'architettura di questi sistemi prevede la copertura di un'area di centrale tramite un apparato (*master*) LMDS posizionato presso la centrale locale; questo è collegato tramite connessioni radio a un certo numero di stazioni riceventi installate in prossimità della sede del cliente in visibilità con la stazione master.

## 7. Rete di transito

La rete di transito sarà caratterizzata, nel breve/medio periodo, dalla presenza di infrastrutture di rete diversificate per il trattamento dei servizi tradizionali e per i servizi innovativi a larga banda: in particolare per i servizi tradizionali si prevede di mantenere le infrastrutture PSTN/ISDN e quelle di rete flessibile, mentre per i servizi a larga banda sarà introdotta una rete ATM. Queste infrastrutture utilizzano la rete trasmissiva basata sulla tecnica di moltiplicazione *SDH (Synchronous Digital Hierarchy)* che consente di sfruttare le caratteristiche dei portanti ottici e che offre una efficace gestione della rete. Inoltre è possibile realizzare strutture ad anello in grado di riconfigurarsi in maniera automatica a fronte di guasti, e che offrono pertanto una più completa protezione dei flussi trasmissivi. La tecnica SDH risponde quindi all'esigenza, precedentemente esposta, di disporre di un'infrastruttura che associ a un livello elevato di prestazioni le caratteristiche di flessibilità e di gestibilità necessarie per il trasporto dei dati nel rispetto dei requisiti di qualità.

## 8. Gestione della rete

Il processo di realizzazione della nuova infrastruttura di rete richiede che evolvano i sistemi di gestione. Questa evoluzione deve essere attuata nell'ottica di una gestione integrata della rete per contenere i costi complessivi a essa relativi, anche in relazione ai diversi segmenti e alle tecnologie di rete. I sistemi della nuova architettura devono quindi interoperare con quelli attuali per la gestione dei servizi tradizionali di base.

Per quanto riguarda la fornitura del servizio (*Service Delivery*) deve essere definito un processo completo che consideri l'intero flusso di attività, a partire dalla ricezione sino al soddisfacimento della richiesta del cliente e che esso sia il più possibile uniforme rispetto alle tipologie di servizi e tecnologie di rete coinvolte; un ulteriore elemento di rilievo riguarda la possibilità di disporre di interfacce di tipo informatico per la *Customer Care*.

## 9. I punti di forza e di debolezza delle future soluzioni architetture

L'evoluzione architetture e tecnologica della rete è accompagnata dal conseguimento di benefici di diversa natura.

Nel segmento della rete di trasporto, le nuove tecnologie consentono di introdurre nodi caratterizzati da una maggiore capacità elaborativa, basati su architetture software più avanzate, e in grado di trasportare un vasto insieme di servizi. In prospettiva, l'evoluzione della rete di trasporto è quindi orientata alla riduzione del numero di infrastrutture di rete specializzate e alla costituzione di reti "integrate nei servizi" topologicamente semplici.

Al tempo stesso, a livello trasmissivo - grazie alla diffusione dei nuovi sistemi - la rete SDH è desti-

nata a estendersi, offrendo così anche per questo strato di rete una piattaforma unica che valorizza il mezzo trasmissivo ottico e che potenzia le capacità di gestione della rete.

Ai benefici economici legati alla semplificazione della rete di transito si aggiungono perciò quelli associati a un potenziamento delle capacità di gestione e a una maggiore affidabilità.

Nel segmento relativo alla rete di accesso, le nuove tecnologie consentono di introdurre in rete soluzioni caratterizzate da un diverso impatto sulle infrastrutture esistenti e quindi modulabili sulla base della risposta del mercato ai servizi offerti. Nel breve termine, la tecnologia ADSL basata su moltiplicatori da installare in rete di accesso consente l'offerta di servizi ad alta velocità a vaste aree geografiche a fronte di un investimento iniziale contenuto. In una fase successiva l'utilizzo di soluzioni basate su PON consentirà di realizzare una soluzione di rete adatta a una pluralità di configurazioni e a una più estesa penetrazione dei servizi innovativi. In prospettiva, l'introduzione dei nuovi sistemi in rete di accesso consentirà l'integrazione dei servizi tradizionali e innovativi su un'unica piattaforma evoluta. Anche in questo caso, come per il segmento di transito, la nuova infrastruttura di rete sarà maggiormente affidabile e faciliterà il processo di offerta dei servizi: giocherà in particolare un ruolo di rilievo la capacità di configurare i sistemi di rete di accesso da una località remota per l'offerta dei servizi al cliente finale. La maggiore affidabilità dei sistemi di rete di nuova generazione, rispetto a quelli attuali, consentirà inoltre di ottenere benefici anche sul fronte delle attività di esercizio.

A fronte dei benefici indicati, l'introduzione delle nuove tecnologie non è esente tuttavia da criticità, che devono essere attentamente valutate nel pianificare l'evoluzione dell'architettura di rete. Nel segmento di accesso, in particolare, l'introduzione di soluzioni innovative - e in particolare di tipo FTTCab, FTTB, e HFC - comporta investimenti rilevanti per la predisposizione della rete all'offerta dei servizi: si tratta in alcuni casi di introdurre in rete nuove infrastrutture, come il portante coassiale nel caso HFC o quello ottico nel caso FTTCab e, in altri casi, di intervenire con operazioni di bonifica al fine di prevenire fenomeni di interferenza tra le nuove tecnologie trasmissive ed i sistemi già presenti in rete. In quest'ultimo caso risulta critica l'affidabilità delle previsioni di crescita relativa alla domanda dei servizi.

L'installazione di sistemi elettronici nella rete di accesso - installati generalmente in ambienti non presidiati - comporta inoltre diverse criticità aggiuntive, e tra questi i costi di installazione, di esercizio e manutenzione, e di alimentazione degli apparati. A queste difficoltà si aggiunge la necessità di ottenere i permessi di scavo e di installazione da parte dell'Autorità Concedente.

Infine, l'introduzione dei nuovi sistemi, sebbene tenda a semplificare il numero complessivo di piattaforme di rete necessarie nel medio e nel lungo termine, costituisce in una prima fase un onere non trascurabile sul piano dei sistemi di gestione.

## Bibliografia

- [1] Dècina, M.: *Internet e l'Infrastruttura Globale dell'Informazione*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 6, n. 2, ottobre 1997, pp. 5-10.
- [2] AAVV: *Piano tecnologico della rete* - edizione 1996. Documento tecnico interno a Telecom Italia.
- [3] AAVV: *Architettura di rete: Trasporto/Accesso*. Documento tecnico interno a Telecom Italia, luglio 1997.
- [4] Pietroiusti, R.: *La rete del domani*. «Dialogo», Anno 4, n. 3, 1997.

Luigi Fammartino - Telecom Italia

luigi.fammartino@telecomitalia.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Costruire lo strato di rete ottico con soluzioni flessibili in lunghezza d'onda per la nuova generazione di reti avanzate

GIUSEPPE FUMAGALLI

*In molte reti di trasmissione in tutto il mondo sono utilizzati diffusamente i sistemi di moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda (WDM Multiplexers).*

*La principale applicazione di questi sistemi è, ad oggi, quella di collegamenti punto-punto di lunga distanza. Tuttavia, i notevoli e numerosi vantaggi che derivano dalla flessibilità e dalla compatibilità del WDM con le reti esistenti, sono la premessa per la diffusione di sistemi WDM anche in rete locale e metropolitana.*

*I collegamenti punto-punto saranno affiancati, a breve, da architetture più efficienti, come anelli e reti magliate seguendo quanto è definito in ambito di standardizzazione da parte di ITU-T e di ETSI.*

*Questo sarà possibile grazie alla rapida evoluzione della tecnologia che consente la realizzazione di apparati di tipo OADM (Optical Add-Drop Multiplexer) e OXC (Optical Cross-Connect).*

*I gestori di rete che guardano all'utilizzo del WDM hanno a disposizione diverse strategie realizzative ("integrata" o "aperta") che consentono soluzioni ottimizzate per le diverse realtà ed esigenze di rete.*

### 1. Vantaggi del WDM nelle reti di lunga distanza

La tecnologia *WDM (Wavelength Division Multiplexing)* ha rappresentato, negli ultimi anni, uno dei più formidabili esempi di sviluppo e penetrazione nel mercato: nel solo Nord America le vendite di sistemi WDM sono passate da meno di 50 M\$ del 1995 a più di 1 B\$ nel corso del 1997; la capacità trasmissiva di questi sistemi è passata, nello stesso periodo da  $4 \times 2,5 \text{ Gbit/s} = 10 \text{ Gbit/s}$  agli attuali  $32 \times 2,5 \text{ Gbit/s} = 80 \text{ Gbit/s}$  [1].

L'utilizzo di sistemi WDM ha conosciuto una crescita così esplosiva soprattutto per l'uso estensivo che è stato fatto dai gestori delle reti di lunga distanza.

I motivi che hanno portato alla scelta di questa tecnologia risiedono, da una parte nelle esigenze, createsi negli ultimi anni, di trasporto di sempre maggiori quantità di traffico, dall'altra nei numerosi vantaggi che la soluzione WDM consente.

Infatti, di fronte all'esigenza di incrementare la capacità trasportata nella rete trasmissiva, i gestori hanno tre possibili scelte:

- aggiungere ulteriori collegamenti, utilizzando

altrettante coppie di fibre (soluzione *SDM: Space Division Multiplexing*);

- aumentare la capacità dei sistemi trasmissivi esistenti mantenendo inalterato il numero di fibre utilizzate (soluzione *TDM: Time Division Multiplexing*);
- utilizzare tecniche di moltiplicazione WDM che consentono di moltiplicare più sistemi esistenti su un'unica coppia di fibre (soluzione WDM).

La prima soluzione porta velocemente all'esaurimento delle fibre disponibili e quindi alla necessità di posare nuovi cavi; comporta inoltre l'uso di un elevato numero di apparati di rigenerazione e quindi un elevato costo iniziale e un elevato costo di esercizio durante la vita dell'impianto.

La seconda soluzione porta, alla sostituzione degli apparati SDH esistenti a 2,5 Gbit/s (STM-16) con apparati di capacità 10 Gbit/s (STM-64). Nel caso di un collegamento di capacità pari a 10 Gbit/s, il puro confronto economico degli apparati porta al risultato schematizzato in figura 1 da cui risulta evidente il vantaggio della soluzione WDM ( $4 \times \text{STM-16}$ ) rispetto a quella TDM (STM-64), tanto più marcato quanto maggiore è la lunghezza del collegamento.

## Bibliografia

- [1] Dècina, M.: *Internet e l'Infrastruttura Globale dell'Informazione*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 6, n. 2, ottobre 1997, pp. 5-10.
- [2] AAVV: *Piano tecnologico della rete* - edizione 1996. Documento tecnico interno a Telecom Italia.
- [3] AAVV: *Architettura di rete: Trasporto/Accesso*. Documento tecnico interno a Telecom Italia, luglio 1997.
- [4] Pietroiusti, R.: *La rete del domani*. «Dialogo», Anno 4, n. 3, 1997.

Luigi Fammartino - Telecom Italia

luigi.fammartino@telecomitalia.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Costruire lo strato di rete ottico con soluzioni flessibili in lunghezza d'onda per la nuova generazione di reti avanzate

GIUSEPPE FUMAGALLI

*In molte reti di trasmissione in tutto il mondo sono utilizzati diffusamente i sistemi di moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda (WDM Multiplexers).*

*La principale applicazione di questi sistemi è, ad oggi, quella di collegamenti punto-punto di lunga distanza. Tuttavia, i notevoli e numerosi vantaggi che derivano dalla flessibilità e dalla compatibilità del WDM con le reti esistenti, sono la premessa per la diffusione di sistemi WDM anche in rete locale e metropolitana.*

*I collegamenti punto-punto saranno affiancati, a breve, da architetture più efficienti, come anelli e reti magliate seguendo quanto è definito in ambito di standardizzazione da parte di ITU-T e di ETSI.*

*Questo sarà possibile grazie alla rapida evoluzione della tecnologia che consente la realizzazione di apparati di tipo OADM (Optical Add-Drop Multiplexer) e OXC (Optical Cross-Connect).*

*I gestori di rete che guardano all'utilizzo del WDM hanno a disposizione diverse strategie realizzative ("integrata" o "aperta") che consentono soluzioni ottimizzate per le diverse realtà ed esigenze di rete.*

### 1. Vantaggi del WDM nelle reti di lunga distanza

La tecnologia *WDM (Wavelength Division Multiplexing)* ha rappresentato, negli ultimi anni, uno dei più formidabili esempi di sviluppo e penetrazione nel mercato: nel solo Nord America le vendite di sistemi WDM sono passate da meno di 50 M\$ del 1995 a più di 1 B\$ nel corso del 1997; la capacità trasmissiva di questi sistemi è passata, nello stesso periodo da  $4 \times 2,5 \text{ Gbit/s} = 10 \text{ Gbit/s}$  agli attuali  $32 \times 2,5 \text{ Gbit/s} = 80 \text{ Gbit/s}$  [1].

L'utilizzo di sistemi WDM ha conosciuto una crescita così esplosiva soprattutto per l'uso estensivo che è stato fatto dai gestori delle reti di lunga distanza.

I motivi che hanno portato alla scelta di questa tecnologia risiedono, da una parte nelle esigenze, createsi negli ultimi anni, di trasporto di sempre maggiori quantità di traffico, dall'altra nei numerosi vantaggi che la soluzione WDM consente.

Infatti, di fronte all'esigenza di incrementare la capacità trasportata nella rete trasmissiva, i gestori hanno tre possibili scelte:

- aggiungere ulteriori collegamenti, utilizzando

altrettante coppie di fibre (soluzione *SDM: Space Division Multiplexing*);

- aumentare la capacità dei sistemi trasmissivi esistenti mantenendo inalterato il numero di fibre utilizzate (soluzione *TDM: Time Division Multiplexing*);
- utilizzare tecniche di moltiplicazione WDM che consentono di moltiplicare più sistemi esistenti su un'unica coppia di fibre (soluzione WDM).

La prima soluzione porta velocemente all'esaurimento delle fibre disponibili e quindi alla necessità di posare nuovi cavi; comporta inoltre l'uso di un elevato numero di apparati di rigenerazione e quindi un elevato costo iniziale e un elevato costo di esercizio durante la vita dell'impianto.

La seconda soluzione porta, alla sostituzione degli apparati SDH esistenti a 2,5 Gbit/s (STM-16) con apparati di capacità 10 Gbit/s (STM-64). Nel caso di un collegamento di capacità pari a 10 Gbit/s, il puro confronto economico degli apparati porta al risultato schematizzato in figura 1 da cui risulta evidente il vantaggio della soluzione WDM ( $4 \times \text{STM-16}$ ) rispetto a quella TDM (STM-64), tanto più marcato quanto maggiore è la lunghezza del collegamento.

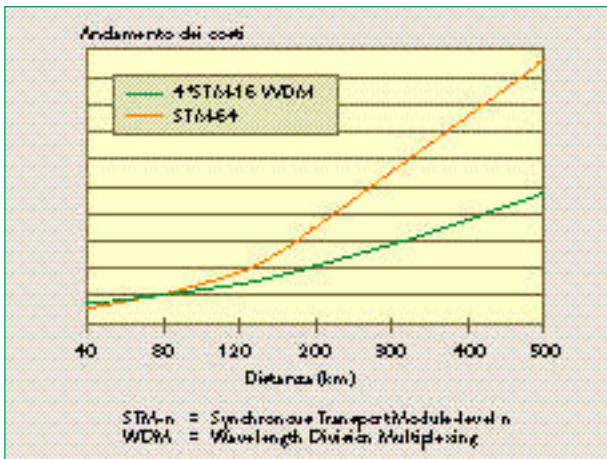


Figura 1 Confronto economico tra una soluzione WDM e una TDM.

Il confronto è stato fatto nelle seguenti ipotesi:

- parametri ottici in accordo con le raccomandazioni ITU-T G.691/G.692;
- uso di una fibra secondo le raccomandazioni ITU-T G.652;
- attenuazione della fibra: 0,275 dB/km in accordo con le raccomandazioni ITU-T G.691/G.692;
- prezzi di mercato medi per il mercato internazionale per gli apparati WDM e prezzi di mercato stimati per il mercato internazionale per gli apparati TDM.

Il vantaggio economico rappresentato in figura 1 è uno dei fattori che spiega il notevole interesse incontrato dai sistemi WDM presso i gestori di reti di lunga distanza nella realizzazione di collegamenti punto-punto (realizzati con "WDM Multiplexers"). Occorre anche notare che la diffusione massiccia di sistemi WDM per questo tipo di applicazione è stata resa possibile anche dalla caratteristica di tali sistemi di essere completamente compatibili con le reti di trasporto esistenti e quindi di poter essere utilizzati lasciando inalterata la rete esistente, senza sostituire

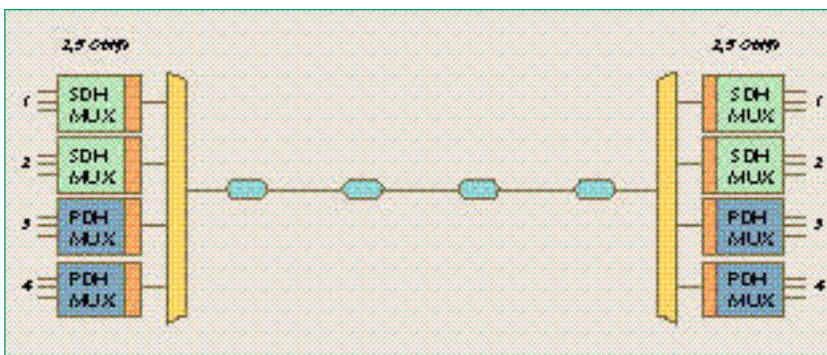


Figura 3 Collegamento WDM con multiplexori SDH e PDH terminali.

gli apparati in esercizio.

L'uso di sistemi WDM per collegamenti punto-punto non modifica poi la rete esistente anche da un punto di vista architettonico.

## 2. Vantaggi del WDM nelle reti regionali e locali

Come si nota dalla figura 1, per collegamenti di lunghezza limitata le soluzioni WDM 4\*STM-16 e TDM STM-64 hanno costi iniziali molto prossimi.

Questa situazione è tipica della rete dei gestori regionali degli Stati Uniti d'America, dei gestori tradizionali europei e di molti nuovi gestori le cui reti sono caratterizzate da una maggiore densità di nodi e/o da distanze relativamente brevi (tipicamente fino a 120 km).

La situazione dei gestori tradizionali europei è, inoltre, caratterizzata dalla presenza di una notevole porzione di rete realizzata con collegamenti trasmisivi plesiocroni PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*).

In questa tipologia di rete rivestono un ruolo decisivo i numerosi punti di flessibilità della soluzione WDM. Un notevole vantaggio del WDM è, infatti, costituito dalla possibilità di incrementare gradual-

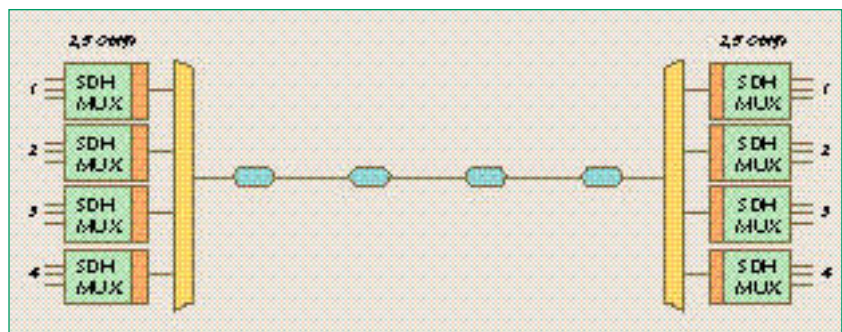


Figura 2 Collegamento WDM con multiplexori SDH terminali.

mente la capacità del collegamento, aggiungendo di volta in volta la banda che serve, dilazionando di conseguenza nel tempo l'investimento richiesto: facendo riferimento alla figura 2, dove sono rappresentati i multiplexori SDH e i sistemi WDM (multiplexori nelle stazioni terminali e amplificatori nelle stazioni intermedie), i singoli collegamenti STM-16 possono essere aggiunti solo quando servono; viceversa la soluzione TDM STM-64 richiede di installare l'intera capacità fin dalla prima installazione.

Questo punto di flessibilità è particolarmente pregiato nell'area locale dove la richiesta di banda da parte dell'utenza può essere difficile da prevedere con precisione, anche per rispondere all'eventuale richiesta di nuovi servizi.

Altro punto di forza del WDM è la possibilità di far coesistere sullo



stesso collegamento segnali di natura diversa (quindi non solo SDH): questa caratteristica è particolarmente importante per i gestori tradizionali europei in cui gran parte delle reti di trasporto sono prevalentemente PDH.

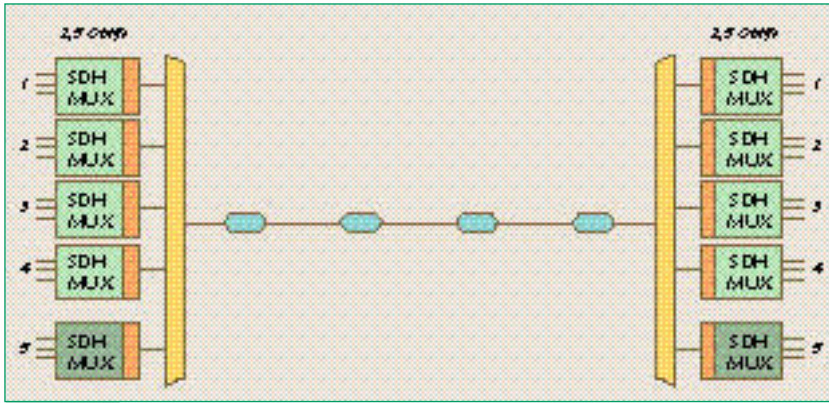


Figura 4 Aumento della capacità di un collegamento WDM sopra i 10 Gbit/s con un fascio STM-16 senza l'impegno di altre fibre e senza l'interruzione del servizio.

La possibilità di moltiplicare collegamenti PDH e SDH su una sola fibra permette di rendere disponibili fibre da utilizzare per diversi collegamenti (figura 3).

Infine, in situazioni in cui il gestore deve far fronte a ulteriori aumenti di traffico, questi possono essere soddisfatti semplicemente aggiungendo capacità tra i soli nodi che lo richiedono; nella figura 4 è presentato il caso in cui la capacità del collegamento supera i 10 Gbit/s: la soluzione WDM permette di aggiungere un ulteriore fascio STM-16 senza occupare altre fibre. Nella figura 5 è illustrato il caso in cui è richiesto un incremento di capacità tra un nodo terminale e uno intermedio.

### 3. Evoluzione del WDM verso l'Optical Networking

Nonostante questi numerosi vantaggi, le potenzialità di sviluppo del WDM sono ancora in larga misura non impiegate. I sistemi WDM commerciali installati finora sono prevalentemente utilizzati in collegamenti punto-punto e quindi effettuano una funzione di trasporto lasciando le funzioni di permutazione e instradamento flessibile agli altri strati di rete (ATM, SDH) che le realizzano a livello elettronico.

L'aumento della capacità trasportata (anche tramite l'introduzione di sistemi WDM) comporta tuttavia la necessità di garantire ad essa un elevato livello di affidabilità e protezione in modo da soddisfare gli obiettivi di qualità richiesti per i servizi trasportati in rete.

Quest'esigenza comporta, oggi, il ricorso ad apparecchiature elettro-

niche esistenti per effettuare le funzionalità di permutazione e di instradamento con il conseguente rischio di saturarne la capacità.

Come è stato ampiamente dimostrato in numerosi programmi di ricerca, condotti congiuntamente da gestori di rete e da Società manifatturiere, l'attuale tecnologia ottica consente di realizzare apparati che realizzano le funzioni di permutazione e instradamento dei segnali a livello di lunghezza d'onda.

A livello commerciale sono già disponibili sul mercato apparati che realizzano la funzionalità di inserzione-estrazione intermedia (*Add-Drop*) a livello di lunghezza d'onda (*OADM: Optical Add-Drop Multiplexer*).

Queste prime realizzazioni sono la premessa per lo sviluppo e l'introduzione nella rete di trasporto di funzioni di permutazione, instradamento e protezione realizzate interamente con tecnologia ottica: l'insieme di queste funzionalità viene

comunemente indicato come *optical networking*. La possibilità di effettuare instradamenti flessibili e protezioni a livello di lunghezza d'onda (e quindi con granularità tipica pari a 2,5 Gbit/s) consente di ottenere una serie di vantaggi.

Anzitutto la maggiore granularità di permutazione e di protezione consente di semplificare notevolmente la realizzazione e la gestione di tali funzioni e di evitare il ricorso ad apparecchiature elettroniche quando non è necessaria la terminazione del traffico a bassa velocità o il suo trattamento con bassa granularità.

In secondo luogo, poiché lo strato di rete ottico realizza il trasporto di diversi tipi di traffico (SDH, PDH, ATM, IP), la possibilità di proteggere il traffico a livello ottico permette di migliorare notevolmente il grado di servizio offerto soprattutto per quei segnali che non sono intrinsecamente protetti nel loro strato di origine (quale, ad esempio, il PDH).

La realizzazione di protezioni ottiche consente poi soluzioni e ottimizzazioni che sono impossibili da

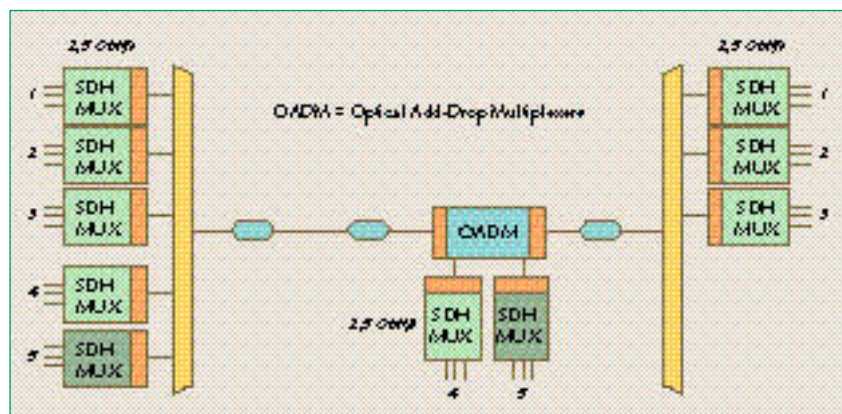


Figura 5 Aumento della capacità di un sistema WDM con estrazione e reinserimento di fasci STM-16 in una tratta intermedia.

realizzare con la tecnologia SDH. Nel caso di protezioni ad anello, ad esempio, diviene possibile incrementare in maniera modulare la capacità delle singole tratte dell'anello e quindi instradare nuove relazioni di traffico senza ricorrere a un salto gerarchico completo come avviene invece negli anelli SDH (figura 6) [2].

Nell'esempio riportato, in cui è rappresentato un anello ottico realizzato con apparati di tipo *OADM* (*Optical Add-Drop Multiplexer*), considerando una situazione iniziale di un anello di capacità STM-16, un'ulteriore richiesta di quattro flussi STM-1 tra i nodi A e C può essere semplicemente soddisfatta aggiungendo un terminale STM-4 nei soli due nodi interessati, evitando quindi di modificare l'intero anello al livello STM-64.

Un anello ottico del tipo rappresentato può crescere ulteriormente di potenzialità con la semplice aggiunta di altri terminali SDH.

#### 4. Stato della standardizzazione delle reti ottiche

Queste potenzialità di rispondere a esigenze di crescita di potenzialità della rete del WDM e il suo utilizzo in rete locale e metropolitana sono ormai largamente riconosciute dai gestori e dalle aziende manifatturiere e sono oggetto di un'intensa attività da parte degli organismi di standardizzazione internazionale.

In ambito *ITU-T* (*International Telecommunication Union - Telecommunication standardization sector*) la definizione della rete di trasporto ottica è oggetto della raccomandazione *G.Otn* (*Optical transport network*) che specifica il modello dell'architettura di rete in modo analogo a quanto già fatto con la raccomandazione *G.805*.

La rete ottica è stata definita mediante la sovrapposizione di tre strati funzionali:

- *OCH* (*Optical CHannel*) Layer che realizza l'instradamento da terminale a terminale dei canali ottici (le singole lunghezze d'onda);
- *OMS* (*Optical Multiplex Section*) Layer che realizza l'instradamento del segnale ottico multiplato;
- *OTS* (*Optical Transmission Section*) Layer che realizza il trasporto dei segnali ottici su un portante ottico.

La raccomandazione *G.otn* definisce le funzionalità (trasmissione, multiplazione, instradamento, valutazione delle prestazioni, metodi di protezione) e l'intestazione caratteristica (*overhead*) di ogni strato della rete ottica.

Sempre a livello di rete, *ITU-T* sta definendo la raccomandazione *G.onr* (*Optical network requirements*) che tratta gli aspetti realizzativi di rete (quali, ad

esempio, il massimo numero di *Network Elements WDM* in cascata, la definizione del reference path).

Oltre agli aspetti di rete, *ITU-T* ha avviato la standardizzazione delle funzionalità di apparato coprendo gli aspetti trasmissivi, funzionali e di gestione.

#### 5. Nuove architetture per reti ottiche flessibili

L'attività di standardizzazione sintetizzata brevemente nel paragrafo precedente ha come obiettivo finale l'introduzione in rete di una nuova generazione di apparati ottici con lo scopo di introdurre funzionalità simili ma il più possibile complementari a quelle già presenti negli altri strati della rete di trasporto.

Si è già detto della disponibilità commerciale di dispositivi Add-Drop ottici (*OADM*) in grado di estrarre e inserire un certo numero di lunghezze d'onda da un collegamento *WDM* lineare: nel seguito sono indicate le fasi previste per l'introduzione dei sistemi ottici flessibili nelle reti di trasporto.

Il primo tipo di applicazione richiesto dai gestori è relativo ad apparati *OADM* per applicazioni sia lineari sia ad anello che realizzano la protezione ottica delle singole lunghezze d'onda (protezione a livello di

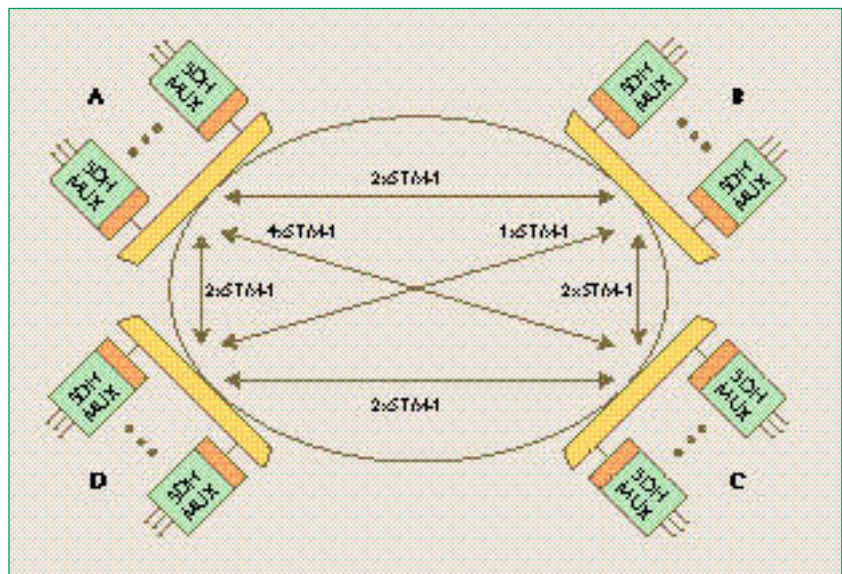


Figura 6 Incremento della capacità relativa alle singole tratte di un anello realizzato con sistemi WDM senza salti di livelli gerarchici.

*Optical Channel Layer*) o del segnale multiplato (protezione a livello di *Optical Multiplex Section Layer*).

Questo tipo di applicazione permetterà soluzioni innovative rispetto a quelle possibili con la tecnologia SDH consentendo di ottenere una maggiore flessibilità anche in topologie ad anello, così come descritto in precedenza.

Ulteriori applicazioni riguarderanno l'interconnessione tra anelli e le reti magliate realizzate tramite apparati *OXC* (*Optical Cross-Connect*).

Su queste topologie di rete si innesteranno meccanismi di sopravvivenza sofisticati come la *network restoration* effettuata a livello di lunghezza d'onda.

Parallelamente le soluzioni per la gestione evolve-

ranno tenendo conto del fatto che la rete ottica, come già anticipato, rappresenta un'infrastruttura comune con ruolo di *server* per una varietà di segnali che vanno da sistemi SDH al PDH all'ATM e all'IP (figura 7).

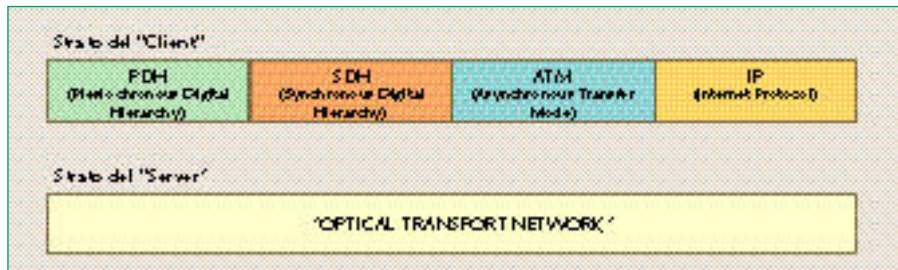


Figura 7 Piattaforma di trasporto ottica unica per diversi tipi di segnali oggi presenti in rete

Da questa caratteristica di fornire un'unica piattaforma di trasporto per diversi tipi di segnali "clienti" consegue che la gestione dello strato di rete ottico deve essere indipendente da quella degli strati "clienti" poiché il sistema di gestione della rete ottica deve rispondere a esigenze dei diversi clienti e quindi non deve dipendere specificatamente da nessuno di essi [3], [4].

## 6. Strategie per l'introduzione in rete dei sistemi WDM

Resta ora da definire la questione relativa alla realizzazione dei sistemi WDM, siano essi WDM Multiplexer, OADM ovvero OXC.

Sono possibili due soluzioni per collegare i sistemi WDM con quelli esistenti:

- *soluzione integrata*: essa consiste nell'utilizzare interfacce di linea "colorate" (cioè con trasmettitori sintonizzati sulle lunghezze d'onda scelte dagli Enti di standardizzazione per la trasmissione WDM) sugli apparati SDH da collegare ai sistemi WDM;
- *soluzione aperta*: essa consiste nell'impiegare dispositivi (*transponder*) che convertono un qualunque tipo di segnale cliente (PDH, SDH) avente una lunghezza d'onda non inclusa nella "griglia" standard in segnali che hanno una lunghezza d'onda adatta per la trasmissione WDM.

Entrambe le soluzioni hanno vantaggi e svantaggi che le rendono convenienti in diverse situazioni di rete.

La prima soluzione ha il vantaggio di utilizzare un solo trasmettitore e risulta quindi ottimizzata in termini di affidabilità (e di costo qualora gli apparati SDH vengano installati "ex-novo").

Questa soluzione è però applicabile al solo caso di segnali del tipo SDH e non permette perciò per esempio il trasporto di segnali PDH su sistemi WDM.

La soluzione aperta, viceversa, ha il vantaggio di permettere il trasporto di una varietà di segnali diversi (non solo SDH) e di facilitare un approccio "multivendor" per la rete di trasporto; infatti la presenza del transponder permette di separare lo

strato di rete ottico da quello dei clienti (ATM, PDH, SDH, IP) e consente quindi la coesistenza di fornitori diversi per i diversi strati della rete di trasporto.

Questa soluzione semplifica anche sensibilmente la gestione di rete poiché permette di definire chiaramente i confini tra reti di gestori diversi.

## 7. Conclusioni

In questa memoria si è visto come i sistemi WDM abbiano conosciuto recentemente uno sviluppo e una penetrazione nel mercato molto rapida sia per i numerosi vantaggi economici e di flessibilità sia

per la semplicità di esercizio sia anche per la compatibilità con la rete di trasporto esistente.

I sistemi WDM hanno, inoltre, le prerogative per essere utilizzati in maniera diffusa anche nella rete locale e metropolitana, consentendo soluzioni innovative, impossibili da realizzare con le altre tecnologie esistenti.

Un grande impulso allo sviluppo e all'applicazione di sistemi WDM viene anche dagli Enti di standardizzazione che definiscono le caratteristiche del nuovo strato di rete ottico. Questa è la premessa per introdurre in rete funzionalità a livello ottico, cioè rispondenti al cosiddetto *Optical Networking*, tramite apparati di tipo OADM e OXC.

La realizzazione dei sistemi WDM deve, infine, tener conto della rete di trasporto esistente poiché essa deve essere adattata alle diverse necessità e situazioni: la scelta di soluzioni integrate si adatta bene all'esigenza di trasportare solo traffico di tipo SDH mentre l'uso di transponder permette di rispondere alla necessità di costruire uno strato di rete ottico come piattaforma comune per una varietà di traffico e servizi diversi, in una logica di tipo "multivendor".

## Bibliografia

- [1] Ryan, John P.; *WDM: North American Deployment Trends*. «IEEE Communications Magazine», febbraio 1998.
- [2] Sleath, C.: *WDM targets Add-Drop Multiplexers and Optical Cross-Connects*. NFOEC 1997 proc., San Diego, agosto 1997.
- [3] *Architecture of optical transport networks*. ITU-T Bozza di Raccomandazione G.otn.
- [4] McGuire, A. et al.: *Applications of optical supervisory channels*. EFOC&N 1995, Brighton, Gran Bretagna.

Giuseppe Fumagalli - al momento del convegno operava in *Pirelli*; è ora passato in *Italtel*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# La rete ottica come strato trasmissivo della rete di trasporto

VIRGILIO MIRIELLO

*La memoria descrive la presumibile evoluzione per la rete di trasporto, considerando l'impatto della tecnologia WDM sulla capacità e sulla flessibilità dello strato ottico trasmissivo e fornendo una panoramica delle funzionalità e delle architetture di rete. Le tecniche di moltiplicazione e commutazione ottica offrono, infatti, l'opportunità di attuare le funzioni di instradamento in modo flessibile ed efficiente, in alternativa a ciò che viene oggi realizzato con tecniche elettroniche digitali ad alta velocità.*

## 1. Introduzione

Le tecnologie ottiche consentono oggi l'evoluzione efficiente dei sistemi di telecomunicazioni e offrono la possibilità di incrementare la capacità delle reti attraverso la realizzazione di nuove piattaforme di trasporto.

La frequenza trasmissiva dei collegamenti ottici terrestri raddoppia mediamente ogni due anni e la lunghezza delle tratte è sempre più condizionata dalle caratteristiche delle fibre: dispersione cromatica ed effetti non lineari prodotti. La moltiplicazione spaziale delle portanti ottiche - realizzata con la tecnologia WDM - fornisce quindi soluzioni sistemistiche potenzialmente efficaci per l'incremento della capacità trasmissiva delle fibre già installate e per l'evoluzione efficiente dell'intera rete di trasporto. La possibilità di creare uno strato trasmissivo completamente ottico OTN (Optical Transport Network) consentirà di sviluppare anche nuove metodologie di instradamento e connessione, realizzando con l'ottica ciò che oggi è possibile ottenere con la commutazione elettronica.

Per garantire il successo delle nuove tecnologie sarà tuttavia necessario considerare i vincoli di compatibilità con le reti esistenti, PDH ed SDH, e quelle future, ATM e IP. Occorrerà definire quindi interfacce di adattamento per l'interoperabilità con diversi fornitori di servizi, piattaforme comuni di gestione, e procedure di configurazione, amministrazione e manutenzione OAM (Operations Administration & Maintenance) compatibili con quelle degli strati superiori. È quindi ipotizzabile che funzioni di gestione, oggi sviluppate per le reti SDH, migreranno verso lo strato ottico.

## 2. L'impatto della tecnica WDM sulla rete di trasporto

La tecnica WDM consente l'instradamento diretto dei canali ottici, la riconfigurazione dinamica dei nodi e il trasporto trasparente di diverse entità trasmissive in un contesto multi-venditore e multi-tecnologico.

L'instradamento dei canali ottici può essere realizzato usando uno stesso pacchetto di lunghezze d'onda che, con meccanismi di conversione ottica, potranno essere opportunamente riutilizzate per evitare la

congestione della rete. Essendo infatti il numero di canali ottici disponibili limitato, reti nelle quali la funzione di instradamento non sarà completata con la funzione di conversione di lunghezza d'onda potrebbero raggiungere presto la massima capacità di impiego. Per aumentare in modo efficiente la flessibilità delle connessioni occorrerà pertanto evitare associazioni rigide tra punti di terminazione e portanti ottiche, rendendo il numero dei nodi indipendente dal numero dei percorsi e realizzando così la modularità della rete.

## 3. L'architettura dello strato ottico

La realizzazione di un piano puramente ottico, inserito in un'architettura a strati della rete di trasporto, è il modo migliore per fornire un livello trasmissivo di servizio.

La suddivisione in strati (figura 1) semplifica le connessioni tra reti eterogenee e offre l'opportunità di definire le proprietà e la gestione di ciascuna sezione in modo indipendente. Gli Enti di normalizzazione (ITU-T/ETSI) stanno oggi definendo una

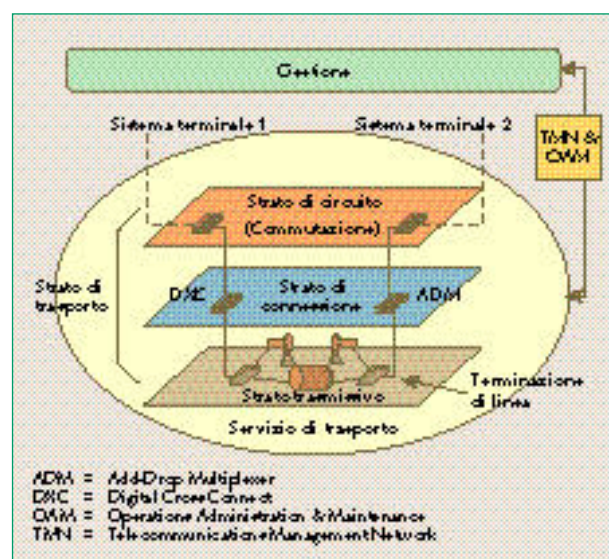


Figura 1 Struttura della rete di trasporto.

struttura di rete trasmissiva ottica (figura 2) suddivisa in tre strati: lo strato dei canali ottici *OCH* (*Optical Channel*), quello della sezione di moltiplicazione *OMS* (*Optical Multiplex Section*) e quello della sezione di trasmissione *OTS* (*Optical Transmission Section*).

I canali ottici consentono il trasferimento trasparente delle informazioni, provenienti dall'utilizzatore dei servizi (cliente), verso la sezione di moltiplicazione. Il segnale composito, ottenuto applicando le regole della moltiplicazione ottica, è inviato quindi al livello sottostante che, al fine di garantirne la qualità trasmissiva, provvede ad adattarlo alle caratteristiche del mezzo fisico di trasporto. Ciascuno strato ottico è caratterizzato da tre funzioni basilari di elaborazione: la terminazione, l'adattamento, la connessione. Quest'ultima funzione, necessaria per l'instradamento flessibile della rete e per la protezione ottica di percorso e di sezione, è prevista sia nello strato di canale che in quello di moltiplicazione.

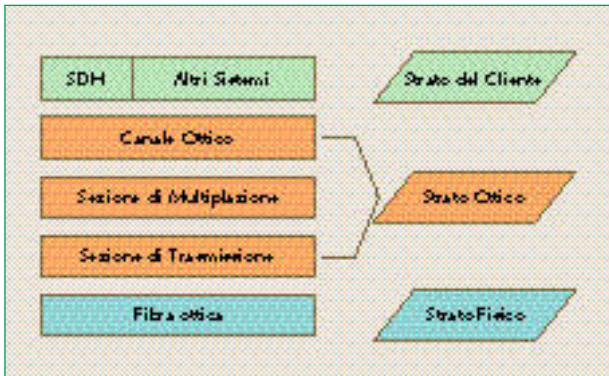


Figura 2 Struttura dello strato ottico.

Una possibile struttura di moltiplicazione è riportata nella figura 3: da questa si vede come è generata la trama di riferimento che definisce il modulo di trasporto ottico *OTM* (*Optical Transport Module*) di livello *q* (*OTM<sub>q</sub>*) per un dato *OH* (*Over Head*).

#### 4. La supervisione e la manutenzione

Lo strato ottico della rete di trasporto può essere definito come un insieme di risorse capaci di svolgere funzioni trasmissive, gestite con procedure indipendenti di configurazione, manutenzione e amministrazione *OAM* (*Operations Administration & Maintenance*). La disponibilità di elementi flessibili e complessi, quali gli *OADM* (*Optical Add-Drop Multiplexer*) e gli *OXC* (*Optical Cross-Connect*), che costituiranno i nodi ottici della rete, potrà essere attuata solo se tutte le funzionalità previste saranno controllate da un sistema di *OAM* idoneo ed efficiente.

I metodi oggi identificati per realizzare la supervisione dello strato ottico, e per trasportare quindi le informazioni di configurazione e manutenzione, sono essenzialmente due. Il primo propone di utilizzare una singola portante ottica, gestita dallo strato trasmissivo e condivisa dalle tre

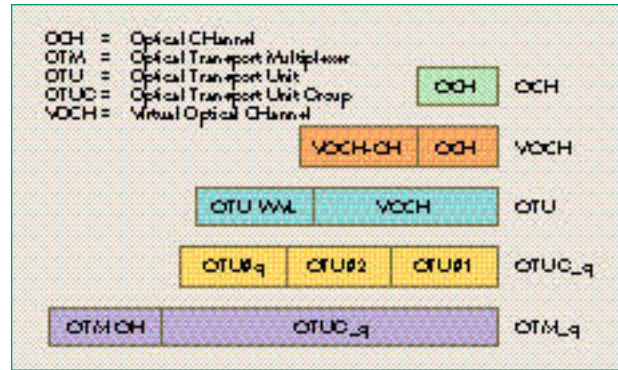


Figura 3 Struttura di moltiplicazione.

sezioni di *OCH*, *OMS* e *OTS*; il secondo è, invece, basato sull'impiego di portanti ottiche dedicate a ciascuno strato; per lo strato di canale, in particolare, tante portanti quante sono le lunghezze d'onda trasportate.

In un contesto in cui la flessibilità delle connessioni è fondamentale, il primo metodo - che pure richiede un'utilizzazione minima della banda ottica - non sembra applicabile. La necessità di sviluppare nello strato di canale due processi paralleli di connessione - rispettivamente per i segnali di servizio e per i segnali principali - renderebbe infatti questa soluzione estremamente costosa, in particolare per apparati complessi come i *Cross-Connect*.

Il secondo metodo risolve il problema delle connessioni, ma utilizza in misura eccessiva la banda ottica, a scapito dei canali trasmissivi principali.

È quindi opportuno seguire un approccio alternativo, come quello descritto qui di seguito.

Le informazioni che la supervisione dello strato ottico deve trasportare attraverso le procedure di *OAM* hanno due obiettivi: la *supervisione della rete* e la *supervisione delle connessioni*.

Per la *supervisione della rete* si usa una singola portante ottica (figura 4), gestita dalla sezione di trasmissione *OTS* e condivisa sia dalle funzioni di *OTS* che di *OMS* e *OCH*. La portante ottica prescelta ha una lunghezza d'onda di 1510 nm ed è collocata fuori della banda ottica disponibile per le

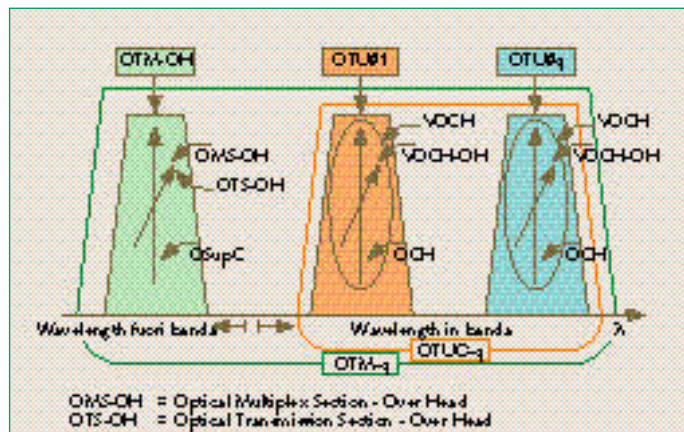


Figura 4 Struttura di trama.

funzioni di OTS, fuori cioè dalla banda utilizzata dagli amplificatori ottici all'erbio (1530 - 1565 nm).

I requisiti minimi richiesti per la procedura di OAM, associata alla portante fuori banda, sono:

- la gestione dei guasti della rete;
- la configurazione dei nodi di instradamento;
- il controllo delle prestazioni;
- le procedure di caricamento del software di controllo e di configurazione;
- il reinstradamento del traffico a seguito di guasti.

La portante ottica di supervisione di rete trasporta i canali dati di comunicazione, *DCC (Data Communication Channel)*, trasmessi con un protocollo organizzato a messaggi e contenenti le informazioni che il sistema

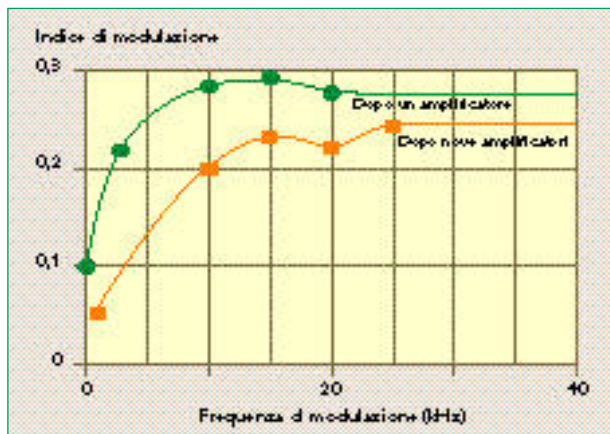


Figura 5 Riduzione dell'indice di modulazione.

operativo *OS (Operating System)* scambia con il singolo elemento di rete, *NE (Network Element)*. Le principali funzioni svolte sono: la notifica delle indicazioni di allarme e degli stati della rete, la trasmissione dei dati di configurazione (gestione delle connessioni e degli instradamenti) e il telecaricamento del software.

La lunghezza d'onda di supervisione trasporta anche, con un protocollo strutturato a bit - quindi con un'opportuna trama - gli allarmi e i messaggi per le notifiche tra NE e per le applicazioni legate alle protezioni.

Per quel che concerne la *supervisione delle connessioni*, la soluzione adottata si basa sull'utilizzazione di un canale di servizio *OH (Over-Head)* associato a ciascun segnale principale, come mostrato nella stessa figura 4. In questo modo le informazioni di OAM, scambiate tra gli NE con un protocollo a bit, sono trasmesse per mezzo della stessa portante ottica ed elaborate quindi in ciascun nodo indipendentemente dalla configurazione di connessione. L'impiego dei toni pilota è la tecnica oggi allo studio per quella che viene definita trasmissione associata. La scelta della sottoportante è legata sia al taglio di bassa frequenza prodotto dalla installazione in cascata degli amplificatori (figura 5), sia all'interazione con il segnale principale (figura 6).

Se la frequenza è maggiore di 20 kHz, applicando un indice di sovr modulazione pari al 25 per cento, valore ottimale per una buona ricezione, l'amplificazione ottica non produce effetti apprezzabili sulla sovr modulazione stessa. Valori di frequenza di sotto-

portante superiori producono però una maggiore penalizzazione sul segnale principale ricevuto.

Le informazioni di OAM relative al canale ottico riguardano la:

- identificazione del percorso ottico;
- identificazione del canale, con le eventuali informazioni di non connessione;
- indicazione di difetto remoto;
- indicazione della misura remota di rapporto segnale/rumore ottico (*OSNR - Optical Signal to Noise Ratio*).

La scelta di realizzare la supervisione delle connessioni trasmettendo le informazioni di controllo in modo associato ha il vantaggio quindi di facilitare applicazioni di rete che prevedano la gestione flessibile e dinamica degli instradamenti.

## 5. La struttura della rete e la protezione del traffico

Una rete a elevata connettività è gestita meglio se configurata in modo magliato e se protetta con la riconfigurazione predeterminata dei singoli percorsi, ossia con la *restoration*.

Diverse motivazioni giustificano la realizzazione di reti trasmissive magliate con nodi di permutazione ottica *OXC (Optical Cross-Connect)*; in questo caso il consolidamento e la configurazione degli instradamenti risultano più semplici ed efficienti. Inoltre, se è applicato il meccanismo della *restoration* di percorso, il gestore può utilizzare ancora meglio la banda trasmessa, con un maggior grado di disponibilità del traffico e con un risparmio in termini di manutenzione. Una rete magliata con *restoration* consente infatti, anche nel caso

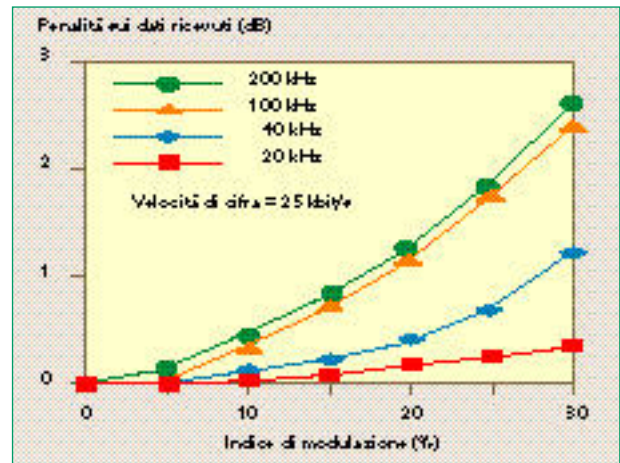


Figura 6 Penalità sulla potenza del segnale principale al variare della frequenza della sottoportante.

di guasti multipli, di ritardare gli interventi di ripristino.

Una procedura efficiente di *restoration* è quella che affida il reinstradamento dei percorsi al sistema operativo di gestione *OS (Operating System driven solution)*, e consente, quindi, l'ottimizzazione dell'uso delle risorse di rete.

La protezione automatica della sezione di multiplexazione *OMS (Optical Multiplex Section protection)*,

applicata sia alle reti magliate che agli anelli, è però indispensabile quando i requisiti di disponibilità del traffico sono più stringenti e i tempi di scambio richiesti sono inferiori a quelli che la *restoration* può garantire.

Una scelta ottimale, che tenga conto dei requisiti di disponibilità della banda e del traffico, può essere effettuata, come mostrato nella figura 7, con la realizzazione di reti provviste sia di *restoration* che di *protection*. In queste reti si useranno gli OXC nei nodi ad alta connettività, consentendo la connessione completa tra gli anelli periferici, e gli OADM/OTM (*Optical Add-Drop Multiplexer/Optical Transport Multiplexer*) nei casi in cui le necessità di connettività saranno inferiori.

La possibilità di avere configurazioni di protezioni miste, all'interno della stessa rete magliata, consente anche di aumentarne il grado di protezione; in questa

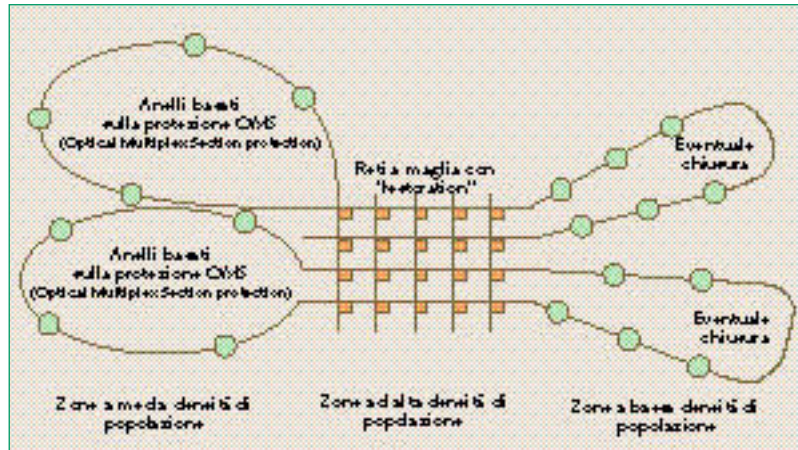


Figura 7

Esempio d'impiego di nodi ottici in una rete di telecomunicazioni.

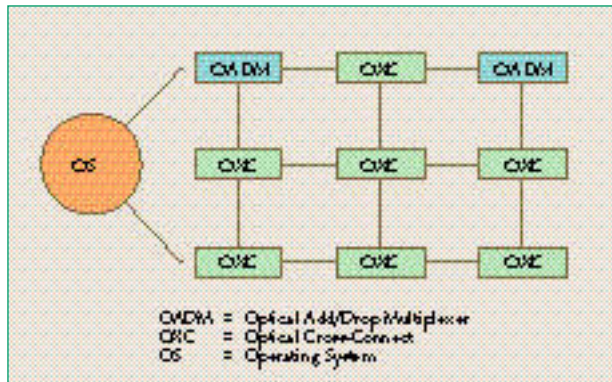


Figura 8

Rete a maglia con "restoration" (ripristino automatico).

rete la *protection* si attiva sulla sezione di moltiplicazione, la *restoration* sui percorsi associati ai singoli canali ottici. Le figure 8 e 9 mostrano rispettivamente quanto si è già esposto per le due diverse situazioni: reti magliate con *restoration* e reti magliate con *restoration* e *protection*.

## 6. L'interoperabilità dello strato ottico nella rete di trasporto

Le richieste di interoperabilità con le reti esistenti sono numerose e diverse. Esse riguardano principalmente la protezione del traffico, le funzioni di OAM e le connessioni con apparati multi-fornitore.

L'interoperabilità dello strato ottico con le reti trasmissive esistenti consente di aumentarne la disponibilità. Nel caso in cui il livello di connessione sia realizzato con reti PDH - non proteggibili quindi intrinsecamente in modo automatico - l'interoperabilità ne garantisce la sopravvivenza. Per guasti di fibra la cooperazione tra lo strato ottico e quello elettrico consente infatti di realizzare meccanismi di prote-

zione automatica altrimenti non disponibili. La protezione automatica è applicabile quando i tempi di ripristino richiesti sono brevi e quando la semplicità della struttura di rete non richiede l'uso di meccanismi di gestione sofisticati.

Nel caso di reti complesse il meccanismo della *restoration* - applicato allo strato di connessione PDH - consente un uso più efficiente delle risorse, una maggiore flessibilità, costi minori, la possibilità di crescita graduale della rete e la garanzia di protezione anche per guasti multipli. Se alla *restoration* della rete PDH si aggiunge la *protection* nello strato ottico si incrementa sia la velocità di commutazione sia la disponibilità del traffico.

La *restoration* applicata a entrambi gli strati può causare invece qualche difficoltà se non è attuata dallo stesso sistema di gestione: la configurazione e il controllo delle risorse sono infatti due funzioni che, se realizzate non correttamente, possono portare alla collisione dei meccanismi di *restoration* e alla conseguente perdita di traffico.

La gestione centralizzata è perciò raccomandata, purché essa dialoghi con interfacce sufficientemente

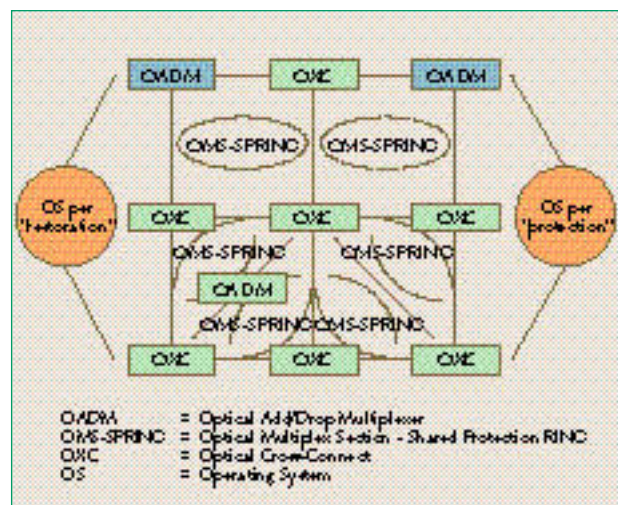


Figura 9

Rete a maglia con "protection" e "restoration".

veloci ed efficienti. La figura 10 mostra le due possibili soluzioni da considerare per interconnettere gli elementi di rete al sistema di gestione, in particolare per la *protection* e per la *restoration*; nella figura 11 è

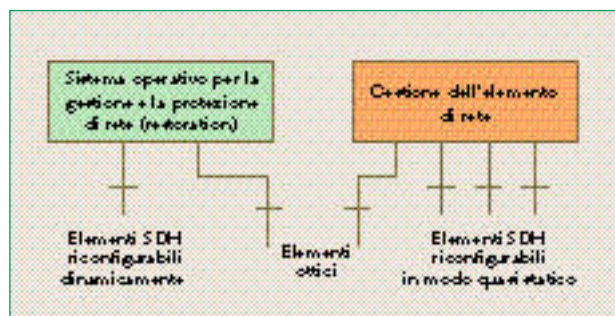


Figura 10 Gestione differenziata per gli elementi ottici di rete.

rappresentato un esempio di gestione centralizzata per reti magliate sovrapposte.

Considerando l'interoperabilità dello strato ottico con la rete SDH, e che quest'ultima presenta sia meccanismi di *restoration* che di *protection*, è importante individuare la combinazione di protezione più appropriata ed efficace.

Negli scenari di rete oggi realizzati, i sistemi WDM si limitano ancora alla pura trasmissione del traffico, fornendo funzionalità di OAM molto povere e per le quali si attinge alle reti SDH. Sono tuttavia in via di sviluppo quei concetti di rete, quali la sopravvivenza e la protezione, che saranno fondamentali per la realizzazione di uno strato ottico completo.

La *restoration*, come già detto in precedenza - e come mostrato nel grafico di figura 12, nella quale si pongono a confronto diverse soluzioni di protezioni - aumenta l'efficienza di utilizzazione e la disponibilità della rete ottica. Questa caratteristica, nelle reti SDH, diminuisce invece in misura proporzionale all'aumento di traffico, essendo la protezione applicata ai singoli VC-4 e comportando quindi un incremento dei tempi di ripristino. Nello strato ottico, dove le entità protette sono le lunghezze d'onda, i tempi di ripristino non dipendono invece dalla capacità dei flussi trasportati.

La protezione automatica dello strato ottico non pone particolari problemi di inter-operabilità con lo strato SDH. Meccanismi che realizzano tempi di attesa (*hold-off time*) consentono di evitare interazioni dannose tra i processi di scambio.

Come nel caso PDH, gli effetti della *protection* nello strato ottico e della *restoration* in quello SDH si sommano a vantaggio dei tempi di riconfigurazione e della disponibilità: la *restoration* permette infatti di recuperare guasti multipli e di intervenire nei casi non previsti dalla protezione automatica. Le stesse considerazioni espone per il caso PDH possono essere riproposte quando la *restoration* è prevista in entrambi gli strati di rete.

La combinazione della *protection* nello strato SDH e della *restoration* nello strato ottico non consente invece una corretta interoperabilità. Per funzionare in modo efficiente, la protezione richiederebbe, infatti, che le risorse attive e quelle di riserva fossero - coerentemente con le fasi di scambio - fisicamente separate. In questa situazione si possono verificare invece casi in cui, in conseguenza di un reistradamento ottico avvenuto dopo uno scambio a livello SDH, le lunghezze d'onda attive e quelle di scorta vengano trasmesse nello stesso cavo e condividano gli stessi nodi di transito.

Concludendo si può affermare che, usando algoritmi di instradamento gestiti da un unico sistema operativo (OS) e interfacce di gestione appropriate, la protezione di rete più efficace è la *restoration*. Nel caso però in cui i tempi di attuazione degli scambi richiesti saranno inferiori a quelli da questa consentiti, gli elementi della rete ottica, OXC e OADM, dovranno comunque attuare meccanismi di protezione automatica e indipendenti dal sistema di gestione.

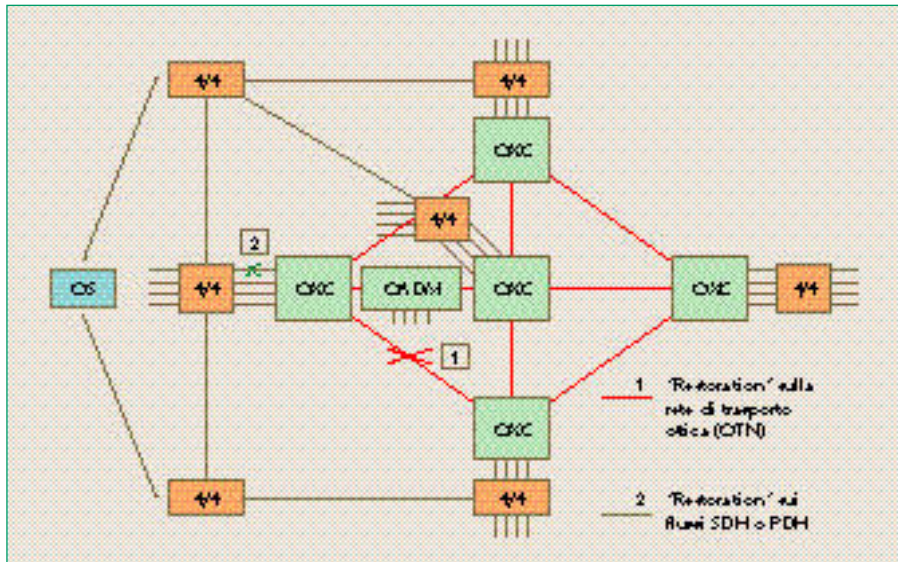


Figura 11 Esempio di "restoration" applicata ai due strati di rete.

## 7. La funzione di OAM e la strategia Alcatel per lo sviluppo dello strato ottico

Considerando le applicazioni WDM è realistico pensare che non sarà possibile disporre a breve di tutte le funzioni di OAM necessarie per lo sviluppo dello strato ottico, non essendo le tecnologie oggi disponibili sufficientemente evolute. Molti e validi



sono comunque i motivi per usare i sistemi WDM nei collegamenti a lunga distanza, dove, per il minor costo e le migliori prestazioni, essi sono oggi alternativi ai sistemi TDM e SDH.

È ipotizzabile però che le funzioni di OAM saranno trasferite al livello ottico in modo graduale e che, in una prima fase, esse rimangano distribuite nella rete di trasporto; in questa fase la gestione delle connessioni e delle protezioni è affidata allo strato SDH e la funzione di pura trasmissione ai collegamenti WDM. La tecnologia ottica consente infatti l'uso ottimale delle fibre esistenti, sfruttandone la disponibilità di banda e riducendo i costi di realizzazione delle infrastrutture di rigenerazione in linea (*IL-OFA - In Line-Optical Fiber Amplifier*) riutilizzabili per le future espansioni.

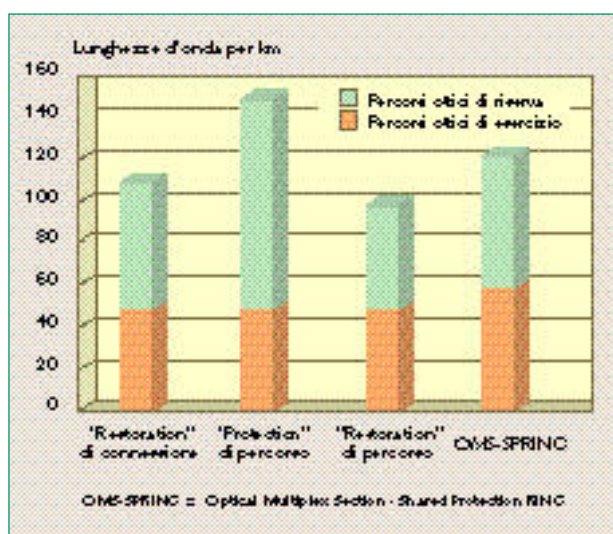


Figura 12 Confronto tra la "restoration" e la "protection".

In questa prima fase il sistema di linea multi-lunghezza d'onda Alcatel, il 1686 WM, realizza connessioni punto-punto ad alta capacità, consentendo la trasmissione simultanea di sedici flussi ottici con velocità di cifra compresa tra 100 Mbit/s e 10 Gbit/s. L'impiego di ottiche colorate negli apparati SDH permette inoltre soluzioni trasmissive integrate, quindi meno costose, più affidabili e controllate da un unico sistema di gestione.

In una seconda fase alcune funzionalità di OAM saranno condivise tra lo strato trasmissivo e di connessione già mostrato in figura 1. *ADM (Add-Drop Multiplexer)* a bassa riconfigurabilità permetteranno poi di realizzare una prima funzione di instradamento ottico non flessibile. L'impiego di adattatori, posti nei punti di terminazione, consentirà inoltre di attuare funzioni di OAM, tipiche dello strato SDH, anche in un contesto multi-fornitore SDH/WDM.

In questo contesto il 1640 WM Alcatel, che rispetto al 1686 WM avrà funzioni aggiuntive di Add/Drop, renderà possibile terminare in una località intermedia una o più lunghezze d'onda. Esso fornirà maggiori prestazioni trasmissive, sia per quantità di flussi ottici multiplati fino a 40-80 l e per un totale di

400-800 Gbit/s, sia per lunghezza di collegamenti non rigenerati fino a 600 km.

In una terza e ultima fase la maggior parte delle funzioni di rete saranno raggruppate nello strato ottico. Saranno realizzate la *protection* e la *restoration*; l'introduzione di nodi ottici dinamicamente configurabili consentirà la realizzazione e la verifica delle connessioni ottiche, il completamento delle funzionalità di OAM e il pieno controllo delle prestazioni trasmissive. Sarà quindi possibile mettere a disposizione degli operatori delle reti di telecomunicazioni un sistema di gestione autonomo e completo, necessario per poter fornire le risorse trasmissive della rete ottica a utilizzatori diversi ed eterogenei. Il 1660 OR (*add/drop*) e il 1650 ON (*cross/connect*) Alcatel funzioneranno con caratteristiche di instradamento flessibile e riconfigurabile, adatte quindi alla realizzazione di reti con ampliamenti graduali e aperte a nuove esigenze di traffico.

## 8. L'interconnessione con lo strato di connessione

Per assicurare il corretto interfacciamento dello strato ottico con gli elementi dello strato di connessione (figura 1), occorre fare uso di adattatori. Questi, in generale, possono avere funzioni di terminazione o di transito. La prima è richiesta ai confini della rete ottica per adattare le singole lunghezze d'onda alla trasmissione WDM e per realizzare, quando necessario e con diverse soluzioni, la funzione di compensazione della dispersione cromatica della fibra. La compensazione potrebbe essere necessaria anche nei nodi di connessione di reti complesse, magliate od ad anello, con *protection* o con *restoration*, in quei casi in cui i percorsi attivi e di riserva differiscano di molto in termini di lunghezza dei collegamenti.

La corretta interconnessione dello strato ottico con i nodi dello strato superiore richiede inoltre la possibilità di controllare lo stato e la qualità delle connessioni. Nel caso in cui queste siano realizzate con elementi di rete SDH, la possibilità di elaborare la trama può essere molto utile per le funzioni di OAM e per il controllo delle prestazioni relative alla sezione di rigenerazione *RSn (Regeneration Section)*. Gli adattatori con funzioni di terminazione possono essere usati per realizzare le suddette funzionalità. In un ambiente multi-tecnologico, OTN e SDH, le procedure di manutenzione si complicano ulteriormente se non si prevedono, a livello di singolo canale - quindi in corrispondenza della singola funzione di terminazione - generatori di segnali indicatori d'allarme *AIS (Alarm Indication Signals)*. Questi indicatori, attivati da guasti prodotti a un livello di connessione più basso (ad esempio sul flusso ottico aggregato), evitano indicazioni errate di guasto nelle terminazioni SDH e nel sistema di gestione centrale. Il concetto di trasparenza deve pertanto essere riconsiderato e adattato alle esigenze della rete, tenendo conto sia degli aspetti gestionali, ora citati, sia di quelli trasmissivi.

La trasparenza delle reti di trasporto ottico, realizzate con una struttura a strati, deve consentire il rein-

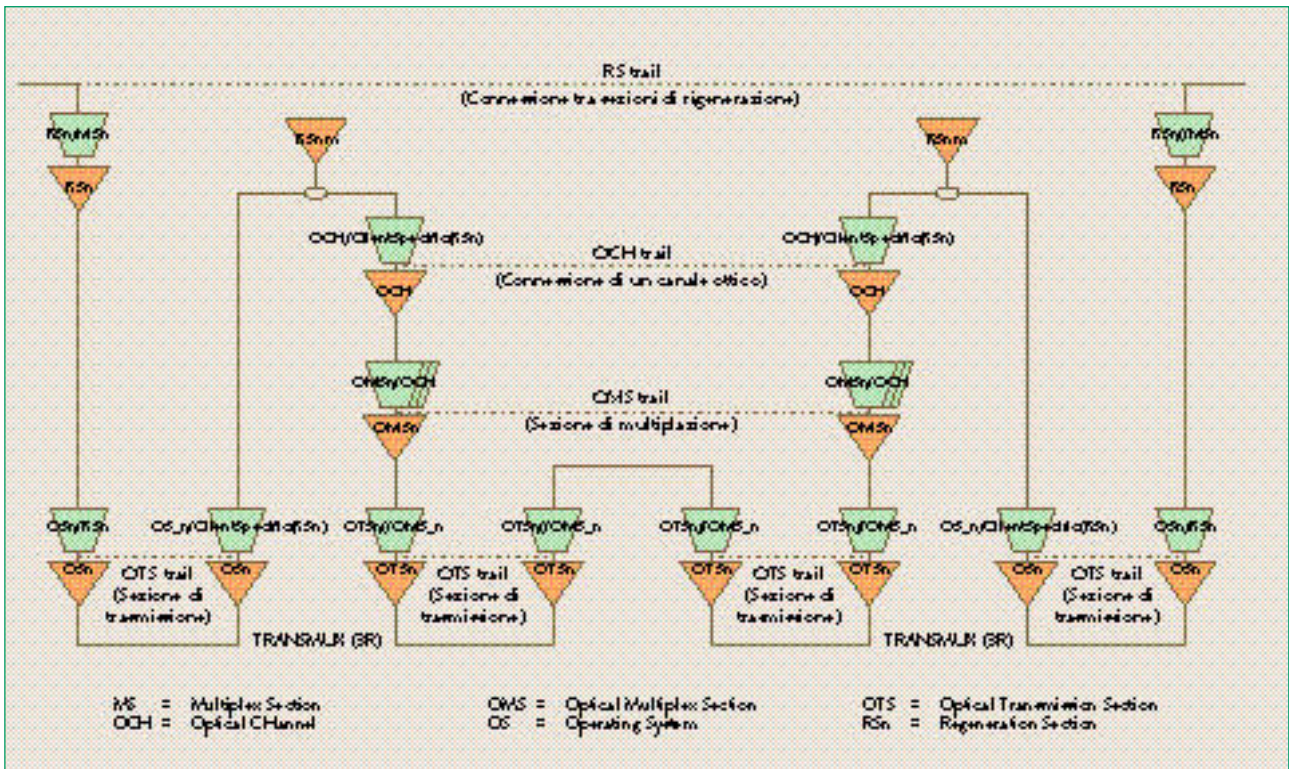


Figura 13 Modello funzionale di connessione ottica realizzata tra terminazioni SDH.

stradamento flessibile e dinamico delle entità eterogenee trasportate, ma anche il controllo non intrusivo delle stesse. Il controllo e la manutenzione di ciascuna sezione di connessione (RSn in caso di SDH), da prevedere in ingresso e in uscita dalla rete ottica, come pure il controllo e la manutenzione dei canali ottici attraverso le informazioni di servizio associate (*over-head di canale*), devono essere quindi opportunamente realizzati.

L'interoperabilità tra le reti esistenti e la futura rete ottica di trasporto dovrà essere quindi garantita controllando le connessioni e gestendo i segnali di AIS. La trasparenza dovrà anche permettere, attraverso i canali dati  $DCC_R$  (*Data Communication Channel*) associati alla sezione di rigenerazione RSn, la comunicazione tra i nodi di terminazione SDH. Un esempio è mostrato schematicamente nella figura 13, nella quale sono riportate le funzionalità di base degli strati ottici trasmissivi.

La soluzione adottata consente di trasportare in modo trasparente la sezione di rigenerazione RSn; la connessione relativa non è né terminata né rigenerata all'ingresso e all'uscita della rete OTN ed è garantita la trasparenza degli RSn<sub>DCC</sub>. Il controllo non intrusivo a livello di RSn (RSnm<sub>TT\_Sk</sub>) è ottenuto osservando i byte B1, J0 e la segnalazione di allineamento *FAS* (*Frame Alignment Synchronization*) della trama SDH.

Con lo schema illustrato è possibile controllare anche la connessione ottica (OCH) terminata agli estremi di un sistema WDM punto-punto della prima fase. Mancando, infatti, le funzioni di reinstradamento ottico, le connessioni ottiche coincidono con quelle SDH (RSn).

## 9. La struttura del sistema di gestione

Obiettivo del sistema di gestione della rete ottica (figura 14), è la realizzazione di architetture di supervisione indipendenti dalla topologia di rete gestita (accesso, metropolitana, trasporto), condividendo le stesse piattaforme adottate per il controllo di nodo *EML* (*Element Manager Level*) e di rete *NML* (*Network Manager Level*) dello strato SDH, e suddividendo le applicazioni usate in funzione delle prestazioni di rete piuttosto che delle tecnologie.

Lo strato di gestione degli elementi ottici (EML) fornirà anche applicazioni valide per qualunque configurazione di nodo. Sarà così possibile ottenere una gestione comune a tutti gli apparati trasmissivi, limitando gli sforzi di sviluppo e aggiungendo la supervisione di nuovi elementi di rete (NE) su piattaforme ben collaudate.

Di seguito sono elencati gli elementi dello strato ottico gestiti a livello di EML:

1. OLT - Optical Line Termination;
2. F-OADM - F-Optical Add-Drop Multiplexer;
3. IL-OFA - In Line-Optical Fiber Amplifier;
4. WT-OADM - Wavelength Translation-Optical Add-Drop Multiplexer;
5. WT-OXC - Wavelength Translation-Optical Cross-Connect.

La gestione della rete ottica regionale *NML* (*Network Manager Level*), per la quale lo strato ottico aggiunge un ulteriore livello di rete, realizzerà, per la ricerca e il controllo dei percorsi, soluzioni integrate con lo strato SDH. I canali ottici possono essere infatti considerati come i percorsi di alto livello (HO-VC4) della rete sincrona. Sarà possibile gestire quindi, da un unico

sistema di controllo, reti miste e comunque configurate, ottimizzando così gli instradamenti e le protezioni. Reti puramente ottiche saranno un caso semplificato di reti in cui non saranno presenti gli apparati SDH.

Per la gestione della rete ottica (NML) nazionale, in cui la rete di trasporto sarà impiegata per connettere in modo flessibile, e in funzione della domanda di traffico, le reti regionali, è previsto, in aggiunta agli schemi di protezione ad anello, l'uso della *restoration OS driven*. Gli elementi di rete gestiti a questo livello saranno i seguenti:

1. WT-OADM - Wavelength Translation-Optical Add-Drop Multiplexer;
2. WT-OXC - Wavelength Translation-Optical Cross-Connect.

Il sistema di gestione dell'elemento di nodo (EML) dovrà inoltre prevedere che sul singolo elemento di rete (NE) sia presente un'interfaccia efficiente di connessione al sistema operativo (OS).

faccia *CMISE (Common Management Information Service Element)* della pila OSI tenga conto in maniera esplicita dell'applicazione di *restoration OS driven*, finora non considerata mai nelle normative SDH.

## 10. Conclusioni

La maturità della tecnologia ottica consente oggi la moltiplicazione delle lunghezze d'onda e rende disponibili sistemi puramente trasmissivi. È così possibile utilizzare in maniera più efficiente la banda disponibile nelle fibre installate e superare i limiti della tecnologia TDM.

Si comincia però a intravedere la possibilità di realizzare, a medio termine, alcune funzioni di instradamento che al presente sono tipiche delle reti SDH e che, in prospettiva, consentiranno soluzioni di rete ottiche, con architetture flessibili ed espandibili e con

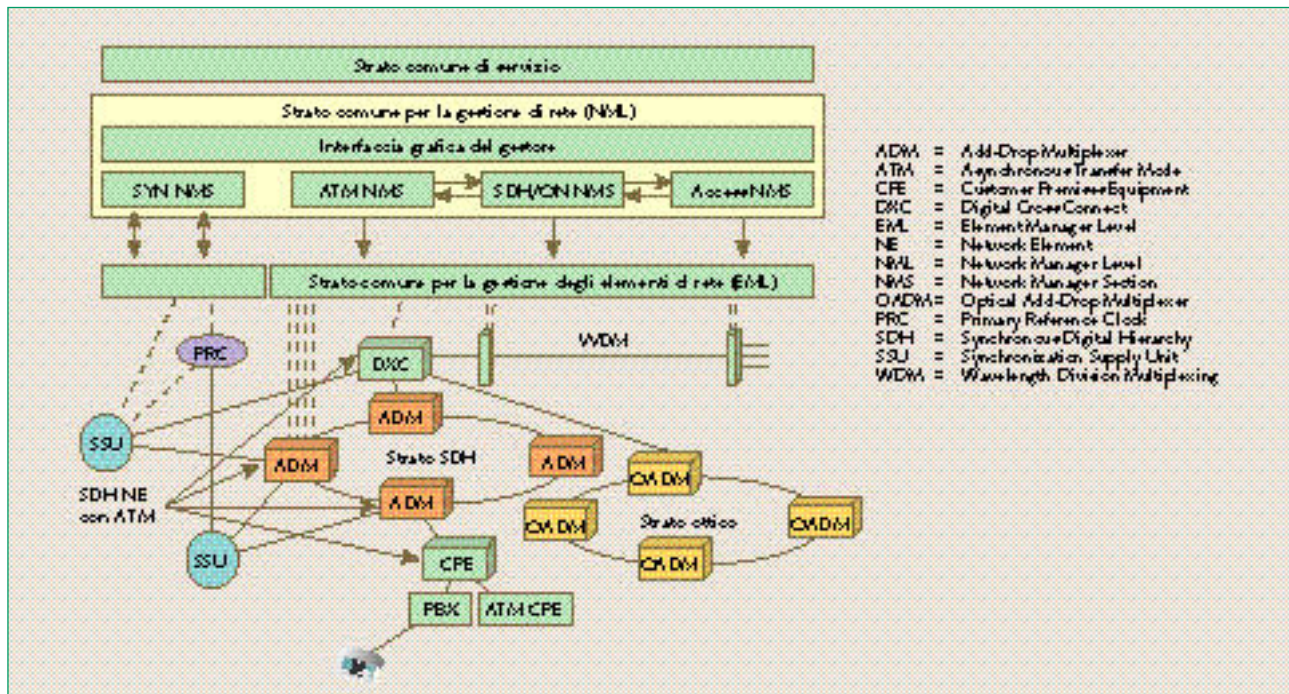


Figura 14 Architettura del sistema per la gestione della rete.

Mentre la gestione degli elementi ottici di rete a livello regionale controllerà nodi interconnessi con porte di tipo Q3 - quindi con protocollo a oggetti - la gestione degli elementi di rete ottici a livello nazionale (e in un contesto di rete protetta con *restoration*), richiederà uno sviluppo adeguato delle caratteristiche per interconnettere il sistema operativo (OS) con gli elementi di rete (NE).

In particolare, a causa dei requisiti stringenti sui tempi di riconfigurazione (inferiori a 10 s), le metodologie di acquisizione degli allarmi e di riconfigurazione delle connessioni costituiranno specifiche di progetto. Una soluzione potrà essere costituita dal reimpiego di procedure e di protocolli normalizzati (interfaccia Q3), in cui però la gestione dell'inter-

schemi efficienti di protezione.

Per ottenere queste funzionalità occorrerà sviluppare sistemi di gestione capaci di controllare l'intera rete di trasporto, garantendo la configurabilità, la manutenibilità e la sopravvivenza della rete, migliorandone la disponibilità, aumentandone le prestazioni e - last but not least - riducendo i costi d'esercizio.

## Bibliografia

- [1] Coltro, C.; Miriello, V.: *ETSI Optical Layer Network Strategy*. Alcatel Technical Document, 30 ottobre 1997.

- [2] Noirie, L.: *Choice of the subcarrier frequency*. Alcatel Research Private Communication, 15 gennaio 1998.
- [3] Conti, M.; Miriello, V.: *Optical Layer ETSI Product Modeling Ed.2*. Alcatel Technical Document, 28 gennaio 1998.
- [4] Alcatel Italia: *Transparency and Phased Approach to the Optical Network*. ISCTI, Delayed Contribution n. 216 to ITU-T SG.15, Ginevra, 9-20 febbraio 1998.
- [5] Alcatel Italia: *Optical Supervisory Channel in the Optical Network*. ISCTI, Delayed Contribution n. 217 to ITU-T SG.15, Ginevra, 9-20 febbraio 1998.
- [6] Tardini, C.: *The Approach to WDM Network Functionality, Architecture, Management*. Alcatel, IIR London Conference, 16-18 marzo 1998.
- [7] Castelli, R.: *Alcatel Strategies to introduce the Optical Layer in the Transport Network*. Alcatel, IIR London Conference, 16-18 marzo 1998.

Virgilio Miriello - Alcatel Italia

virgilio.miriello@netit.alcatel.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

---

## Il Middleware: un elemento per l'evoluzione dell'intelligenza di rete

GIAN PIERO FICI  
ROBERTO MINERVA  
CORRADO MOISO  
GABRIELE VIVIANI

*I servizi di integrazione di reti eterogenee (come quelle Internet con quelle delle telecomunicazioni tradizionali) rappresentano ormai una tendenza riconoscibile nelle offerte di alcuni operatori. Le opportunità di business offerte sono molteplici: da un lato l'integrazione di Internet con la telefonia permette di offrire servizi multimediali ai sottoscrittori senza la necessità di disporre di una banda elevata, dall'altro è possibile fornire un'elevata personalizzazione dei servizi. Per coprire le esigenze di un rapido sviluppo dei servizi e la possibilità di indirizzare nuove classi di servizi, il gestore deve aumentare il*

*livello di programmabilità della propria infrastruttura, tramite l'adozione di moderne tecnologie informatiche e di sistemi che offrono aperture di programmazione. Il presente articolo descrive la fattibilità tecnica nel medio periodo di una piattaforma di intelligenza per la fornitura di servizi (il "Middleware"), che consente al gestore di disporre di un'elevata capacità di "mastering" dei servizi. L'approccio è esemplificato considerando alcuni servizi che integrano prestazioni del mondo delle telecomunicazioni con quelle tipiche di Internet.*

### 1. Introduzione

I servizi di integrazione di reti eterogenee (ad esempio di Internet con la rete telefonica) rappresentano ormai una tendenza riconoscibile nelle offerte di alcuni gestori: l'iniziativa *Vault* di MCI [1] ha lo scopo di fornire nuovi servizi mediante l'integrazione di servizi dati e servizi di rete intelligente; la *Virtual second line* di Telstra persegue l'obiettivo di fornire ai sottoscrittori di Internet il servizio di seconda linea telefonica *virtuale*; Sprint offre la possibilità di accedere a servizi telefonici mediante un centro servizi Internet (ad esempio la prenotazione mediante Web di audio conferenze); AT&T offre servizi di Call Center accessibili mediante

Internet. In Europa Global One e Telecom Finland si stanno attrezzando per fornire servizi di tipo analogo. In termini generali, l'unione di funzionalità Internet con prestazioni telefoniche consente l'accesso, il controllo e la gestione semplificata dei servizi di telecomunicazione (non esclusi quelli supplementari) forniti dal gestore. Un esempio qualificante riguarda la possibilità di offrire ai sottoscrittori elevate capacità di Customer Service Management mediante il Web (gestione basata su un'interfaccia grafica fruibile tramite Web).

Le opportunità di business offerte sono molteplici: da un lato l'integrazione di Internet con la telefonia permette di estendere l'offerta del gestore nell'ambito dei servizi *multimediali* senza richiedere

- [2] Noirie, L.: *Choice of the subcarrier frequency*. Alcatel Research Private Communication, 15 gennaio 1998.
- [3] Conti, M.; Miriello, V.: *Optical Layer ETSI Product Modeling Ed.2*. Alcatel Technical Document, 28 gennaio 1998.
- [4] Alcatel Italia: *Transparency and Phased Approach to the Optical Network*. ISCTI, Delayed Contribution n. 216 to ITU-T SG.15, Ginevra, 9-20 febbraio 1998.
- [5] Alcatel Italia: *Optical Supervisory Channel in the Optical Network*. ISCTI, Delayed Contribution n. 217 to ITU-T SG.15, Ginevra, 9-20 febbraio 1998.
- [6] Tardini, C.: *The Approach to WDM Network Functionality, Architecture, Management*. Alcatel, IIR London Conference, 16-18 marzo 1998.
- [7] Castelli, R.: *Alcatel Strategies to introduce the Optical Layer in the Transport Network*. Alcatel, IIR London Conference, 16-18 marzo 1998.

Virgilio Miriello - Alcatel Italia

virgilio.miriello@netit.alcatel.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

---

## Il Middleware: un elemento per l'evoluzione dell'intelligenza di rete

GIAN PIERO FICI  
ROBERTO MINERVA  
CORRADO MOISO  
GABRIELE VIVIANI

*I servizi di integrazione di reti eterogenee (come quelle Internet con quelle delle telecomunicazioni tradizionali) rappresentano ormai una tendenza riconoscibile nelle offerte di alcuni operatori. Le opportunità di business offerte sono molteplici: da un lato l'integrazione di Internet con la telefonia permette di offrire servizi multimediali ai sottoscrittori senza la necessità di disporre di una banda elevata, dall'altro è possibile fornire un'elevata personalizzazione dei servizi. Per coprire le esigenze di un rapido sviluppo dei servizi e la possibilità di indirizzare nuove classi di servizi, il gestore deve aumentare il*

*livello di programmabilità della propria infrastruttura, tramite l'adozione di moderne tecnologie informatiche e di sistemi che offrono aperture di programmazione. Il presente articolo descrive la fattibilità tecnica nel medio periodo di una piattaforma di intelligenza per la fornitura di servizi (il "Middleware"), che consente al gestore di disporre di un'elevata capacità di "mastering" dei servizi. L'approccio è esemplificato considerando alcuni servizi che integrano prestazioni del mondo delle telecomunicazioni con quelle tipiche di Internet.*

### 1. Introduzione

I servizi di integrazione di reti eterogenee (ad esempio di Internet con la rete telefonica) rappresentano ormai una tendenza riconoscibile nelle offerte di alcuni gestori: l'iniziativa *Vault* di MCI [1] ha lo scopo di fornire nuovi servizi mediante l'integrazione di servizi dati e servizi di rete intelligente; la *Virtual second line* di Telstra persegue l'obiettivo di fornire ai sottoscrittori di Internet il servizio di seconda linea telefonica *virtuale*; Sprint offre la possibilità di accedere a servizi telefonici mediante un centro servizi Internet (ad esempio la prenotazione mediante Web di audio conferenze); AT&T offre servizi di Call Center accessibili mediante

Internet. In Europa Global One e Telecom Finland si stanno attrezzando per fornire servizi di tipo analogo. In termini generali, l'unione di funzionalità Internet con prestazioni telefoniche consente l'accesso, il controllo e la gestione semplificata dei servizi di telecomunicazione (non esclusi quelli supplementari) forniti dal gestore. Un esempio qualificante riguarda la possibilità di offrire ai sottoscrittori elevate capacità di Customer Service Management mediante il Web (gestione basata su un'interfaccia grafica fruibile tramite Web).

Le opportunità di business offerte sono molteplici: da un lato l'integrazione di Internet con la telefonia permette di estendere l'offerta del gestore nell'ambito dei servizi *multimediali* senza richiedere

una banda elevata; dall'altro, vista l'apertura e la programmabilità dei sistemi Internet e di Rete Intelligente (di seconda generazione), è possibile fornire un'elevata versatilità che permette di integrare diversi servizi e prestazioni in pacchetti di offerta altamente personalizzati. I nuovi servizi possono essere definiti considerando le esigenze generali degli utenti ed essere personalizzati secondo specifici requisiti dei singoli clienti, in modo da essere offerti "chiavi in mano" al sottoscrittore. Si possono così utilizzare al meglio le *sinergie fra diverse offerte e competenze* del gestore.

Il presente articolo descrive la fattibilità tecnica nel medio periodo di estendere - a partire dalle attuali soluzioni - la piattaforma di controllo per la fornitura di nuovi servizi soddisfacendo i requisiti di apertura e di elevata programmabilità per la costruzione di servizi eterogenei. La problematica viene esemplificata tramite la descrizione di servizi che compongono prestazioni del mondo delle telecomunicazioni con prestazioni tipiche di quello Internet.

## 2. Perché il Middleware

Alcune delle principali esigenze dei gestori di reti di telecomunicazione per i prossimi anni sono centrate sulla necessità di diversificare l'offerta di servizi rispetto alla concorrenza e sulla capacità di soddisfare tempestivamente le variegate richieste del mercato per la fornitura di nuovi servizi, anche ritagliati sulle esigenze dei singoli clienti (*customer discriminated*).

Per fare fronte a questi requisiti e in presenza di una competizione sempre più spinta, il gestore dovrà operare per ridurre sia i tempi di introduzione di nuovi servizi (*time to market*), sia i costi per la loro realizzazione e gestione. Gli attuali prodotti di rete intelligente (specialmente quelli di seconda generazione) costituiscono un passo importante per soddisfare queste richieste.

Sono però presenti alcune limitazioni sulla capacità di realizzare e di personalizzare i servizi: ad esempio, i sistemi esistenti si basano essenzialmente su tecnologie proprietarie (*hardware e software*), non sono facilmente scalabili poiché hanno una modularità ridotta, non possono interoperare e non sono semplici da programmare senza l'assistenza del costruttore. Inoltre le funzionalità di controllo (la logica di servizio) e quelle di gestione non risultano sempre facilmente integrabili e la capacità di creare nuovi servizi e prestazioni (sebbene realizzata in ambienti di creazione del tipo *SCE, Service Creation Environment*) richiede spesso l'intervento del costruttore.

Per essere in grado di fronteggiare le nuove sfide di mercato, il gestore deve potenziare il livello di *mastering dei servizi*, aumentando la programmabilità della propria infrastruttura, tramite l'adozione di moderne tecnologie informatiche e di sistemi che offrano nuove possibilità di programmazione. Per tali motivi è maturata una tendenza verso l'uso di piattaforme di intelligenza basate sul concetto di Middleware.

In linea generale, il *Middleware* consiste in un'architettura software stratificata e in un insieme di moduli componibili e riutilizzabili, che formano uno strato "cuscinetto" di funzionalità tra i servizi e le applicazioni offerti ai clienti da una parte e le interfacce e i protocolli utilizzati per controllare le risorse di rete e server informatici, che forniscono funzionalità di base (ad esempio Data Base aziendali, Web server), dall'altra. La programmabilità e la componibilità è garantita dalla definizione di interfacce di programmazione software *API (Application Programming Interface)* che consentono il controllo e la gestione estremamente puntuale delle funzionalità e delle risorse di rete.

Un esempio di architetture basate sul Middleware è quella definita dal Consorzio TINA [2].

Due aspetti caratterizzano le soluzioni basate sul Middleware: la capacità di gestire diversi livelli di programmabilità e la capacità di realizzare la specializzazione dei servizi o delle applicazioni in base alle attese del cliente. Questi aspetti sono descritti nel seguito.

### 2.1 Livelli di programmabilità

Con l'introduzione della generazione presente di piattaforme per la fornitura di servizi di telecomunicazione, il gestore ha iniziato a dotarsi di sistemi che forniscono un primo livello di programmabilità, mediante interfacce di programmazione e ambienti di creazione di servizi (*Service Creation Environment*) basati sul concetto di *SIB (Service Independent Building Block)* [3]. Questi sistemi sono i primi strumenti di programmazione di servizi di rete sotto il controllo del gestore delle reti di telecomunicazione.

Con questi strumenti è possibile sviluppare, senza il diretto coinvolgimento dei costruttori, nuovi servizi o possono essere modificati quelli già sviluppati. Sono però presenti alcune carenze: la programmabilità è centrata sugli aspetti di controllo (programmazione della logica di controllo) mentre è fornita una minore programmabilità per gli aspetti di gestione dei servizi. Esiste una ridotta capacità di introduzione di nuove prestazioni nella piattaforma di esecuzione dei servizi.

Per aumentare la capacità di introdurre e personalizzare servizi, risulta quindi opportuno per il gestore delle reti di telecomunicazioni fare evolvere la propria piattaforma relativa alla fornitura di servizi in maniera tale da:

- abilitare la cosiddetta *Total Service Creation*: vale a dire la possibilità di definire tutti gli aspetti di un servizio, tra cui quelli di gestione, quelli relativi alle risorse speciali, quelli relativi ai sistemi utente, oltre a quelli di controllo;
- agevolare l'introduzione di nuove funzionalità in rete: ad esempio nuove risorse speciali (quali server di *store-and-forward*, *Vocal Gateway*, *Video Bridge*, *MultiCasting Unit*), nuovi protocolli di rete o arricchimento di quelli esistenti.

L'adozione di un modello di sviluppo dei servizi a livelli contribuisce a raggiungere questo obiettivo: si possono infatti identificare tre livelli di creazione [4], ognuno dei quali è caratterizzato da differenti compe-

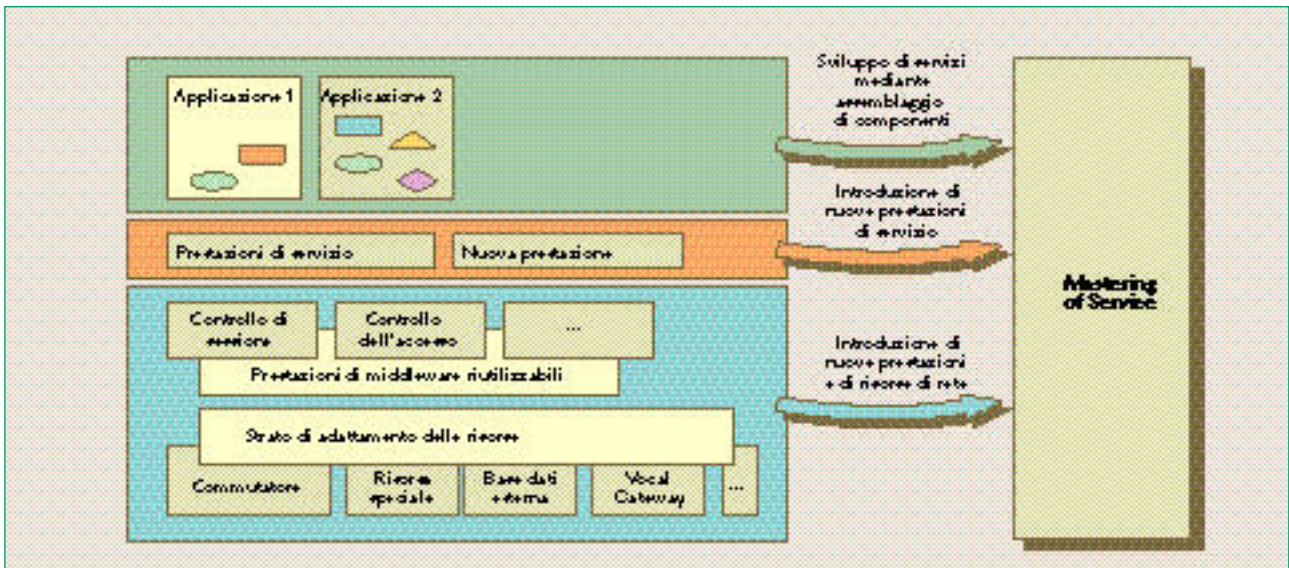


Figura 1 Modello di sviluppo per i servizi eseguita su tre livelli: servizi, prestazioni e Middleware.

tenze, tempi di sviluppo e flessibilità (figura 1):

- *arricchimento della piattaforma* mediante l'introduzione di nuove prestazioni di base, eventualmente integrando moduli software o sistemi hardware, equipaggiati con il relativo software per il controllo e la gestione. Esempi sono: l'inserimento di nuove risorse di rete, di risorse speciali o di *driver* per nuovi protocolli;
- *sviluppo di prestazioni di servizio (service feature)*, che aggregano le prestazioni di base della piattaforma, in modo tale da offrire elementi di servizio facilmente componibili la cui definizione copre i diversi aspetti relativi alla loro fornitura (controllo, fatturazione);
- *creazione di servizi*, ottenute principalmente componendo prestazioni di servizio.

Questo approccio per la realizzazione di servizi deve essere gestito da una piattaforma che soddisfi requisiti adeguati, come sarà approfondito nel paragrafo successivo. Uno dei principali requisiti abilitanti un efficace *mastering* dei servizi è quello di organizzare la piattaforma come un insieme di moduli che interagiscono tra loro attraverso interfacce di programmazione accessibili dall'esterno e ben documentate (*API*) e, allo stesso tempo, di identificare prestazioni generiche indipendenti dai servizi.

## 2.2 Servizi orientati al cliente (*Customer Discriminated Services*)

I nuovi servizi - e in particolare quelli della classe Internet/Telecom - pongono un requisito di rilievo sulla capacità di coordinare e programmare funzionalità e risorse di infrastrutture diverse. L'integrazione fra reti eterogenee richiede: anzitutto di ricostruire un unico *Profilo d'utente* attingendo ai dati presenti sulle diverse reti e, in secondo luogo, la possibilità di risolvere l'*indirizzamento* su reti eterogenee (ad esempio mediante servizi di elenchi nominativi, *directory*, integrati). L'utente è in genere discriminato per tipo di

accesso alla rete: un utente Internet non è riconosciuto anche come utente telefonico e viceversa.

Una visione unitaria dei diversi profili d'utente dà la possibilità di offrire un insieme innovativo e integrato di servizi e prestazioni di telecomunicazione. Un esempio riguarda la possibilità resa disponibile in questi ultimi tempi di utilizzare la telefonia IP per terminare chiamate telefoniche verso utenti impegnati in sessioni Internet: in questo caso il servizio di "avviso di chiamata" ha un significato diverso secondo le attività dell'utente e delle reti utilizzate.

Il disaccoppiamento fra indirizzo logico e indirizzo di rete rende possibile virtualizzare l'utente: il cliente o l'azienda diventano così entità "logiche", e non sono più rigidamente associati a un punto di accesso e ad una rete di trasporto, ma sono entità indirizzabili con lo stesso identificativo (nome logico) su reti differenti.

Questi concetti portano alla possibilità di virtualizzare in rete sia il singolo utente, consentendo così la fornitura di servizi di mobilità e reperibilità personale, sia le aziende permettendo l'integrazione della rete fissa con quella mobile, reti private virtuali (VPN) integrate voce e dati, nell'ottica della definizione di un'azienda virtuale. L'unificazione del profilo di utente e dei servizi di conversione degli indirizzi abilita un insieme di prestazioni e di servizi di valore per l'utente finale quali ad esempio: l'instradamento intelligente e l'abilitazione della mobilità personale, servizi di autenticazione e servizi di riservatezza. L'insieme di questi servizi e di queste funzionalità sono propedeutici alla possibilità di fornire servizi personalizzati nella scelta dei media, nella loro integrazione e nella infrastruttura di rete più opportuna per l'offerta del servizio.

## 3. Cos'è il Middleware

Il Middleware è considerato un elemento fondamentale per soddisfare ai requisiti fin qui indicati.

Una caratteristica del Middleware è la stratificazione delle funzioni e la loro strutturazione in moduli software riutilizzabili e aggregabili (figura 2). Lo *strato di trasporto* - che comprende i sistemi di comunicazione - e lo *strato di intelligenza* costituito da un insieme di server (e quindi di elaboratori nei quali risiedono i programmi per lo scambio delle informazioni) in grado di interagire per mezzo di meccanismi forniti da piattaforme informatiche per l'elaborazione

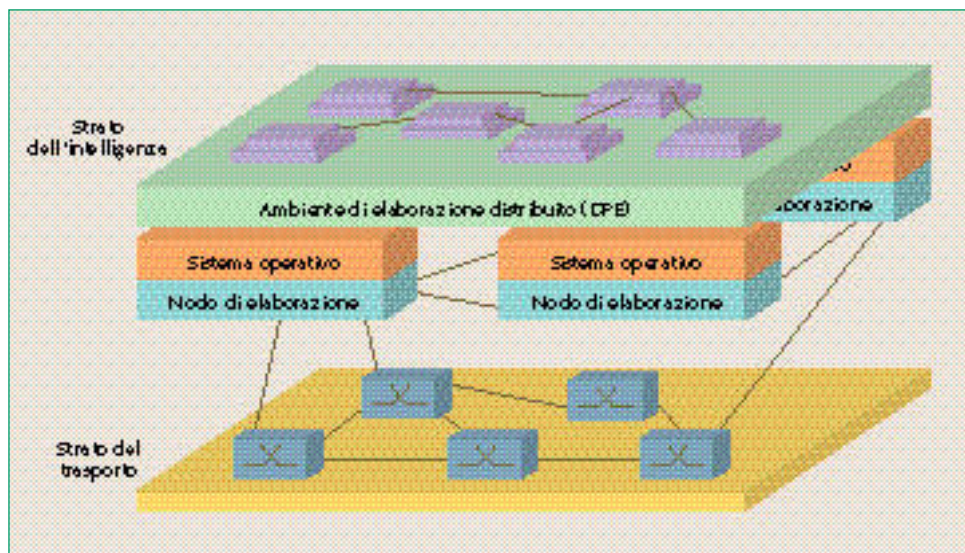


Figura 2 Architettura del Middleware.

distribuita quali ad esempio CORBA, Java, HTTP. La comunicazione tra i due strati è realizzata mediante protocolli di alto livello quali ad esempio RPC o ROSE.

### 3.1 Principi di un Middleware per servizi di telecomunicazione

I principali requisiti necessari per realizzare una piattaforma "intelligente" sono riassumibili nei punti seguenti [5]:

- disporre di interfacce accessibili per il controllo e la gestione, definite in termini di *API (Application Programming Interfaces)* possibilmente in tecnologia *object-oriented*;
- garantire un'elevata capacità di arricchimento delle prestazioni e di creazione di servizi mediante l'introduzione di server e di funzionalità di tipo informatico - quali ad esempio Directory Server, DataBase per profili di utente - e di capacità di trattamento dell'informazione, ad esempio: apparati per la transcodifica della voce (*vocal gateway*), unità a supporto dell'audio o della video conferenza *MCU (Multipoint Control Unit)*;
- offrire la capacità di distribuire in maniera flessibile componenti e funzioni di intelligenza mediante un sistema operativo di rete;
- offrire un controllo flessibile - sia in termini di protocolli sia in termini di API - sulle risorse di rete e su diverse tipologie di infrastrutture di trasporto;

- consentire l'interazione diretta con terminali avanzati.

La figura 3 mostra un'architettura di riferimento per il Middleware sviluppato come supporto a nuovi servizi. I sistemi compresi nello *strato di trasporto* possono essere eterogenei e diversificati dai sistemi di commutazione oggi impiegati, a quelli avanzati che consentono la comunicazione a banda larga, ai router e in particolare agli autocommutatori che offrono

interfacce evolute.

Sopra lo strato di trasporto è posta l'infrastruttura per il controllo e la gestione, cioè lo *strato intelligente*: esso è costituito da una rete di nodi di elaborazione non proprietari (*general-purpose*). I nodi di elaborazione interagiscono per mezzo di un'infrastruttura di comunicazione dedicata ad alta velocità, denominata *KTN (Kernel Transport Network)* basata essenzialmente su protocolli del tipo dati (ad esempio sul protocollo *TCP/IP - Transmission Control Protocol over Internet Protocol*, o su quello di segnalazione a canale comune SS.

numero 7). L'infrastruttura software si basa su una piattaforma *DPE (Distributed Processing Environment)*, ad esempio conforme alle specifiche CORBA [6], utilizzata per permettere la comunicazione efficiente e trasparente fra i diversi componenti della piattaforma di intelligenza. Il DPE consente la distribuzione e l'interoperabilità delle applicazioni di controllo e gestione, opportunamente distribuite nei nodi elaborativi. L'infrastruttura software è completata da un ambiente che permette lo sviluppo di servizi e prestazioni di base, denominato *SADE (Service Application Development Environment)*.

### 3.2 Strato intelligente e interconnessione con l'infrastruttura di trasporto

Il Middleware deve in generale sempre adattarsi alle caratteristiche che presentano i sistemi dell'infrastruttura di trasporto, cercando di sfruttare al meglio le potenzialità da essi fornite. Questo implica che lo sviluppo iniziale dello strato intelligente deve dialogare con gli elementi di rete esistenti (ad esempio: gli autocommutatori, i sistemi centralizzati di rete intelligente, i server di rete) tramite i protocolli oggi disponibili (quali ad esempio: ASE RI, Core INAP, X.25). Dovrà poi integrarsi con le risorse speciali disponibili (quali ad esempio: Automatic Call Delivery, Interactive Voice Response, Vocal Gateway, Video Bridge) dotate delle opportune interfacce di programmazione (ad esempio: TAPI,





Figura 3 *Il Middleware per la classe di servizi di integrazione tra Internet e la rete fonica tradizionale.*

JTAPI, API proprietarie).

L'evoluzione del Middleware si adatterà allo sviluppo delle infrastrutture di trasporto, seguendo l'evoluzione tecnica dei sistemi e delle loro interfacce (ad esempio: l'apertura delle interfacce verso gli autocommutatori, l'evoluzione del protocollo Core INAP, o dei protocolli CTI) e dovrà consentire di guidare le scelte del gestore e le sue richieste ai costruttori, con l'obiettivo di permettere il controllo delle risorse di rete per facilitare il *mastering* dei servizi.

L'approccio basato sul Middleware consente di interconnettersi con diverse tipologie di elementi di rete (ad esempio: autocommutatori numerici commerciali, router, terminazioni ATM) in modo da fornire servizi su infrastrutture di trasporto differenti (quali ad esempio: ISDN a banda stretta, sistemi a larga banda, Internet) così da poter garantire la fornitura di servizi anche nel caso in cui si abbia un interlavoro tra reti diverse (ad esempio i servizi di integrazione tra telecomunicazioni e Internet) oppure si debbano coordinare diversi sistemi all'interno della stessa rete, per esempio l'interazione tra apparati *SCP (Service Control Point)* di rete intelligente e *SN (Service Node)* nel caso della prestazione di Posto Operatore Centralizzato del servizio di rete privata virtuale VPN.

#### 4. Il Middleware: esempi di servizio

Nei paragrafi seguenti sono mostrati alcuni esempi di servizio sviluppati tramite una piattaforma che realizza un Middleware quale quello fin qui descritto.

Gli esempi riguardano un servizio di selezione automatica tramite interfaccia grafica *Click-to-dial*, un servizio di WebIN [7], e uno di *CCE (Call Center Evoluto)*, visto come combinazione delle precedenti funzionalità.

##### 4.1 *Click-to-dial*

Il servizio *Click-to-dial* può essere considerato il corrispondente nel mondo Internet dei servizi di rete intelligente realizzati con il numero verde, forniti sulla rete telefonica tradizionale. Esso permette a un utente Internet di contattare il rappresentante di un sottoscrittore e di dialogare con esso, utilizzando la stessa connessione TCP/IP utilizzata per l'accesso ad Internet; questo può essere realizzato per mezzo di un Vocal Gateway che consente di convertire una chiamata telefonica nel protocollo Voice over IP.

I passi per la fornitura del servizio sono i seguenti (figura 4):

- 1 il cliente accede a Internet tramite il proprio fornitore del servizio Internet (*Internet Service Provider*); esso è rappresentato dal PoP Server;
- 2 il cliente accede ad un sito aziendale abilitato al servizio *Click-to-dial* e richiede il servizio "cliccando" su un'icona;
- 3 la richiesta è inviata ad un operatore di servizio;
- 4 l'operatore avvia il reperimento delle informazioni utili per l'interazione con l'utente (quali ad esempio informazioni relative a viaggi, promozioni);
- 5 è costruita una nuova pagina Web contenente informazioni rilevanti per il cliente;

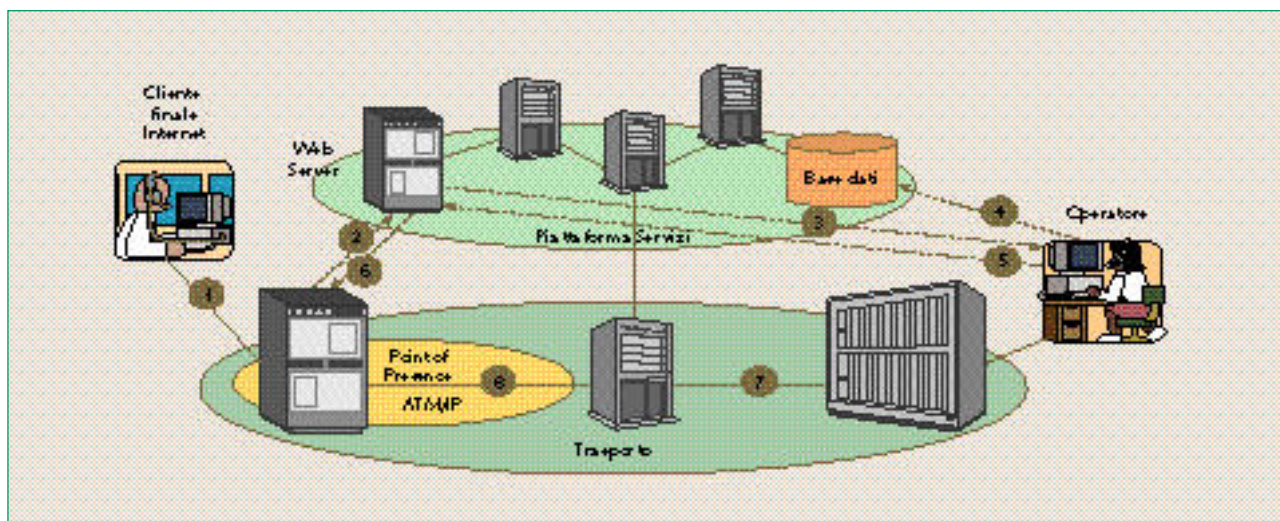


Figura 4 Il servizio "Click-to-dial" della rete intelligente.

- 6 la pagina Web è inviata al cliente (*information push*);
- 7 l'operatore è connesso tramite una chiamata telefonica all'apparato Vocal Gateway più vicino al cliente (la scelta dell'apparato Vocal Gateway viene fatta considerando l'indirizzo IP assegnato al cliente chiamante);
- 8 il Vocal Gateway, opportunamente controllato, termina la chiamata verso l'indirizzo IP corrispondente al cliente chiamante.

Una caratteristica interessante del servizio è la capacità di inviare verso il cliente (sulla stessa linea telefonica) sia contenuto informativo (ad esempio

informazioni reperite dalla banca dati aziendale) sia la comunicazione fonica fra cliente e operatore.

#### 4.2 WebIN (Web Intelligent Network)

Il servizio *Web Intelligent Network* permette di spostare la logica di instradamento flessibile dei servizi di tipo Numero Verde dall'interno dei sistemi di rete intelligente a quelli esterni, pilotati da componenti Middleware: si integrano così le funzionalità dei sistemi preesistenti con le prestazioni aggiuntive fornite dal Middleware, quali: algoritmi differenti da quelli già presenti sugli apparati SCP di rete intelligente, oppure la capacità di accedere a dati (eventualmente riservati) contenuti nei server del sottoscrittore senza bisogno di copiarli e mantenerli aggiornati nelle banche dati utilizzate dai sistemi di rete intelligente.

L'accesso a questo servizio (figura 5) è trasparente all'utilizzatore, che seleziona semplicemente il numero di un servizio di rete intelligente (1). All'interno della logica del servizio sul nodo SCP è aggiunto un "gateway" TCP/IP che permette ad esso di inviare una richiesta di traduzione dell'indirizzo ad un Web Server esterno (2-3). La logica del servizio eseguita da componenti del Middleware può utilizzare i dati del profilo del cliente (*user profile*) e dell'elenco degli indirizzi (*directory server*) (3) (può anche, eventualmente, eseguire una transazione verso una base di dati del sottoscrittore o verso sistemi esterni) per determinare dove

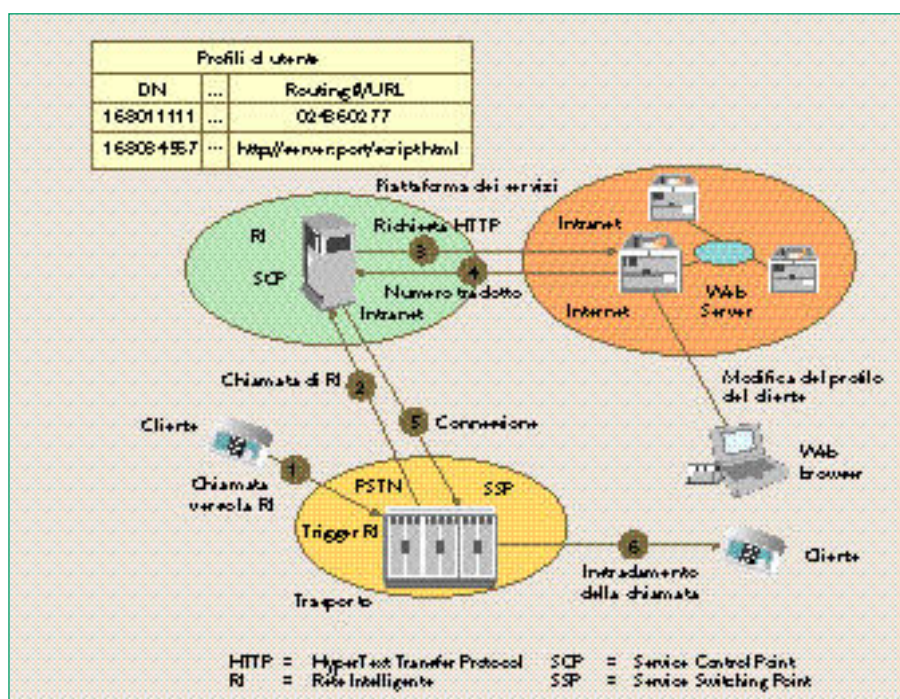


Figura 5 Descrizione del servizio Web Intelligent Network.

instradare la chiamata.

Quest'informazione è inviata all' SCP (Service Control Point) che provvede all'effettivo instradamento (4-5-6) (o ad un trattamento alternativo, ad esempio: invio di un annuncio o di un accodamento).

La possibilità offerta dal Call Center virtuale può essere estesa fino a considerare gli Agenti fortemente distribuiti sul territorio. Questa prestazione, unita alla capacità di trattare voce e dati su una singola chiamata, è un valido presupposto alla fornitura di

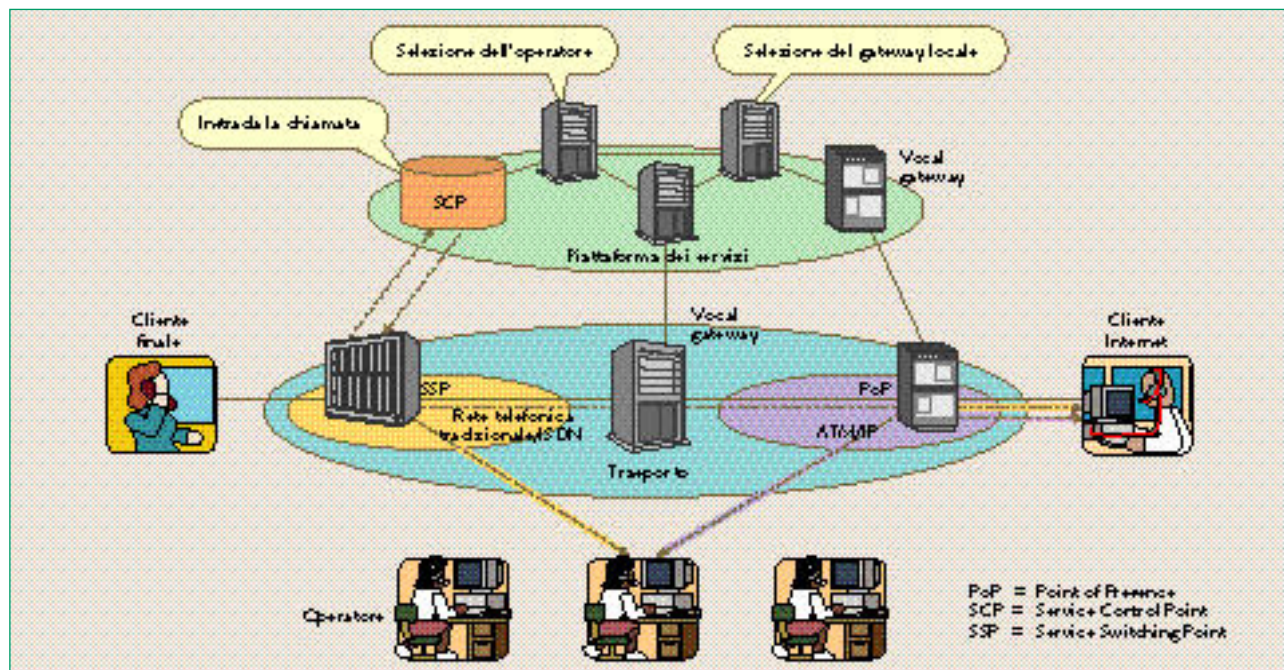


Figura 6 Il Servizio di Call Center evoluto con accesso via Internet o con una chiamata telefonica.

La richiesta di risoluzione dell'indirizzo inviata da SCP ai server esterni non è limitata ad un unico scambio domanda-risposta, ma la transazione può essere realizzata con più operazioni, nel caso in cui alla logica di servizio, eseguita sulla piattaforma Middleware, siano necessarie ulteriori informazioni.

#### 4.3 Call Center Evoluto

L'ultimo servizio presentato può essere visto come la combinazione di alcune delle funzionalità dei servizi indicati nei paragrafi precedenti. Il servizio CCE (Call Center Evoluto) permette di realizzare un Call Center, di agenti singoli connessi alla rete telefonica pubblica o di gruppi di agenti concentrati in alcune sedi e connessi a PABX, a cui si possa accedere via Internet (servizio Click-to-dial) o con una chiamata telefonica (servizio WebIN).

Il funzionamento del servizio con entrambe le modalità di accesso è rappresentato in figura 6. Il Call Center Evoluto consente a un sottoscrittore di utilizzare in maniera integrata diversi Call Center distribuiti sul territorio (prestazione di Virtual Call Center) con funzionalità e modalità di interazione con l'utente finale di derivazione Internet (prestazione di Internet Call Center). Le chiamate - sia di tipo convenzionale, ad esempio numero verde, sia di derivazione Internet - sono instradate "intelligentemente" secondo il livello di carico dei diversi PABX e in funzione delle capacità degli Agenti in esse allocati.

servizi di telelavoro. Il servizio di Call Center evoluto può anche permettere interazioni di tipo audio e video con il singolo cliente mediante l'integrazione del trasporto del segnale video su ISDN e del trasporto del video compresso su reti IP (ITU H.323). I terminali di accesso a questi servizi potrebbero essere (almeno in una prima fase) dei chioschi multimediali, opportunamente collocati presso ambienti ai quali accedono numerosi utilizzatori quali ad esempio supermercati, banche, agenzie di vendita.

### 5. Costruire il Middleware

Possono essere formulati numerosi quesiti relativi all'utilizzo del Middleware per lo sviluppo di una piattaforma di rete. Alcuni di essi sono brevemente trattati nel seguito:

- Come costruire una piattaforma basata sul Middleware? E quali sono i costi?
- Con quali tecnologie si può costruire una piattaforma basata sul Middleware?
- Il Middleware è realmente un asset competitivo per un gestore di telecomunicazioni?

#### 5.1 Il processo di costruzione del Middleware

La costruzione del Middleware ex-novo richiede uno sforzo considerevole in termini di risorse e di

competenze e comporta la possibilità di sviluppare, dopo un lungo processo, un prodotto non al passo con la tecnologia. Lo sforzo da compiere è quello di *integrare nel Middleware prodotti hardware e software esistenti* la cui scelta deve essere guidata dall'adeguatezza delle caratteristiche di "apertura" fornite e dai costi. È perciò suggerito di realizzare la piattaforma secondo un *approccio incrementale*, sviluppando, cioè, di volta in volta le prestazioni legate ai servizi che si vogliono fornire, a partire da piattaforme commerciali. I costi totali associati alla costruzione del Middleware per l'intelligenza di rete sono determinati sia da quelli relativi a prodotti e a componenti, sia dai costi relativi alle risorse del gestore da dedicare all'integrazione dei prodotti e allo sviluppo dei servizi. I costi totali potrebbero risultare inferiori a quelli necessari per lo sviluppo da parte di un costruttore di soluzioni ad hoc; inoltre il tempo di sviluppo e di integrazione potrebbe essere interamente controllato sulla base delle esigenze del gestore.

### 5.2 Quali tecnologie per il Middleware

Dal punto di vista tecnologico, stanno emergendo sistemi e prodotti che cominciano a soddisfare i requisiti di apertura necessari per l'integrazione e per la composizione in una piattaforma di intelligenza flessibile. Esempi sono forniti dai sistemi che offrono interfacce di tipo *CTI (Computer Telephony Integration)*, dai nodi utilizzati nella fornitura di servizi Internet (vocal gateway, centri servizi) e da autocommutatori programmabili. Sono anche in via di definizione, di standardizzazione e di commercializzazione alcune architetture basate sul Middleware (ad esempio IN Forum per l'integrazione della CTI con la Rete Intelligente, IETF, TINA).

Dal punto di vista informatico sta assumendo sempre maggiore rilevanza lo sviluppo di JAVA sia come linguaggio di programmazione "di rete", *RMI (Remote Method Invocation)*, applets e servlets), sia come linguaggio che abilita la definizione di interfacce "aperte" (ad esempio *JTAPI, Java Telephone Application Programming Interface, JAIN, Java Advanced Intelligent Network*). Altre piattaforme di interesse sono quelle *CORBA (COmmon Request Broker Architecture)* che consentono una comunicazione trasparente fra applicazioni residenti su nodi di calcolo diversi.

### 5.3 Il Middleware: una debolezza od un asset competitivo?

La fornitura di servizi mediante programmazione da parte del gestore di componenti software richiede un cambio di mentalità: la realizzazione di questa piattaforma richiede di assumere anche il ruolo di integratore di sistemi (*System Integrator*) oltre a quello di acquirente accorto (*Intelligent Buyer*) e richiede anche un certo sforzo in termini di risorse.

Il vantaggio che la disponibilità di questa piattaforma offre è relativo alla possibilità di presentare rapidamente ai propri clienti dei servizi "unici" e personalizzati. Questi servizi sono in realtà costruiti

componendo variamente blocchi preesistenti e specializzando alcuni di essi. Solo in alcuni casi e per clienti selezionati, è necessario sviluppare nuove prestazioni.

Questa capacità potrebbe avere l'effetto di fidelizzare i clienti in una situazione di forte competizione. Molti prodotti commerciali di Rete Intelligente - sicuramente quelli più flessibili - sono in corso di realizzazione seguendo il criterio di un insieme di sistemi componibili. Sono seguiti sostanzialmente due approcci nell'utilizzo del Middleware: anticipare il bisogno e iniziare ad attrezzarsi con una piattaforma avanzata da utilizzare per fornire servizi innovativi (ad esempio quelli della classe Internet-Telecom), oppure cooperare con i costruttori di riferimento ponendo requisiti di apertura e di programmabilità sui sistemi di nuova generazione.

L'approccio scelto dal gestore dipende dal ruolo e dal tipo di mercato in cui opera: da un lato si è in presenza di un orientamento dei costruttori verso una maggiore apertura e informatizzazione dei sistemi di intelligenza di rete. Dall'altro esiste la tendenza di alcuni gestori innovativi e competitivi (quali ad esempio MCI, British Telecom) verso la costruzione di un Middleware secondo un approccio di tipo Mix&Match che è quello di costruire la piattaforma di intelligenza partendo dai servizi e integrando via via i prodotti più opportuni e perseguendo l'obiettivo di realizzare una piattaforma completa.

Un approccio del tipo fin qui illustrato costituisce senz'altro un punto di forza per un gestore di telecomunicazioni che vuole affrontare la sfida di un mercato sempre più competitivo, in tutta sicurezza e con risposte rapide e sufficientemente flessibili.

### Bibliografia

- [1] V-Services and Vault: <http://www/mci.com/cerfsup>.
- [2] TINA Consortium: <http://www.tinac.com>.
- [3] ITU-T: Recommendations, Q.1220-Q1290.
- [4] Andreetto, A. et al.: *A new approach to IN service creation*. Proceedings ICIN'98.
- [5] Minerva, R. et al.: *A new paradigm for network intelligence: from bundled to open and programmable systems*. Proceedings ISS'97.
- [6] OMG. <http://www.omg.org/>.
- [7] Low, C.: *Integrating communication services*. «IEEE Communication», giugno 1997.

Gian Piero Fici, Roberto Minerva, Corrado Moiso,  
Gabriele Viviani - CSELT

[roberto.minerva@CSELT.IT](mailto:roberto.minerva@CSELT.IT)

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## **Aspetti di interconnessione tra sistemi e tra operatori**

*La sessione ha avuto lo scopo di fornire un quadro significativo delle più importanti problematiche attuali in tema di interconnessione tra reti e tra gestori, e a questo scopo sono stati trattati tre punti:*

- 1. interconnessione fra reti gestite da gestori diversi o appartenenti a generazioni diverse;*
- 2. interlavoro tra apparati di trasmissione;*
- 3. impiego di architetture e di protocolli di comunicazione diversi.*

*In merito al primo punto sono emersi due messaggi: il primo riguarda la regolamentazione che deve essere attenta e lungimirante. Per un corretto sviluppo dei sistemi e dei servizi è infatti di importanza fondamentale un'opera di regolamentazione (come è oggi in corso di definizione nel nostro Paese) e occorre che essa sia lungimirante e ben attenta ai suoi possibili effetti.*

*Il secondo messaggio sottolinea che, fra generazioni di radiomobile, è più opportuna un'evoluzione che una rivoluzione. Nel radiomobile giocherà un ruolo molto importante l'ambiente radio e, in tale ambito, la possibilità di interlavoro tra la rete mobile attuale e quelle di generazioni successive.*

*In merito al secondo punto sono state esaminate le problematiche di interlavoro tra gestori che impiegano la tecnologia di trasmissione sincrona, e così pure le esigenze che sorgono nei punti di confine per il soddisfacimento del Service Level Agreement, senza che in questo settore emergessero messaggi specifici.*

*Per quanto riguarda il terzo punto sono stati trattati principalmente i problemi di interconnessione tra le architetture Internet e ATM e di interlavoro tra i rispettivi protocolli, proponendo anche soluzioni di integrazione. A quest'ultimo riguardo è anche emerso un ulteriore importante messaggio: meglio integrarsi che combattersi; fra le soluzioni possibili è apparso che la presenza di un livello di rete ATM su cui trasportare il protocollo IP dovrebbe costituire la modalità più competitiva per garantire le prestazioni di rete idonee ai requisiti di qualità del servizio.*

*Il Presidente della sessione  
Aldo Roveri  
(Facoltà di Ingegneria,  
Università "La Sapienza" - Roma)*

# Aspetti di interconnessione tra sistemi e tra operatori

## Interconnessione: l'esperienza di Telecom Italia

FABRIZIO BELLEZZA  
ANNA FLAVIA BIANCHI  
RICCARDO DELLEANI  
ROBERTO GNESIVO  
BIANCA PAPINI  
GIOVANNI ROSO

*Il contributo fornisce una panoramica sulla regolamentazione italiana del settore delle telecomunicazioni e sui principali aspetti normativi, tecnici ed economici in tema di interconnessione. Sono illustrate le azioni intraprese da Telecom Italia per adeguarsi al nuovo scenario di interconnessione con altri gestori in concorrenza, sottolineando le complesse implicazioni che emergono soprattutto per assicurare una corretta predisposizione delle risorse previste nel listino di interconnessione e la loro gestione successiva. Sono infine descritte le esperienze internazionali maturate presso Telecom Italia come gestore nuovo entrante in mercati di altri Paesi.*

### 1. Introduzione

Dal 1° gennaio 1998 il mercato italiano delle telecomunicazioni è completamente liberalizzato. Accanto a Telecom Italia e agli operatori TIM e OPI si apprestano a entrare sul mercato altri concorrenti, che si pongono significativi obiettivi di sviluppo. In questo contesto assume particolare rilevanza il problema dell'interconnessione tra le reti. Gli aspetti principali che riguardano l'interconnessione possono essere ricondotti a quelli tecnici, economici e operativi.

Nella definizione delle soluzioni tecniche di interconnessione da adottare per il collegamento tra reti un ruolo fondamentale è rappresentato dalla regolamentazione, ossia dal complesso di norme che vincolano sia il gestore dominante sia i nuovi entranti al rispetto di regole che hanno come obiettivo la liberalizzazione del mercato attraverso la definizione di comportamenti equi, trasparenti e non discriminatori nei confronti dei nuovi concorrenti. È pertanto a partire dalle questioni riguardanti la regolamentazione e continuando con la descrizione degli ulteriori aspetti sopra citati, che viene descritta in questo articolo l'esperienza di Telecom Italia sul tema dell'*Interconnessione*.

### 2. La regolamentazione in Italia

In tema di regolamentazione occorre mettere in luce come la situazione in Italia stia evolvendo con continuità: con l'entrata in vigore della legge 249/97 "Istituzione dell'Autorità per la garanzia nelle comunicazioni e norme sui sistemi delle telecomunicazioni e radiotelevisivo", (chiamata comunemente Legge Maccanico) istitutiva dell'Autorità per le Comunicazioni, del DPR 318/97 relativa al Regolamento rela-

tivo all'"Attuazione di direttive comunitarie nel settore delle telecomunicazioni" e del DM 25/11/97 concernente le "Disposizioni per il rilascio delle licenze individuali nel settore delle telecomunicazioni", è stato definito il quadro regolatorio che dovrà disciplinare il regime di competizione totale delle telecomunicazioni entrato in vigore dal 1° gennaio 1998 con la completa abolizione dei diritti di esclusiva nel settore delle telecomunicazioni.

Il Ministero delle Comunicazioni sta inoltre elaborando tre altri provvedimenti di particolare rilevanza che integreranno il quadro regolatorio: "Disposizioni ulteriori in materia di interconnessione e del contenuto dei relativi accordi"; "Determinazione dei contributi relativi al rilascio delle licenze e delle autorizzazioni e Finanziamento del servizio universale".

### 3. Aspetti tecnici dell'interconnessione

Dal punto di vista tecnico gli aspetti di maggior rilievo riguardano:

- le tipologie di rete coinvolte, fisse o mobili, e le relative modalità di instradamento delle chiamate;
- la localizzazione dei punti d'interconnessione tra le reti, ad esempio presso il sito di uno dei due gestori o in un sito adiacente a uno dei due;
- le modalità tecniche di interconnessione sia a livello fisico sia a livello di servizi e la relativa interoperabilità;
- la condivisione delle risorse, come ad esempio, la numerazione;
- gli aspetti di integrità, sicurezza, controllo del traffico e della qualità della rete;
- la documentazione;
- la qualificazione dell'interconnessione con gli altri gestori.

Con riferimento alle modalità tecniche di interconnessione, l'interfaccia standard è basata sui protocolli di segnalazione *ISUP (ISDN User Part)* e sul modo di segnalazione associato.

L'interconnessione, realizzata con le interfacce standard di cui sopra, rappresenta l'offerta di base per la fornitura in ambiente liberalizzato di servizi di trasporto di traffico commutato *sia in terminazione sia in raccolta: l'interconnessione di terminazione* consente di effettuare chiamate tra utenti appartenenti a gestori differenti; *l'interconnessione di raccolta* consente di raccogliere chiamate originate da utenti di Telecom Italia e la consegna di esse al gestore interconnesso, che in tal caso si propone come *carrier* di lunga distanza.

L'*interconnessione internazionale* consente l'instadamento verso l'estero delle chiamate originate in Italia da utenti di altri gestori.

Per quanto riguarda l'interconnessione tra reti fisse, risulta fondamentale la modalità di condivisione delle risorse di numerazioni tra i diversi gestori.

In linea con quanto avvenuto negli altri Paesi europei ed extraeuropei, le numerazioni geografiche saranno condivise da tutti i gestori utilizzando la stessa ripartizione territoriale. Questa modalità di assegnazione delle numerazioni ai nuovi entranti nella rete fissa risponde all'obiettivo di assicurare al cliente di Telecom Italia la stessa tassazione, indipendentemente dal gestore di appartenenza dell'utente chiamato, in questo modo si evita la discriminazione delle tariffe.

Da questa scelta deriva che la struttura della numerazione per tutti i gestori è integrata con quella della clientela di Telecom Italia; e in particolare si avranno:

- aree locali comuni e identico trattamento per tutti i gestori;
- numerazioni integrate su queste aree per archi da 10 mila numeri contigui.

La legislazione presente prevede che la numerazione sia amministrata dall'Autorità, alla quale si rivolgono tutti i gestori per ottenere l'assegnazione di nuovi archi di numerazione.

Per far fronte alle esigenze crescenti di numerazione legate alla evoluzione del mercato dei servizi e alla liberalizzazione del settore è in corso un processo di revisione del piano di numerazione nazionale. Il programma di evoluzione è stato sancito da un Decreto Ministeriale del 1° luglio 1997.

Il primo passo per questa evoluzione è rappresentato dalla *selezione completa*, secondo la quale per ogni chiamata nazionale, comprese quelle distrettuali, sarà necessario premettere al numero d'abbonato il prefisso "0" e l'indicativo distrettuale, in analogia a quanto già avviene per i servizi mobili. Sarà così possibile utilizzare le cifre "0" e "1" dopo l'indicativo distrettuale come prima cifra del numero d'abbonato, garantendo un primo ampliamento nella disponibilità di numeri.

Un ulteriore aumento di capacità potrà essere ottenuto con la sovrapposizione sulla stessa area distrettuale di più indicativi; ma questa soluzione dovrà essere valutata attentamente per i possibili impatti sulla clientela.

Potrà essere effettuata la *selezione completa* a partire dal 19 giugno 1998, e da dicembre 1998 ed essa dovrà essere effettuata in tutte le chiamate.

Il secondo passo dell'evoluzione del piano, previsto per il 29 dicembre 2000, mira a riorganizzare il piano per servizi, recuperando contemporaneamente capacità di numerazione nel lungo periodo non solo per i servizi geografici ma anche per quelli mobili e per quelli di nuova introduzione (ad esempio per quelli satellitari o per quelli personali). Per raggiungere questo obiettivo si sostituirà la cifra "0", che nella prima fase non è più usata come prefisso ma come parte integrante del numero, con la cifra "4" per i servizi geografici mentre essa si ometterà nel caso dei servizi mobili già collocati sulla prima cifra "3". L'aumento di capacità ottenibile in tal modo è pari a un miliardo di numeri per ogni servizio gestito dal piano.

Con l'aumentare del numero di reti interconnesse aumenta la complessità della gestione del traffico e crescono i problemi di *integrità di rete e di sicurezza*: con *integrità* si intende che si mantengano le prestazioni di una rete in presenza di fenomeni esterni non controllabili e che si conservi la qualità del servizio da punto a punto. Tutto ciò si può tradurre in termini di requisiti di stabilità, ovvero di disponibilità e di affidabilità delle risorse di rete, e di robustezza della rete, ovvero di manutenibilità e di capacità di controllo del traffico.

Con *sicurezza* si intende invece la protezione dall'uso non autorizzato, volontario o involontario, di risorse di rete o di dati pregiati. Per garantire la sicurezza della rete di Telecom Italia sarà necessario introdurre nei punti di interconnessione alcune funzionalità di controllo.

La documentazione delle chiamate nel punto di interconnessione riveste un ruolo fondamentale per la ripartizione dei ricavi e degli addebiti. Essa è essenziale da un lato per la fatturazione dei costi, dall'altro per la verifica dei costi attribuiti. La mancanza di congruità tra i sistemi di documentazione del traffico adottati da parte di gestori avrebbe come effetto un disallineamento tra la fatturazione reale e quella attesa, con conseguenti probabili contenziosi.

Un ulteriore elemento di particolare rilievo è infine rappresentato dalla qualificazione dell'interconnessione con gli altri gestori, con particolare riferimento agli standard utilizzati, alle interfacce e alla congruità dei dati di documentazione. Si riducono così i possibili contenziosi, mantenendo elevati i livelli di qualità relativi ai servizi offerti.

#### 4. L'offerta di Telecom Italia

L'offerta di servizi di interconnessione, come tutte le transazioni di mercato, è definita sulla base di considerazioni di tipo economico. A tale proposito occorre considerare due classi di offerte: quelle strettamente necessarie a consentire l'interconnessione tra due reti in modo efficiente per la prestazione di telefonia vocale - oggetto del Listino d'interconnessione e sottoposta alle regole di *contabilità per il regolatore* - e quelle che invece devono essere

valutate in termini di costo o di opportunità secondo logiche di convenienza economica e di mercato, che sono invece oggetto di accordi commerciali bilaterali fra i gestori e non devono sottostare a specifiche regole di individuazione del prezzo sulla base del costo di *produzione*.

Per rendere chiara la differenza basti pensare all'interconnessione tra due reti di gestori diversi, ad esempio tra un gestore di rete fissa e uno di rete mobile; questa si può realizzare direttamente, a condizioni di interconnessione standard, oppure in una logica di convenienza economica tramite un gestore terzo già interconnesso con entrambi. Analogamente tutto l'insieme di servizi e di prestazioni supplementari può essere valutato da un gestore entrante in termini di realizzazione per proprio conto o di acquisto (*make or buy*) e può quindi essere predisposto con mezzi e tecnologie proprie oppure acquisito, noleggiato o dato in *outsourcing* a un altro soggetto che opera sul mercato *wholesale* (della vendita all'ingrosso) delle infrastrutture e dei servizi di telecomunicazioni.

#### 4.1 Il listino di interconnessione e la contabilità per il Regolatore

Relativamente agli aspetti economici legati all'interconnessione standard, particolare rilevanza assume il complesso capitolo relativo alla valutazione dei costi di fornitura dei servizi, per poterne determinare le tariffe oggetto del listino d'interconnessione: lo schema di regolamento di "Attuazione di direttive comunitarie nel settore delle telecomunicazioni" afferma in proposito che informazioni sulle condizioni economiche praticate per l'interconnessione debbono essere pubblicate ai fini della verifica di un calcolo equo e adeguato delle condizioni economiche stesse.

Le informazioni riguardano in particolare:

1. i costi standard utilizzati: ad esempio, i costi interamente distribuiti, i costi incrementali medi di lungo periodo, i costi marginali, i costi unici, i costi diretti incorporati, ivi comprese le basi di costo utilizzate, quali i costi storici fondati sulla spesa realmente sostenuta o i costi preventivi basati sui costi previsti;
2. gli elementi di costo compresi nelle condizioni economiche di interconnessione, compreso un margine di profitto ragionevole;
3. i gradi e i metodi di attribuzione dei costi, e in particolare il trattamento dei costi congiunti e comuni;
4. le convenzioni contabili concernenti: i tempi per l'ammortamento delle principali categorie di attività fisse; il trattamento di altre voci di spesa importanti in termini di entrate rispetto al costo capitale, quali: i programmi e sistemi informatici; la ricerca e sviluppo; lo sviluppo di nuove attività; la costruzione diretta e indiretta; la riparazioni e le manutenzioni; gli addebiti per dilazione.

Telecom Italia ha predisposto a questo scopo un *listino d'interconnessione* basato su costi interamente distribuiti e sta mettendo a punto un sistema di contabilità dei costi per l'interconnessione con il quale si tiene conto delle indicazioni emerse nelle

principali realtà internazionali che per prime hanno affrontato il processo di liberalizzazione, in particolare per il calcolo del *Long Run Incremental Cost*.

Il listino d'interconnessione di Telecom Italia, come già indicato, contiene l'insieme minimo di servizi necessario per assicurare l'interoperabilità fisica e logica della rete dell'operatore concorrente con quella propria e per consentire così, anzitutto agli utenti della rete del gestore interconnesso, di comunicare con gli utenti di Telecom Italia e, in secondo luogo, per permettere agli utenti di Telecom Italia di accedere ai servizi offerti da un gestore della rete per la lunga distanza.

Il listino indica i servizi prescrittivi di interconnessione e le relative condizioni economiche che Telecom Italia propone ai gestori titolari di una licenza individuale per l'installazione e per la fornitura di una rete pubblica di telecomunicazioni, e in particolare:

- i punti di interconnessione alla rete di Telecom Italia;
- le modalità fisiche di interconnessione e i servizi di trasporto dedicato tra i nodi di Telecom Italia e quelli del gestore che si interconnette;
- i servizi di trasporto commutato fruibili da ciascun punto di interconnessione;
- i servizi accessori;
- le condizioni economiche.

Il listino prevede inoltre una logica di reciprocità: l'*access charge* non si applica infatti a chiamate originate da clienti di Telecom Italia e dirette a quelli di un cliente di un altro gestore sulla cui rete esse sono terminate. In questo caso infatti è Telecom Italia a versare l'*access charge* all'altro gestore, trattenendo quindi la differenza tra la tariffa e l'*access charge* stabilito dall'altro gestore.

#### 4.2 Le offerte commerciali per i gestori

Per completare l'offerta di interconnessione per gli altri gestori, in una logica di ricerca di un compromesso tra costi e opportunità, Telecom Italia prevede di stipulare accordi commerciali bilaterali, anche in funzione delle strategie commerciali seguite da ciascuno di essi. È presumibile infatti che sul mercato si affacceranno operatori con profili differenti e con obiettivi di clientela diversificati. Ad esempio, oltre a gestori "globali", interessati alla clientela affari e residenziale, potranno presentarsi soggetti interessati solo a specifici servizi, quali, ad esempio, il trasporto su lunga distanza tramite *carrier selection*, o la raccolta del traffico in rete di accesso.

Per questi soggetti potrebbe non essere economicamente conveniente sviluppare l'intera gamma di servizi offerti da Telecom Italia ai propri clienti ma potrebbe essere più opportuno acquisirli in tutto o in parte da terzi. Analogamente potrebbe essere conveniente per un gestore locale o nazionale ottenere da Telecom Italia i circuiti tra i propri nodi, eventualmente anche in *outsourcing*, per evitare di dover acquisire e mantenere un bagaglio tecnico di pianificazione, progettazione, realizzazione, esercizio e manutenzione di una rete di telecomunicazioni.



## 5. La gestione dell'interconnessione

L'esperienza di Telecom Italia nella gestione degli operatori interconnessi è iniziata nel 1995 con l'interconnessione della rete fissa con le reti radiomobile GSM di Omnitel Pronto Italia e di TIM.

L'attività di gestione dei gestori della rete radiomobile è partita in un periodo precedente all'obbligo per Telecom Italia di pubblicare un listino di interconnessione come prescritto dagli attuali regolamenti. Nella definizione e nella negoziazione del contratto di interconnessione sono stati trattati e concordati i principali aspetti di gestione tecnica e amministrativa dell'interconnessione. Tra questi possono essere citati: la programmazione e la fornitura delle risorse di rete; il trattamento delle informazioni di segnalazione; i requisiti tecnici per la realizzazione di impianti trasmissivi; la struttura della trama a 2 Mbit/s; il dimensionamento dei fasci di interconnessione; le procedure per la programmazione degli interventi tecnici sulla rete fissa; le caratteristiche di qualità del servizio; le modalità di fatturazione; la documentazione del traffico.

I tre anni di operatività dell'interconnessione hanno confermato, in generale, la validità dei termini definiti nei contratti stipulati su questi aspetti, ma, allo stesso tempo, hanno messo in luce alcuni temi da migliorare. Essi riguardano in particolare la definizione di punti di coordinamento dedicati all'interconnessione presso le unità territoriali; procedure più snelle per la verifica della documentazione del traffico di interconnessione ai fini amministrativi; la revisione dei criteri di programmazione degli interventi richiesti per l'interconnessione.

Per rispondere a quest'ultimo aspetto, l'esperienza ha confermato la necessità di definire una programmazione degli interventi coerente con i processi di sviluppo della rete a commutazione di circuito. Le attuali modalità di programmazione degli interventi - stabilite nei contratti di interconnessione - recepiscono infatti quanto fissato all'articolo 20 della Convenzione GSM (programmazione e disponibilità); in esso sono definiti tempi e contenuti dei documenti di piano che i gestori della rete radiomobile devono presentare a Telecom Italia: entro il 30 settembre, deve essere fornito il piano di massima delle richieste di fabbisogno per l'anno solare successivo. Con cadenza semestrale (primo dicembre/primo giugno) devono essere approntati i piani dettagliati per le esigenze del primo e del secondo semestre.

Il processo di programmazione è quindi risultato scorrelato dai processi di realizzazione della rete, e può causare disottimizzazioni ovvero tempi realizzativi non coerenti con le esigenze effettive del mercato della telefonia mobile.

L'attività di realizzazione dell'interconnessione è spesso solo genericamente identificata con quella di un fascio di collegamento fisico e logico tra i due nodi di interconnessione. L'interconnessione ha però alcune inevitabili ricadute sulle reti coinvolte; non comporta semplicemente la realizzazione fisica del collegamento trasmissivo tra i siti e la configurazione dei due impianti di commutazione direttamente impiegati dal fascio di interconnessione, ma richiede invece - forse soprattutto - una revisione completa della rete interessata dal traffico che sarà smaltito da

questo fascio. Con una semplice immagine metaforica questa scelta equivale alla decisione che per realizzare una nuova strada di accesso a una città, il comune ritenga di dover allargare le strade cittadine per assicurare che il nuovo flusso degli autoveicoli non causi congestione al traffico che grava sulla stessa città.

Di qui la necessità di associare la programmazione delle forniture per l'interconnessione con il processo realizzativo della rete a commutazione di circuito. Per ciascuna interconnessione occorre quindi: verificare il dimensionamento della rete a commutazione di circuito; configurare adeguatamente tutti i nodi interessati dal nuovo flusso di traffico; aggiornare i sistemi di gestione e quindi effettuare una completa revisione del progetto rete.

Il complesso delle attività di revisione di un progetto rete richiede però tempi non trascurabili; se il processo di revisione del progetto rete dovesse essere avviato dalla presentazione della richiesta di un fascio di interconnessione, i tempi di realizzazione risulterebbero molto lunghi. La disponibilità di un piano delle esigenze del gestore interconnesso nei tempi e con le informazioni utili, permetterebbe invece una corretta ed efficiente programmazione delle attività di approntamento della rete consentendo attivazioni in tempi contenuti.

Il processo di programmazione e di fornitura dell'interconnessione dovrebbe quindi prevedere la presentazione - da parte del gestore interessato - di un documento di pianificazione da confermare o da modificare con la stessa periodicità del riesame dei documenti di progettazione della rete a commutazione di circuito; in esso dovrebbero essere indicate le esigenze necessarie per l'interconnessione e i tempi attesi per avere la disponibilità. Eventuali esigenze non pianificate potrebbero comunque essere evase dopo una verifica di fattibilità e l'inserimento nella prima fase utile della progettazione della rete.

Un processo di programmazione e di fornitura - "agganciato" al processo di sviluppo e realizzazione della rete a commutazione di circuito - permetterebbe di fornire al gestore interconnesso una migliore garanzia sui tempi di approntamento delle richieste di interconnessione, oltre a consentire una più razionale conduzione del processo per la realizzazione delle reti.

Inoltre, come già indicato nella descrizione degli aspetti tecnici, per l'interconnessione con i nuovi gestori sono stati attivati altri importanti processi operativi. Tra questi possono essere indicati: la gestione e la realizzazione degli ordini di fornitura di accesso fisico; la gestione e l'attuazione degli interventi tecnici per la riconfigurazione, l'instradamento e le numerazioni; la qualificazione degli impianti di trasmissione e di commutazione degli operatori interconnessi; la gestione della documentazione relativa al traffico di interconnessione; il collaudo prima dell'inserimento in rete degli impianti di commutazione e trasmissione degli operatori interconnessi; la gestione e le attività di manutenzione, sia preventiva sia correttiva. Per ciascuno di questi processi è compiuto uno sforzo congiunto tra Telecom Italia e i gestori interconnessi, per definire modalità di interlavoro anch'esse, per quanto possibile, coerenti con quanto Telecom Italia ha attuato per rispondere alle proprie esigenze; quest'attività congiunta costituisce un'ulte-

riore garanzia sulla qualità del servizio di interconnessione che i nuovi gestori richiedono.

## 6. L'esperienza internazionale di Telecom Italia

Telecom Italia ha in corso significative esperienze come gestore entrante in nuove realtà fuori del nostro Paese. L'esperienza segue una tradizione che già vantava esempi significativi, vissuti però nello spirito dell'acquisizione di gestori dominanti in particolari realtà nazionali, piuttosto che come nuovo gestore entrante in competizione con uno dal ruolo consolidato. Un'importante esperienza di gestore dominante è quella svolta in Argentina. Recentemente sono state invece avviate due significative operazioni - in Spagna e in Francia - che segnano per Telecom Italia l'avvio dell'esperienza di gestore nuovo entrante in un Paese estero.

In Spagna, negli ultimi giorni del 1997, è stato firmato l'accordo generale di interconnessione tra Retevision e Telefonica. Retevision è una società privatizzata di recente. Di essa il consorzio formato da Telecom Italia, Endesa (Società elettrica spagnola) e Union Fenosa (gruppo operante nel settore elettronico) possiede il 60 per cento del pacchetto azionario. La società è nata per il trasporto, la distribuzione e la diffusione dei segnali televisivi in Spagna; Retevision possiede oggi una licenza come gestore di telefonia pubblica fissa e sarà in duopolio con Telefonica per l'intero anno in corso.

L'esperienza significativa - come nuovo entrante in Spagna - si è svolta nel corso del 1997 e ha visto uno sforzo davvero rilevante, da parte di Retevision, di Telecom Italia e di CSELT sia per raggiungere l'accordo sui numerosi argomenti affrontati nelle trattative sia per predisporre gli impianti di rete.

In particolare fra le condizioni poste dall'Ente regolatore spagnolo (CMT), per la concessione della licenza è stata richiesta la copertura del territorio nazionale tramite l'apertura di un *PdI* (*Punto di Interconnessione*) in ognuna delle cinquanta province spagnole entro il primo agosto dell'anno in corso, partendo da una situazione iniziale nel gennaio 1998 di quindici nodi. Retevision ha anche installato un secondo *PdI* in alcune province, in modo da aprire il servizio legato alla scelta del gestore (*carrier selection*) in ambito locale.

Gli aspetti di negoziazione hanno coinvolto la definizione dei servizi, e le relative strutture tariffarie, gli aspetti di fatturazione e la vasta gamma di risvolti legali connessi all'operazione.

Il servizio è stato avviato, come è stato sopra accennato, con l'offerta della *carrier selection* ed è previsto che - in ordine di priorità - saranno offerti l'accesso diretto (mediante portante fisico o radio) le prestazioni di rete intelligente (il numero verde) e una vasta gamma di servizi supplementari.

Sul piano tecnico, oltre alla complessa attività per il reperimento dei locali e per l'installazione degli impianti, sono significative le complesse operazioni di messa a punto di tutte le procedure di interlavoro tra le reti che hanno riguardato le prove a distanza (*stand-alone*) di accettazione di ogni impianto di centrale e le

verifiche funzionali di interoperabilità con Telefonica.

Il servizio è partito con un ottimo successo commerciale. Agli utenti non è infatti richiesto di cambiare numero telefonico; quando effettuano chiamate interprovinciali o internazionali essi possono scegliere di instradarle su Retevision, componendo un prefisso (050); il costo della chiamata è così circa il 25 per cento inferiore a quello praticato normalmente.

Anche in Francia, Telecom Italia sta affrontando una significativa esperienza come gestore entrante: l'operazione avviene attraverso BS (Bouygues Stet).

BS Telecom è una holding a capitale misto (Telecom Italia - Bouygues), la società francese controlla altre tre società: una tecnica (NETCO), che ha l'obiettivo di realizzare l'infrastruttura di rete a lunga distanza, e due commerciali, cioè BS Enterprise e BSV Residential, che curano rispettivamente la clientela affari e residenziale.

L'accordo STET - Bouygues risale al 1996. BS dovrebbe ricevere a giorni la licenza ufficiale per operare come gestore nuovo entrante nella rete fissa. Il business di BS dovrebbe essere inizialmente legato al trasporto di traffico per telefonia di base generato da utenza FT (France Télécom) - traffico *indiretto* - e di tipo *corporate* (traffico per esempio tra le proprie centrali private).

La numerazione per selezionare BS è già stata definita: l'utenza francese, selezionando la cifra 9, sceglierà BS. La numerazione per la scelta del carrier assegnata a FT è 8, quella di Cegetel è 7; l'instradamento predefinito (*default*) continua a essere 0, associato temporaneamente a FT. Il territorio "francese" è diviso in circa diciotto *ZT* (*Zone di Transito*), che comprendono l'area ad alto traffico di Parigi (divisa in due *ZT*) e le zone relative ai territori d'oltremare. Da ciascuna di esse è possibile scambiare traffico di interconnessione con gli stadi di gruppo di FT tramite un *PRO* (*Point de Raccordement de réseau d'Opérateur*) associato alla *ZT* o con collegamenti diretti a *CA* (*Commuteur d'Abonnés*), cioè agli stadi di linea di FT presenti nella *ZT*.

Riguardo alla struttura di interconnessione di BS si prevede che all'inizio del 1998 saranno attivi una decina di *PRO*. In febbraio è prevista a Nantèrre (Parigi) l'installazione della prima centrale NETCO che acquisirà il traffico indiretto generato da utenti FT. Una seconda centrale potrà essere installata sempre nel 1998.

BS si sta preparando a espandere la propria offerta commerciale attraverso la realizzazione di proprie infrastrutture (fisiche o radio) di raccordo verso la clientela, anche in conseguenza dell'imminente avvio della gara per l'assegnazione in Francia di frequenze per l'accesso radio.

## 7. Conclusioni

Il tema dell'interconnessione è ormai passato a uno stadio in cui i vari attori cominciano ad agire seguendo schemi definiti. Anche se esistono ancora difficoltà dovute principalmente all'asimmetria del rapporto tra il gestore "dominante" ed i nuovi entranti, è auspica-

bile che un rapporto contrattuale con tutti i nuovi gestori, sia delle reti mobili sia di quelle fisse, si possa stabilire a condizioni definite sulla base della effettiva situazione di mercato e tenendo conto che ormai gli attori che operano nel settore delle telecomunicazioni dispongono di una notevole forza contrattuale, a seguito della complessa trama di alleanze internazionali presente nel settore.

Occorrerà naturalmente non perdere di vista la rilevanza del settore ai fini del progresso sociale ed economico del Paese. Da questo punto di vista l'azione del governo, mirata a favorire lo sviluppo del settore, non può che essere auspicabile e Telecom Italia – in un'ot-

tica di regole chiare e definite in anticipo - è sicuramente pronta ad affrontare le sfide che si presenteranno in futuro.

*Fabrizio Bellezza, Riccardo Delleani, Roberto Gnesivo - Telecom Italia  
Anna Flavia Bianchi - Centro Studi S. Salvador, Venezia  
Bianca Papini, Giovanni Roso - CSELT*

*giovanni.roso@CSELT.IT*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Pianificazione di reti trasmissive aperte ad alta capacità

CLAUDIO COLTRO

*Le riforme in atto nella regolazione globale stanno provocando l'arrivo di molti nuovi attori nel settore dei gestori di reti di telecomunicazioni. Organizzazioni con infrastrutture geograficamente estese, come enti distributori di energia elettrica, di gas e delle ferrovie, per citarne solo alcuni, saranno in grado di realizzare in tempi brevi collegamenti con portanti ottici o radio idonei a realizzare una rete globale di trasporto. In tutti i casi, i gestori di telecomunicazioni saranno sempre più orientati verso una conoscenza delle esigenze del cliente e dei mezzi per soddisfarle; già essi inseguono il maggior numero possibile di clienti, a prescindere dell'estensione geografica delle loro infrastrutture, mediante la fornitura di larghezza di banda in subappalto, da altri fornitori di servizi di telecomunicazioni. Una conseguenza sarà che questioni di interconnettività di rete diventeranno un aspetto dominante nella pianificazione di reti. Esistono due scenari estremi ma possono essere fatte numerose considerazioni anche sulle situazioni intermedie.*

*Da una parte, laddove le problematiche di interconnettività costituiranno un aspetto dominante delle attività di pianificazione, numerosi gestori offriranno servizi di telecomunicazioni a una varietà di clienti che comprano traffico in grandi volumi, come i broker o altri operatori di rete, o servizi diretti per utenti. Dall'altra parte, laddove l'aspetto di interconnettività è meno importante, lo scenario potrà essere applicato a quei gestori che costruiscono reti interconnesse a livello mondiale dove le problematiche di interconnettività potrebbero essere molto ridotte ma non totalmente eliminate, in quanto il rilegamento di utenze rimarrà per qualche tempo sotto la responsabilità dei gestori tradizionali. In seguito a questi sviluppi le architetture di rete di trasporto devono poter essere interconnesse e interagire: quest'articolo analizza i principali aspetti architettonici delle reti di trasporto, considerate come sistemi aperti che rispondono a queste esigenze. I principali aspetti analizzati in questo testo comprendono alcune problematiche dell'interconnessione (interworking) tra gestori che impiegano la tecnologia di trasmissione sincrona. Saranno anche approfonditi i casi relativi a gestori che operano sia con standard di trasmissione SDH (Synchronous Digital Hierarchy) sia SONET (Synchronous Optical NETWORKS).*

### 1. Problematiche di interconnessione

Sia per i gestori che offrono servizi su reti connesse in cascata sia per quelli le cui reti attraversano continenti mediante reti sottomarine e che operano con sistemi di gestori di molti Paesi diversi, le problematiche di interconnessione sorgono ogni qualvolta il traffico passi da un ambiente di rete di competenza di un gestore a quello di un altro. Numerose sono le problematiche di interconnessione incontrate e riguardano i seguenti aspetti:

- interconnessione di traffico;
- gestione centralizzata della rete;

- sincronizzazione;
- validazione del traffico.

Questi argomenti saranno affrontati nei paragrafi successivi.

### 2. Interconnessione del traffico

Le problematiche di interconnettività del traffico riguardano principalmente la differenza tra le strutture impiegate per il trasporto dell'informazione in SDH e in SONET.

bile che un rapporto contrattuale con tutti i nuovi gestori, sia delle reti mobili sia di quelle fisse, si possa stabilire a condizioni definite sulla base della effettiva situazione di mercato e tenendo conto che ormai gli attori che operano nel settore delle telecomunicazioni dispongono di una notevole forza contrattuale, a seguito della complessa trama di alleanze internazionali presente nel settore.

Occorrerà naturalmente non perdere di vista la rilevanza del settore ai fini del progresso sociale ed economico del Paese. Da questo punto di vista l'azione del governo, mirata a favorire lo sviluppo del settore, non può che essere auspicabile e Telecom Italia – in un'ot-

tica di regole chiare e definite in anticipo - è sicuramente pronta ad affrontare le sfide che si presenteranno in futuro.

*Fabrizio Bellezza, Riccardo Delleani, Roberto Gnesivo - Telecom Italia  
Anna Flavia Bianchi - Centro Studi S. Salvador, Venezia  
Bianca Papini, Giovanni Roso - CSELT*

*giovanni.roso@CSELT.IT*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Pianificazione di reti trasmissive aperte ad alta capacità

CLAUDIO COLTRO

*Le riforme in atto nella regolazione globale stanno provocando l'arrivo di molti nuovi attori nel settore dei gestori di reti di telecomunicazioni. Organizzazioni con infrastrutture geograficamente estese, come enti distributori di energia elettrica, di gas e delle ferrovie, per citarne solo alcuni, saranno in grado di realizzare in tempi brevi collegamenti con portanti ottici o radio idonei a realizzare una rete globale di trasporto. In tutti i casi, i gestori di telecomunicazioni saranno sempre più orientati verso una conoscenza delle esigenze del cliente e dei mezzi per soddisfarle; già essi inseguono il maggior numero possibile di clienti, a prescindere dell'estensione geografica delle loro infrastrutture, mediante la fornitura di larghezza di banda in subappalto, da altri fornitori di servizi di telecomunicazioni. Una conseguenza sarà che questioni di interconnettività di rete diventeranno un aspetto dominante nella pianificazione di reti. Esistono due scenari estremi ma possono essere fatte numerose considerazioni anche sulle situazioni intermedie.*

*Da una parte, laddove le problematiche di interconnettività costituiranno un aspetto dominante delle attività di pianificazione, numerosi gestori offriranno servizi di telecomunicazioni a una varietà di clienti che comprano traffico in grandi volumi, come i broker o altri operatori di rete, o servizi diretti per utenti. Dall'altra parte, laddove l'aspetto di interconnettività è meno importante, lo scenario potrà essere applicato a quei gestori che costruiscono reti interconnesse a livello mondiale dove le problematiche di interconnettività potrebbero essere molto ridotte ma non totalmente eliminate, in quanto il rilegamento di utenze rimarrà per qualche tempo sotto la responsabilità dei gestori tradizionali. In seguito a questi sviluppi le architetture di rete di trasporto devono poter essere interconnesse e interagire: quest'articolo analizza i principali aspetti architettonici delle reti di trasporto, considerate come sistemi aperti che rispondono a queste esigenze. I principali aspetti analizzati in questo testo comprendono alcune problematiche dell'interconnessione (interworking) tra gestori che impiegano la tecnologia di trasmissione sincrona. Saranno anche approfonditi i casi relativi a gestori che operano sia con standard di trasmissione SDH (Synchronous Digital Hierarchy) sia SONET (Synchronous Optical NETWORKS).*

### 1. Problematiche di interconnessione

Sia per i gestori che offrono servizi su reti connesse in cascata sia per quelli le cui reti attraversano continenti mediante reti sottomarine e che operano con sistemi di gestori di molti Paesi diversi, le problematiche di interconnessione sorgono ogni qualvolta il traffico passi da un ambiente di rete di competenza di un gestore a quello di un altro. Numerose sono le problematiche di interconnessione incontrate e riguardano i seguenti aspetti:

- interconnessione di traffico;
- gestione centralizzata della rete;

- sincronizzazione;
- validazione del traffico.

Questi argomenti saranno affrontati nei paragrafi successivi.

### 2. Interconnessione del traffico

Le problematiche di interconnettività del traffico riguardano principalmente la differenza tra le strutture impiegate per il trasporto dell'informazione in SDH e in SONET.

Velocità di trasmissione (Mbit/s)	Trama SDH	Trama SONET
VC4	AU4	STS3c
45	TUG3	STS1
2	VC12	VT2
1,5	VC12	SPE1.5

**Tabella 1** Velocità di trasmissione tipiche rispettivamente per le gerarchie SDH e SONET.

I più importanti flussi numerici (*payload*) trasportati attraverso ambienti SONET o SDH tra i diversi gestori sono:

- 2 Mbit/s per applicazioni *PSTN* (*Public Switched Telephone Network*);
- 45 Mbit/s per l'interconnessione di router *IP* (*Internet Protocol*) e apparecchiature per la trasmissione dati;
- *STM1/STS3cs* (*Synchronous Transport Module 1/Synchronous Transport Signal 3cs*) per router *IP* e commutatori *ATM* (*Asynchronous Transfer Mode*);
- *STM4/STS12c* per router *IP* e *ATM*.

Paragonando le velocità di trama, l'associazione immediata del *payload* relativo ai sistemi SDH e

SONET è quella mostrata in tabella 1.

Nel caso di traffico *PSTN*, la gerarchia scelta dai gestori internazionali per realizzare l'interconnessione è quella a 2 Mbit/s. Convertitori speciali da 2 Mbit/s e da 1,5 Mbit/s sono utilizzati per adattare i flussi a 2 Mbit/s al commutatore internazionale *PSTN*.

Nel caso di flussi a 45 Mbit/s, il traffico è portato - e quando necessario terminato - da apparecchiature SDH (in ambiente SDH oppure SONET), in quanto il flusso a 45 Mbit/s è una velocità SDH, incorporata in un *VC3* (*Virtual Container 3*) capace anche di trasmettere un flusso a 34 Mbit/s.

Quando la velocità del traffico all'interfaccia diventa sincrona, la compatibilità tra i sistemi SDH e quelli SONET è più semplice da realizzare: è in vigore una norma *ITU-T G.707* (*International Telecommunication Union - Telecommunication standardization sector*) per assicurare la piena compatibilità di traffico da *AU4* (*Administrative Unit 4*) in avanti.

Un *STM1* è, quindi, compatibile con una interfaccia *OC3* (*Optical Carrier 3*) che gestisce un *payload* *STS3c* (*Synchronous Transport System 3 concatenated*). Un segnale *STM4* (*Synchronous Transport Module 4*), che trasporta un *payload* *AU4x4c*, è compatibile con un segnale *OC12* portando un *payload* *STS12c*; e così di seguito possono essere trasferiti i concetti di compatibilità per velocità sincrone crescenti. Si ha quindi una totale trasparenza per il traffico ma purtroppo non per le informazioni generali. Il punto chiave per realizzare

Byte	SDH	SONET	Abbinamento
H1, H2 e H3	Indicatori VC4	Indicatori VC4	Identico se i bit SS sono ignorati come raccomandato dalla Commissione XV dell'ITU-T (9/1992)
J1	Identificatore di traccia di percorso, 16 bytes E164	Identificatore di traccia di percorso, 64 bytes	L'ITU preferisce E164; gli Stati Uniti preferiscono CLLI o il CLEI
B3	BIP-8	BIP-8	Il B3 di Sonet ricopre "stuff bytes"; il B3 di SDH no
C2	Etichetta di Segnale	Etichetta di Segnale	Si
G1 [bit 1-4]	Percorso FEBE (Far End Block Error)	Percorso FEBE	Si
G1 [bit 5]	Percorso FERF (Far End Receive Failure)	Percorso RDI (Remote Defect Indication)	L'RDI di STS richiede ulteriori studi
Z3	Byte di crescita	Byte di gestione DQDB (Distributed Queue Dual Bus)	Per l'ITU, Z3 è un Byte non assegnato e dipende dal payload
Z4	Protezione del percorso K3 VC ( <i>Virtual Container</i> )	Byte di crescita	L'ITU ha assegnato un "nibble" di Z4 per le funzioni APS
Z5	Byte TCM Protocollo ETSI	Byte TCM Protocollo LAPD (Link Access Protocol for D-channel)	La stessa funzione ma con un protocollo diverso. Irrilevante in quanto la TCM (Tandem Connection Monitoring) non va fuori dai confini amministrativi

**Tabella 2** Differenze di utilizzo degli Over Head nella gerarchia SONET e SDH.

la compatibilità di traffico è quello di assicurare un processo corretto che indichi le unità amministrative ed i payload sincroni. Questo avviene ignorando il contenuto dei bit SS (*concatenation flag*) nei puntatori degli AU-4/STS-3c ricevuti. Così, un'apparecchiatura SDH utilizzata al confine di una rete SDH con una SONET, trasmette degli AU-4 con l'indicazione di payload non concatenato e riceve un STS3c *SPE* (*Synchronous Payload Envelope*) con un'indicazione di payload concatenato. Entrambe le apparecchiature terminali ignorano l'indicazione di concatenazione ed elaborano gli indicatori come effettivamente trasmessi; l'apparecchiatura SONET elabora l'AU4 come un STS3c e l'apparecchiatura SDH elabora i flussi STS3c come se fossero flussi AU4. Le

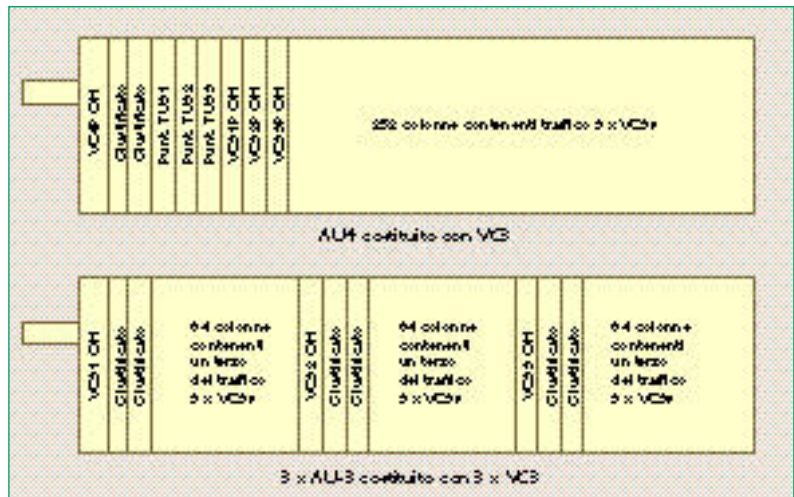


Figura 1 Differenze nella trasmissione di Virtual Container 3s impiegando gli standard SDH o SONET.

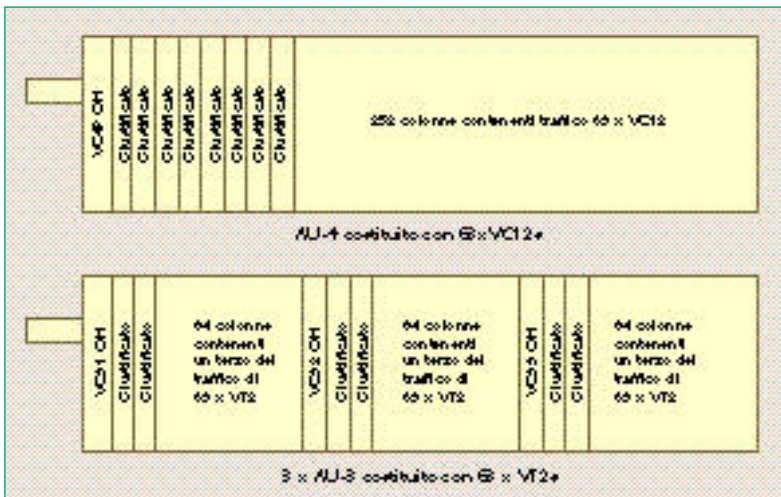


Figura 2 Differenze nella trasmissione di Virtual Container 12/VT2s impiegando gli standard SDH o SONET.

genere non è possibile scambiare servizi a 1,5 Mbit/s, a 2 Mbit/s o a 45 Mbit/s utilizzando apparecchiature di terminazione di circuiti, progettate per essere conformi alla gerarchia SDH da un lato e alla gerarchia SONET dall'altro. La soluzione per gestire segnali a 2 Mbit/s, 45 Mbit/s e STM-Ns richiede l'uso di apparecchiature SDH che operino sia nell'ambiente SONET sia in quello SDH, o viceversa, come illustrato nella figura 4.

Un aspetto importante delle capacità di reti nello scambio del traffico è la protezione. La flessibilità dell'offerta di servizi misti mediante un 3 x AU-3 oppure un AU4 limita la possibilità di avere una protezione completa del percorso tra le due terminazioni. Se è possibile mettere assieme servizi a 2 Mbit/s, *T1s* (*Trunk 1*) e *DS3* (*Digital*

differenze di *OH* (*Over Head*) sono elencate in dettaglio nella tabella 2 riportata nella pagina precedente.

Il confronto tra un AU4 e un 3 x AU-3 - come sistemi portatori di servizi a 45 Mbit/s - presenta, come mostrato in figura 1, una diversità di colonne e di righe nella trama. Il confronto tra un AU4 ottenuto da un VC12 e un 3 x AU-3 costituito di VT2 in quanto sistemi portatori di servizi a 2 Mbit/s presenta una differenza di colonne e di righe nella trama come mostrato nella figura 2.

Il confronto tra un AU4 costituito con VC11s e un 3 x AU-3 riempito di VT1.5s, in quanto sistemi portatori di servizi a 1,5 Mbit/s presenta nella trama una differenza di colonne e di righe. La figura 3 mostra le diverse strutture di trama.

Queste figure pongono in luce che in

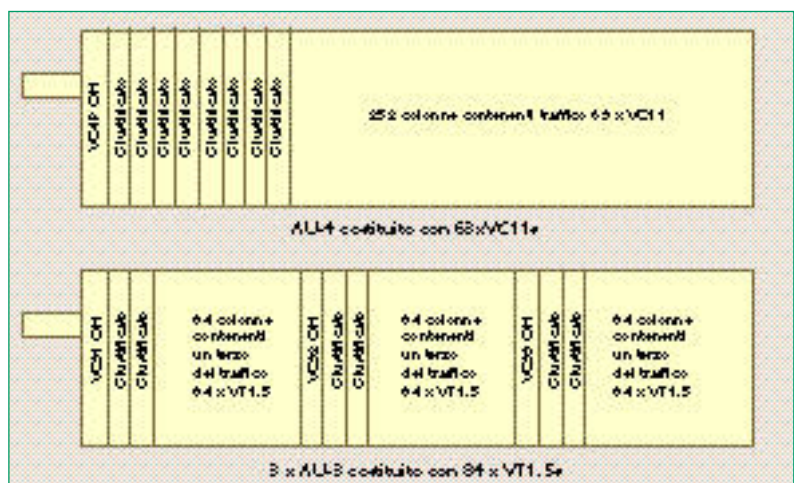


Figura 3 Differenti strutture di trama nella trasmissione di Virtual Container 11s/VT1.5s relativi rispettivamente agli standard SDH o a quelli SONET.

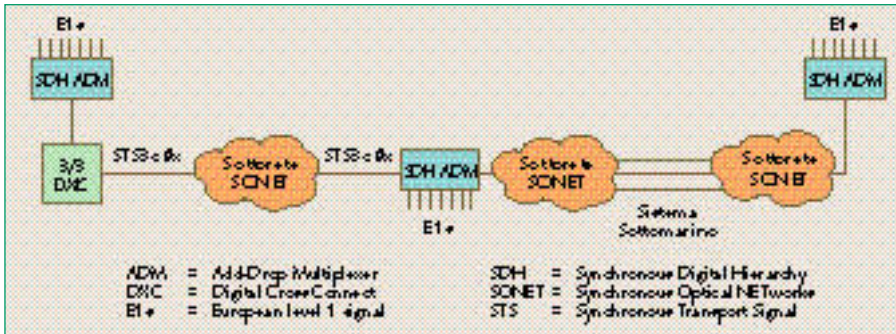


Figura 4 Utilizzo di un'apparecchiatura di terminazione SDH che opera sia nell'ambiente SDH sia in quello SONET.

System 3) all'interno della stessa struttura AU4, allora si può raggiungere l'integrità di percorso da estremo a estremo.

Quando non è possibile interconnettere il traffico per l'incompatibilità del payload, l'ultima risorsa per l'interconnessione è ottenuta mediante la demultiplicazione di un dato payload sincrono fino allo strato di servizio e quindi, come mostrato in figura 5, in una nuova moltiplicazione fino a un payload sincrono di una gerarchia diversa.

### 3. Aspetti della gestione centralizzata di una rete SDH/SONET

La gestione centralizzata di apparecchiature SDH in reti appartenenti a operatori diversi richiede alcune considerazioni e si applica alle reti di quelli che utilizzano o no gli stessi standard sincroni. In reti con un solo gestore, i messaggi Qecc (Q interface equipment communication channel) che collegano, dal punto di vista della gestione di rete, gli elementi di rete e la gestione di rete, sono trasportati dal canale DCC (Data Communication Channel) oppure da qualche tipo di rete DCN (Data Communication Network). I canali DCC sono inseriti nella struttura STM-N mentre la rete DCN richiede di solito infrastrutture esterne per la trasmissione di dati come LAN (Local Area Network)

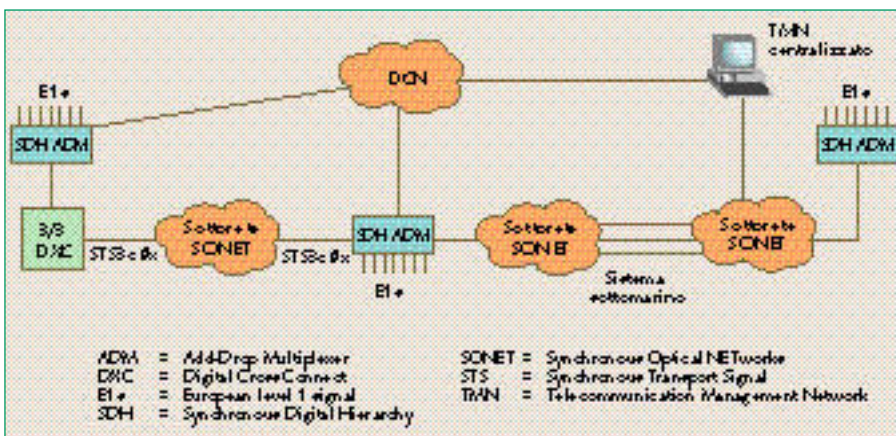


Figura 6 Gestione con una rete DCN (Data Communication Network) sovrapposta.

o WAN (Wide Area Network). In reti con diversi gestori, i canali DCC sono di solito bloccati per motivi di sicurezza degli OS (Operating System). Questa pratica impedisce che le informazioni riservate OAM&P (Operations, Administration, Maintenance & Provisioning) siano rese disponibili agli altri gestori e serve a evitare che elementi di rete localizzati nell'ambiente di un gestore siano controllati da un altro. Sono possibili due diverse modalità per risolvere

questo problema: il primo è più immediato e consiste nel sovrapporre una rete DCN per gestire elementi di rete che terminano il traffico in ambienti di altri gestori. Questa modalità è mostrata nella figura 6.

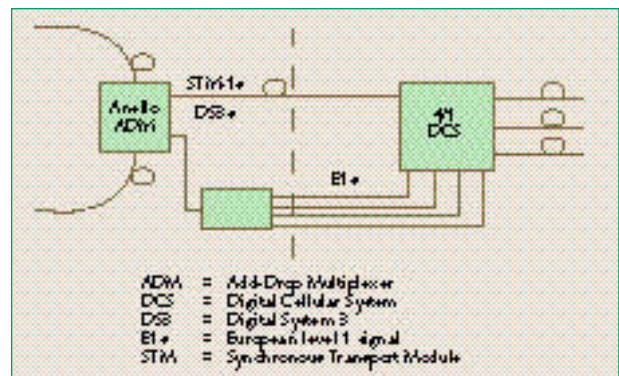


Figura 5 Interconnessione di reti sincrone mediante connessioni asincrone (PDH).

La seconda modalità per realizzare la gestione di una rete remota consiste nel trasmettere i messaggi Qecc in una banda dedicata alle informazioni overhead di percorso. Questo metodo, mostrato nella figura 7, è più economico in quanto elimina la necessità di una rete esterna di comunicazione di dati.

### 4. Sincronizzazione

In una grande maggioranza di casi, la sincronizzazione non è trasferita tra le reti di diversi gestori, tantomeno tra ambienti di rete SONET e SDH.

Come in ogni collegamento tra reti sincronizzate da PRC (Primary Reference Clock) diversi - per le differenze nelle caratteristiche dell'orologio di sincronizzazione fra i diversi PRC - il traffico subisce alcune perdite di

sincronismo (*slip*) con periodicità che va da una volta alla settimana a una ogni settanta giorni, secondo la qualità del PRC in ogni ambiente di rete. I problemi di sincronizzazione e le caratteristiche di *jitter and wander* nelle apparecchiature usate in reti interconnesse di tipo SONET e SDH richiedono tuttavia ulteriori approfondimenti.

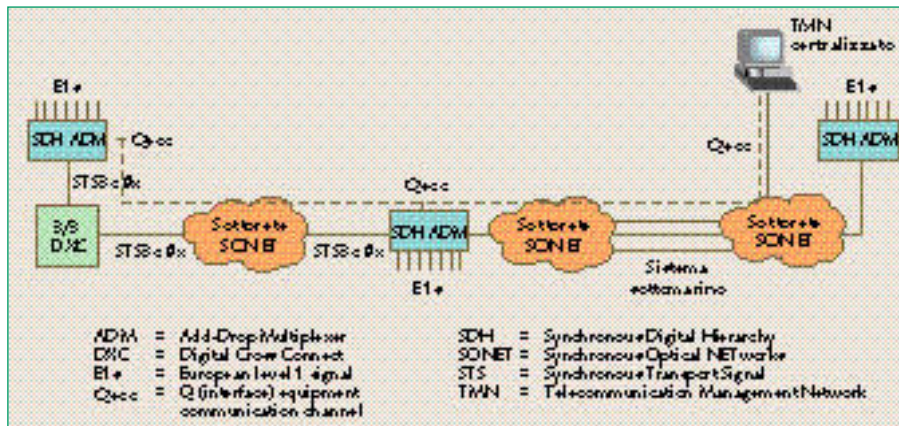


Figura 7 Gestione con i messaggi di interfaccia Qecc trasportati dalla rete POH (Path OverHead).

### 5. Validazione del traffico

Come si è accennato nell'introduzione, i gestori di telecomunicazioni si vanno sempre più orientando verso il cliente; cercano, infatti, di servire il maggior numero di clienti possibile a prescindere dalla copertura geografica delle proprie infrastrutture. Quest'obiettivo sarà raggiunto con l'affitto (il subappalto) di un'adeguata banda in frequenza da parte di altri fornitori di servizi di telecomunicazioni. Le tecniche di validazione del traffico, che transita al confine fra i diversi gestori, diventano necessarie per risolvere i conflitti nel caso di guasti e l'identificazione delle condizioni di degrado, qualora più di un gestore di reti di telecomunicazioni è interessato alla fornitura di un servizio da estremo a estremo.

In generale, il monitoraggio delle prestazioni di rete consiste nella valutazione sistematica, per una particolare velocità di trasporto, di svolgere la funzione assegnata mediante la raccolta e l'analisi continua dei dati delle prestazioni. Dal punto di vista della manutenzione, le procedure per il monitoraggio delle prestazioni consentono di acquisire anche condizioni di errori e di allarmi intermittenti, che risultano dal progressivo degrado subito dai sistemi di rete. Le tecniche di ausilio alla manutenzione - quale il monitoraggio delle prestazioni - sono molto utili perché permettono al gestore del servizio di telecomunicazioni di rilevare abbastanza rapidamente problemi che si presentano in rete, in modo da correggerli prima che essi si aggravino.

La rete SDH ha numerosi meccanismi per rendere disponibili informazioni per il monitoraggio delle prestazioni e quindi per consentire a un sistema di gestione e ai centri di manutenzione di poter elaborare e produrre indicatori utili sul degrado delle prestazioni della rete.

Tutti i punti sopracitati si applicano allo stesso

modo agli indicatori di prestazioni per il calcolo della qualità del servizio. Più specificatamente, sia per la manutenzione sia per il controllo della qualità di servizio, i sistemi SDH hanno meccanismi come le funzioni di *TCM (Tandem Connection Monitoring)* e *POM (Path Overhead Monitors)*, che permettono di misurare errori riscontrati sia nell'ambito di un singolo gestore sia in quello relativo a più gestori.

L'uso di TCM permette al singolo gestore di conoscere il numero di errori che riceve da quello precedente e quelli trasferiti al gestore successivo. Questa modalità dovrebbe risolvere la maggior parte dei conflitti tra diversi gestori coinvolti nel trasporto del traffico. L'uso di TCM è mostrato nella figura 8.

Risultati simili, relativi alla validazione del traffico in un ambiente multigestore, si realizzano con l'uso di funzioni *POM (Path Overhead Monitoring)* nell'apparecchiatura di confine fra ambienti diversi, come mostrato nella figura 9.

In generale uno dei gestori è responsabile del servizio tra le due terminazioni finali in quanto la tendenza del servizio nell'industria delle telecomunicazioni è oggi verso un approccio di "spesa unica".

Il gestore responsabile dell'accordo di livello di servizio (come tutti i gestori implicati nel collega-

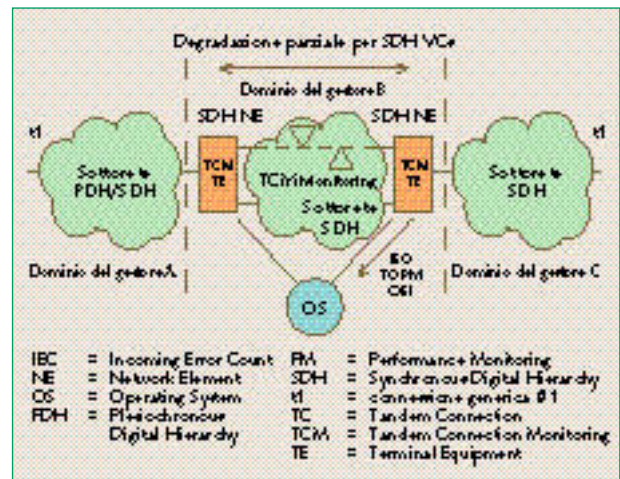


Figura 8 Impiego della Tandem Connection Monitoring nell'ambiente multigestore.

mento tra le due estremità del collegamento) è anche in grado di misurare le prestazioni di traffico tra le due terminazioni mediante le funzioni POM. La funzionalità TCM disponibile nell'apparecchiatura SONET e quella analoga disponibile nell'apparecchiatura SDH seguono standard diversi.

Lo standard ETSI postula, infatti, l'uso di un



sottostrato per payloads VC12, VC3, VC4 e AU4xnc; quello SONET raccomanda di effettuare il TCM solo su fasci di STS1. Il primo standard consente la verifica della Qualità di Servizio per linee affittate singolarmente che attraversano un ambiente multigestore. Il secondo permette di verificare la Qualità di Servizio del volume di traffico scambiato tra gestori che operano in una rete multigestore.

Il TCM è comunque applicato in modo integrato alle reti dei singoli gestori, e non presenta alcuna incompatibilità quando gestori che interconnettono sistemi SONET con quelli SDH utilizzano questa funzionalità.

## 6. Conclusioni

Questo articolo ha analizzato diverse problematiche riguardanti elementi di pianificazione da tener presente nella progettazione di una rete di telecomunicazioni che debba essere interconnessa con quelle di altri fornitori di servizi di telecomunicazioni che utilizzano la stessa tecnologia di trasmissione sincrona oppure standard misti sia SDH sia SONET.

Per questi standard, sono stati compiuti molti sforzi atti ad assicurare il trasporto del traffico internazionale senza grandi difficoltà. Non si ha alcun vantaggio, tuttavia, dalla continuità *path overhead end-to-end*, a causa dell'incompatibilità tra gli standard. L'uso di apparecchiature con uno stesso standard da entrambe le parti terminali del percorso di trasmissione è un modo per ridurre queste incompatibilità, in quanto è assicurato che l'apparecchiatura di terminazione del percorso sia collegata utilizzando payload AU4s/STS3c compatibili.

Le linee affittate STM1/STM4 ad alta capacità, utilizzate per interconnettere grandi nodi internazio-

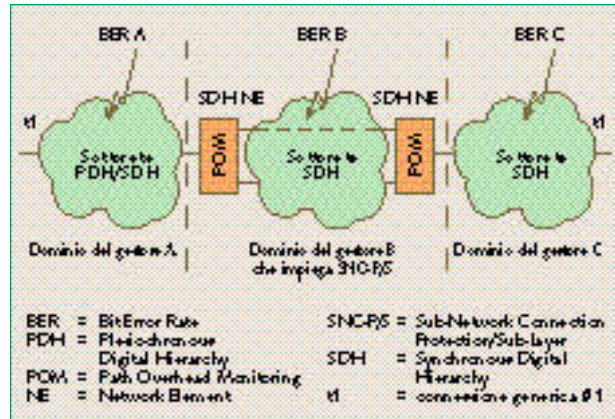


Figura 9 Utilizzo di funzioni POM (Path Overhead Monitoring) in un ambiente multigestore.

nali IP o ATM, sono anch'esse fornite facilmente concatenando payloads AU4s/STS3c compatibili.

Il traffico PSTN richiede infine complessi di adattamento più ingombranti che consentono di inserire le trame T1 in quelle E1. Un possibile sensibile miglioramento potrà essere ottenuto con l'introduzione dei Qecc sulla larghezza di banda di riserva POH, che facilita la gestione centralizzata di rete per quei nodi, o dei CPE (Customer Premises Equipment) collocati negli ambienti di rete appartenenti ad altri gestori.

Claudio Coltro - Alcatel Italia

claudio.coltro@vim.tlt.alcatel.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Principi di interlavoro tra reti radiomobili numeriche di seconda e di terza generazione

LUCY LOMBARDI  
 GIULIANO MURATORE  
 FRANCO SETTIMO

*Si descrivono i meccanismi evolutivi che garantiranno agli utenti una transizione graduale dagli attuali sistemi radiomobili a una generazione più evoluta, la terza, secondo una numerazione ormai entrata nel linguaggio corrente. Partendo dalle prospettive di utilizzo e di eventuale riallocazione dello spettro, il testo si sofferma sugli aspetti radio, con particolare attenzione al ruolo che avrà la nuova generazione di terminali dual mode. L'articolo presenta infine una panoramica sulle infrastrutture evolute di rete.*

## 1. Introduzione

Lo sviluppo delle comunicazioni mobili in Italia, e in misura qualitativamente analoga nella maggior parte dei Paesi Occidentali, sembra per il momento ancora largamente condizionato dal bisogno primario di comunicare in movimento (il traffico è prevalentemente di

natura fonica), anche se la diffusione oltre ogni aspettativa del sistema GSM testimonia che il roaming<sup>1</sup> inter-

<sup>(1)</sup> Il roaming è costituito dalle azioni connesse alla gestione della mobilità del terminale mobile quando passa da un'area di servizio MSC (Mobile Switching Center) a un'altra.

sottostrato per payloads VC12, VC3, VC4 e AU4xnc; quello SONET raccomanda di effettuare il TCM solo su fasci di STS1. Il primo standard consente la verifica della Qualità di Servizio per linee affittate singolarmente che attraversano un ambiente multigestore. Il secondo permette di verificare la Qualità di Servizio del volume di traffico scambiato tra gestori che operano in una rete multigestore.

Il TCM è comunque applicato in modo integrato alle reti dei singoli gestori, e non presenta alcuna incompatibilità quando gestori che interconnettono sistemi SONET con quelli SDH utilizzano questa funzionalità.

## 6. Conclusioni

Questo articolo ha analizzato diverse problematiche riguardanti elementi di pianificazione da tener presente nella progettazione di una rete di telecomunicazioni che debba essere interconnessa con quelle di altri fornitori di servizi di telecomunicazioni che utilizzano la stessa tecnologia di trasmissione sincrona oppure standard misti sia SDH sia SONET.

Per questi standard, sono stati compiuti molti sforzi atti ad assicurare il trasporto del traffico internazionale senza grandi difficoltà. Non si ha alcun vantaggio, tuttavia, dalla continuità *path overhead end-to-end*, a causa dell'incompatibilità tra gli standard. L'uso di apparecchiature con uno stesso standard da entrambe le parti terminali del percorso di trasmissione è un modo per ridurre queste incompatibilità, in quanto è assicurato che l'apparecchiatura di terminazione del percorso sia collegata utilizzando payload AU4s/STS3c compatibili.

Le linee affittate STM1/STM4 ad alta capacità, utilizzate per interconnettere grandi nodi internazio-

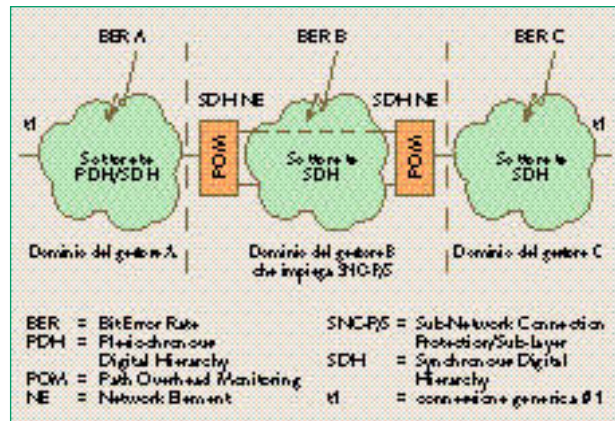


Figura 9 Utilizzo di funzioni POM (Path Overhead Monitoring) in un ambiente multigestore.

nali IP o ATM, sono anch'esse fornite facilmente concatenando payloads AU4s/STS3c compatibili.

Il traffico PSTN richiede infine complessi di adattamento più ingombranti che consentono di inserire le trame T1 in quelle E1. Un possibile sensibile miglioramento potrà essere ottenuto con l'introduzione dei Qecc sulla larghezza di banda di riserva POH, che facilita la gestione centralizzata di rete per quei nodi, o dei CPE (Customer Premises Equipment) collocati negli ambienti di rete appartenenti ad altri gestori.

Claudio Coltro - Alcatel Italia

claudio.coltro@vim.tlt.alcatel.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Principi di interlavoro tra reti radiomobili numeriche di seconda e di terza generazione

LUCY LOMBARDI  
GIULIANO MURATORE  
FRANCO SETTIMO

*Si descrivono i meccanismi evolutivi che garantiranno agli utenti una transizione graduale dagli attuali sistemi radiomobili a una generazione più evoluta, la terza, secondo una numerazione ormai entrata nel linguaggio corrente. Partendo dalle prospettive di utilizzo e di eventuale riallocazione dello spettro, il testo si sofferma sugli aspetti radio, con particolare attenzione al ruolo che avrà la nuova generazione di terminali dual mode. L'articolo presenta infine una panoramica sulle infrastrutture evolute di rete.*

## 1. Introduzione

Lo sviluppo delle comunicazioni mobili in Italia, e in misura qualitativamente analoga nella maggior parte dei Paesi Occidentali, sembra per il momento ancora largamente condizionato dal bisogno primario di comunicare in movimento (il traffico è prevalentemente di

natura fonica), anche se la diffusione oltre ogni aspettativa del sistema GSM testimonia che il roaming<sup>1</sup> inter-

<sup>(1)</sup> Il roaming è costituito dalle azioni connesse alla gestione della mobilità del terminale mobile quando passa da un'area di servizio MSC (Mobile Switching Center) a un'altra.

continentale, la trasmissione sicura dei dati personali e di traffico, la disponibilità di servizi sempre più personalizzati sono, di fatto, prestazioni evolute, che, confrontate con i bisogni di base, hanno incontrato il favore di un'utenza che diventa sempre più esigente.

In questo senso, l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) si prospetta sul mercato mobile come un sistema in grado di erogare tipologie di servizio nuove o servizi tradizionali con qualità più elevata, anche grazie alla maggiore disponibilità di banda. Le nuove tecniche di accesso radio - scelte di recente per lo standard - garantiranno anche una maggiore efficienza spettrale.

Nel frattempo la specifica ETSI ha da tempo reso disponibile ai gestori e alle società manifatturiere uno standard a 1800 MHz, una regione dello spettro radio dove l'allocazione delle frequenze non sembra problematica sotto il profilo della regolamentazione. Si tratta di una scelta di natura evolutiva, in quanto la piattaforma di architettura e di protocolli ricalca esattamente il sistema GSM a 900 MHz, così da rappresentare un indubbio elemento di continuità a favore dei gestori GSM e delle industrie manifatturiere oltre che, conseguentemente, degli utenti mobili. L'imminente disponibilità di terminali dual band renderà la tecnologia (in questo caso, la differenza di banda di frequenze) assolutamente trasparente per i clienti del servizio.

Sotto questo profilo, l'introduzione del sistema GSM1800 (precedentemente noto come DCS1800) rappresenta per i gestori di servizi radiomobili un significativo e sfidante banco di prova per una serie di funzionalità e, anche, di problematiche che in un certo senso anticipano la futura generazione di servizi mobili. Si pensi infatti, oltre alle consuete considerazioni sugli investimenti, a:

- *dual band handover*, tra celle appartenenti a reti operanti in due diverse bande di frequenza;
- *coperture microcellulari* realizzate in ambienti con elevata densità di traffico e armonizzazione di esse in un contesto radio preesistente, quello del GSM a 900 MHz;
- *servizi dati* GSM di Fase 2+ (ad esempio HSCSD e GPRS) con velocità di cifra (*bit-rate*) intorno a 100÷150 kbit/s, la cui disponibilità ai clienti procederà di pari passo con la diffusione territoriale della copertura a 1800 MHz.

A ridosso di questo processo, che si presenta evolutivo tanto nei servizi quanto nelle reti, si collocano le prime realizzazioni delle reti di terza generazione (UMTS), previste a partire dal 2002 con la fornitura di servizi di base, almeno stando alle indicazioni dell'Unione Europea.

## 2. Interlavoro tra reti: ambiente radio

### 2.1 Allocazione dello spettro

Per una molteplicità di motivi non solo di progettazione (si pensi ad esempio alla necessità di consolidare un mercato di massa rivolto ad applicazioni multimediali), lo sviluppo di un sistema mobile di terza generazione sarà articolato in fasi; ognuna si

caratterizzerà, tra l'altro, per una ben definita allocazione spettrale. In uno dei suoi primi Rapporti Tecnici [1], l'UMTS Forum ha previsto, dal punto di vista delle frequenze disponibili, le seguenti fasi:

*Fase 1:* assegnazione di una *Core band*, in modo da permettere la sperimentazione dei servizi UMTS e l'avvio di un mercato di massa. Si sta operando in modo che questa core band sia la stessa in tutte le regioni del globo terrestre, così da rendere possibile il roaming integrale;

*Fase 2:* estensioni di banda e riallocazione (*Refarming*) di frequenze originariamente dedicate ai sistemi di seconda generazione, per soddisfare le esigenze di un mercato di massa consolidato.

La fase 1 di questo processo si colloca negli anni compresi tra il 2002 e il 2005, anni in cui è prevista la commercializzazione dei servizi di base dell'UMTS. Per l'avvio del servizio, l'UMTS Forum ritiene necessario disporre complessivamente di una banda pari a 155 MHz (di cui 2x60 da dedicare ad applicazioni di natura simmetrica, tipo fonia o videoconferenza, e 35 MHz ad applicazioni di trasmissione di dati, tipicamente asimmetriche in termini di richiesta di risorse radio sulle tratte in discesa e salita).

Le previsioni per la fase 2 sono rivolte, per il momento, al mercato potenziale intorno all'anno 2010 e ipotizzano in 554 MHz (300 MHz in più, rispetto all'avvio del servizio) il fabbisogno di banda. Una banda di queste dimensioni non può che essere resa disponibile attraverso il meccanismo del *refarming*, ovvero abbandonando progressivamente regioni dello spettro radio momentaneamente riservate ai sistemi mobili di seconda generazione (GSM900, GSM1800, GSM 1900, DECT). In parallelo, occorrerà comunque che altre bande dello spettro a radio frequenza - ora riservate ad applicazioni non di natura mobile - siano rese disponibili dagli Enti di regolamentazione attuando un meccanismo di estensione degli iniziali 155 MHz. Il *refarming* da solo non garantisce, infatti, una banda sufficiente a soddisfare le presumibili esigenze che si manifesteranno in quegli anni.

Il meccanismo del *refarming*, in sé piuttosto semplice, comporta alcune implicazioni sul processo di transizione tra seconda e terza generazione di sistemi radiomobili.

La prima, di natura progettuale, riguarda il processo di specifica dei parametri radio del sistema UMTS in quanto occorre ottimizzare tali parametri non solo nella visione, ristretta, di un posizionamento intorno ai 2 GHz ma anche nella banda a 900 MHz. Occorre quindi che lo standard contempli fin d'ora questa visione evolutiva del *refarming*, pur con il comprensibile margine odierno di incertezza della risposta del mercato.

La seconda implicazione, più commerciale, è legata al successo del servizio fonico in tecnica UMTS e soprattutto delle applicazioni mobili multimediali, in quanto presupposto di base per la migrazione di canali radio da un sistema all'altro, è che sia in atto un interesse e quindi lo spostamento dei clienti verso applicazioni di tipo più avanzato (per tipo o qualità) nei servizi. In questo processo, un

gestore UMTS che sia anche in possesso di una licenza GSM può svolgere un ruolo guida nello sviluppo del mercato delle applicazioni mobili multimediali, e può favorire la migrazione d'utenza verso l'UMTS attraverso la semplice e naturale evoluzione tecnologica della propria rete e, al tempo stesso, mediante un armonico processo di pianificazione della rete.

## 2.2 Funzionalità della rete e dei terminali

La visione evolutiva che conduce dai sistemi di seconda a quelli di terza generazione non può prescindere, come già in parte anticipato commentando il meccanismo del refarming (paragrafo 2.1), dalla coesistenza nei due domini del tempo e dello spazio di sistemi di generazione diversa. Questo concetto si applica principalmente ai terminali mobili che, almeno per le funzionalità già rese disponibili oltre che per quelle previste, dovranno essere compatibili con le reti GSM. È infatti più che comprensibile che la "comunità" dei partecipanti al GSM, attraverso il proprio MoU (Memorandum of Understandings) e i Gruppi di Studio, intenda vedere tutelati i propri sforzi realizzativi e commerciali garantendo:

- a) una continuità nei principi ispiratori del GSM, in particolare il roaming internazionale, possibilmente su scala globale;
- b) la disponibilità di uno standard aperto, così da garantire un ambiente multivendor;
- c) la compatibilità con la rete GSM, nella fase di transizione da una generazione all'altra ma, come si chiarisce nel paragrafo seguente, anche nella fase di regime.

I requisiti descritti ai punti a) e b) sono di fatto garantiti dal Comitato Tecnico SMG (*Special Mobile Group*) dell'ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) che cura la specifica UMTS, in quanto da esso è curata l'evoluzione della specifica GSM, oggi basata sulla disponibilità di servizi avanzati (quelli della cosiddetta Fase 2+).

È quindi in atto un processo che, in relazione alla specifica dei nuovi servizi (ad esempio dati a velocità dell'ordine di 100÷150 kbit/s), elabora in modo congruente le funzionalità degli apparati in termini sia di accesso radio sia di protocolli di rete che consentono il dialogo tra essi.

È così possibile far sì che la specifica UMTS si sviluppi, nei limiti del possibile, come la naturale evoluzione dello standard GSM. Le cautele sono d'obbligo in quanto, ad esempio, lo schema di accesso radio GSM non permette di raggiungere una velocità di cifra a 2 Mbit/s richiesta per UMTS, e questa limitazione implica che la parte radio andrà completamente rivista con l'installazione di nuove stazioni base. Sul fronte dell'infrastruttura di rete, invece, si prevede una transizione decisamente più graduale, con la progressiva introduzione di nuove funzionalità nei nodi (centrali e base dati).

Nei primi anni di sviluppo, quindi, l'UMTS sarà affiancata da reti GSM900 e GSM1800 ormai mature, perlomeno nei servizi di base. Al contrario, le coperture UMTS saranno limitate e caratterizzate

da discontinuità di copertura. È quindi ragionevole prevedere uno scenario evolutivo in cui le reti GSM integreranno l'UMTS svolgendo funzioni quali la *selezione di cella in bande multiple* e il *dual band handover*. Non sorprende quindi che a livello di specifica dei terminali UMTS, il Comitato Tecnico SMG abbia esplicitamente inserito il requisito che si tratti di terminali *dual mode*, compatibili con lo standard GSM, in modo da garantire un pieno interlavoro tra le due reti.

I vantaggi, anche solo a livello qualitativo, sono abbastanza chiari. A titolo di esempio, possono essere citati i seguenti:

- la selezione di cella in bande multiple (in questo caso 900 MHz e 2 GHz) permette di assegnare priorità di instradamento del traffico verso la rete più idonea a gestire la particolare richiesta. In questa prospettiva, la fonia e i dati a bassa velocità possono essere serviti in prima scelta dalla rete GSM, così da rendere massima la disponibilità di banda UMTS e da venire incontro ai requisiti di velocità di cifra e qualità di servizi dati evoluti. Rientra in questa casistica anche l'handover di fonia e dati a bassa velocità da UMTS verso GSM (nel caso in cui vi sia capacità disponibile);
- nella fase di sviluppo della rete UMTS, la funzionalità di handover per copertura da UMTS verso GSM consente di garantire la continuità delle connessioni di fonia o dati: infatti il grado di copertura UMTS (per quanto in espansione) sarà sempre condizionato dalla priorità di servire le aree di maggior interesse commerciale, secondo i piani di sviluppo di ciascun gestore. Nel caso di servizi dati, in particolare, il vantaggio della continuità del servizio potrebbe venire "compensato" da una più bassa velocità di trasmissione.

Da un punto di vista strettamente funzionale, queste caratteristiche di sistema non sono altro che strategie di gestione del traffico, del tutto analoghe a quelle che la coesistenza di reti GSM a 900 ed a 1800 MHz suggerisce di attuare ai gestori. Le strutture microcellulari sono infatti molto più sensibili, in termini di dimensionamento, alle fluttuazioni di traffico: una rete di supporto, in questo caso quella a 900 MHz, servirebbe per mitigare in misura non trascurabile gli effetti negativi di tale sensibilità, in quanto aumenta la probabilità che il generico utente trovi libero un canale radio a 1800 MHz. Assume quindi il dovuto rilievo l'esperienza operativa acquisita dai gestori, in possesso di entrambe le licenze, nel gestire in maniera efficiente classi di clienti con, ad esempio, una diversa mobilità.

## 2.3 Ottimizzazione della copertura radio

La disponibilità di terminali dual band/dual mode apre interessanti prospettive non solo per i clienti dei sistemi mobili (in termini, quindi, di qualità del servizio), ma anche per i gestori della rete ai quali un'integrazione appropriata di coperture GSM e UMTS permette di focalizzare e di graduare gli investimenti, in relazione alle richieste di traffico e di servizio. Un livello di servizio che sia uniforme sul territorio per tipologia e velocità di

cifra sembra essere oggi impraticabile. La stessa specifica UMTS stabilisce come ragionevoli, in relazione all'ambiente di servizio, i seguenti limiti superiori di velocità di cifra (tabella 1).

Quest'indicazione porta, di fatto, a tollerare nella specifica una disomogeneità di servizio sulla base dell'utilizzo presumibile da parte dei clienti mobili.

I valori indicati in tabella per gli ambienti all'aperto ed extraurbano si prestano a un'interessante considerazione: essi sono infatti valori che rientrano nelle prestazioni previste per la Fase 2+ del GSM.

Ambiente	Velocità massima di cifra (kbit/s)
Aperto	144
Extraurbano/pedonale	384
All'interno di edifici	2048

**Tabella 1** Velocità di cifra secondo la specifica UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) variabile a seconda dell'ambiente in cui è fornito il servizio.

In particolare, una velocità di cifra pari a 144 kbit/s è raggiungibile con un meccanismo di trasmissione tipo *GPRS* (Generalised Packet Radio Service) mentre per raggiungere 384 kbit/s si pensa di far ricorso alla soluzione *EDGE* (Enhanced Data rates for GSM Evolution), mediante un diverso schema di modulazione ma mantenendo la stessa canalizzazione radio GSM (200 kHz).

Questi servizi di trasporto di dati saranno resi disponibili perciò ai clienti in un secondo tempo lungo il normale processo evolutivo di una rete GSM. Sembra quindi naturale ricorrere a questa prestazione per fornire agli utenti mobili servizi *UMTS-like* nelle zone non raggiunte dalla copertura UMTS, bilanciando quindi esigenze di servizio e investimenti. Questo bilanciamento rappresenta dunque un'opportunità per i gestori non solo in una fase di transizione dalla seconda alla terza generazione, ma - anche e soprattutto - in una fase di maggior stazionarietà, quando l'utilizzo dei servizi dati sarà più familiare agli utenti mobili.

È, infatti, in una fase di regime, più che in una fase transitoria non facile da identificare, che l'interlavoro tra sistemi di seconda e di terza generazione acquista un significato concreto in termini di ottimizzazione della copertura radio, con tutte le implicazioni tecniche e commerciali. Eventuali problemi di capacità che potranno insorgere in celle GSM, sulle quali traboccano utenti UMTS, saranno risolti in maniera economicamente vantaggiosa potenziando il dimensionamento di queste celle, senza la necessità di estendere la copertura UMTS alle zone con scarso interesse strategico.

Per concludere, si può ampliare il discorso dell'interlavoro in termini di copertura, accennando al concetto, già consolidato, che i gestori di sistemi mobili di seconda generazione potranno contare sul

riutilizzo - in tutto o in parte - dei siti di stazione radio base già acquisiti.

È noto che l'adeguatezza di un sito dipende, tra l'altro, dalle caratteristiche di propagazione e quindi anche dalla frequenza: anche in questo caso, ferme restando le esigenze di continuità di copertura sulle zone di interesse UMTS, si tratterà di trovare il miglior compromesso tra l'identificazione del miglior sottinsieme tra i siti esistenti (al limite tutti) e, in alternativa, l'installazione di nuovi siti (con ovvie implicazioni di costo e di impatto ambientale).

### 3. Interconnessione tra reti: Core Network

#### 3.1 Generalità

L'interconnessione ha la funzione di permettere lo scambio di informazioni tra le reti interessate. Generalmente, le informazioni scambiate sono relative al dialogo tra entità appartenenti a reti diverse, o al trasferimento di dati da una rete ad un'altra. Si pensi ad esempio ad una chiamata tra l'Italia (rete di Telecom Italia) e la Gran Bretagna (rete di British Telecom), oppure allo scambio di dati tra reti GSM relative alla mobilità di utenti in stato di *roaming*.

La scelta architettonica dei gestori di rete sull'interconnessione è in genere orientata verso quella che assegna a un numero limitato di nodi (centrali) il ruolo di interfaccia con altre reti. Tutta l'informazione da scambiare è perciò convogliata attraverso questi nodi. Questa scelta è motivata principalmente dalla semplificazione della gestione e da un maggior controllo sulla stessa interconnessione.

L'interconnessione tra reti può essere realizzata diversamente secondo le modalità con le quali sono gestite e scambiate le informazioni. Riveste poi particolare importanza il protocollo utilizzato dalle reti: si può pensare infatti che ogni rete "parli una sua lingua" e due reti sono in grado di interconnettersi solo se dialogano nella stessa lingua o se esiste un traduttore tra le due.

Tra le reti che utilizzano lo stesso protocollo permettendo un'interconnessione diretta, rientrano le reti GSM. Una caratteristica importante di questa tipologia di interconnessione è rappresentata dall'utilizzo degli stessi protocolli su tutti i livelli della pila OSI: da quelli più bassi (MTP/SCCP) ai più alti (MAP/ISUP/ TUP/INAP). La interconnessione diretta è la configurazione più semplice: infatti, la scelta ETSI di standardizzare nei dettagli i protocolli utilizzati, permettendo così un'interconnessione diretta tra tutte le reti GSM, ha contribuito in modo sostanziale al successo della tecnologia GSM anche fuori dell'Europa.

È possibile tuttavia interconnettere reti che utilizzano protocolli diversi: in questo caso, si introduce tra i nodi appartenenti alle due reti un'entità che ha lo scopo di effettuare una traduzione dei protocolli. A questa entità è dato il nome di *IWF* (InterWorking Function) e può essere utilizzata per "traduzioni" di tutta la pila dei protocolli, o può essere applicata singolarmente ai protocolli di basso



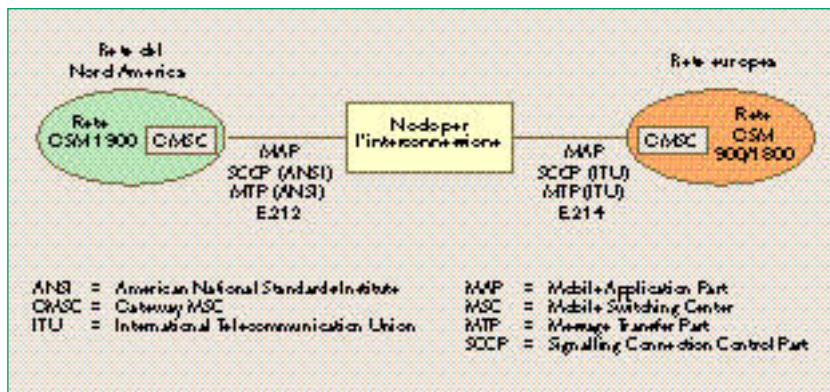


Figura 2 Interlavoro della rete GSM europea con quella del Nord America.

### 3.3 Interconnessione di reti di terza generazione

Con il termine “sistemi radiomobili di terza generazione” si intende, come più volte rimarcato nel presente lavoro, l’evoluzione dei sistemi numerici oggi in esercizio: l’evoluzione prevede principalmente il trasporto di segnali a larga banda, oltre che di servizi multimediali, e una qualità accettabile per la trasmissione dati tradizionale.

Il lavoro di standardizzazione per i sistemi di terza generazione ha luogo parallelamente in diversi Enti Regionali. In particolare l’ETSI ha in corso di standardizzazione la soluzione nota come UMTS che deve garantire la continuità con il sistema di seconda generazione GSM. Analogamente stanno facendo l’Ente di standardizzazione giapponese ARIB (*Association of Radio Industries and Business*) per la regione Asia/Pacifico, e l’ANSI in Nord America, i cui sistemi di seconda generazione si basano rispettivamente sulla tecnologia PDC (*Personal Digital Cellular*) e D-AMPS (*Digital-Advanced Mobile Phone Service*).

Per tenere conto di queste evoluzioni parallele, l’ITU - che ha la responsabilità di definire il sistema di terza generazione universale denominato IMT-2000 - ha introdotto nel 1997 il cosiddetto *family concept*; secondo questo principio diverse scelte tecnologiche possono essere impiegate come soluzioni IMT-2000. Una necessità che quindi è emersa è rappresentata dall’interconnessione tra diverse soluzioni di reti radiomobili di terza generazione (figura 3), ovvero la NNI (*Network Network Interface*).

Sono oggi presenti due diversi orientamenti negli ambienti di standardizzazione: il primo promuove la standardizzazione di un protocollo unico da utilizzare sull’interfaccia NNI permettendo un’interconnessione diretta tra le diverse soluzioni; il secondo propone l’interconnessione basata su InterWorking Functions proprietarie, ovvero con funzionalità che non sono

standardizzate. Queste proposte saranno discusse nel corso del 1998 in ambito ITU.

### 4. Conclusioni

Questo contributo ha inteso mettere in evidenza come i sistemi mobili di terza generazione rappresentino una sfida significativa, in termini soprattutto di varietà dei nuovi servizi e di complessità delle infrastrutture. Allo stesso tempo, in esso è stato anche chiarito che esiste un’alta componente evolutiva che guida il processo di migrazione da una generazione alla successiva

di sistemi mobili attraverso gli sviluppi già previsti del sistema GSM (ad esempio la Fase 2+).

In questo processo, è evidente che i gestori in possesso di una licenza di seconda generazione si sono implicitamente assunti l’impegno di vivacizzare un mercato radiomobile, per il momento ancora troppo ancorato ai servizi tradizionali, diversificando gradualmente le tipologie di servizio che



Figura 3 Interconnessione tra diverse reti di terza generazione.

saranno offerte. In questa logica rientra la prevista fornitura di servizi dati a velocità più elevata (GPRS, HSCSD) - con le significative implicazioni di investimento per potenziare le attuali reti GSM - che risulteranno in tal modo predisposte per integrare le reti di terza generazione laddove la realizzazione di queste non risulti commercialmente conveniente.

### Bibliografia

- [1] *A Regulatory Framework for UMTS*. UMTS Forum, giugno 1997.

Lucy Lombardi, Giuliano Muratore - TIM  
Franco Settimo - Omnitel Pronto Italia

llombardi@tim.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Interlavoro fra tecniche di IP Switching e la segnalazione B-ISDN per la realizzazione di reti private virtuali a larga banda

ANGELO FIENGA  
MARCO PUGLIESE

*Il servizio di Rete Privata Virtuale si sta sempre più affermando come piattaforma particolarmente idonea al supporto di servizi telematici (applicazioni CAD/CAE/CAM - Computer Aided Design/Computer Aided Engineering/Computer Aided Manufacturing, video-conferenza), con particolare attenzione all'utenza affari.*

*Benché caratterizzati da principi di funzionamento profondamente diversi, sia la tecnologia Internet sia quella ATM (Asynchronous Transfer Mode) avranno un ruolo determinante negli scenari delle future reti di comunicazioni: la prima per l'enorme diffusione commerciale di applicazioni native IP (Internet Protocol), la seconda per le stimolanti proprietà di commutazione veloce (fast switching). D'altra parte i recenti concetti di "IP Switching", coniugando le problematiche di IP con quelle ATM, offrono interessanti soluzioni per le applicazioni IP, consentendo elevate prestazioni in termini di velocità di commutazione e di ausilio per la qualità di servizio.*

*Nel presente articolo sono proposti scenari di Rete Privata Virtuale in cui l'integrazione tra le tecniche di IP Switching e la segnalazione d'accesso B-ISDN (Broadband-Integrated Services Digital Network), prospetta nuove soluzioni ibride al fine di ottimizzare l'uso delle risorse di rete e di consentire un'adeguata risposta alle esigenze di qualità di servizio.*

*Sono state proposte e discusse in particolare due soluzioni di integrazione, chiamate "Ipsilon-Tag" e "Ipsilon-Q.2931".*

## 1. Introduzione

A seguito della nascita di nuovi mercati industriali, il sensibile decentramento geografico delle aziende ha reso ancor più necessari la presenza di servizi telematici orientati a uno scambio dati veloce e affidabile. A tale proposito il servizio di Rete Privata Virtuale si sta sempre più affermando come piattaforma particolarmente idonea per soddisfare queste esigenze.

Benché caratterizzati da principi di funzionamento profondamente diversi, sia la tecnologia Internet che quella ATM avranno un ruolo determinante negli scenari delle future reti di comunicazione, la prima per l'enorme diffusione commerciale di applicazioni native IP, la seconda per le stimolanti proprietà di commutazione veloce (*fast switching*). D'altra parte mettere insieme IP e ATM - o meglio IP su ATM - non è tecnicamente immediato. A questo scopo sono stati proposti diversi approcci, in particolare da IETF (*Internet Engineering Task Force*) [1] e da ATM Forum [2], [3].

Tuttavia il costante aumento del traffico Internet, incidendo profondamente sulle prestazioni dei *routers*, porta spesso a condizioni di congestione della rete stessa. In questo contesto, il paradigma di *IP Switching*, coniugando le caratteristiche delle tecniche IP con la veloce commutazione hardware ATM, consente di superare il problema. Il modello risultante offre una visione totalmente integrata tra IP e ATM in luogo di quella a strati. Per il cliente finale, le tecniche di *IP Switching* comportano una banda a minor costo e, in particolari condizioni, la possibilità di richiedere determinate qualità di servizio. Per il gestore, le tecniche di *IP Switching*

significano offrire accesso Internet ad altissima velocità utilizzando appieno e senza alcuna modifica, l'hardware ATM precedentemente installato.

Per consentire l'ottimizzazione delle risorse di rete e, al contempo, il supporto alla qualità di servizio attesa dal cliente, in questo articolo sono proposte nuove soluzioni ibride, basate sull'interlavoro tra tecniche differenti di *IP Switching* e di segnalazione d'accesso *B-ISDN (Broadband-Integrated Services Digital Network)*. Queste soluzioni saranno infine confrontate nell'ambito di due scenari particolari di Reti Private Virtuali.

## 2. Il concetto di *IP Switching*

Alla base del concetto di *IP Switching* vi è la possibilità di sposare felicemente i principi della tecnica IP con le caratteristiche *connection-oriented* e *fast-switching* dell'ATM. Il risultato permette di assicurare determinate *QoS (Quality of Service)* su IP e di smaltire il traffico Web. Tuttavia la rete Internet non potrebbe funzionare in modalità strettamente *connection-oriented* in quanto, la probabilità congiunta di trovare risorse disponibili e affidabili, su un intero percorso tipico, sarebbe estremamente bassa, riducendo oltretutto il livello di accessibilità alla rete stessa. Il concetto di stato *soft*, ovvero la presenza di un generico stato della connessione stabile per un prefissato periodo prima di decadere, consente di risolvere il problema. A differenza degli stati *hard*, che permangono indefinitamente stabili (come nelle classiche reti *connection-oriented*), l'introduzione degli stati *soft* in Internet permette, in linea di principio, la garanzia di *QoS* su IP.



Un uso efficace degli stati soft può essere fatto seguendo due approcci: *flow-based* e *route-based*. L'approccio *flow-based* prevede che sulle connessioni soft siano associati flussi di pacchetti IP, dove per flusso IP si intende un insieme di pacchetti generati dalla stessa applicazione, ad esempio *FTP (File Transfer Protocol)*, verso la stessa destinazione. L'approccio *route-based* prevede, invece, l'instaurazione di uno stato soft in ciascun commutatore in funzione esclusivamente della destinazione finale.

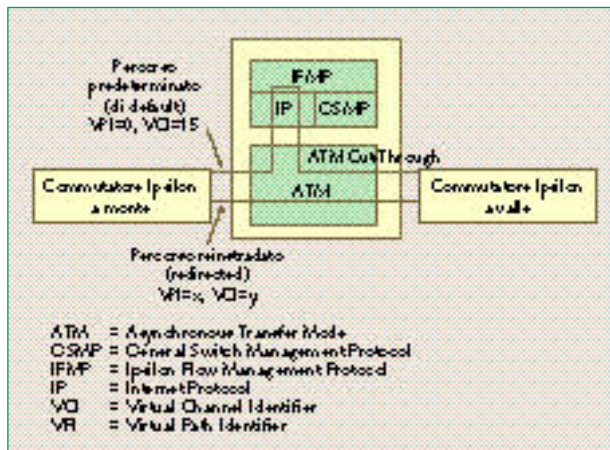


Figura 1 Schema a blocchi di un commutatore Ipsilon (Ipsilon Switch).

Nel seguito saranno presi in considerazione i paradigmi di IP Switching proposti da Ipsilon Inc. e Cisco Systems Inc. [4], [5] e [6].

### 2.1 Ipsilon Switching

Basato su un approccio di tipo *flow-based*, nella tecnica Ipsilon le funzionalità di *routing IP* e *switching ATM* sono integrate su una singola piattaforma. I flussi IP, una volta riconosciuti come tali attraverso opportuni algoritmi, sono dapprima reinstradate su canali ATM appositamente aperti tramite il protocollo *IFMP (Ipsilon Flow Management Protocol)* [4] e poi, permutati tramite il protocollo *GSMP (General Switch Management Protocol)* [5]. Infine questi flussi vengono elaborati (con un'eventuale richiesta di QoS). In tal modo i pacchetti IP non sono più ricostruiti a livello 3, ma sono commutati direttamente a livello ATM (*cut-through*). A questo punto la qualità di servizio può essere garantita, avendo stabilito una biunivocità tra flusso IP e connessione ATM.

Lo schema funzionale di un commutatore IFMP (figura 1) prevede la presenza di due entità: il *General Switch Management Protocol* [5], ovvero il protocollo di

controllo del commutatore, che sostituisce completamente il software ATM, e l'*Ipsilon Flow Management Protocol* [4], ovvero il protocollo per lo scambio delle informazioni sui flussi IP riconosciuti tra commutatori IFMP.

### 2.2 Tag Switching

La tecnica *Tag Switching* del tipo *route-based* [6], è basata sul concetto di *label swapping* (letteralmente "scambio di etichetta"), ovvero le celle o i pacchetti sono preceduti da etichette di lunghezza fissa (*Tag*) costruite a partire dai campi, o da etichette, di indirizzamento a livello IP. Questi Tag permettono perciò l'instradamento a livello ATM anziché IP.

La tabella di conversione tra i Tag e gli indirizzi di destinazione si basa su un protocollo di distribuzione, denominato *Tag Distribution Protocol*, che agisce in maniera preventiva: le informazioni sulla possibilità di raggiungere gli altri nodi di rete si propagano prima di effettuare il trasferimento effettivo dei dati. La creazione della tabella di instradamento dei Tag è effettuata tramite l'interlavoro con i consueti protocolli di *routing IP: OSPF (Open Shortest Path First); RIP (Routing Information Protocol)*.

L'architettura di una rete *Tag switched* (figura 2) è costituita dai seguenti tre elementi:

- il *Tag Edge Router*: collocato nei punti di interconnessione fra reti, esso svolge funzioni di instradamento di alto livello (quali, ad esempio, QoS, sicurezza);
- il *Tag Switch*: instrada i pacchetti in base alle etichette ed effettua l'instradamento (*routing*);
- il *Tag Distribution Protocol*: è il protocollo che costruisce le tabelle di instradamento (*routing*) dei Tag.

### 2.3 Realizzazione di una rete privata virtuale attraverso tecniche di IP Switching

Le nuove tecniche di IP Switching, introdotte nel contesto di un trasporto "intelligente" e veloce del

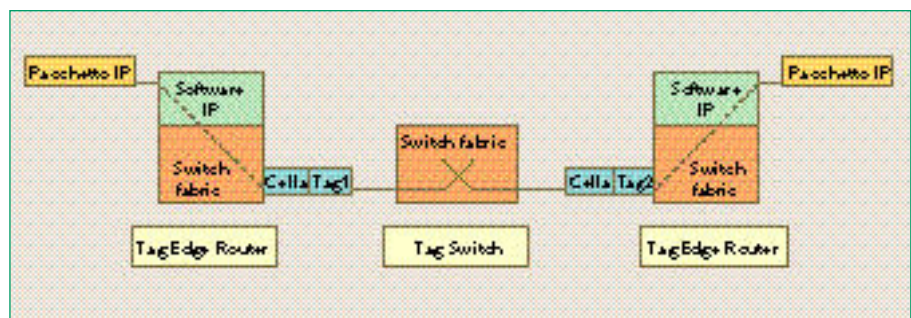


Figura 2 Il "label swapping" (lo scambio di etichetta) nel Tag Switching.

traffico IP generato dagli utenti, utilizzano la tecnologia ATM, solo per le caratteristiche di *fast switching* e non per quelle potenziali di segnalazione B-ISDN. In effetti queste tecniche privilegiano principalmente i protocolli proprietari, molto più leggeri dal punto di

vista elaborativo, e assicurano, al contempo, un completo interlavoro con i protocolli di *routing IP*.

È quindi possibile sfruttare con successo l'integrazione delle caratteristiche di ciascuna delle seguenti tre tecniche:

- il *Tag Switching*, che permette di allocare percorsi in rete geografica in base alla destinazione (*route-based*);
- la *segnalazione d'accesso B-ISDN* (in accordo con la Raccomandazione ITU-T Q.2931) che consente di allocare percorsi nella rete geografica in base alla qualità di servizio richiesta;
- l'*Ipsilon Switching* che permette un efficiente utilizzo della banda (*flow-based*).

Nel resto del lavoro, è quindi analizzata la realizzazione di una Rete Privata Virtuale, utilizzando in ingresso della dorsale (*backbone*) la tecnica *Ipsilon* e il *Tag Switching* o la segnalazione B-ISDN nel backbone per gestire l'interconnessione attraverso la stessa rete.

In effetti la capacità del paradigma *Ipsilon* di riconoscere i flussi di pacchetti e di instaurare canali a essi dedicati, sembra meglio adattarsi all'ambito LAN (*Local Area Network*), dove l'utilizzo di tecniche del tipo [1] o [2] rischia di introdurre un eccessivo *overhead* e di limitare la scalabilità, ovvero la modularità, della LAN stessa. D'altra parte la caratteristica *route-based* del paradigma *Tag Switching*, consente in ambito WAN (*Wide Area Network*) di svincolarsi dalla segnalazione ATM e di utilizzare quella più leggera proposta da Cisco Systems.

### 3. Scenari di Reti Private Virtuali

In questa sezione sono proposti scenari di Reti Private Virtuali, che prevedono rispettivamente interlavoro tra *Ipsilon Switching* e *Tag Switching*, denominato "Scenario *Ipsilon-Tag*", e tra *Ipsilon Switching* e *segnalazione d'accesso B-ISDN* (ITU-T Q.2931), chiamato "Scenario *Ipsilon - Q.2931*".

#### 3.1 Rete privata virtuale di tipo *Ipsilon-Tag*

In questo paragrafo è analizzato lo scenario di Rete Privata Virtuale, costituito da *Ipsilon Switching* all'accesso e *Tag Switching* nel *backbone* ATM. L'architettura proposta è quella mostrata nella figura 3.

I dispositivi ai bordi della rete geografica (*router IFMP-TAG*) gestiscono funzionalità in grado di integrare entrambi i paradigmi: l'*Ipsilon* per gestire il traffico dati intra-LAN, il *Tag* per instradare i pacchetti suddivisi in celle, all'interno del backbone. All'interno del backbone gli switch (o commutatori) utilizzano software di tipo *Tag*, mentre gli elementi interni alla LAN il software *Ipsilon*.

Questa configurazione prevede naturalmente funzionalità di interlavoro tra i due paradigmi per il traffico indirizzato all'esterno della rete. Pacchetti indirizzati verso una LAN esterna sono analizzati dal paradigma *Ipsilon* a livello IP, frammentati, e infine spediti all'esterno utilizzando il *Tag* predefinito per quella destinazione. Nel caso in cui i pacchetti siano riconosciuti come appartenenti a un flusso, il motore *Ipsilon* associa direttamente il canale di ingresso con quello di uscita, identificato appunto dal *Tag*, ed è ottenuto così il *cut-through*, ovvero un'interconnessione diretta a livello ATM senza passare per IP. A destinazione le celle devono essere riaggregate in pacchetti IP e in successione sono instradate verso l'utente di destinazione.

Il risultato di queste operazioni è un alleggeri-

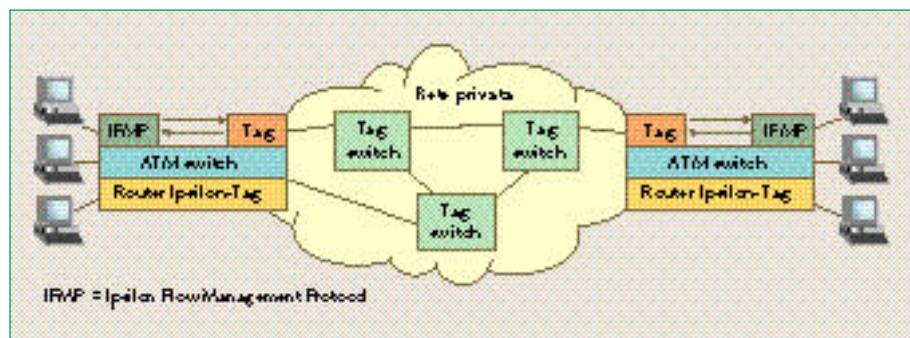


Figura 3 Rete privata virtuale di tipo "Ipsilon-Tag".

mento sul carico del router di uscita della LAN in quanto, il traffico diretto verso altre reti, una volta separato in flussi dal motore *Ipsilon*, non è ulteriormente elaborato a livello IP.

Per ottenere una diversificazione del trattamento dei flussi di traffico in classi di priorità si può pensare di stabilire più percorsi, all'interno del backbone, fra due diverse LAN. Utilizzando il paradigma *Tag*, questo meccanismo è reso possibile configurando in modo opportuno i router attraverso i quali le LAN si connettono al backbone stesso, gestendo la mappatura fra indirizzo IP di destinazione e *Tag* di uscita. Una volta che il motore *Ipsilon* identifica i dati uscenti in un flusso, potrebbe, quindi, chiedere al motore *Tag* di reindirizzarli, utilizzando un canale di uscita non solo scelto in base alla destinazione, secondo il normale comportamento del *Tag*, ma anche in base alle caratteristiche del traffico (ad esempio dal tipo di protocollo utilizzato ovvero dall'applicazione).

#### 3.2 Rete privata virtuale di tipo "Ipsilon - Q.2931"

In questo paragrafo è considerato lo scenario in cui interlavorano *Ipsilon Switching* all'accesso e la segnalazione d'accesso B-ISDN (ITU-T Q.2931) al backbone ATM.

Il concetto base della tecnica *Ipsilon Switching* è, come noto, il reinstradamento di flussi di dati su canali ATM. Nel contesto di LAN private, dove tale tecnica è gestita in modo nativo, il *set* di canali di rein-

stradamento, tra due commutatori IFMP, è direttamente gestito dai dispositivi. Nel caso di interlavoro con la rete pubblica è invece necessaria una preallocazione di canali ATM su cui eventualmente reinstradare i flussi di traffico. Questo approccio orientato alla preallocazione dei canali porta a un rapporto costo-

ritorna al nodo IFMP che lo aveva spedito in precedenza, come una sorta di meccanismo di eco (per un ulteriore approfondimento si rimanda a [7]).

L'uso congiunto della tecnica di Ipsilon Switching e della segnalazione d'accesso B-ISDN permette, dunque, di offrire servizi *delay-sensitive* su IP - una volta convertite le categorie di servizio IP nelle classi di servizio ATM - a un costo certamente più contenuto rispetto all'affitto di connessioni ATM dedicate.

Le procedure di segnalazione, d'altro canto, introducono tempi di ritardo (*latency*) che vanno a vincolare gli algoritmi di riconoscimento di flusso necessari in Ipsilon Switching. In pratica, risulta infatti efficiente reinstradare un flusso IP, solo quando si stima che la durata del flusso stesso sia sensibilmente maggiore del tempo di ritardo per l'instaurazione della connessione di reinstradamento. Normalmente si riesce a stimare la durata di un flusso dalla natura del particolare servizio che lo genera: i flussi IP generati dal servizio *DNS (Domain Name Service)* ad esempio

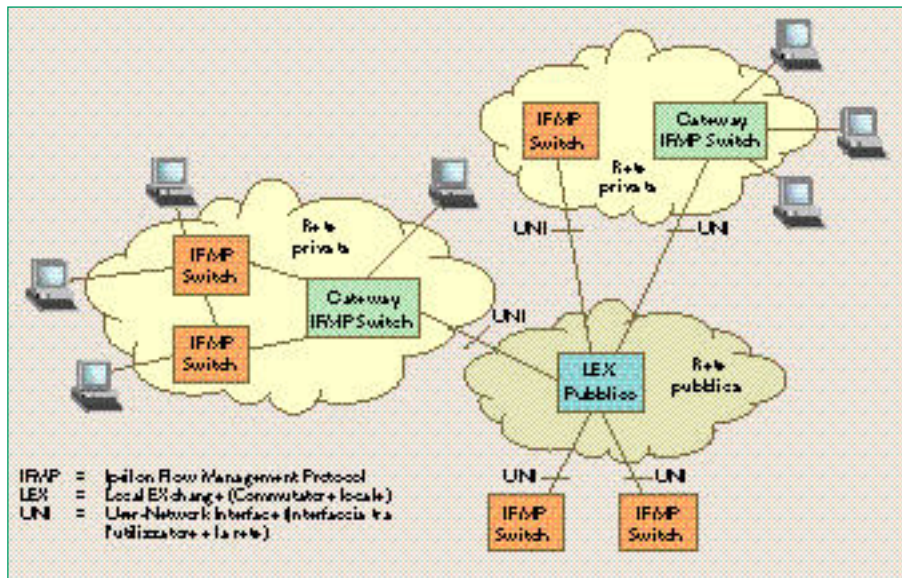


Figura 4 Rete privata virtuale di tipo "Ipsilon - Q.2931".

benefici molto elevato se il numero di canali è alto. Il numero ottimale andrebbe valutato in funzione del tipo di traffico generato dai servizi presenti sulla rete stessa. Un approccio alternativo è di richiedere canali di reinstradamento solo quando necessario, che sostanzialmente rappresenta la scelta originaria di Ipsilon Switching. In tal caso si prospetta il problema di far interlavorare il protocollo IFMP con quelli di accesso al backbone ATM. Una proposta di soluzione in tal senso è contenuta in [7]. Lo scenario di rete in questione è riprodotto in figura 4.

Il *Gateway IFMP Switch* (ovvero il commutatore che tratta sia il protocollo IFMP che la segnalazione d'accesso B-ISDN ITU-T Q.2931) è connesso a diversi altri commutatori IFMP remoti. È necessario stabilire un insieme di canali ATM di default tra il *Gateway IFMP Switch* e i commutatori IFMP remoti per il trasporto dei messaggi IFMP e dei pacchetti IP non reinstradati [4].

Come si è visto nel paragrafo 2.1, un commutatore IFMP può direttamente associare l'identificativo di flusso IP al canale ATM dove reinstradare il flusso stesso. Sfortunatamente non esiste un identificatore standard per una connessione ATM, ovvero per una concatenazione di canali ATM. In [7] è stato introdotto, a tal scopo, un parametro chiamato *INCI (IFMP Network Connection Identifier)*. INCI è un identificativo, determinato univocamente, che è associato al flusso IP dal nodo IFMP a valle e che è spedito nel messaggio di richiesta di reinstradamento. L'associazione tra il flusso IP e la connessione ATM su cui il flusso stesso è stato reinstradato è effettuata se INCI

sono molto più brevi rispetto a quelli generati dal servizio FTP.

#### 4. Conclusioni

Le tecniche di IP Switching analizzate si presentano come interessanti candidate per un impiego in Reti Private Virtuali di servizi legati alla clientela business.

Queste tecniche risultano vantaggiose in quanto non richiedono particolari modifiche né dal punto di vista hardware - in quanto i protocolli Ipsilon e Cisco si integrano pienamente negli attuali elementi di rete - né dal punto di vista software, essendo del tutto compatibili con l'intera pila dei protocolli *TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol)*.

Gli scenari di rete proposti mirano a integrare le tecniche di IP Switching con la segnalazione d'accesso B-ISDN in nuove soluzioni "ibride". In tal senso sono state proposte e discusse soluzioni tipo "Ipsilon - Tag" e "Ipsilon - Q.2931".

Nonostante entrambe le soluzioni possano offrire una gestione del traffico differenziata in base al servizio, ulteriori studi e approfondimenti dovranno essere orientati verso una completa gestione della qualità di servizio.

#### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare l'ingegnere Luca Cipriani (della Ericsson Telecomunicazioni S.p.A.)

per il prezioso contributo fornito nell'esame e nelle discussioni sull'argomento trattato in questo testo.

## Bibliografia

- [1] Laubach, M.: *Classical IP over ATM*. IETF RFC 1577, gennaio 1994.
- [2] *LAN Emulation over ATM Specification. Version 1*, ATM Forum, novembre 1995.
- [3] Brown, C.: *Baseline text for MPOA*. ATM Forum/95-0824r5, gennaio 1996.
- [4] Newman, P. et al.: *Ipsilon Flow Management Protocol for IPv4*. IETF RFC 1953, maggio 1996.
- [5] Newman, P. et al.: *Ipsilon's General Switch Manage-*

- ment Protocol*. IETF RFC 1987, agosto 1996.
- [6] Rekhter, Y.: *Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview*. IETF RFC 2105, febbraio 1997.
- [7] Cipriani, L.; Di Giorgio, D.; Pugliese, M.; Salsano, S.: *InterWorking between IFMP Switching and B-ISDN Access Protocols*. Proc. BSS97, dicembre 1997.

Angelo Fienga - Ericsson Telecomunicazioni  
Marco Pugliese - CoRiTeL

pugliese@coritel.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

---

# Analisi di soluzioni di rete IP su ATM per il trasporto di applicazioni "real time"

ANTONELLA GILARDI  
SANTE NASO

*Negli ultimi anni l'evoluzione del mercato delle telecomunicazioni è stata caratterizzata dal crescente interesse per il mondo Internet. L'evoluzione delle applicazioni nell'ambito multimediale ha evidenziato i limiti intrinseci della pila di protocolli TCP/IP, inizialmente concepita per realizzare modelli di rete connection-less per il trasporto e per il trasferimento di dati che non richiedono bande elevate e non sono "sensibili" al ritardo. In questo scenario*

*tra le varie soluzioni proposte in ambito normativo, la presenza di un livello di rete ATM su cui trasportare IP sembra essere una scelta comunque competitiva, rispetto ad altre possibili soluzioni (ad esempio IPv6 e RSVP), per garantire prestazioni di rete idonee ai requisiti del servizio. Questo articolo vuole presentare una panoramica delle soluzioni di interlavoro di IP su ATM e fornire alcune valutazioni sui singoli sistemi oggi proposti dal mercato.*

## 1. Introduzione

La prossima generazione di protocolli IP potrà consentire il trasporto, almeno in linea di principio, del traffico cosiddetto *real time*; cioè la trasmissione, in tempo reale, di suoni e immagini. L'*IPv6 (Internet Protocol versione 6)* dovrà quindi forzare un'architettura di rete tipicamente *connection-less*, composta da *routers* e *bridges*, come Internet, per farla divenire praticamente *connection-oriented*, fino a prevedere protocolli che permettano di garantire all'utente una data *QoS (Qualità del Servizio)* con la possibilità di disporre sempre delle risorse di rete necessarie per smaltire il traffico in tempo reale. Le applicazioni di questo tipo richiedono in generale una consistente larghezza di banda oltre a un'efficiente gestione delle risorse.

La tecnologia *connection-oriented ATM* è in grado di fornire elevate velocità di trasmissione e meccanismi di controllo delle risorse (definizione delle classi di traffico, contratto di traffico, segnalazione, resource management) che consentono di

garantire una predeterminata qualità del servizio alle connessioni instaurate. È nata così l'esigenza di definire un meccanismo concreto di interlavoro tra IP e ATM che consenta di integrare la rete ATM con infrastrutture di protocolli OSI di livello tre, come l'IP. La *IETF (Internet Engineering Task Force)* fu la prima ad affrontare la questione dell'interoperabilità tra IP e ATM, pubblicando nel gennaio 1994 il documento (RFC 1577): *Classical IP over ATM*. Il successivo coinvolgimento dell'ATM Forum è avvenuto con la costituzione del gruppo di lavoro *MPOA (Multi Protocol Over ATM)* che ha prodotto, nel corso del 1997, un primo documento di specifica.

Il MPOA è stato basato sui concetti dell'emulazione di LAN su reti ATM (LANE v2.0) definiti dall'ATM Forum, ampliando i principi del Classical IP over ATM dell'IETF: il principio base è quello di concepire una rete come formata da entità che, utilizzando protocolli OSI di livello 3, comunicano tra loro servendosi di una rete ATM, traendone vantaggi in termini di prestazioni.

per il prezioso contributo fornito nell'esame e nelle discussioni sull'argomento trattato in questo testo.

## Bibliografia

- [1] Laubach, M.: *Classical IP over ATM*. IETF RFC 1577, gennaio 1994.
- [2] *LAN Emulation over ATM Specification. Version 1*, ATM Forum, novembre 1995.
- [3] Brown, C.: *Baseline text for MPOA*. ATM Forum/95-0824r5, gennaio 1996.
- [4] Newman, P. et al.: *Ipsilon Flow Management Protocol for IPv4*. IETF RFC 1953, maggio 1996.
- [5] Newman, P. et al.: *Ipsilon's General Switch Manage-*

- ment Protocol*. IETF RFC 1987, agosto 1996.
- [6] Rekhter, Y.: *Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview*. IETF RFC 2105, febbraio 1997.
- [7] Cipriani, L.; Di Giorgio, D.; Pugliese, M.; Salsano, S.: *InterWorking between IFMP Switching and B-ISDN Access Protocols*. Proc. BSS97, dicembre 1997.

Angelo Fienga - Ericsson Telecomunicazioni  
Marco Pugliese - CoRiTeL

pugliese@coritel.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

---

# Analisi di soluzioni di rete IP su ATM per il trasporto di applicazioni "real time"

ANTONELLA GILARDI  
SANTE NASO

*Negli ultimi anni l'evoluzione del mercato delle telecomunicazioni è stata caratterizzata dal crescente interesse per il mondo Internet. L'evoluzione delle applicazioni nell'ambito multimediale ha evidenziato i limiti intrinseci della pila di protocolli TCP/IP, inizialmente concepita per realizzare modelli di rete connection-less per il trasporto e per il trasferimento di dati che non richiedono bande elevate e non sono "sensibili" al ritardo. In questo scenario*

*tra le varie soluzioni proposte in ambito normativo, la presenza di un livello di rete ATM su cui trasportare IP sembra essere una scelta comunque competitiva, rispetto ad altre possibili soluzioni (ad esempio IPv6 e RSVP), per garantire prestazioni di rete idonee ai requisiti del servizio. Questo articolo vuole presentare una panoramica delle soluzioni di interlavoro di IP su ATM e fornire alcune valutazioni sui singoli sistemi oggi proposti dal mercato.*

## 1. Introduzione

La prossima generazione di protocolli IP potrà consentire il trasporto, almeno in linea di principio, del traffico cosiddetto *real time*; cioè la trasmissione, in tempo reale, di suoni e immagini. L'*IPv6 (Internet Protocol versione 6)* dovrà quindi forzare un'architettura di rete tipicamente *connection-less*, composta da *routers* e *bridges*, come Internet, per farla divenire praticamente *connection-oriented*, fino a prevedere protocolli che permettano di garantire all'utente una data *QoS (Qualità del Servizio)* con la possibilità di disporre sempre delle risorse di rete necessarie per smaltire il traffico in tempo reale. Le applicazioni di questo tipo richiedono in generale una consistente larghezza di banda oltre a un'efficiente gestione delle risorse.

La tecnologia *connection-oriented ATM* è in grado di fornire elevate velocità di trasmissione e meccanismi di controllo delle risorse (definizione delle classi di traffico, contratto di traffico, segnalazione, resource management) che consentono di

garantire una predeterminata qualità del servizio alle connessioni instaurate. È nata così l'esigenza di definire un meccanismo concreto di interlavoro tra IP e ATM che consenta di integrare la rete ATM con infrastrutture di protocolli OSI di livello tre, come l'IP. La *IETF (Internet Engineering Task Force)* fu la prima ad affrontare la questione dell'interoperabilità tra IP e ATM, pubblicando nel gennaio 1994 il documento (RFC 1577): *Classical IP over ATM*. Il successivo coinvolgimento dell'ATM Forum è avvenuto con la costituzione del gruppo di lavoro *MPOA (Multi Protocol Over ATM)* che ha prodotto, nel corso del 1997, un primo documento di specifica.

Il MPOA è stato basato sui concetti dell'emulazione di LAN su reti ATM (LANE v2.0) definiti dall'ATM Forum, ampliando i principi del Classical IP over ATM dell'IETF: il principio base è quello di concepire una rete come formata da entità che, utilizzando protocolli OSI di livello 3, comunicano tra loro servendosi di una rete ATM, traendone vantaggi in termini di prestazioni.

Le soluzioni *IP switching* (brevetto Ipsilon Networks recentemente acquisito da NOKIA) e *Tag switching* (soluzione CISCO-Stratacom) rappresentano un approccio più economico per la realizzazione dell'interlavoro IP su ATM; ma, di fatto, esse adottano tecniche di indirizzamento di livello 3 (IP routing) completamente sostitutive del piano di controllo ATM. In pratica, un router ATM che realizza il Tag switching (oppure l'IP switching) non

tuita quindi da un numero limitato di utenti IP in grado di comunicare attraverso una struttura di rete ATM. Una LIS può essere identificata come un gruppo di utenti associati ad un unico router IP per le comunicazioni verso l'esterno della LIS stessa e quindi identificati dallo stesso indirizzo IP a meno del sottocampo di indirizzo finale (figura 1). Per consentire l'invio di pacchetti (*datagram*)<sup>1</sup> IP tra due utenti della LIS su un "substrato" ATM è necessario un

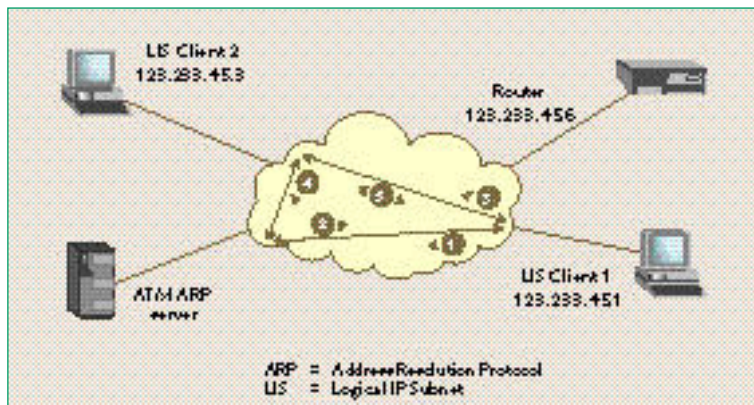


Figura 1 Soluzione "classica" per stabilire una connessione di IP su ATM.

meccanismo di traduzione degli indirizzi IP in indirizzi ATM accompagnato da procedure di instaurazione (*set-up*) del VC (*Virtual Channel*) ATM necessario. Tali funzioni sono svolte da un server al quale le stazioni IP chiedono l'indirizzo ATM dell'utente IP destinatario: in tal modo l'utente sorgente può stabilire una connessione VC ATM direttamente verso la destinazione, incapsulare i pacchetti IP, frammentarli in unità dati ATM da 53 bytes tramite AAL 5 e, infine, inviarli, attraverso il collegamento ATM, all'utente finale. L'esempio di figura 1 mostra la procedura completa di connessione tra due utenti della LIS che trasmettono pacchetti IP operando una SVC (*Switched Virtual Call*) ATM. Le connessioni ARP (*Address Resolution Protocol*) Server-IP client possono essere realizzate sia con modalità PVC (*Permanent Virtual Connection*), sia con modalità SVC (*Switched Virtual Connection*).

possiede un piano di controllo ATM ed è quindi privo di interfaccia di indirizzamento ATM. A livello ATM si opera solo la commutazione dei pacchetti IP incapsulati su ATM e instradati senza impiegare politiche di QoS ATM. La qualità del servizio definibile per una rete di questo tipo può essere basata su protocolli di *RSVP (Resource ReSerVation Protocol)*, tipici della versione IPv6 che oggi non interoperano con la QoS ATM.

L'unico punto che accomuna le differenti soluzioni presentate è il principio di incapsulamento dei pacchetti IP su ATM, basato sull'RFC 1483 emessa dall'IETF. Il trasporto dei pacchetti IP su una connessione ATM avviene attraverso l'aggiunta di informazioni (*overhead*) sul tipo di protocollo (ad esempio IP), la successiva frammentazione ad opera dell'*AAL5 (ATM Adaptation Layer 5)* e l'immissione sulla rete ATM stessa. Nei paragrafi successivi sono fornite alcune linee guida volte a focalizzare l'evoluzione delle architetture di interworking tra IP e ATM.

Per stabilire la connessione utilizzando il modello "Classical IP" su ATM, la stazione sorgente (Client 1) invia una richiesta di traduzione dell'indirizzo IP del destinatario (Client 2) al server ARP della LIS (1). Il server traduce l'indirizzo IP della stazione ricevente nel relativo indirizzo ATM che è restituito alla stazione richiedente (2). Client 1 utilizza l'indirizzo ricevuto per stabilire un collegamento ATM verso il destinatario Client 2 (3). Quando Client 2 riceve il primo pacchetto da Client 1 ne rileva l'indirizzo IP e quindi genera una richiesta di traduzione al server (4) per ottenere l'indirizzo ATM della stazione IP che ha inviato il pacchetto. Il server restituisce l'indirizzo ATM di Client 1 a Client 2; i due utenti possono quindi comunicare direttamente tramite VC senza interpellare ulteriormente il server. L'architettura qui descritta, presenta notevoli limiti di *scalabilità*<sup>2</sup>: il server, infatti, dispone di una tabella praticamente rigida in cui ad ogni utente IP della LIS è associato il relativo indirizzo ATM.

## 2. Realizzazione di IP su ATM: il modello "classico"

La soluzione cosiddetta "classica" per realizzare il protocollo IP su reti ATM è tuttora l'unica ad essere stata completamente definita come specifica dall'IETF (RFC 1577) ed è quindi la sola ad aver avuto finora un utilizzo commerciale. Infatti, la maggior parte dei prodotti ATM ora in commercio permettono di impiegare l'RFC 1577 (*Classical IP over ATM and ARP*).

L'RFC 1577 definisce solo le comunicazioni all'interno di una sottorete *IP LIS (Logical IP Subnet)* costi-

Le comunicazioni tra utenti appartenenti a sottoreti logiche LIS diverse avvengono tramite un router

<sup>(1)</sup> *Datagram* è il termine originariamente utilizzato per designare l'unità di dati in un trasferimento a pacchetto senza connessione. In particolare, il termine è stato introdotto con riferimento a reti IP. Oggi è consuetudine riferirsi alle unità di dati di IP con il termine pacchetto anziché datagramma. (N.d.r.)

<sup>(2)</sup> La scalabilità rappresenta la possibilità di espandere la rete senza limitarne le prestazioni. (N.d.r.)

IP: in questo caso l'utente sorgente deve prima stabilire un VC con il router della propria LIS, che provvede poi a instradare i pacchetti verso l'esterno.

Il limite di questa soluzione consiste nel dover riassemblare, in uscita dalla LIS, i pacchetti ATM in datagram IP per permetterne il nuovo instradamento. L'RFC 1577 non permette quindi una connessione VC diretta tra due utenti appartenenti a LIS differenti, e ciò comporta notevoli limitazioni all'invio di traffico in tempo reale.

### 3. Next Hop Resolution Protocol (NHRP)

La limitazione del modello classico che consiste, come si è visto, nell'impossibilità di stabilire un VC diretto tra utenti appartenenti a gruppi logici IP (LIS) diversi ma comunque appartenenti alla stessa rete ATM, è tuttora affrontata dal Gruppo di lavoro ROLC (*Routing Over Large Clouds*) dell'IETF attraverso la definizione del protocollo NHRP (*Next Hop Resolution Protocol*) che permette l'instaurazione di connessioni ATM da estremo ad estremo.

Questo protocollo amplia i concetti funzionali del "Classical IP over ATM" sostituendo gli ARP server con i server NHS (*Next Hop Server*) posti uno per ogni LIS. Ogni NHS mantiene, oltre alle informazioni di instradamento, una tabella dinamica di conversione (*risoluzione*)<sup>3</sup> degli indirizzi (IP-ATM) delle stazioni d'utente della LIS cui è assegnato e degli altri NHS con i quali il singolo server ha dialogato fino a quel momento. Gli NHS delle diverse LIS si scambiano continuamente tra loro, utilizzando ad esempio VC ATM dedicati, informazioni aggiornate relative alle tabelle di traduzione degli indirizzi. In tal modo è possibile stabilire una connessione diretta tra utenti appartenenti a LIS diverse (figura 2).

Lo scambio continuo di informazioni tra i server e l'aggiornamento dinamico delle relative tabelle di risoluzione degli indirizzi implicano comunque la necessità di un'attenta gestione delle memorie in termini di riaggiornamenti dei dati in esse contenute. In tal modo è garantita una gestione efficiente delle memorie dei server che altrimenti, con il passare del tempo, verrebbero a immagazzinare un numero di indirizzi IP-ATM talmente elevato da incidere negativamente sulla gestione degli stessi. In figura 2 sono mostrate le modalità di lavoro del protocollo NHRP. La stazione trasmittente (*Client 1*) invia al proprio server NHS una richiesta di risoluzione (*NH-Request*) dell'indirizzo IP del destinatario (*Client 2*). Se il server è in grado di risolvere l'indirizzo ATM della stazione ricevente, lo comunica a Client 1 che provvede all'instaurazione (*set-up*) di un VC verso la destinazione. In caso contrario il server NHS

consulta la propria tabella di instradamento per determinare, dall'indirizzo IP dell'utente finale, il server NHS successivo nel percorso verso la destinazione. La richiesta di traduzione è quindi trasferita a questo nuovo server che a sua volta tenta la traduzione dell'indirizzo IP. Il procedimento di ricerca si interrompe nel momento in cui uno degli NHS interpellati, risolvendo la richiesta, fornisce l'indirizzo ATM del destinatario attraverso una risposta *NH (Next Hop)*. La *NH-reply* ripercorre a ritroso tutto il cammino percorso dalla *NH-Request* in modo da aggiornare le tabelle di tutti i server NHS interrogati con l'indirizzo ATM della stazione di destinazione cercata. L'aggiornamento dinamico permette a questi NHS di poter convertire una richiesta futura di traduzione di indirizzo, da IP ad ATM, relativa allo stesso destinatario (*Client 2*). Client 1, infine, otte-

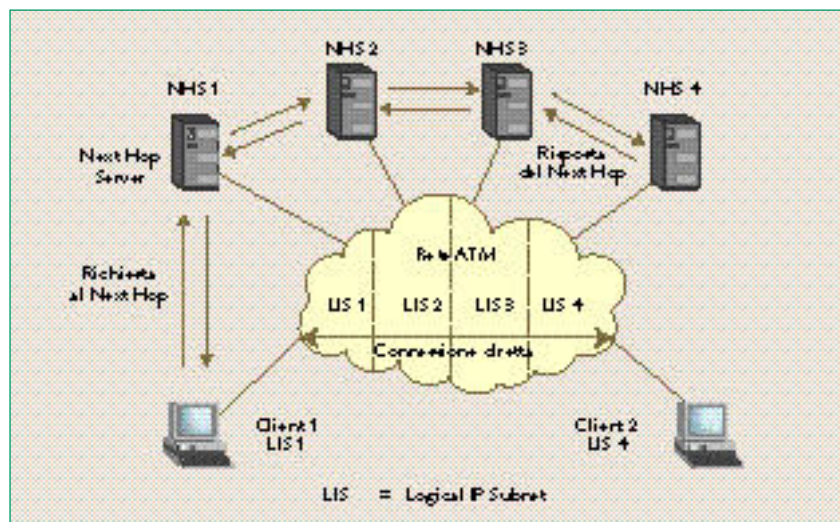


Figura 2 Risoluzione dei protocolli per stabilire un Virtual Channel tra utenti di gruppi logici diversi (LIS).

nuto l'indirizzo ATM della stazione di destinazione (*Client 2*), provvede al set-up di un VC ATM diretto a quest'ultima. La soluzione presentata relativa all'uso del protocollo NHRP è stata integrata nello sviluppo, effettuato dell'ATM Forum, del protocollo MPOA (*MultiProtocol Over ATM*) descritto nel paragrafo successivo.

### 4. MultiProtocol Over ATM (MPOA)

La soluzione in via di definizione presso il gruppo di lavoro ATM Forum che studia MPOA si basa sulla possibilità di integrare le comunicazioni tra utilizzatori appartenenti a gruppi logici che impiegano protocolli OSI differenti di livello 3 (IP, AppleTalk) e tra

<sup>(3)</sup> Nel linguaggio adoperato dagli esperti in informatica, il termine inglese resolution è tradotto con risoluzione, sinonimo di conversione o di traduzione. (N.d.r.)





della rete risulti più efficace se è effettuata tenendo conto del meccanismo di indirizzamento IP di livello 3. In questo modo possono essere integrate le caratteristiche della rete ATM (in termini di capacità di gestire servizi anche in tempo reale e con QoS differenti) del tipo *connection-oriented* e che presentino le funzionalità della rete IP, di tipo *connection-less*. In questo modo si cerca un compromesso tra la flessibilità dei router (che così possono decidere l'inoltro pacchetto per pacchetto) e la velocità dei commutatori. In pratica, è attuato il principio detto *Layer 3 forwarding - Layer 2 switching*.

IP switching si basa sul concetto di *flusso*. Per flusso si intende una sequenza di pacchetti con la stessa origine e la stessa destinazione (o le stesse destinazioni nel caso di trasferimento *multicast* cioè del tipo punto-multipunto) che sono legate da una relazione di instradamento o da particolari criteri di gestione locale. Il sistema di gestione del routing agisce sulla base della lunghezza temporale dei flussi: flussi brevi, con molta probabilità, sarebbero meglio trasportati con decisioni prese in ciascun router attraversato (*hop-by-hop*) usando connessioni ATM presta-

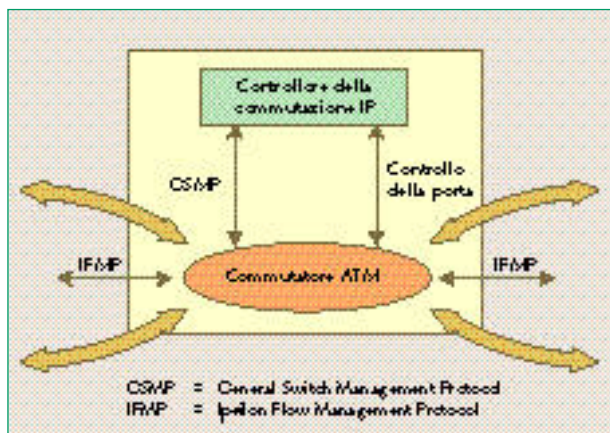


Figura 5 Schema dell'IP switch.

bilite e condivise (in pratica una "magliatura" statica di *Permanent Virtual Connections ATM*); per flussi di durata più lunga, che tipicamente caratterizzano traffici di fonia o video in tempo reale, sarebbero invece preferibili connessioni ATM dedicate e instaurate attraverso la segnalazione ATM come *Switched Virtual Connections*. I flussi sono caratterizzabili e identificati dai campi della intestazione IP e dalla porta *TCP* o *UDP* (*User Datagram Protocol*)<sup>4</sup>. Sono così possibili due tipi di flussi:

- *host-pair flow* che è un flusso di traffico tra la stessa origine e destinazione, definita dagli indirizzi IP;
- *port-pair flow* che è un flusso tra le stesse porte *TCP/UDP* (sugli stessi indirizzi IP di origine e destinazione).

Il flusso *host-pair* permette di affasciare più traffici (provenienti da porte diverse *TCP/UDP*) in un unico flusso, mentre il secondo tipo li mantiene distinti. Nel primo caso si impiega, quindi, lo stesso canale virtuale ATM per più applicazioni, mentre

nel secondo caso si dedica un canale a ogni applicazione.

La classificazione dei flussi e quindi la decisione di eseguire l'instradamento, pacchetto per pacchetto su un percorso predeterminato, piuttosto che la commutazione, su un circuito dedicato, è fatta in base a una scelta locale. Il primo apparato comincia a instradare i pacchetti di un particolare flusso con modalità *routing*; quando rileva che il traffico relativo è di durata significativa avvia la procedura di *switching*. In entrambi i casi i commutatori devono quindi avere la capacità di mantenere informazioni, a livello locale, sullo stato del flusso. Se il flusso è classificato come "breve", ogni pacchetto è considerato a sé stante e quindi è instradato con modalità *connection-less*; è il caso, ad esempio, di transazioni *client-server* (o comunque di traffici caratterizzati da una frequenza e da una lunghezza dei pacchetti non elevata).

Quando il flusso è classificato come "lungo", il primo pacchetto appartenente al flusso è utilizzato per configurare il *VC* tra i commutatori: questa operazione è eseguita *hop-by-hop* fino a raggiungere la destinazione richiesta. I pacchetti che seguono il primo avranno lo stesso valore di *VCI* (*Virtual Channel Identifier*) che identifica il flusso di appartenenza; è quindi necessario disporre di un protocollo in grado di associare il flusso con il *VCI* a monte di ogni commutatore attraversato. La procedura di *set-up* del canale virtuale ATM è perciò eseguita solo dal primo pacchetto mano mano che questo attraversa la rete.

Il *VCI* è dunque trasmesso all'indietro ed è utilizzato per inoltrare i pacchetti seguenti molto più velocemente del primo, riducendo così sensibilmente la durata dell'inoltro dei pacchetti. In questo caso, infatti, il pacchetto viene completamente privato dell'intestazione IP mentre le informazioni di destinazione e sorgente sono contenute nell'identificatore del flusso. L'IP switch è composto da due elementi: il commutatore ATM e l'IP switch controller (figura 5). La gestione dell'apparato è realizzata da un protocollo di gestione semplice: il *GSMP* (*General Switch Management Protocol*).

Il *GSMP* permette al controllore IP di accedere all'hardware ATM. Il controllo del flusso IP è invece effettuato dall'*IFMP* (*Ipsilon Flow Management Protocol*), che gestisce l'associazione tra i flussi IP e i *VC* ATM.

All'attivazione del sistema è costituito un *virtual channel* predeterminato (di *default*) tra ogni IP switch (con *VCI/VPI* noti): questo canale è utilizzato per l'instradamento *hop-by-hop* dei pacchetti (e quindi per attuare la classica procedura *connectionless* di inoltro dei pacchetti IP). I pacchetti trasportati su questo canale sono provati in modo da stabilire se il flusso di appartenenza è breve o lungo e per definire quindi se deve essere attuata la procedura di *switching*. Questo

<sup>(4)</sup> Qualsiasi comunicazione IP tra due host deve essere identificata, oltre che dagli indirizzi sorgente e destinazione, anche da due ulteriori identificativi: il numero della porta sorgente e quello della porta di destinazione. L'impiego di quest'informazione permette di distinguere due flussi relativi a diverse applicazioni relativi alla stessa coppia di host. (N.d.r.)

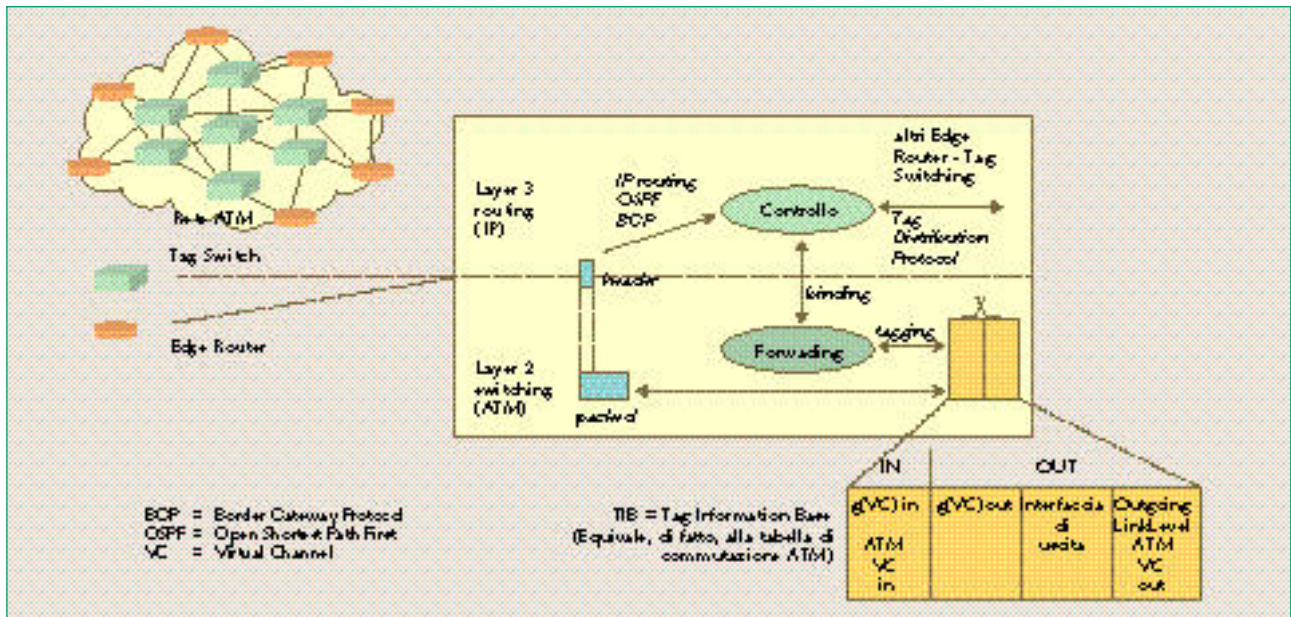


Figura 6 Schema del Tag Switching (marcatura con un'etichetta).

controllo permette anche di stabilire se un flusso è terminato e se il VC che gli era stato dedicato può perciò essere liberato.

## 6. Tag Switching

Rispetto alla soluzione IP Switching, il *Tag Switching*<sup>5</sup>, proposto da Cisco, adotta un sistema di indirizzamento gestito da due entità.

Gli EDGE routers, posti alla frontiera della rete, applicando politiche di QoS, provvedono ad attuare l'instradamento dei pacchetti IP su ATM operando il tagging (marcatura con una etichetta) dei pacchetti. Gli Edge routers scambiano tra loro informazioni trasferendo messaggi di aggiornamento dell'instradamento attraverso il protocollo *TDP (Tag Distribution Protocol)*.

La rete è costituita da Tag Switches. Sostanzialmente si tratta di commutatori ATM il cui piano di controllo è realizzato da protocolli di instradamento a livello 3 della pila OSI in sostituzione dell'interfaccia di indirizzamento ATM, ad esempio *PNNI (Private Network Network Interface)*. In pratica, non è possibile parlare di commutatori ATM in senso tradizionale, ma di dispositivi, la cui tabella di commutazione è pilotata da un algoritmo di instradamento IP e non da una segnalazione ATM. I Tag Edge routers ed i Tag Switches utilizzano protocolli di instradamento classici, *OSPF (Open Shortest Path First)*, *BGP (Border Gateway Protocol)* per l'identificazione delle tabelle di routing IP. Di fatto, l'instradamento del pacchetto è attuato attraverso il calcolo delle tabelle di instradamento IP senza alcuna conoscenza preventiva dell'infrastruttura ATM presente a livello sottostante (figura 6).

Quando il pacchetto IP raggiunge un Edge router, questo avvia l'individuazione del percorso possibile verso la destinazione finale. La scelta del percorso è

effettuata tenendo conto di eventuali politiche di QoS trasferite dagli altri Edge router o da Tag Switch attraverso il protocollo *TDP*, oppure attraverso il protocollo *RSVP (Resource reSerVation Protocol)*. L'unità di controllo del router si occupa di risolvere il legame tra Tag e il risultato dell'instradamento a livello 3. È creata cioè una corrispondenza tra la tabella di routing IP ed il valore di Tag assegnato; le scelte che hanno portato a questa associazione sono trasferite agli altri elementi di rete, attraverso il protocollo *TDP*.

In pratica, la macchina "notifica", attraverso il *TDP*, agli elementi di rete adiacenti le modalità con cui ha attuato il tagging e il percorso di instradamento IP: il tagging consiste nell'assegnare, in ogni nodo della rete, un valore di VCI/VPI nella tabella di commutazione dei Tag Switches (dei commutatori ATM). In questo modo, man mano che il primo pacchetto IP procede ed è elaborato dai diversi nodi della rete, è instaurato un VCC ATM che realizza, tra i Tag Switches, il percorso individuato dagli EDGE Routers. Sono possibili tre modalità per l'allocazione dei Tag.

1) *Allocazione downstream* (verso la destinazione finale): quando il primo router riceve il pacchetto

<sup>(5)</sup> Con Tag Switching: si indica un procedimento per semplificare la commutazione di pacchetto IP che si basa sull'instradamento pacchetto per pacchetto, realizzato mediante un algoritmo di consultazione di una tabella. Lo scopo ultimo è ottenere l'indicazione della porta di uscita sulla quale rilanciare il pacchetto: questo processo può essere semplificato associando a tutti i pacchetti facenti parte di un medesimo "flusso" un "etichetta" (Tag) che corrisponda direttamente all'uscita pertinente. Le modalità realizzative del concetto di Tag Switching sono molteplici e possono avvalersi di piattaforme di commutazione al di sotto dello strato IP (ad esempio ATM). (N.d.r.)

<sup>(6)</sup> Flow spec è un descrittore di traffico relativo al flusso IP. (N.d.r.)



Mentre nel Tag switching la procedura di assegnazione dei Tag può essere quindi applicata dagli Edge Router a qualsiasi tipo di flusso, nell'IP switching, per la necessità di dover comunque classificare i flussi, si ha una ripartizione tra quelli gestiti come *best-effort* e quelli a commutazione di circuito (con una qualità del servizio, QoS, fissata). Il modello IP switching risulta, quindi, intrinsecamente con caratteristiche più limitate rispetto al Tag switching, in quanto il protocollo IFMP lega l'attuazione della scelta di instradamento del flusso (predeterminato-commutato) al superamento di una soglia con durata fissata localmente.

## 7. Conclusioni

Volendo sintetizzare il confronto tra le soluzioni esistenti per la realizzazione di reti IP su ATM nell'ottica di dover trasferire un traffico con stringenti requisiti di ritardo, è possibile affermare che la scelta della soluzione migliore dipende dal rapporto tra costo delle prestazioni e dell'esercizio e la quantità ed il tipo di traffico che il modello scelto deve gestire. Nel caso di una rete IP di dimensioni ridotte, ad esempio una rete Intranet, potrebbe essere conveniente utilizzare una soluzione del tipo "classical IP" attuabile con un server *ARP (Address Resolution Protocol)* centrale realizzato da una workstation che, potendo servire una sottorete LIS dell'ordine delle centinaia di utenze, richiede la presenza di commutatori ATM di dimensioni ridotte (di classe *workgroup*).

Nel caso di reti con dimensioni medio-grandi, come quelle che collegano ad esempio diversi *Internet Service Provider* con una dorsale regionale o interregionale, la soluzione IP Switching o Tag Switching potrebbe risultare conveniente in quanto non impone costi di gestione elevati: infatti, se da un lato non è totalmente impiegato il valore aggiunto fornito dall'eventuale utilizzo delle classi di QoS ATM, dall'altro vengono utilizzate le funzionalità di controllo che, essendo realizzate a livello IP e in assenza di QoS ATM, risultano comunque maggiormente semplificate. Nel caso di dorsali ATM di gestori pubblici della rete a lunga distanza, è molto probabile la presenza nella rete di altro traffico non IP, quale ad esempio quello TDM o Frame Relay. La soluzione IP Switching o Tag Switching, per il trasporto di traffico IP, comporterebbe la presenza, in ogni nodo ATM, di due piani di controllo che suddividano le risorse di macchina. Oltre al piano di controllo e di instradamento di livello 3 OSI, il commutatore ATM dovrebbe essere diviso in parti per gestire anche il piano di controllo "classico" ATM che realizza l'instradamento in rete del traffico non IP: questa modalità di ripartizione delle risorse, denominata *ship in the night*, risulterebbe onerosa sia in termini di overhead di banda, sia in termini di gestione.

La soluzione MPOA presuppone, una volta attuata la traduzione dell'indirizzo da IP ad ATM, l'instaurazione di una *VCC (Virtual Channel Connection)* ATM secondo le specifiche *UNI (User Network Interface)*, *NNI (Network Node Interface)*, ATM Forum che,

quindi, realizzerebbero comunque anche le connessioni su ATM di altri protocolli non IP presenti in rete. In questo caso risulterebbe consigliabile realizzare la tecnica *MPOA (MultiProtocol Over ATM)*. D'altra parte l'interoperabilità tra i diversi modelli presentati per realizzare interworking IP/ATM è molto limitata: nel caso il traffico IP dovesse attraversare più reti ATM che utilizzano soluzioni differenti, sarebbe comunque necessario estrarre, al confine di ogni rete, il pacchetto IP, reinstrarlo a livello 3 OSI per poi reimbustarlo AAL5 in ingresso alla rete successiva. Questa situazione riprodurrebbe esattamente il collo di bottiglia che si ottiene collegando due *LIS (Logical IP Subnet)* attraverso il modello *classical IP over ATM*. La necessità di installare router "di confine" tra reti IP-ATM differenti è motivata dalla totale assenza di interfacce standard che permettano a una rete *Classical IP over ATM*, *MPOA* o *Tag* di trasferire informazioni di instradamento e qualità del servizio a un'altra rete IP/ATM realizzata con una differente soluzione.

È opportuno, a questo punto, indicare alcuni aspetti critici legati ai modelli IP/Tag switching. La scelta di attuare una politica di Qualità del Servizio, quasi totalmente definita in ambito locale, contrasta con i principi di gestione della QoS in ambito ATM. La presenza di ATM è, infatti, confinata in pratica al livello di pura commutazione del traffico; il valore aggiunto potenzialmente fornito dal protocollo ATM in termini di classi di servizio non è, di fatto, sfruttato.

Per introdurre una o più metodologie tra quelle proposte, i vincoli sopra indicati rappresentano il punto più critico. Le società manifatturiere di prodotti IP/Tag switching rispondono alle critiche sollevate su questi punti proponendo di associare protocolli di resource reservation, *RSVP (Resource Reservation Protocol)* in modo da attuare soluzioni in grado di garantire la QoS. Comunque, l'eventualità di interfacciamento di reti IP/Tag - che impieghino protocolli RSVP - a reti ad esempio MPOA comporterebbe una serie di problematiche legate alla necessità di descrivere e tradurre le classi di servizio RSVP (*Guaranteed QoS* e *Controlled Load*) in classi di servizio ATM.

In conclusione, prevedendo l'utilizzo di ATM fin dall'accesso per il trasporto di protocolli e di servizi di differente natura, l'esigenza di fruire dei vantaggi di un instradamento PNNI con QoS garantita consiglierebbe di adottare la soluzione con protocollo MPOA come modello di riferimento normativo per l'interconnessione di IP su ATM.

## Bibliografia

- [1] Heinanen, J.: *Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5*. Internet Engineering Task Force RFC 1483, luglio 1993.
- [2] Laubach, M.: *Classical IP and ARP over ATM*. Internet Engineering Task Force RFC 1577, gennaio 1994.
- [3] Braden, R.; Zhang, L.: *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) Version 1*. Internet Engineering Task Force RFC 2205, 2208, 2209, settembre 1997.

- [4] Rekhter, Y.; Davie, B.; Katz, D.; Rosen, E.; Swallow, G.: *Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview*. Internet Engineering Task Force RFC 2105, febbraio 1997.
- [5] Newman, P.; Edwards, W.: *Transmission of Flow Labelled IPv4 on ATM Data Links Ipsilon Version 1.0*. Internet Engineering Task Force RFC 1954, maggio 1996.
- [6] *MultiProtocol Encapsulation Over ATM*. ATM Forum AF-MPOA 0087.00, luglio 1997.

Antonella Gilardi, Sante Naso - SIRTI

a.gilardi@sirti.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Monitoraggio in servizio dei flussi di traffico e dei cronosegnali nelle interconnessioni tra reti PDH/SDH/ATM

STEFANO SANTONI  
LUIGI BELLATO

*L'evoluzione degli standard delle gerarchie numeriche ha introdotto, con i nuovi sistemi SDH (Synchronous Digital Hierarchy) e ATM (Asynchronous Transfer Mode), una capacità di controllo intrinseca nei segnali presenti in rete, mediante informazioni ausiliarie (overhead), che consentono di aumentare l'efficienza nell'esercizio e nella manutenzione.*

*È tendenza diffusa considerare gli elementi di rete, costituiti dagli apparati trasmissivi, come oggetti destinati a svolgere sia le funzioni di trasporto del traffico, sia l'elaborazione dei dati relativi alla gestione, sostituendo in pratica la tradizionale strumentazione. Il contributo analizza le effettive possibilità offerte dalla tecnologia attuale nei riguardi di questo doppio compito richiesto agli elementi di rete e propone, come soluzione alternativa, un sistema di monitoraggio basato sugli standard internazionali noti come INMS (In-service Non-intrusive Monitoring Systems). Gli aspetti del controllo della qualità del servizio QoS (Quality of Service) e della diagnostica sono trattati soprattutto dal punto di vista delle esigenze che sorgono in corrispondenza dei punti di confine, intesi come interconnessioni tra gestori diversi, o tra gestore e utente, con l'obiettivo di verifica dello SLA (Service Level Agreement) definito contrattualmente.*

### 1. Introduzione

Il controllo della qualità di un servizio di telecomunicazioni può essere effettuato in corrispondenza dei vari strati del modello di riferimento OSI, in quanto la presenza di eventuali degradi può essere messa in luce attraverso la misura delle caratteristiche del mezzo trasmissivo, oppure, come caso limite, osservando le prestazioni del servizio finale in corrispondenza dello strato logico applicativo.

Gli aspetti del servizio cui si fa riferimento in questo contributo riguardano i criteri di controllo della qualità, la *QoS (Quality of Service)*.

Si fa riferimento in particolare a un *Sistema di Performance Monitoring*, termine con cui si indica il complesso di risorse utilizzate dal gestore della rete, per verificare che i parametri di qualità corrispondano a quelli pianificati o a quelli concordati con l'utente.

Sebbene il problema del Performance Monitoring sia di carattere generale, i parametri da controllare devono essere di volta in volta specializzati secondo il tipo di servizio di rete offerto, che può essere in particolare:

- servizio portante su linee dedicate affittate;
- servizio portante ATM cell relay;
- servizio portante Frame-Relay.

In questi casi conviene naturalmente evitare che i malfunzionamenti siano rilevati dall'utente finale prima che dal fornitore di servizio (*service provider*), specialmente per i degradamenti e per i guasti che coinvolgono un gran numero di utenti. Il controllo dello strato fisico, nei casi in cui può essere fatto con sufficiente efficacia, rappresenta perciò un mezzo fondamentale per garantire un servizio di telecomunicazioni, che risulterà di buona qualità se trasportato su una rete trasmissiva funzionante in modo corretto e conforme agli standard.

Nel passato, anche in quello più recente, si considerava come prassi usuale per il controllo della qualità dei collegamenti numerici tra estremo ed estremo, la verifica della qualità, espressa come tasso di errore, effettuata in sede di prenotazione (di *Commissioning* o di *Provisioning*) del collegamento, mediante misure fuori servizio. Il controllo durante il servizio era tradizionalmente riservato ai collegamenti numerici a lunga distanza, caratterizzati da criticità di configurazione, come nel caso di linee con rigeneratori intermedi, oppure da criticità del mezzo, come nel caso di sistemi radio.

L'introduzione della nuova gerarchia SDH ha portato a un notevole miglioramento di prestazioni, nei riguardi del *Performance Monitoring*, in quanto il

- [4] Rekhter, Y.; Davie, B.; Katz, D.; Rosen, E.; Swallow, G.: *Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview*. Internet Engineering Task Force RFC 2105, febbraio 1997.
- [5] Newman, P.; Edwards, W.: *Transmission of Flow Labelled IPv4 on ATM Data Links Ipsilon Version 1.0*. Internet Engineering Task Force RFC 1954, maggio 1996.
- [6] *MultiProtocol Encapsulation Over ATM*. ATM Forum AF-MPOA 0087.00, luglio 1997.

Antonella Gilardi, Sante Naso - SIRTI

a.gilardi@sirti.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Monitoraggio in servizio dei flussi di traffico e dei cronosegnali nelle interconnessioni tra reti PDH/SDH/ATM

STEFANO SANTONI  
LUIGI BELLATO

*L'evoluzione degli standard delle gerarchie numeriche ha introdotto, con i nuovi sistemi SDH (Synchronous Digital Hierarchy) e ATM (Asynchronous Transfer Mode), una capacità di controllo intrinseca nei segnali presenti in rete, mediante informazioni ausiliarie (overhead), che consentono di aumentare l'efficienza nell'esercizio e nella manutenzione.*

*È tendenza diffusa considerare gli elementi di rete, costituiti dagli apparati trasmissivi, come oggetti destinati a svolgere sia le funzioni di trasporto del traffico, sia l'elaborazione dei dati relativi alla gestione, sostituendo in pratica la tradizionale strumentazione. Il contributo analizza le effettive possibilità offerte dalla tecnologia attuale nei riguardi di questo doppio compito richiesto agli elementi di rete e propone, come soluzione alternativa, un sistema di monitoraggio basato sugli standard internazionali noti come INMS (In-service Non-intrusive Monitoring Systems). Gli aspetti del controllo della qualità del servizio QoS (Quality of Service) e della diagnostica sono trattati soprattutto dal punto di vista delle esigenze che sorgono in corrispondenza dei punti di confine, intesi come interconnessioni tra gestori diversi, o tra gestore e utente, con l'obiettivo di verifica dello SLA (Service Level Agreement) definito contrattualmente.*

### 1. Introduzione

Il controllo della qualità di un servizio di telecomunicazioni può essere effettuato in corrispondenza dei vari strati del modello di riferimento OSI, in quanto la presenza di eventuali degradi può essere messa in luce attraverso la misura delle caratteristiche del mezzo trasmissivo, oppure, come caso limite, osservando le prestazioni del servizio finale in corrispondenza dello strato logico applicativo.

Gli aspetti del servizio cui si fa riferimento in questo contributo riguardano i criteri di controllo della qualità, la *QoS (Quality of Service)*.

Si fa riferimento in particolare a un *Sistema di Performance Monitoring*, termine con cui si indica il complesso di risorse utilizzate dal gestore della rete, per verificare che i parametri di qualità corrispondano a quelli pianificati o a quelli concordati con l'utente.

Sebbene il problema del Performance Monitoring sia di carattere generale, i parametri da controllare devono essere di volta in volta specializzati secondo il tipo di servizio di rete offerto, che può essere in particolare:

- servizio portante su linee dedicate affittate;
- servizio portante ATM cell relay;
- servizio portante Frame-Relay.

In questi casi conviene naturalmente evitare che i malfunzionamenti siano rilevati dall'utente finale prima che dal fornitore di servizio (*service provider*), specialmente per i degradamenti e per i guasti che coinvolgono un gran numero di utenti. Il controllo dello strato fisico, nei casi in cui può essere fatto con sufficiente efficacia, rappresenta perciò un mezzo fondamentale per garantire un servizio di telecomunicazioni, che risulterà di buona qualità se trasportato su una rete trasmissiva funzionante in modo corretto e conforme agli standard.

Nel passato, anche in quello più recente, si considerava come prassi usuale per il controllo della qualità dei collegamenti numerici tra estremo ed estremo, la verifica della qualità, espressa come tasso di errore, effettuata in sede di prenotazione (di *Commissioning* o di *Provisioning*) del collegamento, mediante misure fuori servizio. Il controllo durante il servizio era tradizionalmente riservato ai collegamenti numerici a lunga distanza, caratterizzati da criticità di configurazione, come nel caso di linee con rigeneratori intermedi, oppure da criticità del mezzo, come nel caso di sistemi radio.

L'introduzione della nuova gerarchia SDH ha portato a un notevole miglioramento di prestazioni, nei riguardi del *Performance Monitoring*, in quanto il

segnale impiegato a livello fisico ha in sé la capacità di rivelare gli errori trasmissivi sia sulla tratta completa da utente a utente sia in corrispondenza dei vari segmenti di rete, corrispondenti alla sezione di rigenerazione (*RS*), sezione di moltiplicazione (*MS*) e collegamento completo (*Path*). Tuttavia la coesistenza di reti *SDH* e *PDH* (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), come pure il fatto che le interfacce fisiche verso la maggior parte degli utenti finali saranno ancora per lungo tempo di tipo *PDH*, rende necessaria l'integrazione delle capacità potenziali di controllo insite nelle trame di moltiplicazione *SDH* con i controlli possibili, in base agli standard, sui segnali *PDH*.

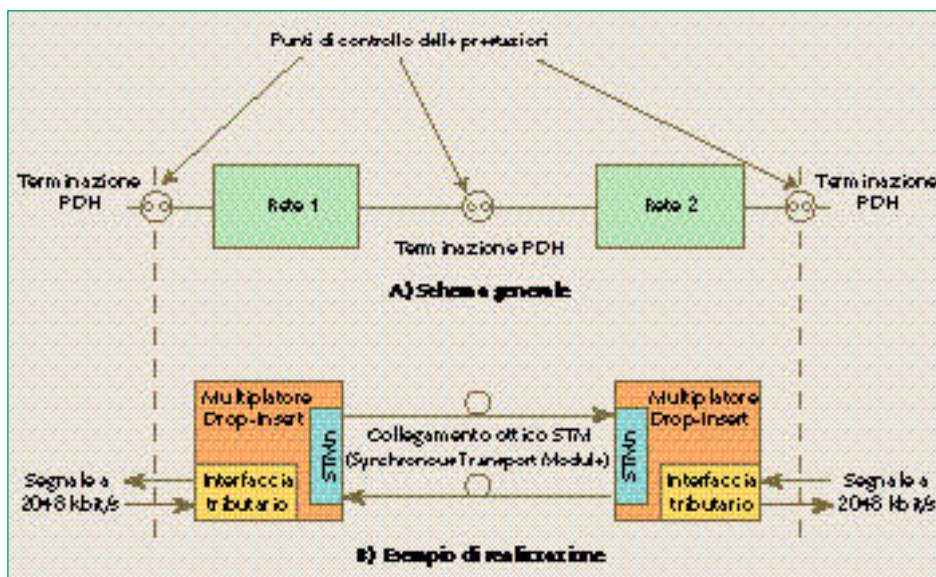


Figura 1 Servizio di trasporto su portante ottico SDH con interfacce asincrone.

Il caso più frequente è rappresentato dal trasporto di uno o più flussi a 2048 kbit/s su una rete in fibra ottica SDH. A questo proposito va sottolineato il fatto che la trama di moltiplicazione a 2048 kbit/s, che è quasi sempre presente nei collegamenti per servizi telefonici e per servizi dati, prevede, a differenza delle altre trame PDH, un controllo di errore tra terminali molto efficace, mediante il codice ciclico *CRC-4* (*Cyclic Redundancy Check con quattro bit*). Nel caso di interfacce PDH a velocità superiori, l'unico controllo possibile è invece rappresentato dal modello fisso della parola di allineamento, che consente la rivelazione del tasso di errore nell'ipotesi di distribuzione statistica uniforme all'interno della trama.

La situazione descritta porta a considerare l'opportunità di effettuare il controllo della qualità trasmessa sia sui flussi SDH presenti in rete, sia su quelli asincroni trasportati all'interno delle trame *STM-n* (*Synchronous Transport Module con n numero intero*) e forniti all'utente finale secondo lo schema di figura 1, dove si è considerato il caso generale di un flusso PDH trasportato su rete SDH e l'esempio particolare di un collegamento a 2048 kbit/s terminato sulle interfacce di tributario di un moltiplicatore inseritore-

estrattore (*Add-Drop Multiplexer*) con interfacce di linea *STM-n*.

Il controllo di errore sulle interfacce terminali PDH è possibile a condizione che si tratti di segnali strutturati secondo gli standard contenuti nelle Raccomandazioni ITU-T G.704/G.751, come di solito si verifica nelle reti attuali. In caso contrario è necessario esaminare i livelli del modello OSI, superiori al livello fisico, ossia il livello di "collegamento dati" o il livello di "rete".

Si deve quindi conoscere, almeno con un certo dettaglio, il tipo di servizio offerto all'utente finale. Ad esempio, occorre sapere, o rivelare automaticamente,

se viene fornito un servizio Frame-Relay, ATM o IP e quindi esaminare i bit di controllo di parità associati alle trame Frame-Relay, alle celle ATM o ai pacchetti IP. Un caso abbastanza frequente è rappresentato, ad esempio, dal trasporto di celle ATM su un flusso a 2048 kbit/s o a 34,364 Mbit/s, con trame di moltiplicazione definite dalle Raccomandazioni ITU-T G.804 e G.832: in questo caso il controllo del livello fisico si può effettuare in modo semplice ed efficace anche sul flusso a 34,364 Mbit/s, grazie ad un byte di parità previsto nella trama di moltiplicazione e denominato *byte EM-BIP8* (*Error Monitoring-Bit Parity di ordine 8*).

Da quanto fin qui esposto

si deduce che possono essere considerate le seguenti modalità di controllo dell'errore su un servizio portante:

- controllo di errore sul flusso di trasporto SDH;
- controllo di errore sulle interfacce PDH;
- controllo di errore sulle celle ATM, sulle trame Frame-Relay e sui pacchetti IP.

## 2. Parametri di qualità dei segnali numerici

Le cause di degrado di un servizio di trasporto in una rete numerica possono essere molteplici e vanno da un'errata configurazione o riconfigurazione della rete, agli effetti di transitori di permutazione, alla non-disponibilità di risorse in presenza di congestione di traffico, a disturbi momentanei dovuti a induzioni, a manovre di manutenzione e a malfunzionamenti degli elementi di rete. Le moderne tecnologie, basate su impiego di fibre ottiche e di apparati SDH di ultima generazione, hanno portato a un notevole miglioramento della qualità. Ma vanno d'altro canto tenuti presenti due nuovi aspetti: anzitutto l'aumento delle esigenze e delle aspettative degli utenti, come conseguenza di nuovi servizi offerti; in secondo luogo,

lo sviluppo di reti adatte a traffico statistico e dotate di alta potenzialità, come l'ATM, per quanto riguarda la condivisione di risorse tra più utenti, ma basate spesso sul principio del "best effort" (cioè senza garanzia sulle caratteristiche di qualità dei dati trasportati) e quindi con il rischio, sia pure limitato, di trovarsi in condizioni di risorse di rete inadeguate.

Diviene pertanto fondamentale adottare, tra il cliente e il gestore, un approccio basato su uno *SLA* (*Service Level Agreement*), che, nel caso di un servizio di trasporto - oltre ai guasti, che determinano l'indisponibilità del servizio - deve tener conto delle due cause principali di deterioramento di un flusso numerico, ossia:

- tasso di errore, *BER* (*Bit Error Rate*), espresso come percentuale di bit o di pacchetti errati in ricezione;
- rumore di fase, suddiviso a sua volta in jitter e wander, secondo il contenuto spettrale, con una frequenza di separazione di 10 Hz.

Al posto del BER è più conveniente fare riferimento ai parametri di qualità definiti dalla Raccomandazione ITU-T G.826, ossia: la percentuale di secondi disponibili, *ASR* (*Available Second Ratio*), la percentuale di secondi con errori, *ESR* (*Errored Second Ratio*), la percentuale di secondi con numerosi errori, *SESR* (*Severely Errored Second Ratio*), la percentuale di blocchi errati "di fondo", *BBER* (*Background Block Error Ratio*)<sup>1</sup>.

Poiché un segnale dati è trasmesso in genere a blocchi, costituiti da trame, da celle o da *PDU* (*Packet Data Unit*), la tendenza è di fare riferimento a blocchi errati e quindi alla *BBER*, piuttosto che al conteggio dei singoli bit errati. I secondi molto "errati", *SES* (*Severely Errored Seconds*) corrispondono quindi alla presenza di una percentuale di blocchi errati al di sopra di una determinata soglia, fissata al 30 per cento dalla Raccomandazione ITU-T G.826. Inoltre i periodi di indisponibilità corrispondono, secondo la stessa raccomandazione, al persistere di un situazione di *SES* per un periodo prefissato *T*, compreso nell'intervallo fra 2 e 10 s.

Le modalità di rivelazione di errore, che consentono di ottenere un rapporto sulla qualità del servizio basato sui parametri sopra considerati, saranno discusse nei successivi paragrafi 3 e 4, analizzando le tecniche di controllo di errore possibili per i vari tipi di segnali.

Per quanto riguarda il rumore di fase dei cronosegnali, ossia sui segnali che trasportano il sincronismo di rete, il deterioramento che deve essere il più possibile evitato è quello legato agli *slip* dei *buffer* di memoria, provocati da variazioni lente di fase (*wander*) in seguito a variazioni del tempo di propagazione e a meccanismi di movimento di puntatori impiegati per la moltiplicazione e il reinstradamento

nei sistemi SDH. Il fenomeno dello slip può essere descritto considerando il buffer di memoria di una interfaccia di centrale o di un permutatore numerico, dove viene effettuata la commutazione dell'intervallo della trama a 2048 kbit/s.

La centrale, o il permutatore numerico, funzionano con un unico orologio di bit e un unico orologio di trama, per tutti i segnali a 2048 kbit/s entranti e uscenti. Qualora uno di questi ultimi, pur mantenendosi perfettamente sincrono in frequenza, presenti variazioni della fase assoluta, la memoria è svuotata o riempita, allo scopo di mantenere il sincronismo di bit e di trama. Se la variazione picco-picco della fase supera una soglia, determinata dalla dimensione della memoria che di solito corrisponde ad una trama di 125  $\mu$ s, si ha uno slip, in quanto la logica di controllo dà luogo a un riposizionamento del buffer, per evitarne il trabocco. Lo slip avviene senza perdita di allineamento, ma con inevitabile cancellazione o ripetizione di una trama di 125  $\mu$ s. L'effetto sul servizio finale fornito all'utente è rappresentato dai seguenti fenomeni, che sono qui riportati a titolo di esempio:

- click udibile sulla voce, nel caso di un segnale fonico PCM a 64 kbit/s e click multiplo nel caso di *ADPCM* (*Adaptive Differential PCM*) a 32 kbit/s;
- burst di errore sui dati, nel caso di modem in banda fonica;
- blocchi errati nel caso di linea affittata o commutata a 56 kbit/s od a 64 kbit/s;
- perdita di alcune righe nel caso di servizio in facsimile.

Oltre a questi deterioramenti nei servizi, propri della rete PSTN/ISDN, va considerato l'effetto che lo stesso fenomeno può produrre sui segnali video compressi *MPEG2* (*Motion Pictures Experts Group type 2*), che presuppongono, in linea di principio, che il segnale ricevuto sia perfettamente sincronizzato con un riferimento di temporizzazione generato localmente.

In base a quanto detto sopra, si può dedurre che il rumore di fase può costituire un problema a volte più serio della presenza di errori, anche perché non è controllato lungo la catena della rete di trasporto, non avendo effetto sul segnale che interessa gli apparati trasmissivi. Questi ultimi infatti ricostruiscono il segnale ricevuto mediante la temporizzazione ricavata dal segnale stesso e qualora si verifichi una dissintonia rispetto all'orologio locale, nel caso dell'SDH provvedono a rimettere in fase il segnale mediante il meccanismo del movimento dei puntatori.

Per il controllo della qualità del segnale ricevuto, è quindi importante verificare, oltre al tasso di errore, anche il rumore di fase associato alla temporizzazione che viene trasportata insieme al segnale. I parametri da controllare sono specificati dagli standard ITU-T ed ETSI relativi al sincronismo delle reti e si possono riassumere nelle due seguenti grandezze: massimo errore nell'intervallo di tempo, *MTIE* (*Maximum Time Interval Error*), e deviazione di tempo, *TDEV* (*Time DEVIation*).

La misura di queste due grandezze va eseguita sui cronosegnali, che possono coincidere con gli stessi segnali che trasportano il traffico. Nell'interconnessione fra gestore e cliente, oppure fra due gestori, occorre considerare, oltre all'interfaccia legata al segnale utile, anche quella di sincronizzazione, come

<sup>(1)</sup> Il parametro *BBER*, prescritto dalla Raccomandazione ITU-T G.826, è utile per definire la qualità di un collegamento destinato al trasporto di dati a pacchetto. La definizione dei "blocchi errati", ossia della loro dimensione e della soglia di errore, dipende dall'applicazione e dal tipo di segnale.



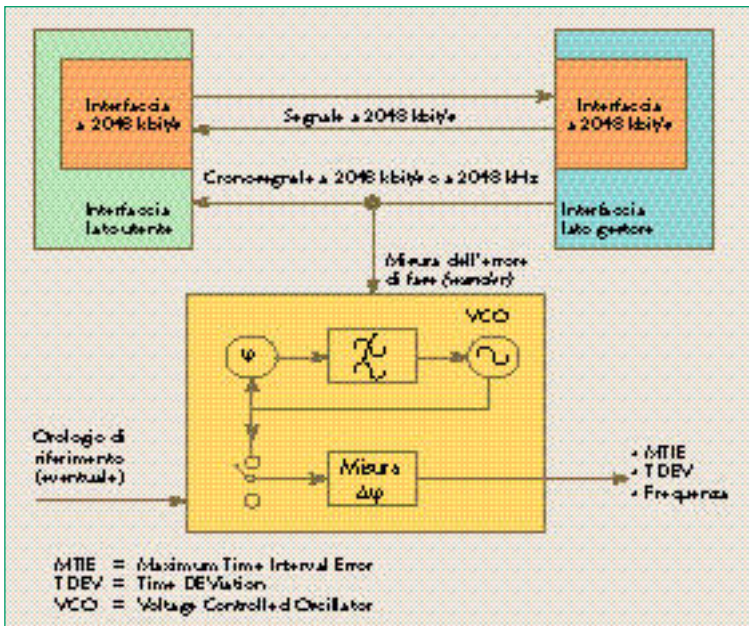


Figura 2 Schema funzionale per il controllo della sincronizzazione in un servizio con portante a 2048 kbit/s.

indicato in figura 2, nella quale si suppone che venga fornito all'utente un segnale a 2048 kbit/s, insieme con il corrispondente orologio a 2048 kHz.

Quest'ultimo può, dal punto di vista del livello fisico, coincidere con lo stesso segnale a 2048 kbit/s e la sua qualità viene verificata con due possibili modalità:

- controllo di frequenza e di fase mediante il confronto con un orologio di riferimento, che si suppone disponibile presso il cliente finale;
- controllo della sola fase, mediante un confronto con un orologio locale che si aggancia, con una costante di tempo opportunamente lunga, a quello da misurare.

Nel caso della gerarchia SDH, la regola comunemente adottata è di trasportare il segnale di sincronizzazione sullo stesso segnale di linea STM-n. In corrispondenza di un punto di confine tra due gestori, dove si interconnettono le rispettive reti SDH, per il

monitoraggio può essere applicato lo stesso schema di principio visto sopra, estendendolo al caso di segnale STM-n e tenendo presente che in molti casi, anche nelle reti SDH, il cronosegnale è costituito da un segnale con frequenza 2048 kHz o con velocità di cifra a 2048 kbit/s.

### 3. Controllo di errore nei sistemi PDH ed SDH

Nella tabella 1 sono riassunti i criteri dedotti dalle Raccomandazioni ITU-T, in base alle quali può essere effettuato il monitoraggio degli errori sui segnali numerici durante il servizio.

Dalla tabella si nota come il controllo di errore sui *virtual container* dei flussi SDH sia effettuato in modo esteso, mediante bit di parità distribuiti nella trama in corrispondenza dei vari livelli del segnale. Tuttavia, nel caso di trasporto di segnali a 2048 kbit/s sul VC12 (*Virtual Container 12*), che costituisce oggi il caso più importante dell'interconnessione verso gli utenti, può non

essere sufficiente, in alcuni casi, la verifica dei soli bit di parità nella trama STM1.

Un monitoraggio di errore che tenga conto di tutti gli aspetti di rete e di servizio dovrebbe infatti effettuare, in corrispondenza dell'interfaccia tra cliente e gestore, sia il controllo degli errori sul VC12, (mediante il codice di parità trasportato sul campo BIP-2 del byte V5 contenuto nel virtual container) sia il controllo degli errori sul codice CRC4 inserito nella trama del segnale plesiocrono.

È opportuno effettuare questo doppio controllo sia per separare i contributi dovuti al trasporto SDH da altre cause eventuali, sia per tener conto che il codice di parità ottenuto con due bit del byte V5 può risultare insufficiente. Infatti, un codice di rivelazione di errore può essere caratterizzato mediante la sua efficienza, espressa come probabilità di rivelare la presenza di errore in funzione del BER effettivo. Questa efficienza ha in genere un andamento rappre-

Tipo di segnale	Criterio di monitoraggio degli errori	Capacità dedicata al controllo
Segnale PDH a 2048 kbit/s	CRC4 e bit E	1 bit ogni 125 μs
Segnali PDH > 2048 kbit/s	Controllo della parola di allineamento	0 bit
Segnali PDH STM-N	Controllo della parità sulla sezione di rigenerazione (B1-BIP8) Controllo della parità sulla sezione di moltiplicazione (B2-BIP24)	8 bit ogni 125 μs 24 bit ogni 125 μs
Virtual-Container SDH	Controllo del VC4 e VC3 (B3-BIP8) Controllo del VC12 (V5-BIP2)	1 bit ogni 125 μs 2 bit ogni 500 μs

Tabella 1 Criteri per il controllo degli errori nei segnali di sistemi PDH o SDH.

sentato in modo qualitativo nella figura 3, nella quale sono stati distinti due casi:

- il primo, nel quale l'efficienza del codice presenta un minimo in corrispondenza di un determinato valore di BER;
- il secondo, dove l'efficienza presenta un andamento monotono.

Il secondo caso corrisponde al codice di parità adottato nel byte V5 del VC12, che non soddisfa perciò alla condizione fissata dalla Raccomandazione ITU-T G.826, che prescrive che, nel caso peggiore, l'efficienza del codice non sia inferiore al 90 per cento.

L'efficienza del codice di parità sul byte V5 non è tuttavia il solo motivo che suggerisca il monitoraggio del CRC4, effettuato mediante un sistema esterno agli apparati trasmissivi, nei collegamenti da terminale a terminale a 2048 kbit/s.

Va infatti considerato che il collegamento potrebbe essere costituito da tratti SDH e PDH in cascata e inoltre appare piuttosto difficile, anche se fattibile, che gli apparati SDH, unitamente al relativo sistema di gestione, possano tener sotto controllo tutte le porte a 2048 kbit/s, rilevando con continuità i parametri di errore, con un dettaglio spinto fino al secondo. Se si considera infatti il caso di un permutatore numerico 4/3/1 SDH, con capacità di 128 porte STM1 equivalenti, esso può avere fino a 8192 porte a 2048 kbit/s, e di ciascuna di esse deve controllare, in ogni condizione, la disponibilità, la configurazione e la corretta connessione nella matrice dei VC. Le risorse di elaborazione da dedicare al controllo della qualità dei flussi dovranno perciò essere considerate a più bassa priorità, anche nei casi, per altro non generali, nei quali l'hardware delle porte di accesso PDH sia predisposto per il controllo del CRC4.

#### 4. Controllo di errore su segnali ATM e Frame-Relay

I portanti SDH e PDH sono sempre più frequentemente impiegati per il trasporto di dati su circuiti logici virtuali realizzati in tecnica Frame-Relay o ATM. In questi casi il controllo degli errori sullo strato fisico può risultare insufficiente perché i nodi di commutazione possono cancellare o inserire erroneamente un pacchetto IP, una trama Frame-Relay o una cella ATM a monte dell'interfaccia fisica. È quindi necessario effettuare il controllo della qualità a livello-2 (*Data Link*) della pila OSI.

Nel caso del Frame-Relay il controllo di errore è fatto sul codice di parità CRC16 ottenuto mediante i due ultimi byte di ciascuna trama, dedicati al campo denominato *FCS* (*Frame Check Sequence*). Inoltre, per controllare eventuali cancellazioni o inserimenti errati delle trame, può essere effettuata una misura sul protocollo di livello superiore - corrispondente al livello OSI di rete - oppure sul livello di trasporto.

Nel caso di un servizio ATM, gli standard prevedono un controllo di errore soltanto sulla parte di servizio (*header*) delle celle, mediante un codice ciclico di parità CRC8. Il controllo di errore sul

contenuto informativo (*payload*) della cella deve essere effettuato misurando in ricezione i pacchetti di celle corrispondenti allo strato di adattamento *AAL* (*ATM Adaptation Layer*), dopo aver individuato il tipo di *AAL* impiegato all'interno del circuito virtuale *VP/VC* (*Virtual Path/Virtual Circuit*) considerato. Nel caso di adattamento del tipo *AAL-1*, adottato nei servizi a velocità di cifra costante *CBR* (*Constant Bit Rate*) lo standard ATM prevede un formato delle celle con un campo riservato ad un *sequence number* di tre bit, che numera le celle modulo-8, mediante il quale si può verificare se si sono perse celle o se sono state male inserite.

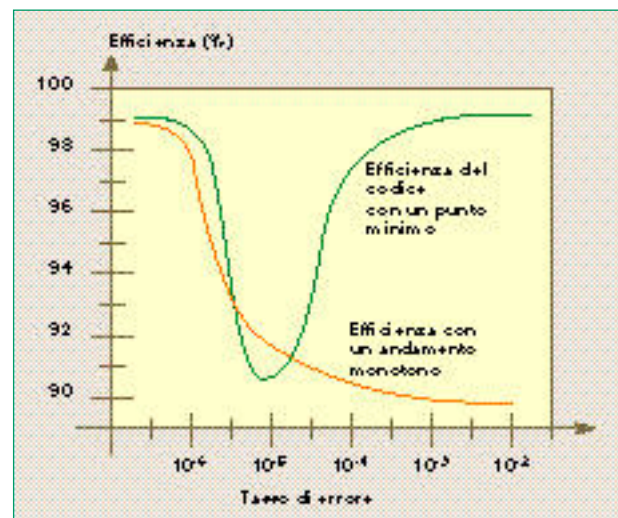


Figura 3 Andamenti tipici dell'efficienza di un codice per la rivelazione di errore.

Nel caso di adattamento di tipo *AAL-5*, prevalentemente usato in servizi a bit rate variabile *VBR* (*Variable Bit Rate*), il formato dei pacchetti di celle prevede un controllo mediante codice CRC, degli errori sul pacchetto globale, oltre al controllo della sua lunghezza, espresso in numero di celle.

Le considerazioni qui riportate suggeriscono l'opportunità di effettuare il monitoraggio dei collegamenti ATM e Frame-Relay mediante i sistemi esterni ai nodi di rete. Infatti questi ultimi trattano le celle, o le trame, singolarmente, senza associarle ai messaggi di livello superiore; non sono perciò in grado di controllare la qualità e l'integrità dei segnali in transito, mentre d'altro canto possono introdurre una cancellazione, o più di frequente un ritardo delle celle o delle trame in presenza di congestione o in presenza di errori di trasmissione. In generale, infatti, una cella ATM è scartata dal nodo qualora il suo header risulti affetto da errore non correggibile, e altrettanto accade per le trame Frame-Relay in cui il codice di parità contenuto nei byte FCS risulti errato.

In una rete di trasporto Frame-Relay o ATM, è pertanto utile prevedere, in corrispondenza dell'interconnessione tra utente e rete (interfaccia *UNI*, *User Network Interface*), un sistema di monitoraggio non intrusivo e in-servizio, che abbia le funzioni indicate in figura 4. L'esempio può essere esteso al caso di

interconnessione fra i nodi di rete, per l'interfaccia *NNI (Network Network Interface)*, come pure al caso del trasporto di protocolli IP su flussi PDH.

5. Monitoraggio della qualità nei punti di confine

L'applicazione dei principi di monitoraggio in servizio descritti nei precedenti paragrafi assume particolare interesse se rivolta alle problematiche di confine di competenza tra i diversi gestori della rete pubblica di telecomunicazioni o, all'interno della stessa organizzazione, tra diversi ambiti organizzativi.

Questi casi si possono riscontrare per esempio nelle connessioni PDH/SDH tra gestori a livello nazionale e internazionale, oppure, nell'ambito di uno stesso gestore, nella fornitura, da parte del settore responsabile delle infrastrutture, di servizi portanti alle divisioni interne responsabili delle reti dati.

Le problematiche che si vogliono in questa sede affrontare, ricadono nel campo delle possibili applicazioni del monitoraggio ai fini della sorveglianza della qualità trasmissiva e/o della sincronizzazione, trascurando altri aspetti che possono essere considerati, come il controllo della qualità del servizio trasportato (fonia, facsimile, dati) o della segnalazione (controllo del traffico, tariffazione, rilevazione del call back).

I parametri di misura tipici, previsti dalle Raccomandazioni ITU-T G.826, G.821 ed M.2100, consentono di valutare con precisione il degrado del livello qualitativo del servizio offerto e sono calcolati effettuando il monitoraggio in servizio su ogni singolo flusso. Poiché queste misure sono caratterizzate da tempi di osservazione medio o lunghi (15 minuti, 24 ore, un mese) e da risultati sintetici, devono essere realizzati sistemi in grado di concentrare tutti i risul-

tati di misura e di mantenerli in archivio per tempi molto lunghi, con la possibilità di effettuare analisi anche complesse su tutti i flussi (*trend analysis, signature analysis*) in grado di determinare in anticipo possibili cause di degrado.

Nel caso di interconnessioni internazionali tra gestori, la struttura tipica consiste in centri nodali *ISC (International Switching Centres)* magliati fra loro e collegati a centrali di confine *IBCs (International Border Centres)* che si interconnettono con le analoghe centrali dei corrispondenti gestori esteri. Gli ISC sono parte della PSTN nazionale. Le connessioni internazionali tra le IBC nazionali e quelle di altri Paesi possono essere realizzate per esempio via cavo (terrestre o sottomarino), via radio o via satellite.

Le funzioni di monitoraggio necessarie a garantire sia il raggiungimento e il mantenimento degli obiettivi di qualità sia la localizzazione delle competenze (collegamento verso l'estero, collegamento nazionale, ISC o IBC) possono essere riportate ad un monitoraggio continuo della qualità dei segnali scambiati al confine internazionale; oppure ad un monitoraggio continuo o mirato (con dettaglio delle anomalie) dei segnali contenuti nel flusso fisicamente scambiato con l'altro gestore: questo controllo è necessario in quanto i segnali effettivamente oggetto dello scambio con la controparte estera sono di norma multiplati nel flusso fisicamente scambiato. È inoltre importante controllare l'interconnessione tra ISC e ISC e tra ISC e IBC per identificare eventuali degradi terminati dai collegamenti trasmissivi nazionali.

Un secondo esempio che pone in risalto l'importanza del problema del confine di competenza è quello delle reti ATM. Nello scenario attuale è comune che l'*SP (Service Provider)* ATM affitti dal gestore dominante o da quelli emergenti linee dedicate ad alta velocità per le connessioni tra i propri

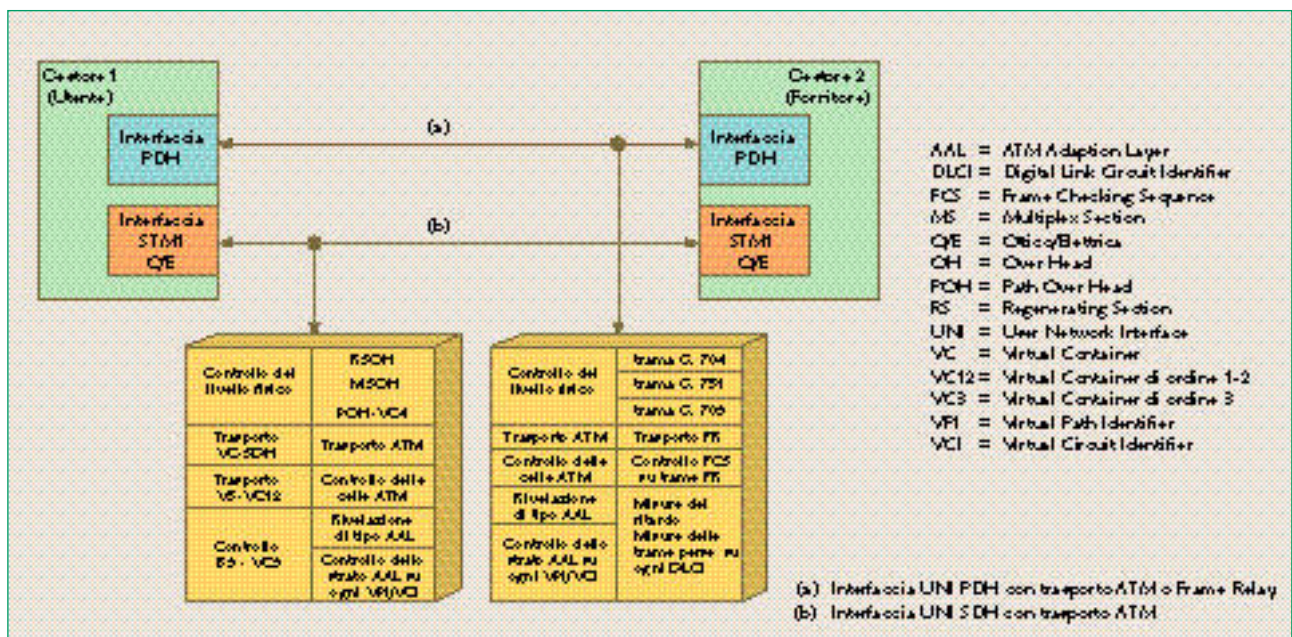


Figura 4 Funzioni di un sistema di controllo effettuato all'esterno dei nodi di rete.

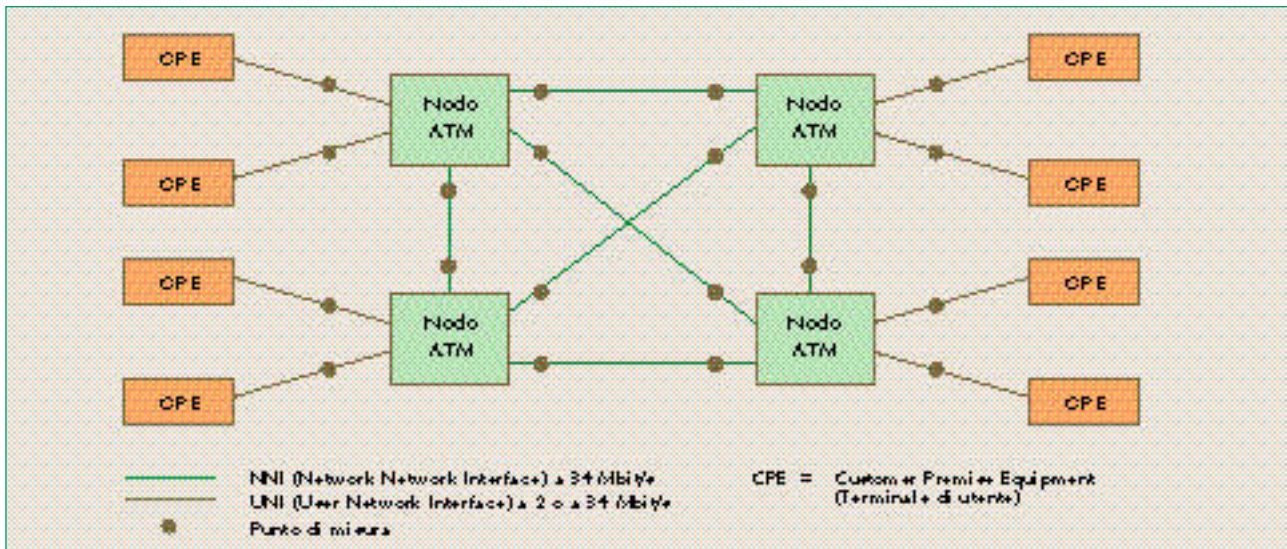


Figura 5 Schema di rete ATM.

nodi e verso gli utenti.

Una situazione altrettanto comune è rappresentata dal caso in cui uno dei Service Provider ATM sia controllato (più o meno direttamente) dallo stesso gestore dominante.

Il rapporto di fornitura tra due gestori è caratterizzato da uno *SLA (Service Level Agreement)*, che indica il livello pattuito di QoS atteso. Occorre anche sottolineare che i due attori (fornitore di servizio e gestori della rete fissa) possono essere più o meno direttamente concorrenti, e esaltano così il problema della sorveglianza dei confini di competenza.

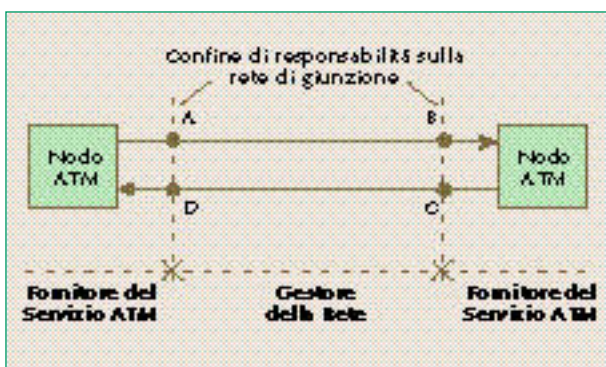


Figura 6 Confini di competenza nella rete di trasporto.

Fra i vari aspetti competitivi (tassazione, servizio, assistenza), una componente importante è il QoS percepito dall'utente, per la cui valutazione gioca in modo significativo la qualità trasmissiva delle linee a livello di connessione e di accesso.

Nella figura 5 è schematizzata una rete ATM (analoghe considerazioni possono essere applicate anche a reti Frame Relay o reti dati in genere): in essa sono riportati i punti di misura che permettono la determinazione del QoS e la determinazione della

competenza in caso di anomalia o di guasto.

Per la semplice determinazione della qualità trasmissiva può essere sufficiente il monitoraggio a un singolo estremo (B o D di figura 6), grazie alle informazioni di ritorno, quali *FERF (Far End Receive Failure)* e *FEBE (Far End Block Error)*, che consentono il calcolo dei parametri delle prestazioni osservando un solo punto di terminazione. L'adozione di quattro punti di misura (A, B, C, D di figura 6) consente di localizzare l'origine dei problemi (lato nodo o lato linea) e quindi di determinare la competenza di eventuali anomalie. Considerazioni simili possono essere applicate alle interfacce *UNI (User Network Interface)*.

## 6. Conclusioni

In questo testo sono stati esaminati i problemi legati al controllo della qualità di una rete numerica, considerando i parametri legati alla presenza di errori e quelli legati al rumore di fase del segnale di temporizzazione.

È stata messa in evidenza come la misura dei parametri di qualità, legati alla definizione di un *Service Level Agreement*, rivesta particolare importanza nei punti di confine, che coincidono con l'interconnessione tra gestori oppure nell'interfaccia di accesso tra cliente e gestore. In questo contributo sono state indicate le possibilità offerte dagli standard esistenti per il monitoraggio dei flussi numerici mediante sistemi non-intrusivi e in-servizio, che possono sostituire o integrare le funzioni di controllo delle prestazioni (*Performance Monitoring*) normalmente effettuate dagli elementi di rete.

Stefano Santoni - PLLB Elettronica  
Luigi Bellato - Consulente Telecomunicazioni

s.santoni@pllb.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Scelte strategiche per la rete di accesso fissa

*I principali messaggi che sono stati sottolineati nelle memorie presentate al Convegno sono riconducibili ai punti elencati qui di seguito:*

1. *pianificare nell'incertezza a breve e medio termine sia per il gestore di riferimento sia per i nuovi; l'incertezza si riferisce in particolare a:*
  - *previsioni del traffico;*
  - *evoluzione del contesto della regolamentazione (ad esempio, servizio universale);*
  - *strategia d'interconnessione e relativi costi.*

*Anziché una pianificazione top-down - pilotata da investimenti strategici - è necessaria effettuare una pianificazione bottom-up - pilotata dal business - nella quale la domanda originata dalle applicazioni degli utilizzatori deve essere economicamente giustificata nel breve termine in base allo specifico settore di business in esame;*

2. *grande incertezza nella penetrazione dei nuovi servizi; occorre ipotizzare modelli diversi di penetrazione dei nuovi servizi;*
3. *impiego nella rete d'accesso d'interfacce aperte per tenere conto di un ambiente dove è presente una molteplicità di tecnologie, di fornitori di apparati, di gestori di reti e di servizi. In particolare devono essere "aperte" - standardizzate - le interfacce della rete di accesso: lato cliente (ISDN, ATM 25 Mbit/s, STM-1) e lato centri servizi/reti dorsali (V5.x);*

*4. impiego di una molteplicità di tecniche di accesso che sono pilotate dalla mobilità, dai servizi Internet, dalla TV tematica numerica. Esse riguardano, in particolare, anzitutto l'accesso via satellite, che è una tecnica più "ragionevole" per il trasporto dei servizi diffusivi; in secondo luogo, l'accesso via radio, che risulta complementare all'accesso cablato per il gestore di riferimento, mentre risulta in competizione con tale accesso per i nuovi gestori. In prospettiva tutta la clientela telefonica di base (POTS) potrebbe richiedere la mobilità. Infine, l'accesso via cavo, che deve consentire la massima valorizzazione del patrimonio di cavi in rame esistente, utilizzando ad esempio tecniche ADSL e VDSL; e allo stesso tempo il cablaggio ottico mirato ai segmenti di mercato di sicuro interesse (clientela affari), utilizzando tecniche FTTE, FTTCab, FTTB;*

*In conclusione gli investimenti nelle reti di accesso debbono essere effettuati tenendo presenti le valutazioni tecnico-commerciali, lo stato della rete in rame esistente e lo sviluppo previsto dei servizi.*

*Il Presidente della sessione  
Sergio Treves  
(Alcatel Italia)*

## Scelte strategiche per la rete di accesso fissa

### L'iniziativa Full Service Access Network: dalla definizione dei requisiti alle sperimentazioni in campo

EMILIO VEZZONI  
ADLER TOFANELLI  
UMBERTO FERRERO

*Il processo di evoluzione delle telecomunicazioni in termini di servizi, tecnologie e regolamentazione ha stimolato un crescente interesse per l'innovazione della rete di accesso.*

*Il gruppo internazionale FSAN (Full Services Access Networks), al quale partecipano una ventina fra gestori di telecomunicazioni e costruttori di apparati, ha identificato nei sistemi che impiegano la fibra nella rete di accesso la soluzione ottimale - dal punto di vista dei gestori già in possesso di una infrastruttura di rete fissa - per l'introduzione flessibile e mirata di reti in grado di offrire tutti i tipi di servizio, per soddisfare le specifiche esigenze di utenti residenziali e affari. Come forum spontaneo di comunicazione e di confronto fra le esigenze reciproche di gestori e costruttori, inteso a costruire un ampio consenso che favorisca la creazione di una base di mercato più ampia per l'introduzione dei nuovi apparati di rete di accesso riducendo conseguentemente i costi, il gruppo FSAN ha di recente definito i requisiti fondamentali dei sistemi e degli apparati necessari per realizzare delle architetture di questo tipo. L'articolo si propone di illustrare le motivazioni e gli obiettivi dell'iniziativa FSAN, introducendone l'organizzazione, il processo di analisi delle esigenze dei gestori e i principali risultati ottenuti. Saranno da ultimo descritti i futuri programmi del gruppo.*

#### 1. Introduzione

Negli ultimi anni sono emersi numerosi fattori che stimolano l'innovazione della rete di accesso. L'effetto congiunto di richieste di nuovi servizi, opportunità tecniche e modifiche della regolamentazione ha rimodellato completamente lo scenario delle telecomunicazioni. La sfida per i gestori di rete è duplice: essi devono mantenere la competitività delle tradizionali attività (telefoniche) e, allo stesso tempo, devono ampliare l'offerta con nuovi servizi a larga banda.

##### 1.1 Perché una nuova rete di accesso?

Numerosi gestori di telecomunicazioni si apprestano a rinnovare la rete di accesso con l'obiettivo di introdurre nuovi servizi, di sostituire parti di rete divenute obsolete o di ampliare la rete già realizzata. Le decisioni sugli investimenti destinati all'innovazione devono tenere conto da un lato degli elevati livelli di impegno finanziario richiesti dagli interventi in rete di accesso, dall'altro delle prospettive di ritorno economico.

Le strategie intraprese sono principalmente di due tipi: fornire sulla nuova rete anche i servizi telefonici fin dall'inizio o utilizzare la nuova rete, almeno inizialmente, solo per l'offerta di servizi innovativi, inclusi quelli a larga banda.

La strategia *telephony first* è per esempio preferita da DTAG, SouthWestern Bell e dalla NTT, la

seconda strategia è invece favorita da BT, BellSouth e da France Télécom.

In entrambi i casi l'obiettivo finale è la realizzazione di una rete di tipo *full services* in grado di soddisfare contemporaneamente le esigenze dell'utenza residenziale e di quella affari, favorendo processi di rinnovamento globale della rete, in termini di arretramento delle centrali telefoniche (e riduzione del loro numero), di introduzione di centrali a larga banda e di razionalizzazione della gestione complessiva della rete e dei servizi.

##### 1.2 Perché una rete full services?

Il rinnovamento della rete di accesso costituisce quindi una delle grandi sfide per i maggiori gestori mondiali di telecomunicazioni. La capillarità di questo segmento di rete impone però stringenti vincoli di costo sulle architetture e sugli apparati da utilizzare.

Le prospettive di introduzione di nuovi servizi, anche se talvolta non ancora ben individuati, favorisce un profondo riesame della rete e del suo utilizzo, sfruttando le caratteristiche delle nuove tecnologie in termini di prestazioni trasmissive, funzionalità gestionali e processi organizzativi. All'offerta combinata di vecchi e nuovi servizi deve corrispondere un esercizio più efficiente e remunerativo.

I requisiti di efficienza e flessibilità trovano risposta adeguata nelle soluzioni di rete integrate, dette *full*

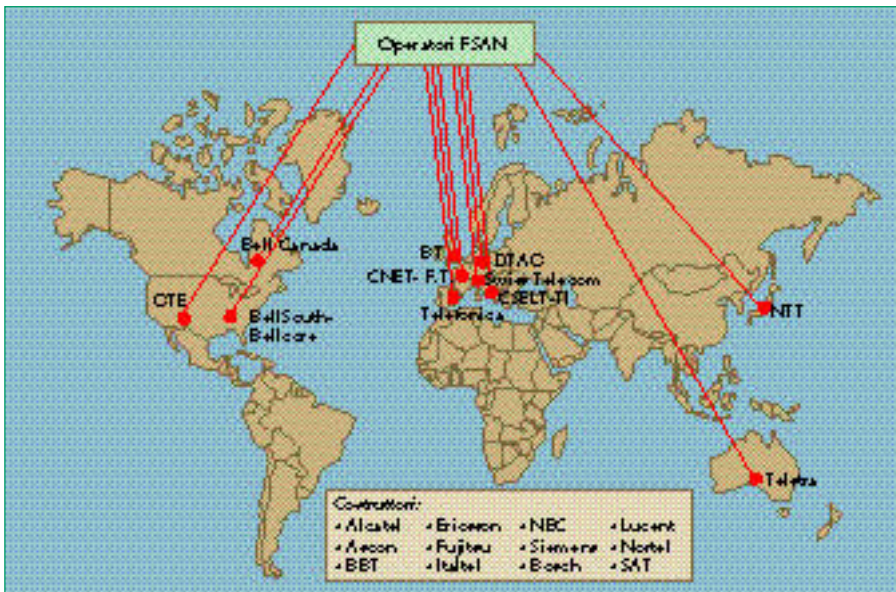


Figura 1 Partecipanti all'iniziativa FSAN (Full Services Access Networks) nel dicembre 1997.

diversi Paesi. I partecipanti a FSAN (figura 1) hanno ritenuto che, definendo soluzioni condivise da un gruppo di gestori fra i più importanti nel campo delle telecomunicazioni, sia possibile raggiungere, sulla base di specifiche comuni, il volume critico che rende economicamente conveniente la messa in servizio delle reti di accesso *full services*, in tempi brevi. Il lavoro del gruppo FSAN si è svolto in tre fasi di cui due già terminate e una terza in corso (figura 2). La prima (luglio '95-giugno '96), che si è conclusa con sei relazioni alla FSAN Conference tenuta a Londra il 20 giugno 1996, ha individuato i vincoli di natura tecnica ed economica che limitano l'introduzione delle reti di accesso a banda larga.

*services*, in grado di gestire un'ampia gamma di servizi e utenti. In via di principio tanto gli utenti affari quanto quelli residenziali dovrebbero essere collegati alle stesse reti di accesso. Soluzioni di questo tipo potranno poi essere impiegate in modo efficace in aree caratterizzate da diverse priorità di offerta per i vari servizi.

Negli ultimi due anni, un gruppo di gestori di reti di telecomunicazioni, con l'apporto di produttori di apparati, è stato impegnato nell'iniziativa internazionale *FSAN (Full Services Access Networks)* per creare le condizioni favorevoli allo sviluppo e all'introduzione di sistemi di accesso in grado di trasportare un insieme completo di servizi sia a banda stretta sia a banda larga. Benché le esigenze di ciascun gestore di rete siano diverse da Paese a Paese, in forza del diverso contesto di regolamentazione, finanziario e strutturale, sussistono, nelle necessità delle future reti di accesso, sufficienti punti in comune, tali da suggerire la possibilità di ottenere vantaggi notevoli - e in particolare, la riduzione dei costi - dall'adozione di specifiche condivise.

### 1.3 Il percorso dell'iniziativa FSAN

L'iniziativa FSAN è stata avviata a valle di una discussione informale tra alcuni Direttori dei maggiori centri di ricerca in occasione del cinquantenario dello CNET (Parigi, 14 febbraio 1995). In quella occasione è stata identificata la necessità di superare ostacoli economici (costi) e tecnici per l'introduzione delle reti di accesso a larga banda nei

Quale soluzione maggiormente promettente per l'introduzione di reti di accesso *full services* su larga scala, in grado di soddisfare le necessità di servizio in continua evoluzione degli utenti della rete, è stata individuata la rete ottica passiva a larga banda *BPON (Broadband Passive Optical Network)* basata sulla tecnica ATM. È stato dimostrato che l'approccio con

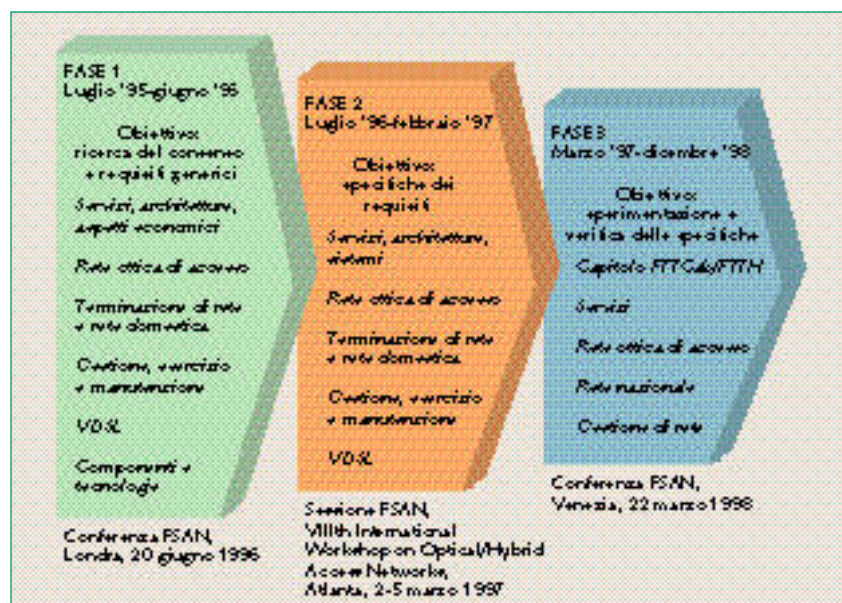


Figura 2 Le tre fasi dell'iniziativa FSAN (Full Services Access Networks).

BPON può sostenere un'ampia gamma di architetture di rete di accesso "FTTx": Fibre To The-Exchange, Cabinet, Curb, Building o Home. Le sei relazioni presentate a Londra sono raccolte in [1].

Il primo passo è consistito nell'individuare solu-

zioni di interesse comune tra i gestori per realizzare una rete di accesso in grado di offrire tutti i tipi di servizi, a banda larga come pure a banda stretta. Queste reti devono essere capaci di offrire sia i servizi già esistenti sia quelli futuri, talvolta non ancora completamente definiti.

L'armonizzazione dei parametri di sistemi e sottosistemi costituenti la rete di accesso, mediante specifiche comuni, è l'obiettivo principale di FSAN, con lo scopo di rendere massimi i volumi potenziali

appartenenti a oltre una ventina di gestori di rete e di società manifatturiere di telecomunicazioni operanti in Europa, Nord America e Giappone, organizzati in sei gruppi di lavoro [2-7].

I risultati dei gruppi di lavoro sono stati strutturati in una lista ordinata di requisiti [8]. È da notare che FSAN, benché non svolga direttamente un'attività volta alla definizione degli standard, da un lato ha recepito e valorizzato alcuni standard già esistenti, dall'altro ha favorito il trasferimento dei propri risultati agli organismi di normativa tecnica [9]. Le relazioni presentate ad Atlanta sono anche raccolte in [10].

## 2. Esigenze dei gestori di rete: ingegneria dei sistemi

La definizione dei requisiti dei sistemi per la rete di accesso *full services* deve considerare le funzioni e le caratteristiche della rete di telecomunicazioni nella sua globalità. La figura 3 mostra in modo schematico l'architettura di rete complessiva: la rete di accesso va studiata congiuntamente con quella di trasporto, considerando anche le funzioni per la gestione e per la segnalazione in modo da assicurarne l'efficienza in condizioni di servizio variabili da gestire a gestore e, in generale, non facilmente prevedibili.

Lo studio sistemistico delle soluzioni FSAN è stato affrontato in due momenti: il primo di analisi dei requisiti di servizio e di rete dei gestori coinvolti, e l'altro di sintesi delle caratteristiche del sistema in termini di architettura, funzionalità e interfacce, illustrate nel prossimo paragrafo.

I principali requisiti richiesti dai gestori ai sistemi FSAN possono essere così riassunti:

- il trasporto dell'informazione avviene, a livello fisico, sotto forma di celle ATM; il traffico IP, o basato su altri protocolli, sarà incapsulato in celle ATM;
- la varietà delle caratteristiche di banda, traffico e penetrazione richiede soluzioni flessibili e modulari, per consentire un efficace dimensionamento di rete e per assicurare l'ampliamento di apparati già installati;
- la rete di accesso deve assicurare contemporaneamente la coesistenza di diversi gestori e diversi fornitori di apparati;
- gli apparati devono consentire l'impiego di diverse tecnologie di trasmissione ad alta velocità su coppie simmetriche, e una efficace realizzazione di soluzioni interamente ottiche, *FTTH (Fiber To The Home)*;
- gli apparati devono poter offrire prestazioni diversificate in base alle esigenze dell'utenza (residenziale e affari) e devono consentire l'integrazione dei servizi a banda stretta e l'offerta di servizi video diffusivi.

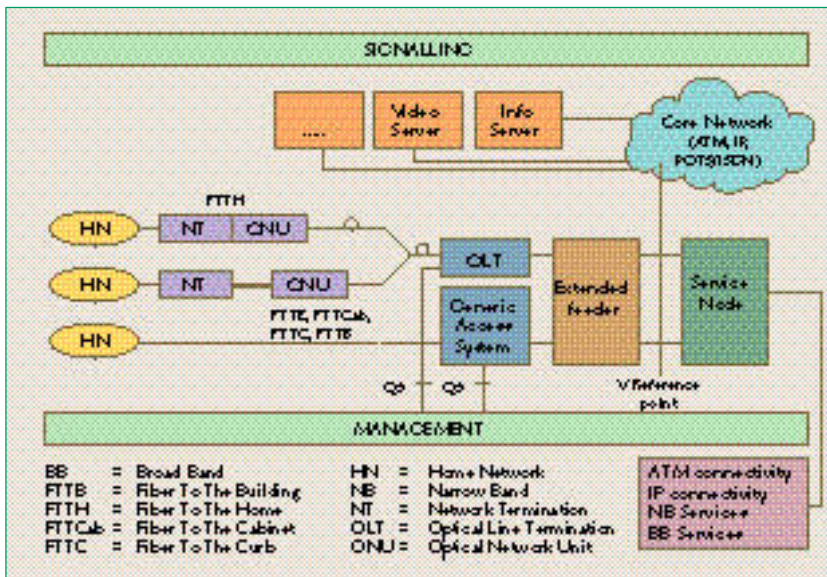


Figura 3 Architettura della rete di riferimento.

creando un mercato di massa e, conseguentemente, favorendo la riduzione dei costi. Le specifiche elaborate inizialmente sono state successivamente riesaminate e concordate con i maggiori costruttori mondiali per verificare i costi e disponibilità tecnologica (ovvero la necessità di un loro sviluppo). Alla prima fase di FSAN hanno aderito: BT, CNET-France Telecom, CELT-Telecom Italia, DTAG, KPN, Telefónica, NTT.

La seconda fase dell'iniziativa FSAN (luglio '96-marzo '97), in cui si sono aggiunti tre nuovi gestori (GTE, BellSouth in collaborazione con Bellcore e Telstra), è stata principalmente dedicata alla specificazione dei requisiti per le reti di accesso *full services*, e ha permesso di identificare un'architettura comune di rete di accesso, verificando la coerenza dei requisiti in precedenza concordati con le caratteristiche globali dell'intera rete e definendo quando necessario requisiti più precisi sulle caratteristiche dei sistemi e dei sottosistemi. Contemporaneamente, è stata avviata una indispensabile attività coordinata di trasferimento dei risultati agli Enti normalizzatori (ITU, ETSI e ATM Forum).

I risultati della seconda fase sono stati presentati in una sessione speciale dedicata a FSAN durante l'*Eighth International Workshop on Optical/Hybrid Access Networks*, Atlanta, 2-5 marzo 1997. Le relazioni sintetizzano il complesso del lavoro svolto da esperti



Le soluzioni interamente ottiche sono state oggetto di un'intensa attività di ricerca durante gli ultimi anni, e meritano alcune riflessioni. Pur non essendo, questi sistemi, ancora utilizzabili in modo generalizzato sia per i costi di impianto (in quanto richiedono la completa ricostruzione della rete di accesso) sia per quelli di apparato (sono necessari ulteriori riduzioni di costo della componentistica ottica), i gestori coinvolti nell'iniziativa FSAN ritengono che l'introduzione delle architetture FTTx favorirà l'avvio mirato delle soluzioni FTTH anche a breve termine. L'impiego dell'architettura FTTH potrebbe iniziare più facilmente in aree di nuova costruzione (*green field*) o in tutte quelle situazioni nelle quali sia comunque necessario eseguire opere civili, indipendentemente dall'installazione della rete di accesso.

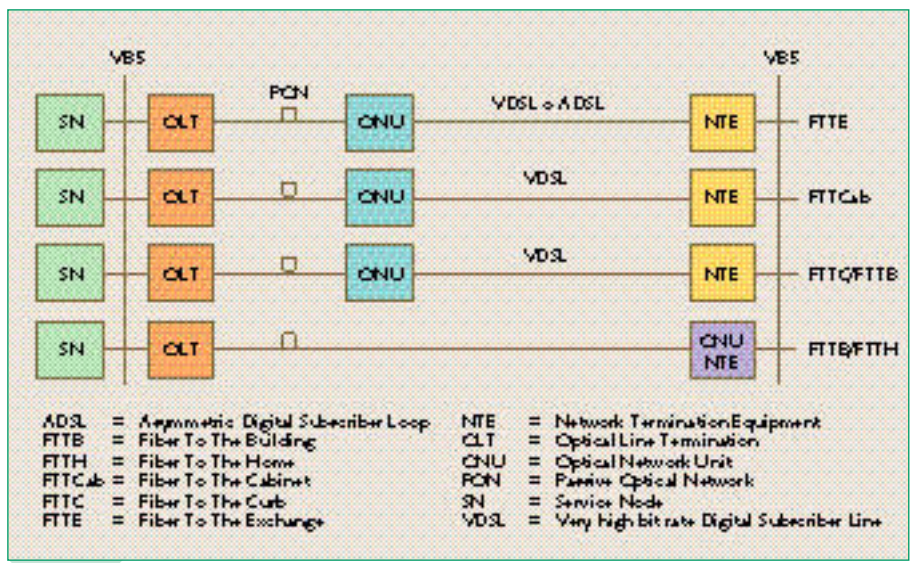


Figura 4 Diverse possibili architetture per la rete di accesso FTTx.

### 3. Architetture, funzionalità e interfacce

L'architettura complessiva dei sistemi FSAN è illustrata nella figura 4: in essa la rete di accesso è stata completata con gli elementi di rete necessari a realizzare una rete di telecomunicazioni completa: nodi di servizio (in base alla nomenclatura definita nella Raccomandazione ITU-T G.902), rete di trasporto, piano della segnalazione e gestione di rete.

La figura mostra le principali caratteristiche architetture:

- la varietà delle caratteristiche di rete e di servizio potrà richiedere sia sistemi di accesso di tipo FSAN, sia di altro tipo, eventualmente già presenti: deve essere assicurata l'interoperabilità di queste reti;
- l'introduzione delle fibre ottiche in rete di accesso e la crescente capacità dei sistemi di commutazione consentono una sostanziale espansione dell'area di copertura di una centrale. L'elemento *extended feeder* rappresenta un possibile ulteriore elemento per l'espansione del bacino di utenza di un nodo di servizio;

- la rete di trasporto si interconnette alla rete di accesso attraverso opportune interfacce in grado di garantire la coesistenza e la separazione dei ruoli di diversi gestori che potranno accedere all'utente in modo omogeneo;
- tutti gli elementi di rete devono essere gestibili, direttamente o indirettamente, attraverso una interfaccia Q3;
- il nodo di servizio può offrire collegamenti tradizionali, ATM, IP o di altro tipo.

Questi elementi costitutivi dei sistemi FSAN possono essere utilizzati per realizzare una varietà di architetture, chiamate FTTx, illustrate nella figura 4. Queste architetture differiscono essenzialmente in base alla collocazione della terminazione di rete ottica.

L'architettura FTTE<sub>Exch</sub>, per esempio, è relativa al collegamento della centrale telefonica locale al nodo a larga banda per mezzo della rete ottica passiva; gli utenti sono poi raggiunti per mezzo di modem ADSL che oggi raggiungono velocità di trasmissione fino a 8 Mbit/s da centrale a utente, e fino a 1 Mbit/s nel verso opposto, per distanze di circa 3 km di doppino.

L'architettura FTTC<sub>ab</sub> prevede di installare la terminazione di rete ottica in prossimità (o in sostituzione) dell'armadio ripartilinea della rete telefonica, mediamente condiviso da trentoventi utenti nella situazione italiana.

Gli utenti dei servizi a larga banda sono collegati per mezzo di modem VDSL: prestazioni indicative fanno riferimento a 13 o a 26 Mbit/s dall'ONU verso l'utente e a circa 2 Mbit/s nel

verso opposto, per distanze fino a circa 800 m di coppie simmetriche.

Le prestazioni del sistema VDSL naturalmente variano con la velocità di trasmissione e con le caratteristiche della linea (sezione dei fili, presenza di derivazioni).

L'ONU può essere installata in prossimità di un gruppo di abitazioni FTTC (*Fiber To The Curb*) o nel sottoscala di un edificio FTTB (*Fiber To The Building*): in questo caso l'apparato è condiviso da circa trenta utenti, e il sistema VDSL può avere caratteristiche meno stringenti grazie alla ridotta distanza. Come indicato in precedenza, la rete di accesso può anche essere interamente ottica FTTH: in questo caso le funzioni di ONU e NT sono realizzate da un solo sistema, chiamato *ONT* (*Optical Network Termination*), collocato presso l'utente.

### 4. Apertura della rete

La regolamentazione delle telecomunicazioni ha vissuto tempi di radicali riforme verso la liberalizza-

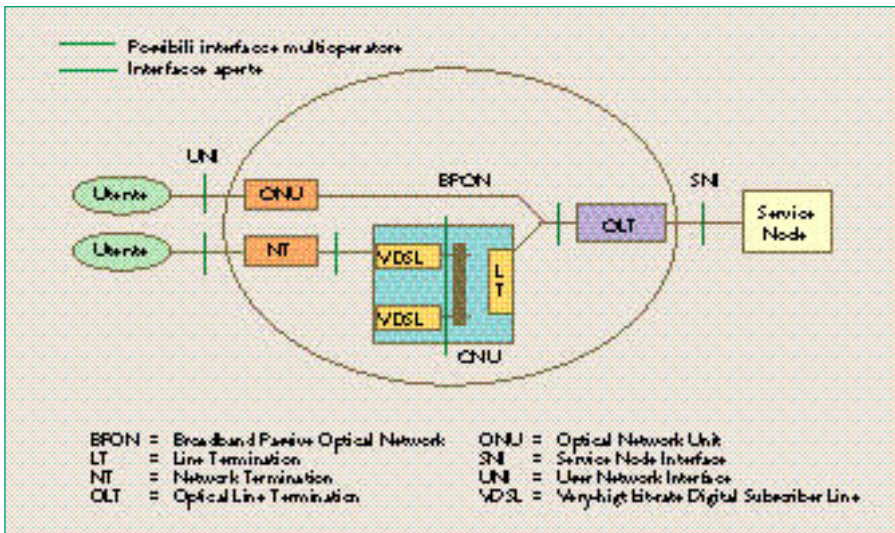


Figura 5 Interfacce multioperatore e multifornitore.

La figura 5 riporta le interfacce analizzate da FSAN. Per quanto riguarda le interfacce multioperatore le tabelle 1 e 2 ne riassumono le caratteristiche principali, in base al tipo di servizio considerato. Sono state identificate tre possibili interfacce multifornitore: interfaccia di linea della BPON, interfaccia di linea del sistema VDSL e interfaccia tra modem VDSL e ONU (bus interno). La definizione della interfaccia di linea della BPON è stata completata in termini di velocità di trasmissione (155 Mbit/s simmetrici oppure 622 Mbit/s da OLT verso la ONU e 155 Mbit/s nel verso opposto), fattore di diramazione (fino a 32), caratteristiche di trama. I risultati

di questa attività sono stati trasferiti con successo in ITU-T (Raccomandazione G.983), nell'ETSI TM3 e nell'ATM Forum.

zione del mercato: è perciò necessario definire i requisiti per l'apertura della rete di accesso a una molteplicità di gestori. Contemporaneamente, un simile processo di stimolo della competizione è in atto con la definizione di interfacce per il collegamento di apparati di costruttori diversi.

Lo studio dell'interfaccia di linea del sistema VDSL è tuttora in corso. Va segnalato che sono state selezionate soluzioni punto-punto con velocità di trasmissione simmetrica (13 Mbit/s in entrambi i versi di trasmissione) e asimmetrica (2 Mbit/s dall'utente verso la centrale e 13 Mbit/s nel verso opposto, oppure 2 Mbit/s dall'utente verso la centrale e 26 Mbit/s nel verso opposto). Per quanto riguarda i sistemi ADSL si ritiene che le attività già portate a termine dagli Enti di normativa siano soddisfacenti.

Tipo di servizio	SNI
IP	VB5.1
ATM VC commutato	VB5.1, VB5.2
VOD	VB5.1, VB5.2
SDVB	VB5.1
ATM VP affittato	VB5.1
ISDN	V5 (o TR 303), VB5.1, VB5.2

Tabella 1 Interfacce multioperatore disponibili presso il nodo di servizio SNI (Service Node Interface).

Per quanto riguarda il bus interno della ONU, l'esame condotto con i costruttori ha confermato la difficoltà di standardizzare questa specifica; è stato quindi deciso di lasciare libera questa parte del sistema per stimolare lo sviluppo di soluzioni originali ed efficienti.

Le tecnologie SDH, nelle reti fisse, e GSM, nelle reti mobili, costituiscono due importanti esempi di successo nel settore della standardizzazione che hanno reso possibile la produzione di apparati robusti e progressivamente sempre più economici. La numerosità di soluzioni architettoniche e sistemiche per la rete di accesso a larga banda ha finora rallentato lo sviluppo di apparati industriali stabili. FSAN ha avviato la standardizzazione di alcune interfacce della rete di accesso a larga banda per favorire una rapida disponibilità degli apparati e la riduzione dei prezzi a essi relativi.

5. La terza fase dell'iniziativa FSAN

Per tradurre FSAN dal concetto alla realizzazione pratica in tempi brevi occorrono prove in laboratorio, prove in campo e specifiche più particolareggiate che

Tipo di servizio	UNI punto-punto	UNI punto-multipunto
IP	Ethernet 10BaseT, ATM 25 Mbit/s	Da definire
ATM VC commutato	ATM 25 Mbit/s	Da definire
VOD	ATM 25 Mbit/s	Da definire
SDVB	ATM 25 Mbit/s	Da definire
ATM VP affittato	ATM 155 Mbit/s, ..., 25 Mbit/s	---
ISDN	Raccomandazione ITU-T I.430, I.431	Da definire

Tabella 2 Interfacce multioperatore presso l'utente (UNI).

tengano presente l'esperienza del "funzionamento reale". Il prossimo passo logico deve pertanto focalizzarsi sulla disponibilità dei prodotti e sull'acquisizione di informazioni dalle prove sul campo. È possibile portare a compimento e verificare la validità delle specifiche dettagliate per ogni rete FTTx lavorando in gruppi ristretti (*Chapter*) che comprendano gestori e fornitori concentrati sullo sviluppo e sulla messa in servizio di un prodotto, e che rendano disponibili i risultati sperimentali all'interno e tra i Chapter stessi.

Sono stati attivati due Chapter, chiamati FTTCab e FTTH, hanno allo studio rispettivamente l'impiego o no della rete in rame.

Il Chapter FTTCab si concentra sulla soluzione di interesse prevalente per la maggior parte dei gestori; si ritiene comunque che i risultati ottenuti siano facilmente adattabili alle realizzazioni FTTEch, FTTC ed FTTB, dove necessario. In particolare è stata segnalata l'importanza, quando l'integrazione della fonia non è ancora conveniente, delle soluzioni sovrapposte (*piggyback*) che prevedono l'affiancamento degli armadi ripartilinea esistenti con piccole ONU per i soli servizi a larga banda. Questa soluzione risulta particolarmente semplice e conveniente per l'offerta iniziale dei servizi a larga banda. All'interno di questo Chapter sono anche approfonditi gli aspetti relativi alla tecnologia VDSL in termini di prestazioni trasmissive, metodi di misura, interferenze ed emissioni elettromagnetiche.

La maggior parte dei gestori coinvolti in questo Chapter hanno già iniziato ad acquisire apparati prototipali per sperimentazioni in laboratorio e in campo. In alcuni casi sono state già avviate le prove di laboratorio.

Il Chapter FTTCab si sta anche occupando di numerosi aspetti impiantistici quali l'alimentazione, la modularità delle schede, le dimensioni degli apparati, le caratteristiche meccaniche degli armadi: questi aspetti rivestono grande importanza nella fase di installazione dei sistemi FSAN, sia dal punto di vista tecnico, sia da quello economico. Requisiti di impianto comuni consentiranno ulteriori risparmi nella fase di acquisizione degli apparati.

Il Chapter FTTH si concentra sulle soluzioni interamente ottiche e vede la partecipazione di un numero inferiore di gestori. Sono in corso di definizione tempi e modalità delle sperimentazioni.

Il comitato di gestione di FSAN ha deciso ad Atlanta di continuare nelle proprie attività mirando soprattutto alla disponibilità di prodotti in tempi brevi. La terza fase, della durata di 21 mesi (marzo '97-dicembre '98), si prefigge quindi di dimostrare la disponibilità dei prodotti verificando la conformità delle reti di accesso a banda larga così ottenibili con le specifiche FSAN. Un ulteriore sforzo è inoltre dedicato al completamento delle specifiche per la rete ottica d'accesso e per la rete domestica, al miglioramento della definizione della gestione di rete, al coordinamento del processo di standardizzazione e allo scambio di informazioni tra i partecipanti per consentire di reagire con prontezza ai mutamenti del contesto non solo tecnico.

## 6. Conclusioni

Servizi e sistemi a larga banda sono oggi prossimi all'impiego in campo e all'offerta commerciale. L'iniziativa FSAN ha favorito la convergenza dell'interesse dei maggiori gestori di telecomunicazioni mondiali sulla tecnologia delle reti ottiche passive a larga banda per l'innovazione della rete di accesso, sviluppando requisiti tecnici che hanno reso possibile un rapido processo di specifica presso i maggiori Enti di normativa.

I risultati dei gruppi di lavoro sono stati strutturati in una lista ordinata di requisiti [8]. Per quanto riguarda le caratteristiche della rete ottica passiva, i risultati sono già stati trasferiti con successo in ITU-T (Raccomandazione G.983), in ETSI TM3 e nell'ATM Forum.

A valle del completamento della seconda fase dell'iniziativa FSAN, i gestori hanno rilevato l'opportunità di avviare sperimentazioni coordinate, in condizioni reali, delle reti di accesso a larga banda definite in FSAN per verificarne la possibilità di un impiego a breve termine. I gestori hanno quindi deciso di avviare sperimentazioni nazionali, accomunate da obiettivi e procedure comuni, e di scambiarsi regolarmente i risultati delle sperimentazioni. Queste attività consentiranno anche di approfondire meglio le implicazioni legate alla realizzazione e alla gestione degli impianti e di definire procedure di misura comuni.

## Bibliografia

- [1] *Focus on Full Services Access Networks (FSAN)*. «CSELT Rapporti Tecnici», Vol. XXIV, ottobre 1996, pp. 743-828.
- [2] Luvison, A. et alii: *Full Services Access Networks (FSAN): Systems Engineering/Architecture (SE/A)*. Proc. VII International Workshop on Optical/Hybrid Access Networks, Atlanta, GA, 2-5 marzo 1997, Session VII.
- [3] Okada, K. et alii: *Full Services Optical Access Networks*. Ibid.
- [4] Picault, Y. et alii: *Network Termination - Home Network Functional Requirements*. Ibid.
- [5] Tofanelli, A. et alii: *Management Requirements for Full Services Access Networks*. Ibid.
- [6] Clarke, D. et alii: *VDSL Copper Transport System*. Ibid.
- [7] Zylbersztejn, A. et alii: *Low Cost Components for Full Services Access Networks*. Ibid.
- [8] Stern, J. et alii: *FSAN Requirements Specification*. Ibid.
- [9] Okada, K.; Orth, B.: *Status of Standardization and Prospects*. Ibid.
- [10] *Focus on Full Services Access Networks (FSAN)*. «CSELT Rapporti Tecnici», Vol. XXV, giugno 1997, pp. 445-594.

*Emilio Vezzoni, Adler Tofanelli, Umberto Ferrero  
CSELT*

*emilio.vezzoni@cse.lt*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Evoluzione verso una Full Service Network in Italia

SANDRO DIONISI

*Negli ultimi anni sono emersi diversi elementi che concorrono alla spinta verso l'innovazione della rete di accesso: tra questi la richiesta di nuovi servizi, le opportunità offerte dalle nuove tecnologie e il mutato scenario di regolamentazione. La memoria presenta anzitutto le scelte tecniche esaminate da Telecom Italia per sviluppare una rete d'accesso di tipo full service; descrive poi l'architettura della rete di accesso e l'evoluzione verso l'integrazione dei servizi a banda stretta e di quelli a banda larga. Il testo illustra, anche, i progetti già realizzati e le sperimentazioni che Telecom Italia ha svolto per la scelta delle soluzioni tecnologiche.*

## 1. Introduzione

Nel corso degli ultimi anni, nel settore delle telecomunicazioni sono emersi diversi fattori chiave che stanno fortemente stimolando un processo di ammodernamento della rete di accesso; la rapida crescita dell'innovazione tecnologica, le buone prospettive di sviluppo del mercato dei nuovi servizi a larga banda e il nuovo ambiente regolatorio stanno completamente ridisegnando lo scenario delle telecomunicazioni.

Finora, le principali aspettative in tutti i segmenti di mercato sono orientate verso l'offerta dei servizi di trasmissione dati, come quelli di tipo Internet, e dei servizi video diffusivi con funzioni di interattività sempre più evoluta. Per le applicazioni di tipo Internet, i requisiti di banda stanno crescendo rapidamente e il traffico, per ora di tipo asimmetrico (navigazione), sarà sempre più influenzato dalla diffusione di applicazioni con caratteristiche di forte simmetria come, ad esempio, la video-conferenza. La distinzione tra piccoli, medi e grandi clienti affari è sempre meno evidente, con un costante incremento della banda trasmessa in tutti i segmenti di mercato: la nuova rete dovrà quindi essere in grado di sostenere un'ampia gamma di servizi soggetti ancora a cambiamenti.

L'esigenza di dover gestire in modo efficiente una rete di telecomunicazioni, in grado di fornire allo stesso tempo servizi tradizionali e a larga banda a una gamma sempre più diversificata di clienti favorisce una strategia per lo sviluppo di una *Full Service Network*.

In questo contesto la sfida per i principali operatori di telecomunicazioni è duplice: da un lato mantenere un ruolo competitivo nel *core business* della telefonia e dei servizi di telecomunicazione per la grande clientela affari e, dall'altro, ampliare l'offerta dei servizi alla clientela residenziale e alle piccole e medie imprese con nuovi servizi sia a banda stretta (ad esempio ISDN, dati) sia a larga banda (ad esempio video, Internet/Intranet, ATM).

Di seguito è descritta la piattaforma di rete a larga banda di tipo *Full Service di Telecom Italia* e riassume i principali progetti in corso e le sperimentazioni già avviate.

## 2. Architetture di rete di accesso

I requisiti posti sulla rete di telecomunicazioni dallo scenario precedentemente descritto sono numerosi e variegati. L'identificazione delle possibili architetture di rete di accesso e del percorso evolutivo che porta verso una *Full Service Network*, deve coniugarsi con la disponibilità delle soluzioni tecnologiche sia dei sistemi di rete sia di quelli di utente. La rete di accesso a larga banda prevede l'impiego di diverse tecnologie caratterizzate ad oggi da un differente grado di maturità.

Così, ad esempio, mentre in linea di principio tutti i servizi potrebbero essere forniti in modo integrato su un'unica rete, lo stato attuale dello sviluppo tecnologico suggerisce l'adozione di soluzioni dedicate per i servizi a larga banda configurando una rete sovrapposta a quella *PSTN/ISDN (Public Switched Telephone Network/Integrated Services Digital Network)*.

Nella figura 1, nella quale si riporta il modello di riferimento della rete, sono mostrati i tre domini di rete: il primo dei *Service Provider*, con i Centri Servizi; il secondo del *Network Provider*, con la rete suddivisa in Rete di Trasporto e Rete di Accesso; il terzo dominio è quello dei clienti. Alla rete del *Network Provider* possono accedere uno o più *Service Provider*; la connessione tra un *Service Provider* e il *Network*

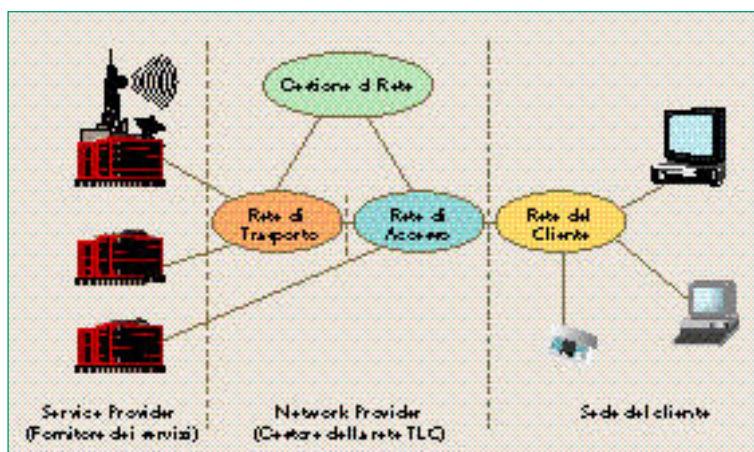


Figura 1 Modello di riferimento della rete.

Provider può avvenire sia a livello di Rete di Trasporto sia a livello di Rete di Accesso.

In figura 2 è riportata l'architettura di rete obiettivo di Telecom Italia: oltre ai principali blocchi della reti di trasporto sono riportate le diverse soluzioni di rete impiegate nell'accesso.

La rete HFC (Hybrid Fiber Coaxial cable), realizzata in diverse città del Paese (Progetto SOCRATE), distribuisce oggi servizi video diffusivi analogici e numerici. Con questa rete, sfruttando la tecnologia dei CDM (Cable Data Modem), potrebbero essere distribuiti anche i servizi IP ad alta velocità.

Nella fase iniziale di introduzione dei servizi a larga banda, caratterizzata da una distribuzione sparsa dei clienti, i servizi IP ad alta velocità possono essere forniti sfruttando la tecnologia ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line), che consente un'offerta rapida di collegamenti ad alta velocità di cifra sulle coppie simmetriche già presenti in rete.

I principali gestori di telecomunicazioni riconoscono come rete obiettivo la rete BPON (Broadband Passive Optical Network), spesso indicata come PON-ATM, e stanno attualmente svolgendo azioni coordinate - ad esempio nell'ambito del Gruppo FSAN (Full Service Access Network) - per accelerare lo sviluppo di questo tipo di rete attraverso una fase di specifica dei requisiti anche se in una prima fase si potranno avere soluzioni di tipo punto-punto. Lo sviluppo della tecnologia VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber

Line) in grado di realizzare, rispetto all'ADSL, collegamenti a velocità di cifra più elevate su distanze ridotte, ha accelerato lo sviluppo delle soluzioni FTTx. Queste soluzioni, in linea con gli indirizzi FSAN, comprendono diverse architetture di rete di accesso con le ONU (Optical Network Unit) installate sia a livello di armadio ripartilinea FTTCab (Fiber To The Cabinet) sia a livello di distributore di rete terminale FTTB (Fiber To The Building) e FTTC (Fiber To The Curb). La soluzione FTTx comprende anche l'architettura FTTE (Fiber To The Exchange), con l'ONU posta in centrale ed equipaggiata con terminali ADSL, e l'architettura FTTO (Fiber to The Office) con la ONU installata presso la sede del cliente affari.

L'architettura della rete di accesso di Telecom Italia evolverà nei prossimi anni in funzione sia dei servizi offerti sia della disponibilità delle tecnologie abilitanti.

La piattaforma di rete a larga banda, oggi basata sulla tecnologia HFC, offre servizi video diffusivi ed è in grado di distribuire un elevato numero di canali video sia analogici sia numerici.

I servizi video diffusivi numerici saranno disponibili, in modalità SDVB (Switched Digital Video Broadcast), anche sulla nuova piattaforma di rete FTTx basata sulle tecnologie ADSL e VDSL. In questo caso un flusso video multi-programme è demultiplexato da un apparato Remux in più flussi video elementari - multi-programme o single-programme - adatti a essere

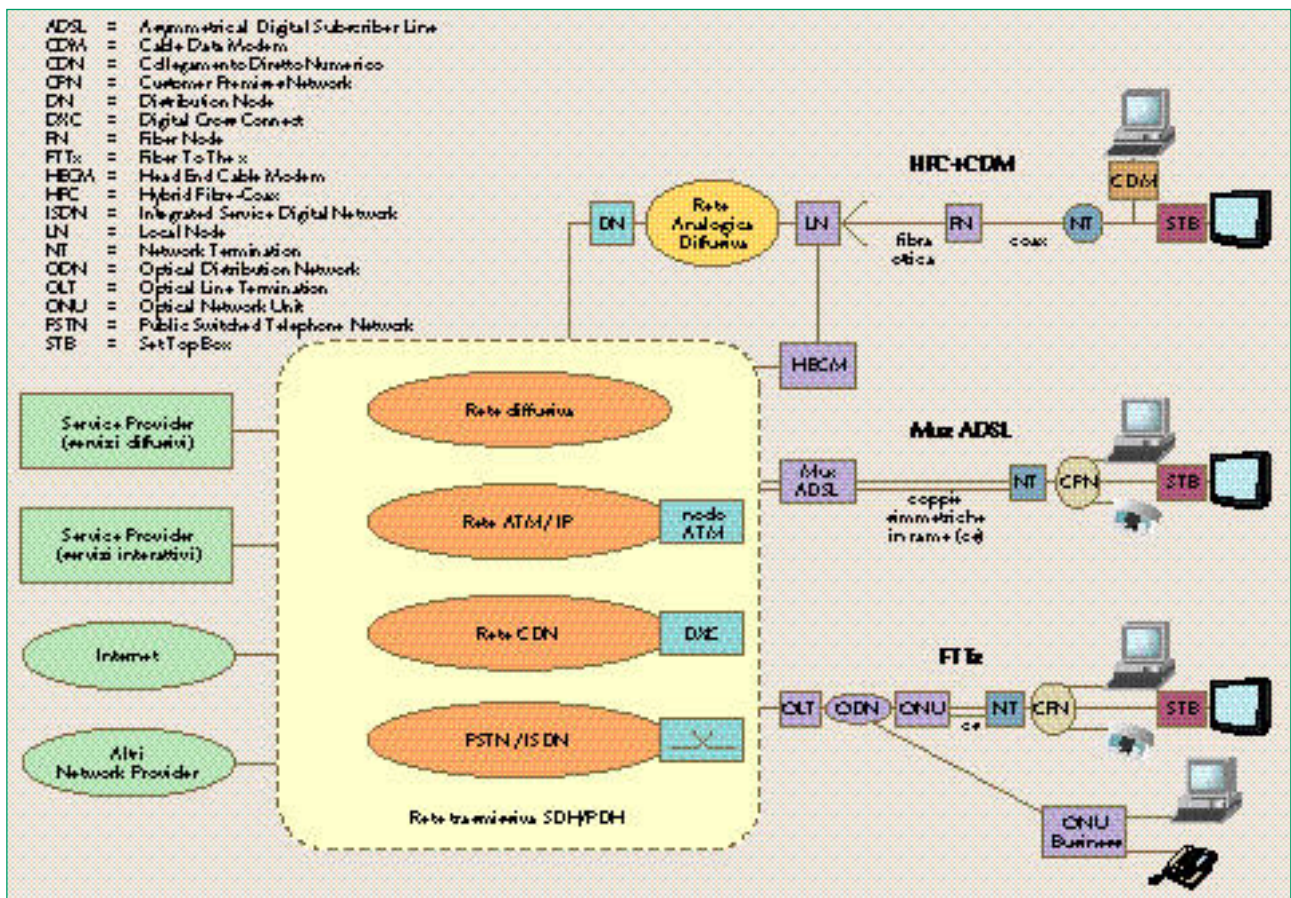


Figura 2 Diverse soluzioni di architettura di rete impiegate nella rete di accesso.

trasmessi sulle linee di accesso ADSL e VDSL. La funzionalità SDVB su rete PON prevede la selezione dei programmi (*zapping*) su due livelli. Il primo, localizzato nella *OLT (Optical Line Termination)*, abilita l'ingresso in rete di accesso dei soli programmi selezionati. Questo primo livello di selezione è inteso soprattutto a ottimizzare l'utilizzo della banda in rete di accesso evitando di trasmettere programmi che non siano stati richiesti e assicurando che i programmi selezionati siano trasmessi una sola volta verso le ONU. Il secondo livello di selezione, localizzato nella ONU, replica ogni programma selezionato, ricevuto attraverso la PON, su tutti gli accessi xDSL interessati. L'apparato di utente *STB (Set-Top Box)* riceve i flussi video attraverso una interfaccia locale *ATMF (Asynchronous Transfer Mode Fast)* a 25 Mbit/s che supporta anche connessioni bidirezionali verso la rete di accesso per la selezione dei canali.

La tecnologia ADSL sarà introdotta in rete per l'offerta di servizi multimediali (ad esempio servizi IP ad alta velocità). Soluzioni basate su MUX-ADSL sono oggi già disponibili e saranno introdotte in rete nella seconda metà del 1998. A partire dal 1999, i servizi IP ad alta velocità saranno forniti anche su rete FTTE con sistemi ADSL. Nel corso del 2000 sarà sperimentata, sulla base di valutazioni tecnico-economiche e in funzione dello stato della rete in rame e dello sviluppo dei servizi, l'architettura FTTCab con sistemi VDSL. Questa architettura integrerà i servizi a larga banda con quelli tradizionali a banda stretta.

Il presidio del mercato per la clientela affari è stato finora realizzato con soluzioni specifiche, come ad esempio il progetto "TOP 500" (che porta la fibra ottica fino alla sede del cliente per l'accesso integrato a una varietà di servizi), l'ISDN, le reti private virtuali, Interbusiness, Frame Relay. Lo sviluppo della rete a larga banda costituirà una piattaforma generalizzata che integrerà e permetterà di realizzare tutte le soluzioni per la clientela affari e che estenderà servizi avanzati anche alla clientela *SOHO (Small-Office Home-Office)*.

### 3. Progetti e sperimentazioni in campo

Telecom Italia ha condotto sperimentazioni in campo di tecnologie PON nel 1993 e di tecnologie ADSL nel 1994. L'impegno di Telecom Italia a sperimentare lo stato dell'arte delle tecnologie per accesso a larga banda è dimostrato da diverse iniziative ora in corso, come i Progetti Torino 2000 ed Endeavour, basati su CDM e ADSL, e la sperimentazione in campo FTTx, basata su PON-ATM e VDSL.

#### 3.1 Progetto Torino 2000

Il Progetto Torino 2000 è stato avviato nel 1996 da Telecom Italia e dal Comune di Torino, per fornire servizi multimediali di tipo avanzato alle principali istituzioni culturali, educative e scientifiche della città. L'obiettivo era quello di connettere cinquecento clienti nel 1998.

La rete di Torino 2000, basata su un'architettura a stella, prevede l'impiego di apparati (*Bay Networks*)

ATM e IP. Oggi la rete si estende su un'area coperta da quindici centrali, con oltre cento linee ADSL (*Westell*) che consentono una velocità di trasmissione di  $1,5 \div 2$  Mbit/s in downstream e  $64$  kbit/s  $\div$   $1$  Mbit/s in upstream. La rete di Torino 2000 è collegata alla piattaforma ATM SIRIUS, e attraverso questa, un utilizzatore è in grado di connettersi a molte altre soluzioni possibili.

In una prima fase del progetto sono stati collegati, impiegando apparati ADSL, sei importanti laboratori di ricerca (Università e Centri di Ricerca) e trenta scuole secondarie, offrendo la possibilità a studenti e professori di collegarsi tra loro e con le rispettive scuole.

#### 3.2 Progetto Endeavour

Il Progetto Endeavour, avviato nel giugno 1997, a differenza del progetto Torino 2000, è rivolto al segmento di mercato residenziale. Due sono le soluzioni oggi esaminate da Telecom Italia: la prima utilizza sistemi ADSL su coppie simmetriche, la seconda utilizza CDM interattivi su rete HFC.

Il sistema ADSL (*Orckit*) consente una velocità di trasmissione di  $8,192$  Mbit/s in downstream e  $768$  kbit/s in upstream; gli apparati per il networking sono forniti da Cisco. Lo *Switch Ethernet* e l'*HECM (Head End Cable Modem)* sono connessi alla rete centrale allo stesso modo.

Questo approccio consente di fornire a livello IP tutte le funzionalità (autenticazione, autorizzazione e tassazione) necessarie in rete di accesso. Con questo approccio non è condizionante il modo con cui i clienti accedono alla piattaforma di servizio: ogni sistema di supporto può essere condiviso tra *PoP (Point of Presence)* realizzati con diverse tecnologie.

Il server multimediale principale è localizzato a Roma; il server dello CSELT, a Torino, agisce come *Service Provider* (figura 3). Ogni cliente ha un personal computer equipaggiato con un'unità audio e video camera e utilizza un browser commerciale per accedere a Internet o a Intranet.

I primi utilizzatori della sperimentazione sono stati selezionati tra il personale di Telecom Italia: circa un centinaio di utilizzatori, distribuiti su quattro centrali di Roma, sono stati interessati dal progetto con applicazioni come IP ad alta velocità, video e audio conferenza su IP, musica e videoclip su richiesta, posta elettronica multimediale, *CSCW (Computer Supported Cooperative Work)*. Le applicazioni oggi disponibili includono anche *magazines* con audio e video, videogiochi interattivi, programmi educativi e CD on-line.

#### 3.3 Sperimentazioni FTTx - BPON

Le prime sperimentazioni di reti FTTx - BPON sono state avviate da Telecom Italia utilizzando sia prototipi sia sistemi commerciali. Reti di accesso del tipo *Full Service*, in grado di gestire tutti i tipi di servizi, sono state provate in campo e in laboratorio. Una sperimentazione in laboratorio è ora in corso a Torino presso lo CSELT. Il sistema, basato su apparati BBT (BroadBand Technologies) e VDSL a  $52$  Mbit/s, fornisce il servizio video numerico commutato (*swit-*

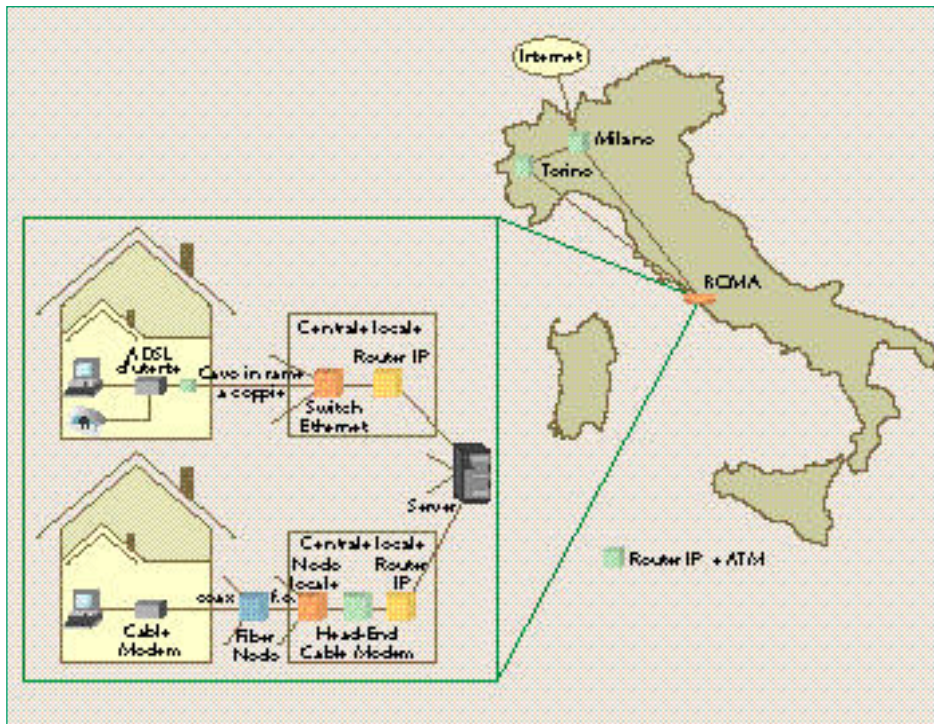


Figura 3 Architettura del servizio per il progetto Endeavour.

ched digital video), l'accesso IP ad alta velocità e i servizi POTS (Plain Old Telephone Service). La configurazione del sistema è ora di tipo FTTB; nuove versioni di apparati VDSL saranno impiegate per configurazioni FTTCab. I sistemi sono attualmente gestiti in linguaggio TL1 (Terminale di Linea 1), mentre i servizi video sono gestiti attraverso un Video Administration Module, con una gestione separata della rete e dei servizi. Diverse soluzioni di rete di edificio sono state provate in laboratorio e nuovi collegamenti ottici di utente sono in fase di sviluppo per verificarne la funzionalità.

Telecom Italia ha inoltre avviato, alla fine del 1997, una sperimentazione in campo a Milano. La configurazione del sistema è di tipo FTTB e si basa su apparati Italtel (UT-Medianet) con sistemi VDSL a 52 Mbit/s. Il sistema fornisce servizi POTS/ISDN e accesso IP ad alta velocità. Le funzionalità SDVB saranno sperimentate a partire dalla fine del 1998 su sistemi sia VDSL sia ADSL con velocità di trasmissione in downstream di 8 Mbit/s.

### 3.4 Sperimentazioni LMDS

Reti di tipo Full Service basate su sistemi radio non sono ancora disponibili. I sistemi radio LMDS (Local Multipoint Distribution System) a 28 ovvero a 40 GHz sembrano essere i più promettenti dal punto di vista sia tecnologico sia normativo. In particolare essi permettono di realizzare una nuova infrastruttura di rete, complementare alla rete in cavo, aperta all'offerta di una pluralità di servizi a larga banda, compresi i servizi interattivi. In ogni caso limitazioni dovute alla disponibilità di spettro radio e alla propagazione (collegamenti in visibilità), orientano l'utilizzo di questi sistemi in aree a

bassa densità di clienti o come strumento per entrare in un nuovo mercato, in aree con un elevato livello di competizione.

Telecom Italia, in collaborazione con lo CSELT, ha avviato sperimentazioni in campo per la verifica dello stato di maturità delle tecnologie radio per la fornitura di servizi a larga banda. Una prima sperimentazione, denominata BACH (Broadband Access for Cellular Homevideo), è stata avviata a Torino a metà 1997 con l'obiettivo di verificare la possibilità di fornire servizi video diffusivi numerici utilizzando la tecnologia LMDS. Gli apparati utilizzati, forniti dalla Philips, operano nella banda dei 40 GHz; essi hanno consentito di effettuare analisi sulla propagazione in ambiente urbano.

Nel corso del 1999 è previsto di effettuare una sperimentazione di sistemi LMDS capaci di permettere servizi interattivi.

## 4. Conclusioni

L'evoluzione dello scenario dei servizi di telecomunicazione in termini di domanda di servizi e aspetti regolatori richiede l'introduzione di nuove tecnologie nella rete di accesso.

Telecom Italia ha individuato i principali servizi e le architetture di rete per pianificare la realizzazione, a livello nazionale, di una rete di accesso a larga banda, utilizzando diverse tecnologie innovative.

Soluzioni di rete d'accesso a larga banda alternative sono state esaminate da un punto di vista tecnico-economico, e alcuni sistemi e servizi sono oggi oggetto di sperimentazione. Entro il 1999 saranno disponibili soluzioni con architetture FTTE che impiegano la tecnologia ADSL per la distribuzione del servizio SDVB e IP ad alta velocità. Successivamente saranno effettuate valutazioni tecnico-economiche per le architetture FTTCab con utilizzo di tecnologie VDSL, valutando altresì lo stato della rete in rame e lo sviluppo dei servizi. La piattaforma di rete, in accordo con l'evoluzione della gestione della rete e dei servizi, sarà in grado di fornire servizi a banda larga o stretta a clienti residenziali e affari.

Sandro Dionisi - Telecom Italia

s.dionisi@rete.telecomitalia.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Strategie di accesso per nuovi operatori

FRANCO GRIMALDI  
ROBERTO PIERMARINI  
ELVIRA SASSO

*I fattori che hanno un ruolo di rilievo per il processo di liberalizzazione delle telecomunicazioni, e quindi per l'ingresso di nuovi gestori nel mercato sono: l'evoluzione tecnologica e la definizione di strumenti regolatori.*

*Infatti, le soluzioni tecnologiche tali da offrire nuovi servizi, ridurre i tempi di ingresso sul mercato e seguire in modo rapido ed efficiente la crescita della clientela, insieme alle modalità di interconnessione alla rete dell'incumbent, influenzano sia la struttura di rete sia le tariffe dei competitori. In questo contesto la scelta della strategia di accesso per un operatore entrante, rappresenta non soltanto una decisione particolarmente complessa dal punto di vista tecnico e finanziario ma soprattutto è legata ai vincoli esterni, ossia allo scenario regolatorio nel quale il gestore si trova. L'articolo si propone di illustrare le diverse possibili strategie di accesso di un nuovo gestore nel contesto italiano esaminando prima l'aspetto dell'interconnessione (accesso indiretto) e successivamente le diverse scelte di tipo architetturale e tecnologico (soluzioni in cavo, radio, convergenti fisso-mobile, innovative) per realizzare l'accesso diretto ai clienti, attraverso la realizzazione di un'infrastruttura di rete propria.*

## 1. Introduzione

Il processo di *liberalizzazione* delle telecomunicazioni in atto, consente l'ingresso di nuovi gestori nel mercato e al tempo stesso mette in moto una serie di accordi e di alleanze che vedono nuovi protagonisti spesso affiancati da uno o più gestori tradizionali esteri spinti dall'esigenza di recuperare in ambito internazionale le quote perse al proprio interno.

Un secondo importante fattore di spinta verso la liberalizzazione è costituito dall'*evoluzione tecnologica* che gioca un ruolo determinante sia nelle strategie degli ex-monopolisti, sia nelle soluzioni adottate dai nuovi gestori. Infatti, quelli tradizionali hanno la necessità di adeguare le reti esistenti per rispondere alle future esigenze della clientela e difendere il proprio mercato con offerta di servizi innovativi. I nuovi gestori invece richiedono soluzioni tecnologiche tali da poter differenziarsi con l'offerta di nuovi servizi, ridurre i tempi di ingresso sul mercato e seguire in modo rapido ed efficiente la crescita della clientela.

La necessità di permettere l'ingresso di nuovi gestori in un contesto dominato da strutture monopolistiche impone la definizione di *strumenti regolatori* e di interventi di orientamento del mercato che fissino le regole per l'accesso alle reti e per l'interconnessione dei nuovi soggetti con i gestori tradizionali (*incumbent*).

L'interconnessione è la chiave per la competizione: essa infatti coinvolge non solo aspetti economici, ma anche tecnici. La modalità con cui un nuovo gestore entrante deve collegare la propria rete con quella dell'incumbent, la definizione delle tariffe e dei servizi di interconnessione, la possibilità di sfruttare parte dell'infrastruttura della rete di accesso, influenzano sia la struttura di rete che le tariffe dei competitori, diventando quindi la chiave per permettere lo sviluppo e la crescita di un sano mercato delle telecomunicazioni.

Molti sviluppi recenti nelle regolamentazioni nazionali delle interconnessioni seguono le linee guida

contenute nel documento UE: "*Open Network Provisioning Directive on Interconnection*". In questo documento i costi di interconnessione sono decisi tramite una negoziazione commerciale basata su una comune piattaforma regolatoria europea. I gestori pubblici o privati in posizione dominante devono essere aperti a qualsiasi ragionevole richiesta per l'interconnessione e devono rispondere a una serie di requisiti di trasparenza e di accesso non discriminato alle informazioni.

Sono stati introdotti ulteriori obblighi per compensare lo sbilancio nel potere negoziale dei nuovi entranti, prevedendo, in caso di dispute, che l'Autorità nazionale intraprenda i passi necessari per la risoluzione delle controversie entro sei mesi dalla richiesta. La direttiva stabilisce infatti le regole per i costi e un finanziamento del servizio universale in uno scenario competitivo, identificando quei servizi per i quali i costi possono essere distribuiti con gli altri attori del mercato. In questo contesto per un nuovo gestore la scelta della strategia di accesso da adottare, diretto o indiretto, rappresenta non solo una decisione particolarmente complessa dal punto di vista tecnico e finanziario (l'impatto del costo della rete d'accesso rappresenta tradizionalmente il 70-80 per cento del costo totale dell'infrastruttura di rete), ma soprattutto essa è legata ai vincoli esterni, ossia allo scenario regolatorio nel quale il gestore opera.

## 2. Interconnessione e accesso indiretto<sup>1</sup>

La direttiva CE 97/33 stabilisce che tutti gli Stati Membri devono assicurare, entro il 1° gennaio 1998,

---

<sup>(1)</sup> Il contenuto dell'articolo e, in particolare, di questo paragrafo è relativo alla situazione in essere alla data di presentazione della memoria al CNT (Perugia, 8-9 maggio 1998).



la pubblicazione di un'offerta di interconnessione di riferimento.

L'articolo 7 comma 3 della stessa direttiva stabilisce, in particolare, che questa offerta deve includere una descrizione dei servizi di interconnessione offerti, specificati secondo le esigenze di mercato, e delle relative condizioni tecniche ed economiche, comprese le tariffe. I costi di interconnessione devono essere sufficientemente disaggregati per singolo servizio, in modo che i richiedenti dei diversi servizi non siano costretti a remunerarne ulteriori rispetto a quelli effettivamente richiesti.

Inoltre per ciò che concerne gli aspetti economici delle condizioni di interconnessione sulla base dell'applicazione dei principi richiesti di trasparenza e di orientamento ai costi, sono definiti un intervallo di riferimento nell'ambito del quale devono essere comprese le tariffe di interconnessione praticate, con riferimento ai tre diversi livelli di interconnessione offerti, vale a dire locale, metropolitano (*singolo transito*) e nazionale (*doppio transito*).

Telecom Italia ha presentato il 1° luglio 1997 una proposta di offerta di interconnessione di riferimento alla rete telefonica commutata, che intende offrire ai nuovi entranti, con modalità di trasporto commutato che variano secondo i casi, tre diversi punti geografici di ingresso, ovvero tre livelli di interconnessione, alla propria rete:

- *locale (centrale di SGU-Stadio di Gruppo Urbano);*
- *di transito (autocommutatore di SGT-Stadio di Gruppo di Transito);*
- *internazionale (CI-Centrale Internazionale).*

In generale si possono individuare, nella proposta, tre tipologie di interconnessione:

- *interconnessione di terminazione:* consente la terminazione su abbonati e servizi della rete telefonica pubblica di Telecom Italia per chiamate provenienti da altri gestori e instradate sulla rete di Telecom Italia a partire dal punto di interconnessione;
- *interconnessione di raccolta:* consente la raccolta di chiamate originate da clienti della rete telefonica pubblica di Telecom Italia e la restituzione di esse al punto di interconnessione alla rete di un altro gestore al fine di permettere agli utenti di Telecom Italia di divenire clienti anche del gestore interconnesso e di utilizzare i servizi da esso offerti;
- *interconnessione internazionale:* consente l'instradamento verso l'estero delle comunicazioni originate in Italia da clienti di altri gestori.

Wind richiederà l'interconnessione di terminazione per consegnare a destinazione le chiamate che sono dirette dalla sua rete a clienti di altri gestori e l'interconnessione di raccolta per consentire agli abbonati di altri gestori di usufruire dei suoi servizi (ad esempio di servizi telefonici interurbani e internazionali).

Per ciò che concerne il livello di connessione di transito, si ricorda che l'architettura di rete di Telecom Italia è costituita da trentatré aree di accesso (*gateway*) su tutto il territorio nazionale in ciascuna delle quali è presente una coppia di autocommutatori del tipo SGT, cui sono collegati i diversi SGU presenti nell'area.

La proposta di Telecom Italia, definendo le aree di interconnessione alla propria rete come coincidenti con le suddette aree gateway, richiede che il nuovo entrante si interconnetta a entrambi gli SGT presenti in ciascuna di queste aree. Questo vincolo, che è giustificato sulla base di esigenze di qualità del servizio, non è tuttavia generalmente presente nelle offerte di altri gestori nazionali, che presentano un'architettura di rete simile a quella di Telecom Italia, e determina certamente un aggravio di costo per i nuovi entranti.

L'offerta di Telecom Italia non prevede oggi una serie di altri servizi presenti nelle offerte di riferimento, fra i quali il servizio di interconnessione di transito con altre reti o fornitori di servizi già interconnessi con la propria rete.

La possibilità di interconnessione a livello di rete locale (*unbundled*), cioè a livelli inferiori rispetto a quello di SGU non è contemplata; inoltre la proposta si riferisce unicamente al servizio di trasporto di chiamate, nazionali e internazionali, sulla tradizionale rete pubblica commutata e non contiene quindi l'offerta per chiamate su rete *ISDN (Integrated Services Digital Network)*. L'ipotesi di interconnessione non comprende alcuni servizi avanzati che la Commissione Europea ha ritenuto debbano essere presenti nell'offerta di riferimento, quali servizi avanzati di identificazione del chiamante - quali *CLIP (Calling Line Presentation)*, e *CLIR (Calling Line Restriction)* - il trasferimento di chiamata, i servizi di carte di credito telefoniche, l'accesso a numeri verdi.

La natura provvisoria dell'offerta esaminata in questo articolo non consente a Wind di definire in modo puntuale e definitivo la sua politica di interconnessione, dipendente in misura sensibile da parametri e da vincoli contenuti nella stessa offerta. In attesa comunque della definizione di un nuovo accordo di interconnessione, Wind si prepara a gestire nodi in ciascuna delle aree gateway. Il nodo di interconnessione di Wind sarà, dove possibile, un autocommutatore; nel caso in cui l'autocommutatore non sia localizzato nell'area gateway, esso sarà costituito da un'unità di commutazione remota o da un nodo trasmissivo.

### 3. Accesso diretto

La necessità per un nuovo gestore di dotarsi di una propria infrastruttura di rete per realizzare il collegamento diretto della clientela e l'impegno economico conseguente, comporta che venga realizzata una rete che utilizzi al meglio le infrastrutture già esistenti e riduca il rischio dovuto alle incertezze di previsione del mercato. L'erogazione di servizi di qualità elevata e tecnologicamente avanzati impongono l'utilizzo di tecnologie di accesso d'avanguardia.

I tempi e i costi relativi alla realizzazione delle infrastrutture di rete e alla fornitura del servizio richiedono la capacità di focalizzare la strategia dell'accesso diretto per un nuovo gestore, attraverso l'individuazione preventiva di: segmenti del mercato di interesse; bacini territoriali di elevata concentra-

zione di tali segmenti e servizi da offrire a ciascun segmento.

Le soluzioni adottate tradizionalmente dai gestori di telecomunicazioni - costituite da reti di accesso completamente in cavo (rame, fibra, coassiale) che raggiungono in maniera capillare tutta la clientela - non sono adottabili da un nuovo gestore. Un'architettura di rete di questo tipo non soddisfa alle esigenze di modularità e flessibilità, ossia la possibilità di incrementare la struttura della rete alla richiesta del mercato, permettendo un investimento graduale e giustificato da un ritorno economico il più immediato possibile.

In questo contesto il ruolo dei sistemi radio per realizzare la rete fissa diventa determinante in termini, ad esempio, di velocità realizzativa, capacità di sviluppare la rete seguendo la crescita della clientela, costi più contenuti, superamento delle criticità relative all'ottenimento dei permessi per le opere civili. D'altra parte questi sistemi non possono sostituire completamente le soluzioni in cavo, in quanto:

- per le fasce "più basse" del mercato quali la clientela residenziale o la piccola clientela affari *SOHO* (*Small-Office Home-Office*) deve essere valutata con attenzione l'offerta di servizi consentita da queste tecnologie, considerando anche lo sviluppo dei servizi innovativi attuali e futuri (generalmente detti a larga banda);
- per i segmenti "più alti" nei quali si collocano le diverse categorie dei clienti affari deve essere valutata la possibilità di garantire la stessa affidabilità rispetto alla soluzione in cavo. Non è da considerare trascurabile in un'offerta di servizi verso clienti affari il fatto che la quasi totalità di questi fruisce di servizi attraverso un'infrastruttura di rete in fibra ottica e che pertanto percepisce come qualitativamente inferiore qualsiasi altro mezzo.

L'utilizzo combinato delle soluzioni cablate (*wired*) e radio (*wireless*) può costituire pertanto la scelta vincente per entrare velocemente sul mercato, per contenere i costi, evitando interventi capillari e rischiosi, e al tempo stesso disporre di un'ossatura di accesso in cavo orientata nell'immediato verso il mercato affari e che possa rispondere a esigenze future di sviluppo nelle aree con maggiore penetrazione. Nel seguito sono esaminate in particolare le possibili scelte di architetture in cavo e le soluzioni radio ora disponibili con le evoluzioni previste per il prossimo futuro.

### 3.1 Full Service Access Network

L'obiettivo di un nuovo operatore è quello di costruire una rete in grado di:

- gestire un insieme flessibile di servizi a banda stretta e a banda larga;
- raggiungere la clientela con una comune infrastruttura di rete;
- gestire in modo integrato sia gli apparati di rete sia i servizi;
- realizzare una rete modulare in termini di capacità e di copertura geografica;
- interconnettersi in maniera trasparente con la rete *PSTN* (*Public Switched Telephone Network*).

In termini di mercato si possono in sintesi indivi-

duare quattro aree di servizi che interessano la rete di accesso di un nuovo gestore qual è Wind:

- *servizi di telefonia tradizionale e servizi ISDN*, tipicamente riservati a un'utenza residenziale caratterizzata da alti volumi di traffico o utenza *SOHO*;
- *servizi di trasmissione dati* richiesti da clienti affari di media e grande dimensione (*Medium/Large Business*);
- *servizi on line di tipo Intranet o Internet* per clienti *SOHO* o per quelli residenziali;
- *servizi di telefonia* per clienti affari.

Nel caso di Wind le scelte possibili relativamente alle diverse tecnologie per l'accesso sono di:

- realizzare una rete di accesso basata su fibra con nodi *SDH* (*Synchronous Digital Hierarchy*);
- utilizzare linee proprie o affittate in rame su cui introdurre tecniche di trasmissione *HDSL* (*High bit rate Digital Subscriber Line*);
- utilizzare l'accesso radio con sistemi punto-punto e punto-multipunto;
- utilizzare sistemi speciali per la realizzazione di servizi Intranet e Internet sulla rete di distribuzione dell'energia.

L'architettura di rete che Wind realizzerà per avere una rete di trasporto e di accesso realizzata per tutti i servizi (*Full Service Access Network*) è schematizzata in figura 1.

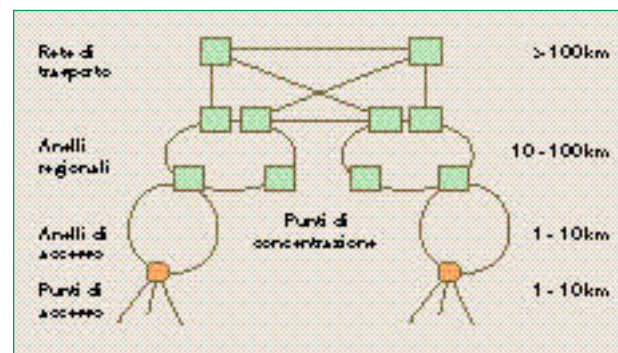


Figura 1 Architettura della rete Wind.

La rete di trasporto a lunga distanza ha il compito di interconnettere i nodi di commutazione di rete e i punti di presenza per la raccolta sia del traffico diretto che indiretto. A questa rete si aggiungono anelli di raccolta regionali su cui si agganciano strutture ad anello per la raccolta del traffico in aree significative.

I criteri da seguire nella realizzazione della rete sia per quanto riguarda il trasporto, ma soprattutto per l'accesso, deve essere imperniata sul concetto di modularità degli apparati quali ad esempio i sistemi *ADM-1* (*Add Drop Multiplexer-1*) che possono essere trasformati facilmente e in maniera economica in sistemi *ADM-4*, oppure sistemi a gerarchia *STM 4/16* (*Synchronous Transport Module*) che possono essere aggiornati in modo da raggiungere i 10 Gbit/s in *WDM* (*Wavelength Division Multiplexing*).

Wind realizzerà quindi una rete di trasporto costituita da tre anelli principali (Nord, Centro, Sud) di gerarchia *STM-16* a cui si agganciano una serie di

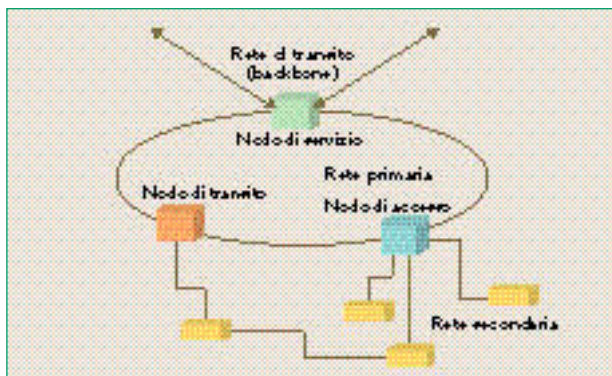


Figura 2 Architettura della rete di accesso Wind.

anelli regionali di gerarchia STM-4/1 che consentiranno di essere presente su tutto il territorio nazionale.

La rete di trasporto gioca, infatti, per un nuovo gestore un ruolo diverso rispetto a quello svolto da uno tradizionale: essa viene realizzata come parte anche della rete di accesso cui connettere terminazioni di clienti che sono quindi attestate su un nodo di commutazione remoto.

### 3.1.1 Rete di accesso

La rete di accesso in fibra è costituita da nodi di servizio nei quali è presente la funzione di commutazione per il traffico di fonia tradizionale e ISDN, ripartitori digitali 1/0 per la gestione dei circuiti dedicati, centrali di commutazione ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) o Frame Relay per il traffico a larga banda. Questi apparati sono raccolti in un'unica costruzione che rappresenta il punto di presenza del gestore nell'area di interesse. I nodi di accesso hanno invece lo scopo di raccogliere il traffico, possibilmente concentrarlo, per consegnarlo ai nodi di trasmissione che poi lo inviano verso il nodo di servizio.

La rete di accesso è realizzata da una rete di accesso primaria e da una rete di accesso secondaria, come rappresentato schematicamente in figura 2:

- la rete primaria è realizzata mediante una struttura di portanti ottici su cui si appoggia una rete SDH con apparati che saranno inizialmente di gerarchia STM-1 per poi evolvere, con la crescita del traffico e l'introduzione di servizi a larga banda, verso le gerarchie STM 4/16;
- la rete secondaria è costituita da una serie di nodi di accesso o di trasmissione connessi alla rete primaria, in modo da collegare il singolo cliente al nodo di servizio.

Questa parte della rete di accesso è certamente quella più complessa da pianificare sia per l'elevato costo a essa associato, che per l'incertezza della domanda e la necessità di garantirne l'utilizzo, anche in previsione di servizi a larga banda. La scelta tecnologica necessaria per garantire la disponibilità di banda e la qualità dei servizi è naturalmente legata all'introduzione della fibra anche in questa parte della rete.

### Rete di accesso primaria

Per quanto riguarda la struttura della rete di accesso primaria, la scelta di un nuovo gestore scaturisce dal contesto territoriale e di mercato. Nella tabella 1 è riportato un possibile criterio di classificazione delle architetture di rete primaria basato su considerazioni "topografiche" e di mercato. I criteri riportati, del tutto generali, vanno ricondotti alle scelte effettuate dal gestore in termini di presenza sul territorio (regionale, nazionale) e di segmento di mercato di interesse (residenziale, SOHO, media impresa, grandi aziende).

Nel caso di uno *scenario metropolitano*, nel quale sia presente un'adeguata infrastruttura preesistente, la rete di accesso è costituita da almeno un anello principale direttamente collegato al nodo di servizio.

La definizione del percorso è guidata dall'esigenza di realizzare un'infrastruttura di rete in grado di raggiungere i bacini di utenza potenziale, individuati dalle analisi di marketing, in modo da essere in grado, con la predisposizione di opportuni punti di presenza, di rispondere prontamente alla crescita della clientela.

Nel caso di WIND la presenza di un'infrastruttura di telecomunicazioni preesistente, incernierata sulle cabine primarie e sui principali uffici ENEL -nelle aree di maggior interesse per l'acquisizione della clientela - agevola la realizzazione di questa prima parte della rete di accesso.

Nel caso di un' *area medio o piccola*, la rete di accesso nasce come semplice estensione dell'anello regionale

Contesto Territoriale	Interesse di mercato	
<i>Aree metropolitane</i>	<i>Alto</i>	
	MAN (Metropolitan Area Network): architettura di rete primaria basata su uno o più livelli di anelli SDH in fibra ottica (anello principale e anelli di raccolta)	
<i>Città medie o piccole</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
a) topografia circolare	Architettura di rete primaria basata su una soluzione mista anello-stella (anello principale e diramazioni)	Architettura di rete primaria basata principalmente su soluzioni radio
b) topografia "allungata"	Architettura di rete primaria basata su una soluzione a stella (anelli logici) con la possibilità di chiusura fisica in ponte radio	Architettura di rete primaria a stella realizzabile in parte con tratte radio

Tabella 1 Esempio di possibili scelte per architetture di rete primaria.

della rete di trasporto.

In questo caso il nodo di servizio è ubicato a distanze anche dell'ordine del centinaio di chilometri dall'area interessata, e la topologia della rete di accesso è influenzata dalla presenza di clienti medio o grandi da servire e dall'individuazione di bacini quali aree industriali o aree commerciali di interesse. In questa fase la rete di accesso presenta solo nodi di trasmissione e di accesso.

L'utenza può essere raccolta mediante sistemi radio punto-punto o multipunto collocati con il nodo trasmissivo della rete di trasporto; può anche essere realizzata una struttura in fibra o in ponte radio che raccorda il nodo trasmissivo ai nodi di accesso posti o presso il cliente o baricentrici nell'area di interesse ai quali connettere l'utenza con configurazioni a stella o ad albero realizzate sia con sistemi radio sia in fibra.

Con il crescere del mercato, questa prima realizzazione della rete di accesso può evolvere verso strutture ad anello con chiusura completa in fibra o con soluzioni con portanti misti: fibra e ponti radio.

*Rete di accesso secondaria*

Per quanto riguarda la raccolta della clientela, l'impiego delle fibre ottiche nella realizzazione di una rete di accesso permette di scegliere tra diverse architetture di rete, classificabili a seconda del grado di copertura in fibra realizzato sul percorso dalla centrale al cliente.

Le soluzioni disponibili per raggiungere il cliente vanno sotto l'acronimo FTTx dove con questa terminologia si identificano architetture di rete nelle quali l'ONU (Optical Network Unit) è installata in una posizione sempre più prossima al cliente. La struttura generale della rete secondaria di accesso è rappresentata in figura 3. Nel caso di un nuovo gestore come WIND, le soluzioni per la raccolta dell'utenza variano in funzione sia del segmento di clientela interessato sia dalla densità di utenza prevista nell'area di raccolta.

La soluzione FTTB (Fibre To The Building) sarà quella adottata nel caso di raccolta del traffico generato da clienti *Medium* e *Large Business*. In questo caso la richiesta in termini di servizi, qualità e banda e l'importanza in termini di mercato di questa fascia di clientela impone di raggiungere l'utente con una rete in fibra ottica. Questa scelta può essere preferita per le seguenti considerazioni:

- l'installazione degli apparati nella sede di utente ne facilita la gestione e manutenzione;
- la rete di accesso è già predisposta per seguire le richieste sia in termini di traffico sia di future evoluzioni di servizi a larga banda e interattivi;
- la soluzione FTTB presenta un costo accettabile per la fascia di clienti considerati;

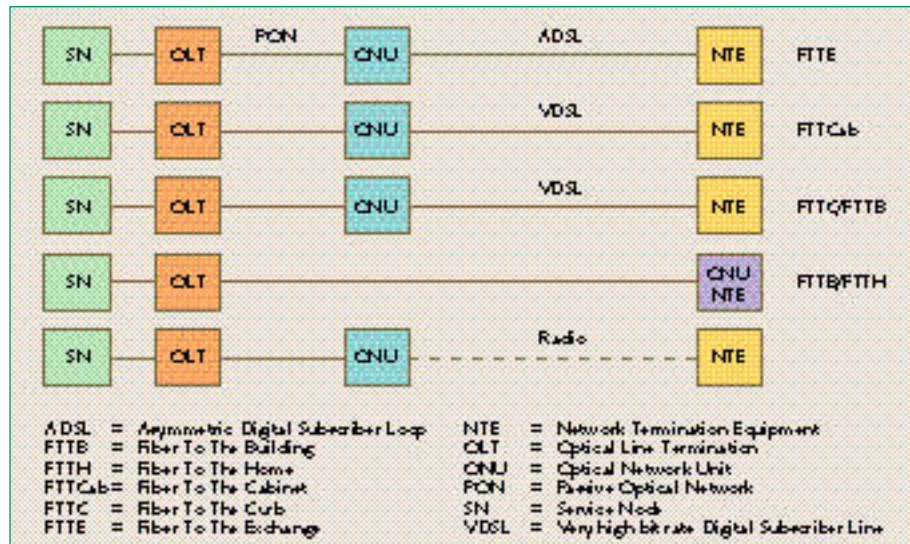


Figura 3 Architetture della rete di accesso secondaria.

- l'avanzamento della rete di accesso verso le sedi dei clienti permette anche di predisporre infrastrutture in modo da preparare futuri punti di connessione verso la clientela potenziale.

Nella figura 4 è illustrato questo concetto: con il crescere della clientela si passa infatti da una soluzione FTTB a una in cui la rete secondaria diventa un anello di raccolta di quella primaria.

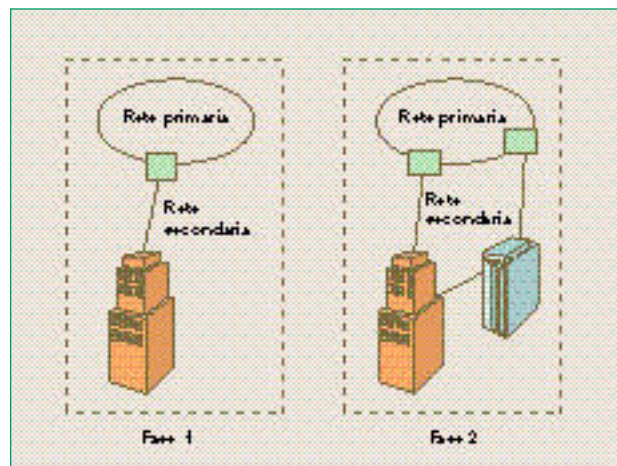


Figura 4 Evoluzione nella realizzazione della rete secondaria.

La soluzione FTTB sarà considerata anche nel caso di clientela di fascia *Medium business* se la realizzazione della rete in fibra permette al nuovo gestore di predisporre punti di presenza in aree interessanti dal punto di vista commerciale.

L'accesso con ponti radio può essere adottato come soluzione definitiva di connessione per questo tipo di clientela, oppure inizialmente, in via provvisoria, per realizzare rapidamente il collegamento al più vicino nodo trasmissivo, mentre sono in corso i lavori per realizzare il collegamento in fibra, per poi

Sistema	Tecnologia di accesso	Frequenza GHz	POTS kbit/s	Dati kbit/s	Mobilità	ISDN BRA	ISDN PRA	2 Mbit/s	> 2Mbit/s fino a:
<b>WLL STANDARD</b>									
Alcatel (A9500)	DECT	1,88 -1,90	32	9,6	x	1998			
Ericsson (DRA1900)	DECT	1,88 -1,90	32	9,6	x	1998			
Lucent (Swing)	DECT	1,88 -1,90	32	9,6	x	1998			
Siemens (DECT-Link)	DECT	1,88 -1,90	32	9,6	x	1998			
Dassault (Easynet)	CT2	0,839-0,843 0,864-0,868 0,910-0,914	32	4,8					
Nortel (Proximity L)	CT2	0,8	32	4,8					
Orbitel (Linktel)	CT2	0,4/ 0,8/ 1,8	32	4,8					
<b>WLL NON STANDARD</b>									
DSC (AirSpan)	CDMA	1,5/ 2,6/ 3,5	64	2 x 64		1998			
Granger (CD2000)	CDMA	2,6	64	2 x 64		1998			
Krone (Telecell M)	CDMA	3,5	64	6 x 64		1998			
Lucent (AirLoop)	CDMA	1,9/2,4/3,4	64	2 x 64	Ridotta/1998	1998			
Nokia (Nokia WLL)	DCS 1800	1,8	32	9,6	Ridotta				
Siemens (CDMA-Link)	CDMA	2 - 2,7	64	2 x 64	Ridotta/1998	1998			
Nortel (Proximity I)	TDMA	3,5	32/64	28,8		1998			
Qualcomm (QCTel)	CDMA	0,8/ 1,9	64	14,4					
SRT (SR 500)	TDMA	1,3-2,7 3,5 10,5	64	64		1997			
Tadiran (MultiGain)	FH-CDMA	1,5/ 2,6/ 3,5	32	32		1998			
Teledata (ERC)	FDMA	1,5/ 2,6/ 3,6	64	2 x 64		x			
<b>PUNTO MULTIPUNTO (A LARGA BANDA)</b>									
Bosch (DMS)	FDMA	3,5/ 10,5/ 18,7/ 23/ 26	64	n x 64		x	x	x	8
Ericsson (AirLine)	FDMA	3,5/ 10,5/ 18,7/ 23/ 26	64	n x 64		x	x	x	8
Netro (Airstar)	TDMA/FDMA	26/40	64	n x 64		x	x	x	34
Alcatel (HC-PMP)	TDMA	10,5	64	n x 64		1998	1998	1998	
Alcatel (A9800)	TDMA	1,5/ 2,4	32/64	19,2/64		1998		x	
HP (LMDS)	FDMA/TDMA	28	64				1998	1998	51

**Tabella 2** Sistemi Wireless disponibili sul mercato nel 1998.

diventare la seconda via necessaria per garantire elevati standard di disponibilità al collegamento.

Per la fascia *Medium business* si potranno anche utilizzare sistemi radio punto-multipunto a larga banda, che consentono di ridurre gli investimenti in termini di infrastruttura e di rendere più rapida la fornitura del servizio.

*La clientela residenziale e i piccoli clienti affari (SOHO)* sono distribuiti su un'area più o meno vasta e la concentrazione di questi determina la modalità con cui realizzare la rete di accesso secondaria: si può presentare il caso di concentrazioni di utenza in aree ben delimitate e prossime a un'infrastruttura di accesso già presente. In questi casi può risultare interessante una soluzione con armadi posti in strada come gli attuali armadi di distribuzione, del tipo quindi *FTTC (Fibre To The Curb)*, raggiungendo così l'utenza mediante raccordi in rame.

Molto più vantaggiosa in termini economici è l'utilizzo di sistemi radio punto-multipunto a banda stretta.

In questo caso la stazione radio base può coincidere con un'infrastruttura che rappresenta un nodo di accesso. La propagazione in spazio libero o quasi libero comporta la necessità di realizzare presso l'utente, le infrastrutture di raccordo tra il terminale remoto, posto sul tetto, e il punto di arrivo presso il cliente.

### 3.1.2 Integrazione della rete di accesso fissa con l'infrastruttura relativa alla rete di copertura DCS 1800

Nella strategia di Wind assume particolare importanza la sinergia con il progetto della rete radiomobile *DCS 1800 (Digital Cellular System)* che, con l'elevato numero di stazioni radio in ambito urbano, permette di accrescere la presenza di Wind anche nella rete di accesso per la clientela di rete fissa.

Le stazioni radio DCS 1800 possono quindi essere considerate anche come punti di presenza per la rete di accesso: ogni stazione infatti sarà collegata mediante linee o collegamenti radio a un controllore di stazioni radio posto in un edificio che ospita un nodo di servizio oppure un nodo di trasmissione. Risulta quindi di interesse poter realizzare una struttura che vede i nodi di accesso della rete fissa coincidenti con quelli per l'accesso della rete mobile: un insieme opportunamente scelto di siti può ad esempio costituire una struttura di accesso ad alta capacità mediante la realizzazione di un anello radio che collega i vari siti con il nodo di servizio sul quale attestare un'utenza importante.

Per ogni sito DCS 1800 può essere poi utilizzata la capacità in eccesso del raccordo *BTS-BSC (Base Transceiver Station-Base Station Controller)* per connettere l'utenza residenziale e quello SOHO. I collegamenti tra BTS e BSC in questo caso saranno costituiti da

Paese	Gestore	Fornitore	Tecnologia	Stato
Denmark	Telecom Denmark	Ericsson	DECT DRA1900	in prova
Germany	Telekom	Ericsson	DECT DRA1900	in prova
Germany	Telekom	Nokia	NMT 900 (900 MHz)	commerciale
Germany	Telekom	Ericsson	NMT 900 (900 MHz)	commerciale
Germany	Telekom	Lucent	IRT (2,6 GHz)	commerciale
Germany	Telekom	Teledata	ERC (3,5 GHz)	in prova
Germany	Telekom	Bosch	DMS (26 GHz)	in prova
Germany	Telekom	Ericsson	RAS1000 (900 MHz)	commerciale
Germany	Thyssen/Plusnet	Siemens	DECT	in prova
Estland	Eesti Telecom	Ericsson	RAS1000	commerciale
Finland	Helsinki Telephone Com.	Ericsson	DECT DRA1900	commerciale
Finland	Telecom Finland	Nortel	Proximity I (3,5 GHz)	commerciale
France	CGE	Alcatel	DECT	in prova
France	France Telecom	Dassault	CT2	commerciale
UK	Atlantic Communications	Tadiran	MultiGain (2,4 GHz)	commerciale
UK	BT	Motorola	CT2	in prova
UK	BT	DSC	AirSpan (2,2 GHz)	in prova
UK	BT	Teledata	ERC (2,6 GHz)	in prova
UK	Ionica	Nortel	Proximity I (3,5 GHz)	commerciale
UK	Mercury	Bosch	DMS (10,5 GHz)	in prova
Litauen	Omnitel	Motorola	WiLL	commerciale
Netherland	ENW	Ericsson	DECT (DRA1900)	in prova
Norway	Telenor	Ericsson	DECT (DRA1900)	in prova
Norway	Telenor	Teledata	ERC (2,6 GHz)	commerciale
Poland	PTT	Lucent	AirLink (4 GHz)	in prova
Poland	TPSA	Tadiran	MultiGain (2,4 GHz)	commerciale
Portugal	Portugal Telecom	Ericsson	RAS1000	commerciale
Rumania	Metromedia	DSC	AirSpan	in prova
Russia	Combella	Tadiran	MultiGain	contratto
Russia	Comincom	Tadiran	MultiGain	contratto
Russia	JSC Sviazinoform	Qualcomm	CDMA	contratto
Russia	MPT	Hughes	GMH 2000	commerciale
Russia	ST Petersburg Telephone	Motorola	WiLL (IS95)	in prova
Russia	Vimpelcom	Telular	AMPS	commerciale
Russia	Iswestiia	Qualcomm	CDMA	contratto
Sweden	Telia	SR Telecom	SR 500	commerciale
Sweden	Telia	Ericsson	DECT DRA1900	in prova
Switzerland	PTT	Lucent	DECT (Swing)	in prova
Slowakia	PTT	Lucent	DECT (Swing)	in prova
Spain	Telefonica	Lucent	DECT (Swing)	in prova
Spain	Telefonica	Motorola	WiLL (TACS)	commerciale
Spain	Telefonica	Alcatel	DECT	in prova
Spain	Telefonica	Ericsson	DECT DRA1900	in prova
Ukraine	Digital Cellular Com	Ericsson	D-AMPS	commerciale
Tschechien	Cable Plus	Nortel	Proximity I (3,5 GHz)	in prova
Tschechien	SPT	Siemens	DECT	in prova
Tschechien	SPT	Ericsson	DECT	in prova
Tschechien	SPT	Lucent	IRT	contratto
Tschechien	SPT	Lucent	DECT	in prova
Tschechien	SPT	Hughes	GMH 2000	commerciale
Hungary	Deltav	Ericsson	DECT (DRA1900)	contratto
Hungary	Hungartel	Ericsson	RAS1000	contratto
Hungary	Hungartel	Ericsson	DECT (DRA1900)	contratto
Hungary	Jasztel	Ericsson	RAS1000	commerciale
Hungary	Matav	Ericsson	RAS1000	commerciale
Hungary	Matav	Motorola	WiLL (TACS)	commerciale

**Tabella 3** Utilizzo dei sistemi Wireless in Europa all'inizio del 1998.

linee affittate o da collegamenti in ponte radio di bassa capacità.

### 3.1.3 Ruolo dei sistemi radio

Sono oggi disponibili diversi sistemi radio per sostituire in tutto o in parte le soluzioni in cavo nell'ambito della rete di accesso; e il forte interesse intorno a queste soluzioni - dato in primo luogo dalla liberalizzazione del mercato europeo - rende probabili sensibili sviluppi sia in termini di servizi disponibili sia di costi nei prossimi due-tre anni.

Oltre ai tradizionali sistemi punto-punto, due categorie di sistemi punto-multipunto costituiscono oggi le tecnologie utilizzabili per un nuovo gestore:

- *Wireless Local Loop a banda stretta*: sono comprese in questa categoria le soluzioni idonee alla fornitura del servizio telefonico tradizionale sia di connessioni ISDN, quindi indirizzabili verso la fascia del mercato residenziale, sia SOHO;
- *Wireless Local Loop a banda larga*: appartengono a questa classe le soluzioni atte a una più ampia fornitura di servizi quale *POTS (Plain Old Telephone Service)*, ISDN, n\*64 kbit/s fino a capacità di 2Mbit/s o multipli, con capacità di allocazione dinamica della banda; questa soluzione quindi è rivolta prevalentemente verso la fascia del mercato affari medio e alta.

La tabella 2 nel seguito riporta sinteticamente una panoramica dei sistemi oggi disponibili sul mercato.

Nella tabella 2 i sistemi appartenenti alla prima categoria sono suddivisi in standardizzati e non, mentre quelli appartenenti alla seconda categoria sono semplicemente indicati come punto-multipunto. La tabella mostra la grande varietà nell'ambito dei sistemi non standardizzati e come, nel caso dei sistemi a larga banda, questi rappresentino un'interessante possibilità per un nuovo gestore. La disponibilità di frequenze costituirà perciò uno dei fattori determinanti nell'evoluzione di questi sistemi per l'impiego nel mercato della rete di accesso da parte dei nuovi gestori.

Pur in assenza di uno standard a livello europeo un certo livello di armonizzazione esiste in diverse gamme di frequenza (*ERC Report 25, European Table of Frequency Allocations and Utilisations*), le bande interessate sono: 3,4-3,6 GHz; 10,15-10,65 GHz; 17,30-17,70 GHz.

Per i sistemi futuri (particolarmente quelli a larga banda) particolare attenzione è invece rivolta alle bande: 22-29,5 GHz (22-23,6; 24,5-26,5; 27,5-29,5) e 37-39,5 GHz.

L'utilizzo dei sistemi *Wireless Local Loop* in Europa da parte di diversi gestori è riportato nella tabella 3. In sintesi su un totale di cinquantasei applicazioni in campo o commerciali, che coprono le bande tra 400 MHz (sistemi analogici) e 26 GHz, diciannove utilizzano sistemi a standard *DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)*, otto sono relativi a sistemi analogici, venticinque riguardano sistemi *WLL (Wireless Local Loop)* a banda stretta proprietari (in tecnologia *CDMA-Code Division Multiple Access*, *TDMA-Time Division Multiple Access*, o *FDMA-Frequency Division Multiple Access*) e quattro sono relativi a sistemi punto-multipunto a larga banda.

### 3.1.4 Tecnologie di telecomunicazione sulle linee elettriche di distribuzione

L'utilizzo delle linee elettriche anche come linee di telecomunicazioni non è un concetto nuovo. Infatti sin dagli anni Sessanta sono comparsi dispositivi di comunicazioni che inserivano canali telegrafici e telefonici sulle linee di alta e media tensione permettendo così al gestore della rete elettrica di realizzare reti di telecontrollo e di disporre di una rete telefonica tra i vari centri di produzione e di trasporto dell'energia.

Questi sistemi aggiungono al segnale di potenza, un segnale modulato con una frequenza della portante dell'ordine del kHz.

Recentemente la crescita dei sistemi distribuiti di elaborazione e la domanda di reti *LAN (Local Area Network)* a basso costo e ad alta velocità, nonché l'entrata delle società di produzione e distribuzione di energia nel mercato delle telecomunicazioni ha fatto esplodere l'interesse per l'utilizzo delle linee elettriche per il trasporto dell'informazione.

Il canale di telecomunicazioni elettrico è caratterizzato da attenuazioni elevate per frequenze superiori a 100 kHz e da attenuazioni selettive in frequenza legate alle riflessioni multiple subite dal segnale per i disadattamenti di impedenza presenti sulla linea. I rumori presenti sono dovuti alle componenti armoniche del segnale di potenza generati dai dispositivi di conversione da alternata in continua *AC/DC (Alternate Current/Direct Current)* presenti in linea, ai rumori impulsivi dovuti ai transistori introdotti da interruttori, azionamenti, e ai disturbi radio raccolti dalla linea.

Queste caratteristiche del canale trasmissivo che una linea elettrica può fornire indirizzano verso la realizzazione di sistemi di trasmissione a larga banda, ad esempio sistemi *spread spectrum DS* o sistemi basati su modulazioni *OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)*, con la possibilità di utilizzare ricevitori in grado di risolvere il *multipath* (tramite equalizzazione) o di utilizzarlo (ricevitore *Rake*). La tecnologia oggi disponibile prevede la possibilità di garantire un canale dati di 1 Mbit/s. La capacità erogabile dipende sia dalla distanza dell'utente dal punto di iniezione del segnale, sia, a parità di distanza, dalle caratteristiche della linea e dei carichi ad essa collegati.

Un aspetto importante nell'utilizzo di questi sistemi è legato alla necessità di confinare le emissioni radio del segnale di telecomunicazione in modo da non arrecare interferenze.

Queste tecniche sono ancora in evoluzione, ma risulta ormai chiara la possibilità di un utilizzo commerciale del portante elettrico anche se devono essere risolti problemi di esercizio e di disponibilità del servizio che vanno completamente valutati.

Franco Grimaldi, Roberto Piermarini, Elvira Sasso  
WIND

esasso@wind.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Evoluzione e confronto tra architetture di accesso verso una rete completamente ottica

STEFANO GRIECO

*Il mercato delle reti di accesso è oggi in gran fermento e sono attesi a breve grandi cambiamenti; i gestori e i fornitori di sistemi di telecomunicazioni devono quindi anticipare queste discontinuità che si presenteranno nello sviluppo degli impianti. Nuove soluzioni architetturali stanno emergendo (favorite dall'affermarsi della fotonica), ma nessuna di esse sembra oggi poter prevalere in misura rilevante sulle altre: tutte, infatti, hanno punti a favore o a sfavore. L'obiettivo ultimo dell'evoluzione delle differenti architetture è, infatti, una rete completamente ottica. Per realizzare una rete tutta ottica è necessaria una riduzione del costo dei sistemi elettronici e ottici; i fornitori di infrastrutture di rete devono quindi dare un nuovo impulso in aree selezionate per fornire poi gradualmente una soluzione integrata, valida dal punto di vista tecnico-economico.*

## 1. Introduzione

È ormai opinione diffusa che nel prossimo futuro il mercato delle telecomunicazioni crescerà in maniera esponenziale per quanto riguarda richiesta di banda di frequenza e velocità di commutazione. Quest'esigenza permetterà alla *fotonica* di penetrare in maniera sempre più pervasiva all'interno della rete spostandosi dalla rete di trasporto a quella di accesso e infine all'edificio fino a ottenere uno strato completamente ottico, come riportato in figura 1.

Numerosi sono i fattori che condurranno alle *autostrade ottiche*: i più importanti sono l'eliminazione dei colli di bottiglia dei sistemi elettronici, una maggiore flessibilità e una riduzione dei costi di connessione e di mantenimento della rete. In questo mercato stanno emergendo *nuovi paradigmi*, condivisi dai maggiori gestori e fornitori di reti di telecomunicazioni; tre di questi sembrano particolarmente significativi:

- I maggiori gestori ritengono che, in considerazione dell'incremento di traffico previsto (il maggior motore sarà costituito dal trasporto dei dati e non più dalla voce), la strategia che essi seguiranno nel prossimo futuro consisterà nella *vendita di banda* ai propri clienti con un sistema di tariffazione non più basato sulla durata e sulla distanza ma sulla banda effettivamente utilizzata;
- Gli esperti del settore prevedono una transizione - specie nella rete di accesso - da *una soluzione con sistemi elettronici e intelligenza completamente distribuita* lungo la rete a *una soluzione con elettronica e intelligenza concentrata* sia nella parte centrale della rete dal lato delle reti dorsali (il *backbone*) in super centri sia

d'altro canto presso la residenza del cliente in "edifici intelligenti", quali quelli riportati in figura 2. L'elettronica sarà utilizzata sfruttando al massimo la possibilità di elaborazione del segnale da essa presentata e lasciando le funzioni di trasporto ai sistemi ottici; i sistemi *ADM (Add-Drop Multiplexer)* ottici e *Cross Connect* ottici stanno oggi infatti divenendo realtà. I sistemi *WDM (Wavelength Division Multiplexing)*, partiti come soluzione per i problemi presenti nelle reti di trasporto, stanno per essere inseriti nelle reti metropolitane e in quelle di accesso.

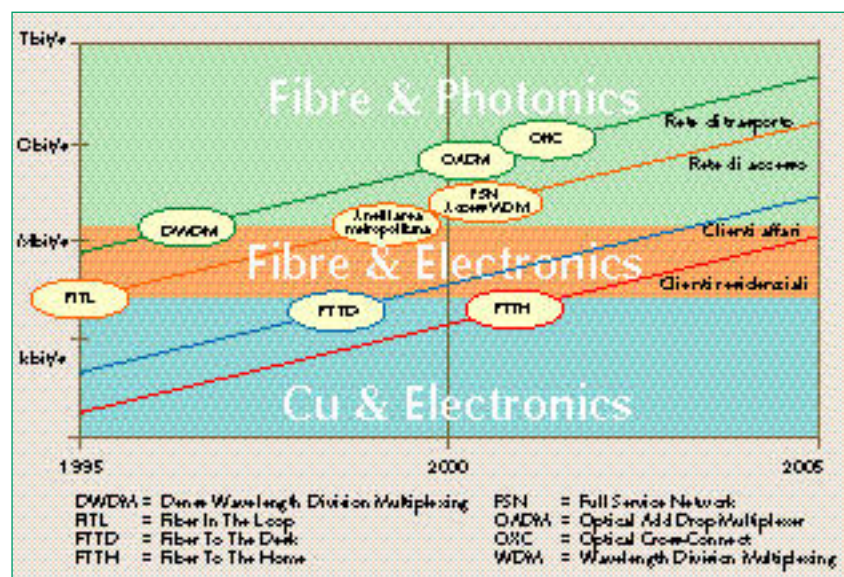


Figura 1 Evoluzione della richiesta di banda.

- Si può immaginare la formazione di un "campo di battaglia" in cui il mercato consumer, quello dei dati e quello delle telecomunicazioni convergeranno; si passerà cioè *da una strategia di bassi volumi e alti margini a una di prodotti flessibili a basso costo per elevate quantità.*



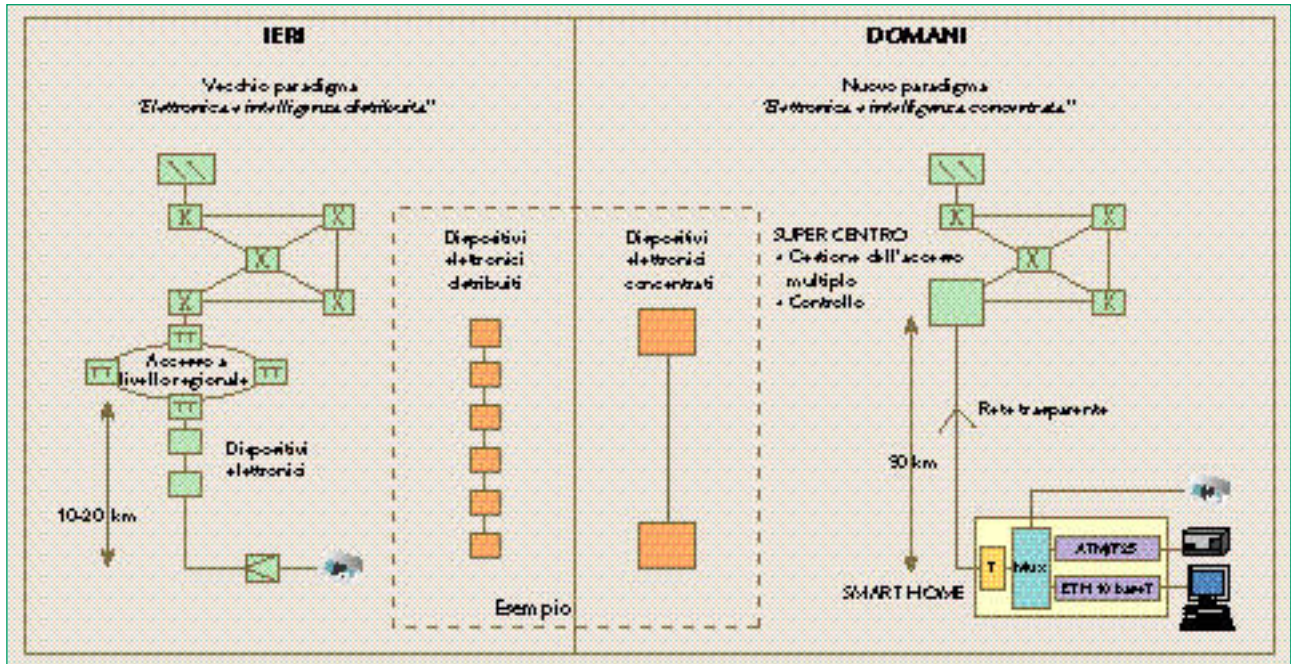


Figura 2 Evoluzione verso una rete completamente ottica.

La struttura stessa del mercato delle telecomunicazioni si sta modificando (figura 3): da una situazione in cui ogni gestore era focalizzato sul proprio *core service* (fonia o video oppure Internet), permettendo quindi al cliente finale di avere una singola precisa interfaccia, essa sta evolvendo verso un ambiente sempre più competitivo nel quale si avranno sovrapposizioni tra il settore delle telecomunicazioni tradizionali, il mercato dei dati (Internet; Intranet; Extranet) e quello dei sistemi diffusivi (*broadcasting*). La deregolamentazione costituirà poi un ulteriore elemento di spinta in questa stessa direzione. Questo scenario sarà reso ancora più complesso per l'emergere di nuove soluzioni tecnologiche.

Analizzando strategie e richieste di numerosi gestori delle telecomunicazioni si riescono a identificare alcuni *elementi chiave* che orientano le loro scelte:

- **Costo:** il maggior fattore per la transizione da una struttura basata su portanti in rame ed elettronica, a una realizzata con portanti ottici e con dispositivi fotonici - necessaria per far fronte alla crescente richiesta di traffico - è il costo dei prodotti e in particolare dei componenti ottici e optoelettronici. Per quanto riguarda i componenti ottici è prevista nei prossimi cinque anni una riduzione dei prezzi di circa il 25 per cento l'anno.
- **Riutilizzo di parte delle infrastrutture esistenti:** un approccio *Field-of-dream* non è applicabile; la transizione verso una rete completamente ottica avverrà per fasi successive con una crescita *Build-it-as-they-come*.

- **Flessibilità dell'architettura di rete:** la nuova infrastruttura dovrà essere in grado di soddisfare il mercato business e quello residenziale; una sua evoluzione per realizzare una rete FTTH dovrà quindi essere il più possibile semplice e modulare.
- **Fornitura di una varietà di servizi:** la rete dovrà essere realizzata con un'architettura aperta in modo da permettere di rendere disponibili con facilità nuovi servizi. Alcune analisi recenti hanno peraltro confermato che fornire un solo servizio,

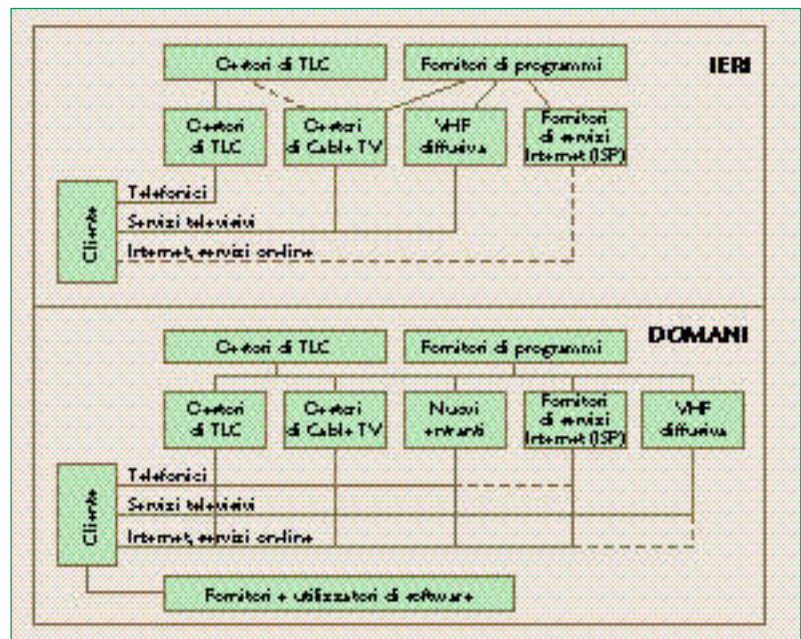


Figura 3 Mutamenti nella struttura del mercato.

come il video diffusivo o il VOD (*Video on Demand*), non dà ai gestori un ritorno adeguato sugli investimenti.

- **Necessità di standardizzazione delle soluzioni:** solo in questo modo sarà possibile raggiungere i volumi necessari per ridurre i costi e per condividere il rischio economico.

## 2. Obiettivi richiesti di capacità, richieste di servizi e nuove possibili architetture

Da analisi svolte da diversi esperti è risultato con chiarezza che, al contrario del biennio 1994-95 - nel corso del quale i servizi video diffusivo e VOD erano considerati il maggior fattore trainante per l'aumento del traffico - un incremento di banda sarà richiesto dai servizi on-line, come l'accesso a Internet (sono previsti nel Duemila circa 200 milioni di sottoscrittori nel mondo pari a circa il 20-25 per cento degli utenti connessi a una linea telefonica); alla diffusione di soluzioni Intranet/Extranet; alla videoconferenza (solo in Europa è previsto nel Duemila un mercato di 2500 miliardi di lire con un CAGR (*Compound Average Growth Rate*) del 30 per cento nel periodo 1996-2000) e al commercio elettronico.

Partendo da questi dati, è stata condotta un'analisi per valutare quale potrà essere la richiesta di banda nei prossimi anni, focalizzandosi soprattutto sul

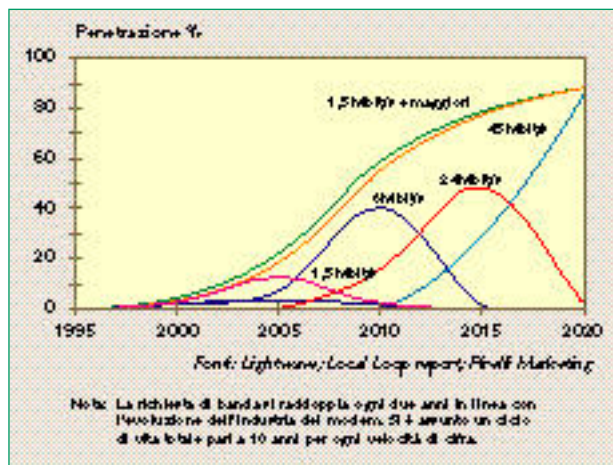


Figura 4 Velocità di cifra minima richiesta per i servizi da fornire ai clienti residenziali.

mercato dei clienti residenziali e su quello relativo agli utilizzatori della classe piccola e media affari, l'utenza SOHO (*Small-Office Home-Office*). Il risultato di quest'analisi è riportato nelle figure 4 e 5.

Il risultato dell'analisi porta a concludere che:

- nel mercato residenziale a partire dal 2005 difficilmente saranno utilizzabili tecnologie differenti da quella ottica per fare fronte alla richiesta di banda (superiore a 25 Mbit/s per utente) e, comunque, sarà necessario inserire portanti ottici nella rete di accesso a partire dal Duemila;
- nel mercato dell'utenza affari di classe piccola o

media una soluzione completamente ottica sarà richiesta probabilmente già dal 2001 (la banda richiesta sarà di circa 45 Mbit/s).

Occorre quindi identificare le possibili architetture di rete più adeguate per pervenire alla soluzione finale con una "rete tutta ottica" (FTTH), intesa come collegamento in fibra ottica terminato presso la residenza del singolo cliente.

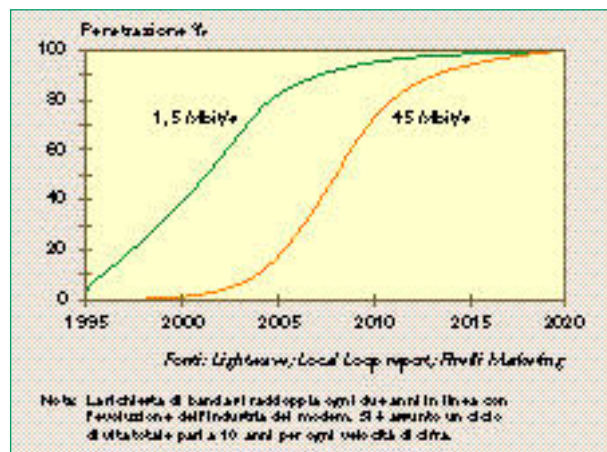


Figura 5 Velocità di cifra minima richiesta dagli utilizzatori della classe piccola o media affari (SOHO).

Da un'ottica che esamini le richieste del mercato, il punto di partenza per la scelta dell'infrastruttura sarà l'identificazione del tipo di consumatori e le applicazioni che sarà necessario portare fino a essi. Nel riquadro a pagina 108 è riportato il risultato di un'analisi che mette a confronto una segmentazione del mercato potenziale con i presumibili servizi richiesti dalle diverse categorie in cui è possibile classificare i clienti: ogni area rappresenta un mercato potenziale che può essere occupato da ciascun gestore.

Numerose configurazioni architetture possono soddisfare il fabbisogno di banda e di servizi del mercato; alcune di esse consentono però una migliore integrazione con le infrastrutture esistenti e rispondono alle richieste di un numero maggiore di mercati potenziali permettendo al tempo stesso un migliore ritorno sugli investimenti (xDSL, evoluzione dell'attuale rete HFC, PON, soluzioni avanzate in fibra).

## 3. Evoluzione strategica delle infrastrutture di rete

Sulla base di quanto finora analizzato, possono essere identificati tre differenti scenari evolutivi nel mercato delle reti di accesso partendo dalle seguenti ipotesi:

- esistenza di vincoli in termini di infrastrutture esistenti, per quanto riguarda i gestori già presenti sul mercato;
- necessità da parte di tutti i gestori di fornire nuovi servizi e di affrontare un mercato sempre più competitivo;

SEGMENTAZIONE IN AREE DEL MERCATO POTENZIALE

TIPOLOGIA DI CLIENTE	VIDEO DIFFUSIVO		SEGNALE MULTIMEDIALE INTERATTIVO			
	Servizio base analogico + numerico	Servizio numerico diffuso (DNE) commutato	VOO	ONLINE	Videoconferenza Lavoro di gruppo	EDI (Electronic Data Interchange)
Grandi affari				SDH-ATM Anelli punto-punto con A. dedicata attraverso una PON	SDH-ATM Anelli punto-punto con A. dedicata attraverso una PON	SDH-ATM Anelli punto-punto con A. dedicata attraverso una PON
SME (Small Medium Enterprise)				ADSL (con limitazioni) PON SuperPON	PON SuperPON	ADSL (con limitazioni) PON SuperPON
SmartHome (Casa intelligente)	HFC ADSL PON SuperPON	PON SuperPON	HFC+ Cable Modem ADSL PON SuperPON	HFC+ Cable Modem ADSL PON SuperPON		
Lavoratori di Corporate (occasionalmente telelavoro)				RADIO HFC+ Cable Modem ADSL PON SuperPON		
Telelavoro	HFC ADSL PON SuperPON	ADSL PON SuperPON	HFC+ Cable Modem ADSL PON SuperPON	ADSL (con limitazioni) PON SuperPON	PON SuperPON	ADSL (con limitazioni) PON SuperPON

- possibilità per i nuovi gestori di acquisire quote di mercato con soluzioni più attuali. Un possibile scenario evolutivo è riportato nella figura 6.

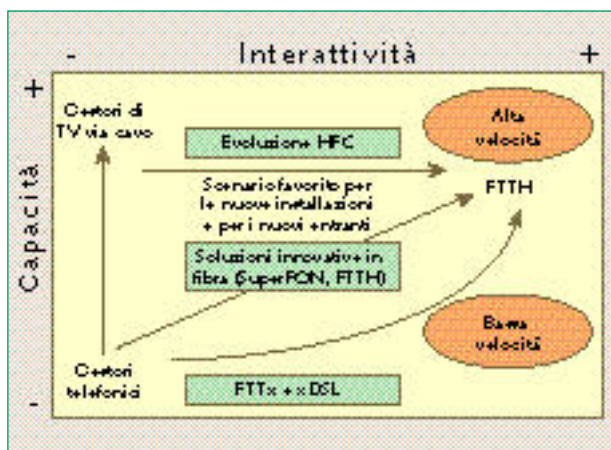


Figura 6 Differenti scenari nell'evoluzione delle infrastrutture di rete.

Primo scenario: evoluzione della rete HFC verso una rete completamente ottica

Questa evoluzione sarà guidata dai gestori delle reti CATV o da altri possibili competitor che considerano come proprio *core Business* la distribuzione del segnale video con una bassa penetrazione di servizi interattivi.

Per rispondere alla richiesta di banda, la fibra dovrebbe in questo caso spostarsi sempre più verso l'utente; si assisterà quindi, come riportato in figura 7, a una riduzione del numero di utenti connessi a un singolo nodo (*fiber node*). Per far fronte a questa tendenza saranno realizzati anelli ottici per connettere un singolo *Master Head End* a molti *hub* di distribuzione (figura 8). Una possibile alternativa per

quanto riguarda l'evoluzione della rete di distribuzione, è costituita da una rete HFC analogica sovrapposta a una ottica passiva numerica con l'inserimento di un *DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)* che consenta un'allocazione flessibile di banda tra i diversi utilizzatori (figura 9).

Secondo scenario: evoluzione di una rete FTTx con un utilizzo iniziale di tecniche xDSL

Questo scenario è indicato per gestori che dispongono già di infrastrutture in rame; esso permette di capitalizzare gli investimenti già fatti e di arrivare per passi successivi alla soluzione di una rete completamente ottica.

Anche in questo caso la fibra e le apparecchiature ottiche saranno installate progressivamente, come riportato in figura 10, sempre più in prossimità dell'utente finale, (le architetture PON sembrano oggi essere le soluzioni che hanno maggiori potenzialità); le tecniche xDSL saranno probabilmente soluzioni valide per un periodo transitorio che permetteranno un'evoluzione graduale delle infrastrutture. È possibile inoltre prevedere la traslazione di questa rete verso la rete dorsale (il *backbone*) in seguito a una concentrazione dei nodi di commutazione (*SuperPON*).

Con la prevista riduzione dei costi degli apparati fotonici ed elettronici si potrà nel breve termine assistere all'introduzione di prodotti WDM nella rete di accesso (essa permetterebbe di superare il limite imposto di 622 Mbit/s in direzione centripeta, *downstream*, oppure di assegnare lunghezze d'onda agli utenti business od a particolari servizi) per arrivare nel medio termine a una soluzione FTTH conveniente dal punto di vista economico (*cost effective*).

Terzo scenario: soluzioni avanzate che riguardano una rete completamente ottica (SuperPON, FTTH, anelli ottici SDH/ATM, soluzioni WDM con interfacce aperte)

Questa soluzione è la migliore per i nuovi gestori

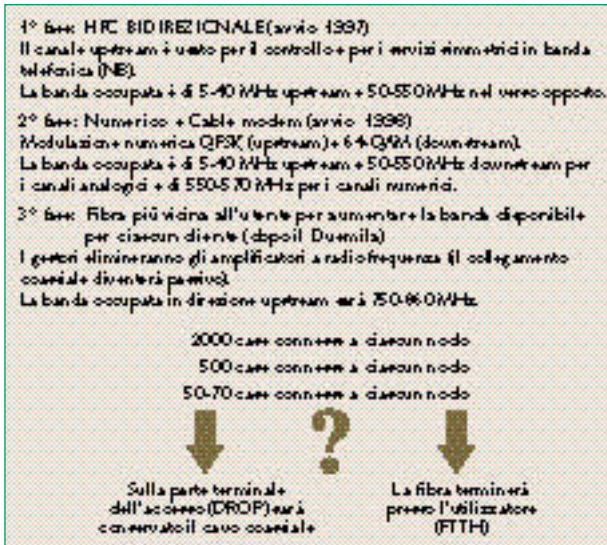


Figura 7 Primo scenario: possibile evoluzione della rete di accesso HFC.

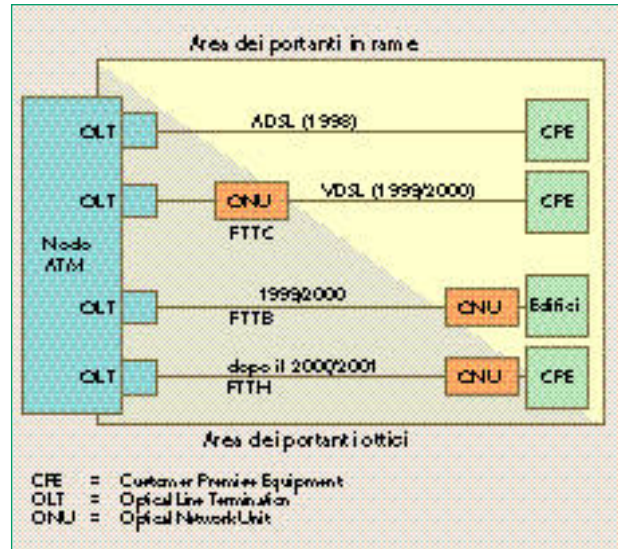


Figura 10 Secondo scenario: evoluzione della rete PON.

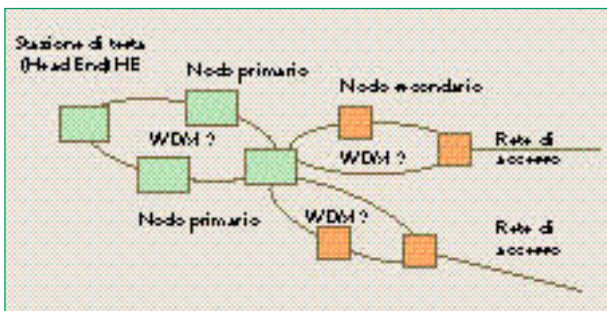


Figura 8 Primo scenario: possibile evoluzione della rete HFC verso quella di transito.

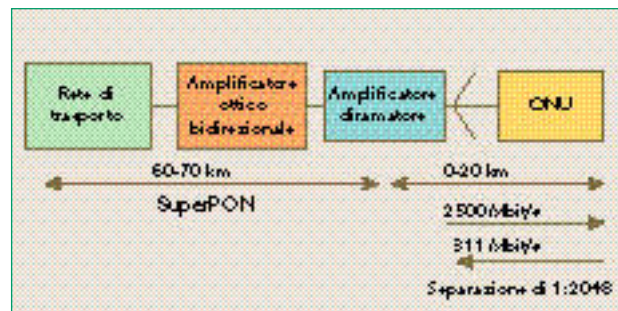


Figura 11 Terzo scenario: architettura di una rete SuperPON (Super Passive Optical Network).

che non hanno vincoli di infrastrutture esistenti; essa permette anche a gestori già operanti di acquisire vantaggi competitivi con soluzioni ottiche d'avanguardia.

In questo caso la rete completamente ottica costituisce già una realtà; oggi soluzioni di questo tipo sono favorite per nuove installazioni mentre sono ancora poco competitive, dal punto di vista economico, per l'evoluzione di infrastrutture esistenti.

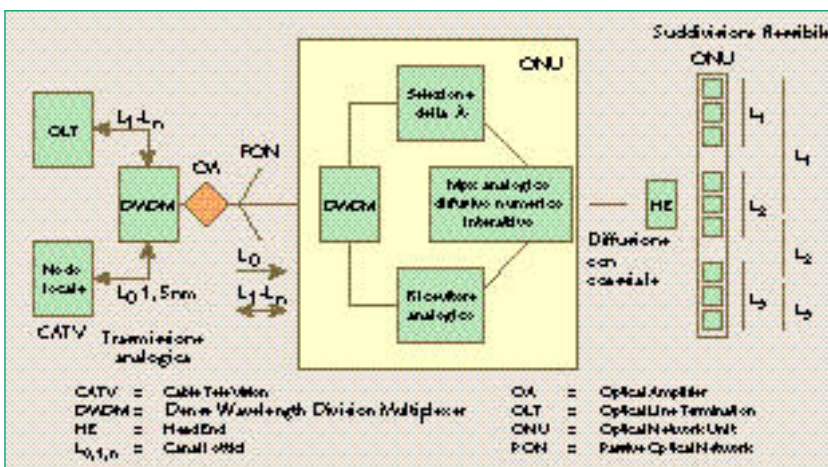


Figura 9 Primo scenario: alternativa per l'evoluzione della rete di distribuzione: la rete analogica HFC è sovrapposta a una ottica passiva numerica.

Una soluzione interessante in questo senso è rappresentata dalla SuperPON, una architettura che sembra seguire l'evoluzione della rete di transito (Core Network) verso una concentrazione dei nodi di commutazione (figura 11).

#### 4. Confronto tra le differenti architetture per l'accesso

Come è stato chiarito nel paragrafo precedente, non è possibile oggi individuare un'architettura vincente sulle altre: tutte infatti hanno elementi a favore o a sfavore. Si è quindi cercato di sintetizzare gli elementi che sembrano giocare un

CONFRONTO TRA DIVERSE ARCHITETTURE PER L'ACCESSO

	Vantaggi	Svantaggi
ADSL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permette il completo riutilizzo delle infrastrutture in ram e esistenti</li> <li>- Il prodotto è disponibile</li> <li>- Il costo è di interesse</li> <li>- Garantisce la sicurezza (è una soluzione punto-punto)</li> <li>- Ritarda gli investimenti in infrastrutture</li> <li>- Soddisfa i bisogni attuali di banda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soluzione temporanea (richiede modifiche della rete nel breve periodo)</li> <li>- La soluzione non è adatta nel caso di un aumento della penetrazione (problemi di diafonia tra le coppie in ram e dei cavi)</li> <li>- Ha limitazioni di banda (max 6 Mbit/s)</li> <li>- Presenta limitazioni per la distanza massima raggiungibile</li> <li>- Non permette una riallocazione dinamica della banda tra gli utenti</li> </ul>
HFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Può portare segnali analogici</li> <li>- È idonea sia per trasmissioni ATM sia per flussi MPEG2</li> <li>- Il prodotto disponibile è già maturo</li> <li>- Il costo è interessante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richiede modifiche per permettere la trasmissione bidirezionale e numerica</li> <li>- Non è una rete <i>full services</i></li> <li>- Ha limitazioni di banda nel canale centripeto (upstream)</li> <li>- Richiede un sistema di crittazione in quanto rete punto-multipunto</li> <li>- Manca una standardizzazione</li> <li>- Ha bassa modularità e versatilità e alti costi di manutenzione</li> <li>- Il cavo coassiale richiede conoscenze e competenze per l'installazione e per la manutenzione (che molti gestori non hanno)</li> </ul>
FTTx (PON)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- È una rete <i>full services</i></li> <li>- Permette il parziale riutilizzo delle infrastrutture in ram e esistenti</li> <li>- Permette di portare la fibra più vicino alla residenza dei clienti</li> <li>- Presenta un'alta modularità e versatilità e costi medi di manutenzione</li> <li>- Non richiede, pur essendo una rete punto-multipunto, un sistema di crittazione, tranne nel caso dei sistemi FTTH</li> <li>- È prevista una standardizzazione entro la fine del 1998</li> <li>- L'ONU (Optical Network Unit) può avere terminazioni per xDSL, per <i>cable modems</i> oppure per terminazioni di portanti radio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- È un prodotto disponibile (maturo)</li> <li>- Non porta segnali analogici</li> <li>- È ottimizzata per una trasmissione ATM</li> <li>- Il costo ancora alto deve essere ridotto ulteriormente</li> <li>- Chiede l'implementazione locale delle ONU (Optical Network Unit)</li> </ul>
FTTx (SuperPON)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rende disponibile un'alta capacità di banda in direzione centripeta e centrifuga (<i>upstream</i> e <i>downstream</i>)</li> <li>- Copre aree geografiche molto estese</li> <li>- Presenta una modularità e versatilità con costi medi di manutenzione</li> <li>- Può permettere una riduzione del numero di nodi nella parte centrale della rete (Core network)</li> <li>- Permette di condividere i costi fissi di infrastruttura tra un gran numero di utenti</li> <li>- L'ONU (Optical Network Unit) può avere terminazioni per xDSL, per <i>cable modems</i> oppure per terminazioni di portanti radio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- È disponibile</li> <li>- Non può portare segnali analogici</li> <li>- È stato ottimizzato per una trasmissione ATM</li> <li>- Non è stato ancora standardizzato</li> <li>- Ha costi ancora alti; richiede, per l'impiego, una riduzione dei costi dei prodotti ottici</li> <li>- Richiede l'implementazione locale</li> </ul>
FTTH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altissima capacità di banda in entrambi i versi di trasmissione (Upstream e Downstream)</li> <li>- La soluzione non richiede ulteriori aggiunte nelle infrastrutture</li> <li>- Riduce i costi di esercizio, di gestione e di manutenzione</li> <li>- L'implementazione remota è a carico dell'utilizzatore finale</li> <li>- L'utilizzatore finale gestisce in modo autonomo la terminazione di rete (Network Termination) e le varianti per nuovi servizi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il costo per utente è ancora elevato</li> <li>- È necessario un sistema di crittazione</li> <li>- Il prodotto è già disponibile (maturo)</li> </ul>

ruolo di rilievo nella scelta di ciascuna soluzione da un punto di vista tecnico ed economico (si veda il riquadro di questa pagina).

Se analizziamo il mercato delle reti di accesso da un punto di vista economico potremmo chiederci quale sarà l'andamento dei costi. Probabilmente in futuro assisteremo a un incremento per quanto riguarda il costo del lavoro (in particolare di quello legato alle

opere civili) associato a un aumento della complessità della rete e alla copertura di aree meno densamente popolate (aree rurali); è invece prevedibile una riduzione del costo degli apparati anche grazie a un effetto legato alla curva di apprendimento ed a un approccio più modulare.

Sono di seguito riportati alcuni risultati di un confronto economico tra differenti architetture di

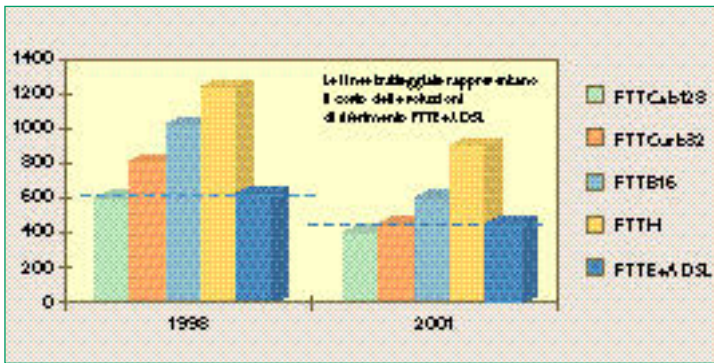


Figura 12 Evoluzione del costo di prima installazione per singola linea.

rete. Sono paragonati il costo di prima installazione (in dollari USA) in una zona urbana considerando 1024 unità con una penetrazione all'interno dei singoli edifici di circa il 30 per cento (figura 12); sono poi indicati i costi totali di rete per ogni connessione considerando quindi i costi di esercizio e manutenzione (figura 13).

Analizzando i due diversi grafici si può osservare che il costo da tenere presente per valutare e scegliere un'architettura di rete deve essere il *total life cycle cost* (e non solo il costo iniziale di installazione).

Confrontando le differenti scelte dal punto di vista delle opportunità di mercato (figura 14) e in particolare il numero di linee installate per anno, possiamo trarre le seguenti conclusioni:

- lo scenario dei prossimi due anni sarà dominato dall'evoluzione (verso il numerico e il trasporto bidirezionale) dell'architettura HFC; un calo consistente di questo mercato è atteso a partire dal Duemila;
- è prevista una sensibile crescita delle architetture FTTx, che dopo il 2001 dovrebbero costituire la soluzione maggiormente impiegata;
- è prevedibile la crescita dell'impiego delle soluzioni ADSL, e soprattutto dal Duemila della tecnologia VDSL;
- è presumibile che cresca nei prossimi anni la

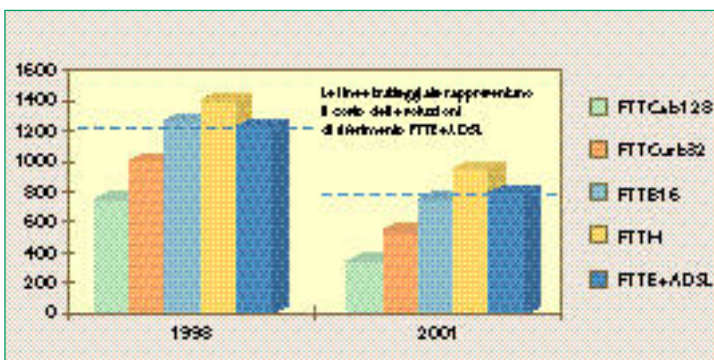


Figura 13 Evoluzione del costo totale nel caso di una penetrazione del 30 per cento per singola linea (installazione, esercizio e manutenzione).

vendita di Cable modem, di un mercato cioè guidato dalla necessità di far evolvere le reti HFC già installate.

## 5. Conclusioni

Il mercato delle reti di accesso è in grande fermento e presumibilmente a breve si verificheranno cambiamenti di rilievo; i gestori e i fornitori di infrastrutture di reti di telecomunicazioni dovranno anticipare questi cambiamenti. Nel mercato sono proposte nuove soluzioni architeturali (favorite dall'affermarsi della fotonica) ma nessuna di queste sembra oggi poter prevalere sulle altre, in quanto tutte hanno alcuni punti a favore e altri a sfavore.

L'obiettivo ultimo dell'evoluzione delle differenti architetture di rete è costituito dal passaggio a una "rete completamente ottica"; e l'architettura PON

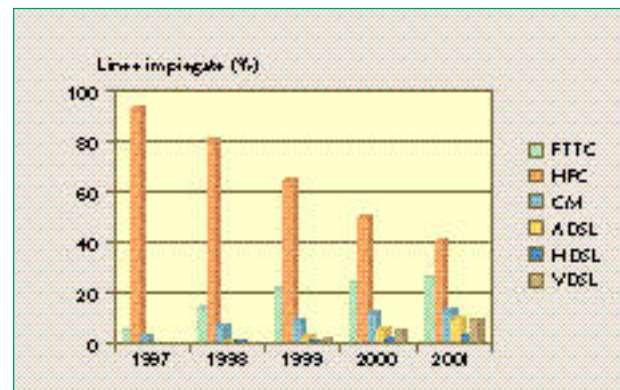


Figura 14 Variazione percentuale nel mercato mondiale dei diversi sistemi impiegati nella rete di accesso.

sembra essere la soluzione più promettente in futuro, in considerazione anche delle caratteristiche di modularità e flessibilità presentate da questi sistemi.

Per pervenire a una rete completamente ottica è necessaria anche una riduzione dei costi sia per la parte dei sistemi elettronici sia per quelli ottici; i fornitori di infrastrutture di rete devono quindi dare un nuovo impulso in aree specifiche (ottica ed elettronica) per fornire una soluzione integrata di architettura di rete che consenta di rispondere alle attese dei clienti e, al contempo, permetta di ottenere un'adeguata redditività.

*Stefano Grieco  
(al momento del convegno operava nella Pirelli Cavi e Sistemi; è ora passato all'Alcatel Italia)*

*Stefano.Grieco@netit.alcatel.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Ruoli dei sistemi radio nell'evoluzione della rete di accesso fissa

CLAUDIO CHIARENZA  
SERGIO DAL MONTE  
DECIO ONGARO  
GIANCARLO ROSINA  
BARTOLOMEO MARIA  
MARCELLO SALERNO

*L'articolo presenta anzitutto gli aspetti di maggior rilievo, che in questi ultimi anni hanno caratterizzato la tecnologia radio, mettendo in rilievo le principali motivazioni che hanno condotto i gestori delle reti di telecomunicazioni a effettuare alcune scelte tecniche in termini di rete di accesso. Nella definizione dello scenario attuale l'articolo pone l'accento sul processo di convergenza oggi in atto tra i diversi segmenti, sottolineando i fattori, che al di là degli aspetti tecnici, favoriranno l'espansione di un settore rispetto a un altro. Sono, inoltre, descritti due casi di applicazione della tecnologia radio: quella DECT nella rete di Telecom Italia e quella radio dei sistemi punto-punto e punto-multipunto. L'approccio seguito nell'analisi dei due casi vuole porre in luce non solo le tematiche tecnologiche ma anche quelle legate al mercato e quindi ai servizi offribili.*

## 1. Introduzione

In questi ultimi anni la tecnologia radio è stata caratterizzata da cambiamenti significativi: da semplice mezzo di trasmissione a efficiente mezzo per la distribuzione di servizi e applicazioni. Essa è oggi, infatti, l'unica che può permettere all'utente non solo di accedere alla vasta gamma di servizi di telecomunicazione, ma di effettuare o di ricevere chiamate in qualsiasi luogo svincolandosi così dall'avere un unico punto di accesso e di sfruttare parallelamente la mobilità.

Nella tipologia dei sistemi di accesso radio rientrano i tradizionali sistemi cellulari (GSM, TACS) che permettono all'utente di essere raggiunto ovunque e di utilizzare i servizi telefonici in qualsiasi luogo senza complesse procedure di inoltro delle chiamate. La rete localizza l'utente e controlla i suoi diritti di accesso finché si trova nell'area di copertura. Appartengono anche a questa categoria sistemi di accesso e di remotizzazione del tipo punto-punto o punto-multipunto e i sistemi *wireless (radio in the local loop)* per il collegamento di utenti locali e remoti, non su doppini fisici (coppie di rame). Questi ultimi sono però più rivolti a risolvere richieste provenienti dagli operatori o dai gestori di rete piuttosto che alla richiesta diretta dell'utenza.

L'evoluzione della tecnologia radio, unita allo sviluppo dei sistemi cellulari e alle tecnologie di accesso, ha avuto un impatto notevole sia sull'architettura delle reti sia sulla creazione di nuovi servizi o di applicazioni innovative.

Per quanto riguarda il *WLL (Wireless Local Loop)* è interessante l'applicazione in aree rurali e a bassa densità di popolazione, dove un accesso radio potrebbe essere l'unica soluzione economicamente valida. La tipologia di accesso WLL, comprendendo un'ampia famiglia di sistemi, potrebbe fornire di volta in volta, a valle di un'opportuna scelta, il sistema più adatto, la soluzione ottimale in diversi ambiti: metropolitano (per raggiungere bacini di utenza senza richiedere la cablatrice), rurale, sub-urbano o in parti-

colari situazioni montane (ad esempio comunità montane, rifugi alpini, masi in Alto Adige). In questo caso il WLL rappresenta la soluzione per garantire all'utente bassi tempi di fornitura del servizio e per permettere ai gestori investimenti graduali.

Un'interessante applicazione, sempre nell'ambito del WLL che in questi ultimi anni sta riscuotendo un crescente notevole successo, è quella relativa alla telefonia pubblica (*payphone*): essa consente infatti di fornire il servizio telefonico pubblico a pagamento, tramite una cabina dotata di un apparecchio, senza richiedere la posa di cavi e, allo stesso tempo, permette una notevole flessibilità poiché garantisce la possibilità di aumentare il numero delle cabine disponibili in corrispondenza di particolari eventi (ad esempio in occasione di manifestazioni fieristiche, concerti, spettacoli all'aperto).

In questo scenario si assiste quindi a una trasformazione della rete di accesso che, pur continuando a crescere, cambia la sua modalità di espansione: da supporto fisico in esclusiva (doppino in rame) a supporto basato su un sistema radio (oltre allo stesso supporto fisico).

La trasformazione della rete di accesso, unita ad altri aspetti determinanti nell'attuale scenario, ha portato alla convergenza sia delle reti sia dei servizi. In particolare la presenza consolidata oggi di reti cellulari che si interconnettono con la rete fissa può facilitare due effetti sinergici:

- la convergenza della rete fissa con quella mobile: autocommutatore di rete fissa al quale sono aggiunte le funzionalità *BSC (Base Station Controller)* e (*VLR-Visitor Location Register*);
- la convergenza della rete mobile verso la rete fissa: raccolta di utenti fissi tramite centrali tipo *MSC (Mobile Switching Center)*. La raccolta può essere sia di tipo WLL sia di tipo tradizionale oppure mista.

La tendenza alla convergenza e le possibili sovrapposizioni che si possono determinare tra le due reti non caratterizzano solo i settori fisso e mobile, ma interessano tutti i diversi segmenti in cui si può pensare di suddividere idealmente il settore delle

telecomunicazioni (Wireless Local Loop, mobilità ristretta, mobilità globale, rete fissa, sistemi di accesso punto-punto e punto-multipunto). In questo periodo di transizione i diversi segmenti cercano naturalmente di sottrarsi reciprocamente quote di mercato.

In particolare il settore radio sarà quello con il più alto tasso di crescita poiché rappresenta oggi la risposta più idonea alle esigenze non solo degli utenti (in quanto essa è in grado di assicurare un'ampia gamma di servizi e di prestazioni), ma dei gestori (investimenti iniziali contenuti e ridotti costi di gestione). Diversi studi, condotti a livello mondiale, mostrano la superiorità del settore radio non solo in termini di applicazioni WLL, ma anche nelle applicazioni pubbliche soprattutto nell'ambito delle esigenze dell'utenza business, che pur essendo il segmento meno numeroso è quello in grado di fornire i maggiori ritorni degli investimenti.

Per quanto riguarda la dinamicità tra i segmenti fisso e mobile è opportuno sottolineare che in questi ultimi anni i criteri di tariffazione adottati dai gestori delle reti mobili hanno indotto alcuni utenti della rete fissa a migrare verso quella mobile. La migrazione ha interessato in particolare le linee telefoniche delle seconde case e i clienti che utilizzano il telefono di casa solo, o prevalentemente, nelle ore serali.

D'altro canto si è assistito anche alla fornitura di servizi o di prestazioni sulla rete fissa in grado di contrastare i servizi tipici delle reti cellulari. Un esempio risulta essere la carta di credito telefonica che permette la mobilità dell'utente su tutta la rete fissa, incluse le cabine telefoniche.

Da quanto esposto fin qui è possibile concludere che la situazione risulta essere estremamente dinamica e che, al di là delle soluzioni tecnologiche, saranno soprattutto le applicazioni e i servizi le armi vincenti per favorire l'espansione di un settore rispetto a un altro.

Nel seguito sono analizzati due differenti casi di applicazione dell'accesso radio e in particolare il primo relativo all'utilizzo della tecnologia DECT nella rete fissa di Telecom Italia e l'altro riguardante l'impiego della tecnologia radio dei sistemi punto-punto e punto-multipunto.

## 2. Accesso radio DECT

### 2.1 Caratteristiche tecniche

Lo standard DECT è stato normalizzato con l'obiettivo di soddisfare le esigenze delle applicazioni wireless degli anni Duemila. Esso è uno standard per la telefonia digitale che può essere usato per le più diverse applicazioni: residenziale, PABX, accesso pubblico, Wireless Local Loop.

La caratteristica vincente del DECT è la versatilità; pur non essendo una rete di telecomunicazioni può servire come estensione radio di qualunque rete telefonica: PSTN, ISDN, GSM, X.25. I parametri fondamentali relativi all'accesso radio DECT sono riportati in tabella 1.

Il sistema DECT introduce una caratteristica decisamente innovativa: l'allocazione dinamica dei

canali *DCS (Dynamic Channel Selection)*, basata su una scelta del canale effettuata dal portatile. La parte fissa può però cooperare in questa procedura suggerendo l'impiego di altri canali.

Questa caratteristica evita la necessità di effettuare un progetto per la pianificazione delle frequenze e dei dati di cella. Il progetto di una rete di accesso in tecnologia DECT si riduce così a una semplice valutazione della densità di stazioni radio base necessarie e all'individuazione dei siti per l'installazione.

Un'altra caratteristica fondamentale del sistema riguarda la possibilità di effettuare la trasmissione dati a velocità variabile:

- fino a 552 kbit/s nel caso di trasmissione asimmetrica;
- con ventitre intervalli di tempo usati in un senso e uno impiegato nell'altro.

Tipo di accesso	FDMA-TDMA-TDD
Banda europea	1880-1900 MHz
N° di portanti	10
N° di intervalli di tempo	12
N° di canali fisici	10x12=120
Potenza massima di uscita	250 mW
CODEC	ADPCM secondo la Racc. G.721 ITU-T (32 kbit/s)

**Tabella 1** Parametri caratteristici dell'accesso radio DECT.

Nell'applicazione *Cordless Mobility* l'area coperta da una stazione ha un raggio tipico è di circa 100 m e uno massimo di circa 300 m. Questa regola è determinata dalle caratteristiche del sistema DECT, ma deriva anche dalla conformazione topologica dell'area da servire e dagli ostacoli tipici dell'ambiente urbano.

Per l'applicazione Wireless Local Loop è possibile coprire aree più ampie, fino a distanze di circa 2,5 km conservando tutte le caratteristiche operative dell'interfaccia DECT o anche aree di raggio di oltre 5 km qualora si rinunciassero a parte dei canali, ad esempio a quelli allocati in posizione dispari.

#### 2.1.1 Capacità di traffico

Per valutare la densità di traffico smaltibile per km<sup>2</sup> e/o per piano, occorre tener conto della possibilità effettiva di reimpiego dei canali; questo principio vale nella tecnologia DECT come nei sistemi cellulari classici ma va inteso in modo dinamico e autoadattativo. Si raggiunge un valore di capacità pari a 10mila Erlang/km<sup>2</sup>/piano. Questo dato deriva da simulazioni che, pur in uno scenario con caratteristiche semplificate, tiene conto di diversi parametri significativi dell'accesso radio DECT. Il valore è estremamente elevato. Nel caso di traffico con utenti che generano solo quello fonico (200 mE), nell'area servita dovrebbe esserci un utente ogni venti. Le stazioni radio fisse (RFP), ciascuna con dodici canali,



risulterebbero distanziate di circa 20 m, con una densità di 2500 RFP/km<sup>2</sup>. Lo standard è quindi adatto ad aree ad alto traffico specifico, nelle quali le RFP possono essere avvicinate a piacere. Questa caratteristica permette di avere molti sistemi coesistenti nella stessa area e più gestori dell'accesso al servizio pubblico.

## 2.2 Architettura di rete per l'accesso DECT

Nella figura 1 è mostrata la rete di accesso basata sullo standard DECT per il servizio di *Cordless Mobility*: si può notare che le funzioni di *CCFP (Common Control Fixed Part)* sono integrate nella rete, nella quale ai normali SGU sono state aggiunte rispettivamente le funzioni di *Visitor Data Base, Call Control e gestione dell'accesso DECT*.

Le funzioni di mobilità tra differenti stazioni radio fisse RFP sono integrate nella rete, che usa il *CMDB (Cordless Mobility Data Base)* costituito da *HLR (Home Location Register)*, *SCP (Service Control Point)* ed *AuC (Authentication Centre)* (le funzioni e AuC sono simili a quelle del sistema GSM).

Sono impiegate le funzioni di SCP per gestire i dati statici e dinamici del profilo di servizio per ogni utente e quelli di *SSP (Service Switching Point)*, integrati a livello di centrale di commutazione terminale. Il dialogo tra SCP e SSP è basato sul protocollo *INAP (IN Application Protocol)* e su quello proprietario *MAP (Mobile Application Port)*.

È dunque possibile, mediante l'uso di un CMDB centralizzato, fornire la mobilità su tutto il territorio nazionale e definire diversi profili di servizio.

Sono resi poi disponibili sistemi centralizzati di rete come la segreteria telefonica centralizzata.

L'accesso radio propriamente detto è fornito dalle RFP, connesse alla centrale con normali doppini

telefonici in rame. L'interfaccia sul doppino è quella ISDN in quanto si usa una normale connessione fisica 2B+D.

La RFP è telealimentata e può essere collocata fino a 4,4 km dalla centrale. Gestisce fino a otto canali fonici; è telecaricabile e quindi può crescere dal punto di vista delle prestazioni senza interventi manuali in loco.

La RFP è in genere installata fissandola sul muro degli edifici e utilizzando per la trasmissione e la ricezione le antenne interne; la RFP può essere posta su un palo, remotizzando le antenne per ottenere diagrammi omnidirezionali. L'operazione di installazione è molto semplice e presuppone solo la disponibilità delle coppie in rame della rete fissa, senza bisogno di configurazioni speciali ovvero operazioni di messa a punto.

In pratica, dopo aver stabilito alcune regole di base, come l'altezza da terra delle stazioni, il progetto di rete si riduce a un semplice calcolo di densità per garantire la copertura del territorio. L'aggiunta, la sostituzione o la rimozione di una RFP non richiede il riesame e la ridefinizione della situazione dell'intera rete ma è perfettamente trasparente.

Per assicurare l'interoperabilità tra costruttori diversi, l'ETSI ha messo a punto il profilo *GAP (Generic Access Profile)*, che contiene caratteristiche di interlavoro comuni a tutti i terminali che consentono la trasmissione fonica.

La rete è sincronizzata mediante ricevitori *GPS (Global Positioning System)* posti su ogni SGU o su un modulo remoto.

## 2.3 Servizi consentiti dalla piattaforma Italtel

La piattaforma ITALTEL permette di offrire i seguenti servizi di *Cordless Mobility*:



Figura 1 Schema della rete di accesso.

- **Basic:** permette l'utilizzo di un terminale portatile e di una basetta posta presso la terminazione fissa del generico cliente che mantiene il proprio numero telefonico.

Il terminale può essere utilizzato in entrambi gli ambienti, pubblico e privato; quando opera in ambiente pubblico e non è coperto dal sistema, le chiamate entranti sono instradate sulla segreteria telefonica centralizzata.

Le chiamate entranti sono normalmente instradate sulla linea fissa verso la residenza del cliente; nel caso di mancata risposta, esse sono trasferite al terminale che opera fuori della residenza del cliente.

Il trasferimento può avvenire anche su comando dell'utente mediante una procedura da fisso: in questo caso il cliente può impostare il trasferimento immediato al mobile direttamente dal telefono fisso, nei casi in cui questo ritenga di non essere presente nella propria residenza per un lungo periodo.

È possibile effettuare chiamate tra fisso e mobile e viceversa con selezione abbreviata.

- **Personal:** permette l'uso di un terminale non associato ad alcun numero telefonico preesistente e non è connesso alla rete fissa; in questo caso è possibile utilizzare il terminale anche con più di una basetta domestica. Nel caso in cui il cliente sia fuori dell'area coperta, si può instradare la chiamata verso un numero, predefinito in sede di sottoscrizione del contratto (numero di back-up), oppure instradare verso la segreteria centralizzata. Mancando la linea fissa non sono possibili naturalmente né trasferimenti né intercomunicanti.
- **Business:** è un servizio sviluppato per i clienti di PABX con selezione passante. Il terminale cordless può operare sia all'interno sia all'esterno di un ufficio. Quando si trova all'esterno mantiene le caratteristiche di un PABX (se il cliente ad esempio deve chiamare un utente dello stesso PABX seleziona semplicemente il suo numero interno; se invece deve fare una telefonata esterna usa lo stesso prefisso di accesso della rete pubblica che è inviato al centralino per uscire dalla rete privata).

In questo caso sono fornite tutte le prestazioni del servizio *basic* in aggiunta alle chiamate intercomunicanti tra i portatili.

Sono inoltre disponibili le seguenti prestazioni: trasferimento verso altro derivato; chiamata verso un posto operatore; invio verso il numero di riserva nei casi in cui l'utente non è raggiungibile o si trova fuori dall'area coperta.

Il terminale cordless può operare nella zona coperta da una basetta domestica; oppure da una stazione radio base privata del PABX (WPABX); ovvero da una stazione radio base pubblica.

Non sono necessarie né modifiche hardware né software nella centrale PABX.

La versatilità dei servizi di *Cordless Mobility* permette di rispondere pienamente alle esigenze dell'utenza. In particolare:

- il servizio *basic* è rivolto all'utenza residenziale che desidera comunicare anche in ambito metropoli-

tano pubblico senza cambiare il proprio numero telefonico. Inoltre l'utente, pur trovandosi all'interno della propria residenza può ricevere il segnale da RFP pubbliche e ha quindi a disposizione due linee telefoniche - quella attraverso la rete fissa e quella radio - con costi relativi al traffico naturalmente diversi e legati alle politiche di tariffazione adottate dal gestore;

- il servizio *personal* è rivolto sia all'utenza residenziale (può essere ad esempio utilizzato come telefono per la seconda casa se è garantita la copertura pubblica) sia all'utenza affari, in senso ampio. Permette quindi all'utente di "svincolarsi" dalla linea fissa; questa prestazione tuttavia non impedisce l'utilizzo del terminale cordless su diverse basette come ad esempio quella domestica, quella dell'ufficio, quella di una filiale e infine permette anche l'impiego con i Wireless PABX;
- il servizio *business* è rivolto all'utenza affari indipendentemente dalle dimensioni dell'azienda e consente all'utente di usufruire dei servizi tipici del centralino anche in un'area metropolitana coperta dal segnale radio. La copertura, all'interno dell'area *business*, può essere garantita da stazioni radio pubbliche o dal sistema Wireless PABX. Un'ulteriore possibilità è data dal caso in cui la copertura nelle aree aziendali è garantita solo da una o più basette di quelle adoperate per il cordless domestico: in questo caso è permessa una mobilità limitata al raggio di azione della stessa basetta.

### 3. Accesso radio punto-punto e punto-multipunto

#### 3.1 Scenario tradizionale

I sistemi radio punto-punto e punto-multipunto trovano da sempre una vasta applicazione nella rete di accesso ogni qualvolta, da valutazioni legate alle problematiche d'installazione, ai costi o ai tempi di attivazione del servizio, risulti vantaggioso l'utilizzo della tecnologia radio in alternativa o come complemento delle tradizionali soluzioni in cavo.

L'utilizzo di ponti radio in rete di accesso è stato finora caratterizzato da due principali scenari applicativi:

- punto-multipunto: un'offerta iniziale di servizi di base in aree a bassa densità di utenza quali contesti rurali, nuove aree residenziali o regioni in via di sviluppo. Queste soluzioni operano in genere nelle gamme più basse dello spettro di frequenza;
- punto-punto: connessione immediata in reti urbane o suburbane, come via singola o seconda via di protezione, per utenza affari con requisiti di banda non compatibili col supporto fisico esistente (doppino in rame). Per queste applicazioni si impiegano ponti radio punto-punto con capacità di 2 Mbit/s o superiori.

#### 3.2 Nuovo scenario

La rapida evoluzione in corso nello scenario mondiale delle telecomunicazioni sta proponendo la

tecnologia radio per un nuovo ed emergente ruolo nella rete di accesso.

L'attuale deregolamentazione dei servizi e la conseguente spinta alla competizione determina per i gestori della rete di telecomunicazione la necessità di offrire servizi innovativi a elevata redditività con soluzioni di rete che minimizzino costi iniziali, tempi di attivazione e interventi di manutenzione.

Da parte dell'utenza, sia residenziale che business, è ragionevole prevedere uno sviluppo della domanda per nuovi servizi di telecomunicazione, di tipologia variegata (ad esempio: interconnessione di LAN, accessi Internet ad alta velocità, programmazione video), con caratteristiche di traffico sia a circuito che a pacchetto, simmetrico e asimmetrico, e con requisiti di capacità (*bit rate*) sempre maggiore.

Le reti di accesso oggi esistenti si presentano in genere inadeguate alla distribuzione di servizi con elevata velocità di cifra.

Nel caso dei nuovi gestori peraltro emerge poi primaria la necessità di coprire il fatidico "last mile", senza dipendere dalle infrastrutture del gestore esistente o dominante, con soluzioni che offrano modularità e flessibilità d'impiego, costi e tempi realizzativi contenuti e predisposizione all'evoluzione.

Analoghe necessità si riscontrano presso i gestori di servizi mobili (GSM, DCS, PCS) quando non dispongano di infrastrutture cablate per la raccolta del traffico proveniente dalle diverse stazioni base distribuite nel territorio da servire.

Le soluzioni radio punto-punto e punto-multipunto, per l'agilità sistemistica e la versatilità di applicazione che le caratterizza, sono in grado di fornire risposte adeguate alle esigenze emergenti dal mercato, ricoprendo un ruolo fondamentale nello scenario sopra delineato.

### 3.3 Applicazioni radio per utenza affari

Nella figura 2 è rappresentato un tipico scenario applicativo di sistemi radio per l'accesso di utenza affari: uno dei segmenti di mercato di maggiore interesse per i nuovi gestori.

Per le diverse tipologie di utenza affari sono proposte specifiche soluzioni di connessione, via radio, dei siti alla rete di trasporto SDH.

Nel caso di utenza affari di grandi dimensioni (come ad esempio nel caso di reti corporate), con esigenze di un'elevata capacità di traffico uscente, i sistemi radio punto-punto in tecnologia SDH e con capacità fino a 155 Mbit/s (STM-1), eventualmente utilizzati come via alternativa per la protezione al sistema in cavo, offrono la soluzione più idonea.

D'altra parte sistemi punto-punto, ma di capacità inferiore ai precedenti, rappresentano la soluzione

prescelta per l'accesso di siti isolati di utenza affari che richiede connessioni affittate  $n \times 2$  Mbit/s di tipo semi-permanente.

Viceversa nel caso di aree di utenza affari piccola o media, racchiusa in bacini urbani di qualche chilometro di raggio, con esigenze di flussi per un traffico medio per sito dell'ordine di qualche 2 Mbit/s, ma con picchi istantanei fino a 25 Mbit/s, trovano un'applicazione vantaggiosa i sistemi radio punto-multipunto a banda larga basati sulla tecnica ATM.

Infatti, per queste particolari applicazioni, l'integrazione del trasporto ATM nella trasmissione radio

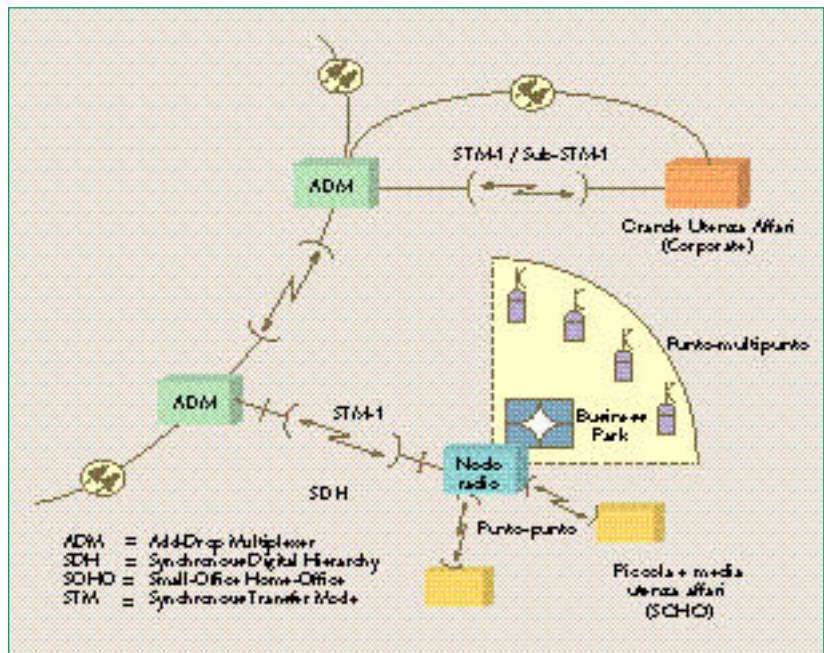


Figura 2 Scenario tipico di sistemi radio per l'accesso dell'utenza affari.

consente di realizzare sistemi punto-multipunto in grado di offrire al gestore:

- allocazione dinamica della banda disponibile su base chiamata (*Bandwidth-On-Demand*);
- massima efficienza spettrale, rispetto al bacino di utenza da servire, offerta dalla moltiplicazione statistica;
- integrazione di servizi multipli in un'unica piattaforma *service independent*;
- soluzione di accesso aperta a future evoluzioni dei servizi.

### 3.4 Applicazioni radio per infrastrutture di reti mobili o accesso WLL

Altre applicazioni emergenti per i sistemi radio derivano dalla necessità di interconnettere elementi di reti mobili, o di reti di accesso WLL (*Wireless Local Loop*), in assenza di infrastrutture in cavo.

Nella figura 3 è rappresentato l'utilizzo di sistemi radio nelle reti mobili per il collegamento tra MSC (*Mobile Switching Centre*) e BSC (*Base Station Controller*) del tipo (punto-punto), e tra BSC e

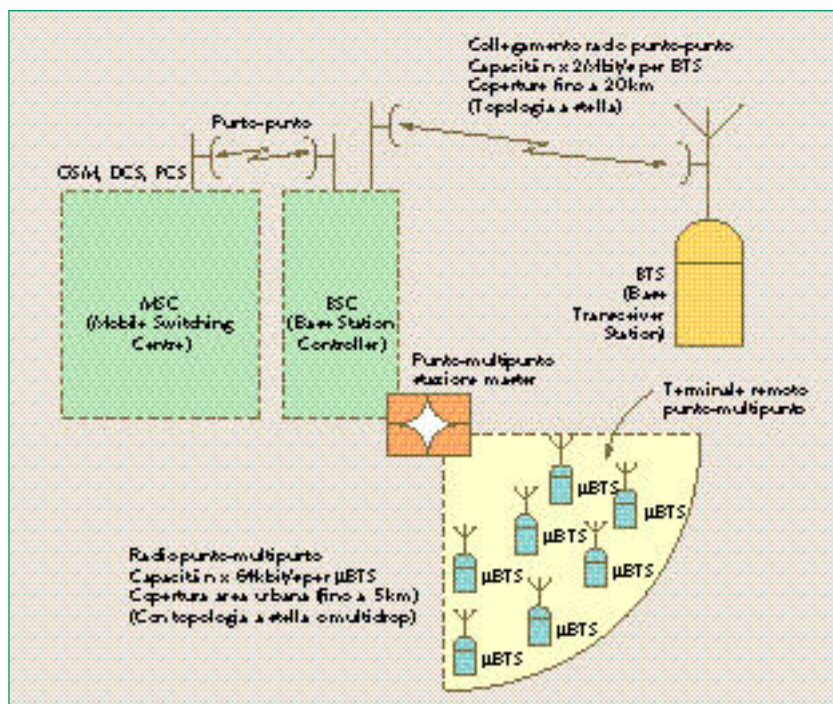


Figura 3 Utilizzo di sistemi radio nelle reti mobili.

di maggior traffico (ad esempio BSC verso siti di BTS equipaggiati con numerose portanti), mentre per la raccolta di micro (o di pico) BTS, da una o due portanti ciascuna, dislocate in bacini urbani a elevato traffico, si adattano meglio soluzioni radio basate su tecniche punto-multipunto.

Per quest'ultima applicazione, ipotizzando una media di quattro canali DS0 equivalenti di traffico per ogni microBTS, è possibile servire con una singola portante da 8 Mbit/s, in un canale da 7 MHz, fino a 32 microBTS per un settore da 90°.

Riutilizzando lo stesso canale con polarizzazione (orizzontale, verticale) incrociata nei settori adiacenti, è quindi possibile raccogliere in una cella completa (a 360°) fino a 128 microBTS.

Claudio Chiarenza, Sergio Dal Monte,  
Decio Ongaro, Giancarlo Rosina,  
Bartolomeo Maria, Marcello Salerno  
Italtel

[claudio.chiarenza@italtel.it](mailto:claudio.chiarenza@italtel.it)

BTS/ $\mu$ BTS (micro Base Transceiver Station) del tipo (punto-punto/punto-multipunto).

Anche in questi casi i sistemi punto-punto sono utilizzati per i collegamenti più remoti o con requisiti

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Risultati del progetto Cellular Radio Access for Broadband Services per i sistemi MVDS e LMDS

VITTORIO DEL DUCE

*Wireless, larga banda, digitale, interattività, MVDS (Sistemi di distribuzione multipunto video), LMDS (Sistemi di distribuzione multipunto locali) sono parole chiave del recente sviluppo delle telecomunicazioni. In questa fase e nel breve-medio termine risorse consistenti saranno dedicate alla sperimentazione, allo sviluppo e alle prime applicazioni operative di queste tecnologie. Il consorzio europeo CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services) ha effettuato, negli ultimi due anni, una complessa serie di sperimentazioni in materia nella banda dei 40 GHz. Sono stati studiati a livello molto analitico la radiodiffusione digitale, sistemi avanzati di teledidattica interattiva, la convergenza, l'accesso ai punti di utenza domestica in fibra ottica a basso costo, la fast internet, e, contestualmente, è stato attuato un ampio programma di test sperimentali.*

### 1. Introduzione

L'affermarsi sempre più incalzante delle tecnologie in fibra ottica, nonché i massicci programmi di investimento di tutte le Società di telecomunicazioni dei Paesi industrializzati, facevano intravedere, dai

tardi anni Settanta in poi, un futuro di tecnologie per il trasporto dell'informazione realizzato con portanti fisici (*all wired*) con l'esclusione di quelle che per loro intrinseca natura dovevano continuare ad affidarsi alle onde radio: le trasmissioni mobili (ad esempio quelle per la telefonia cellulare) e le trasmissioni satellitari.

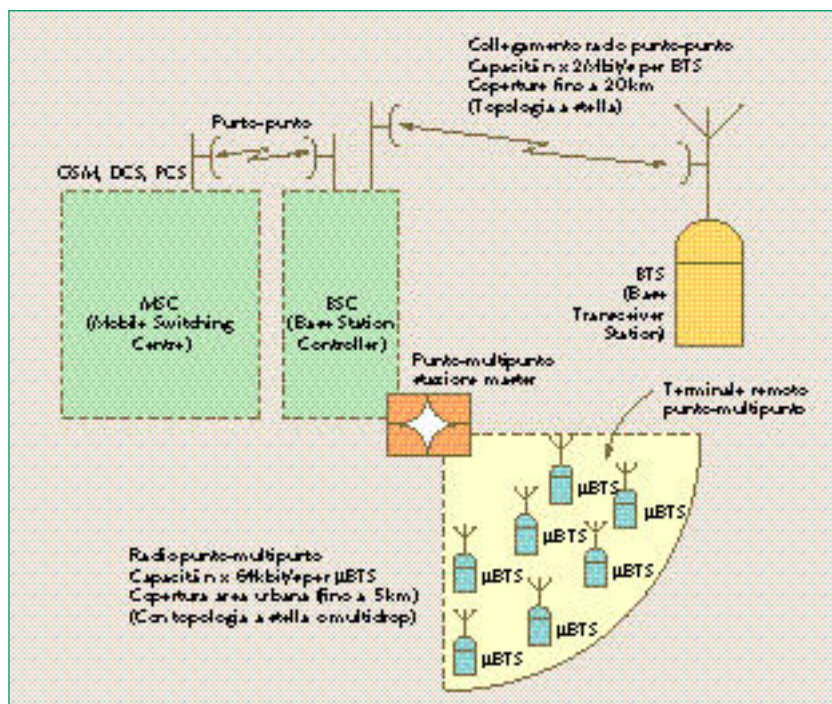


Figura 3 Utilizzo di sistemi radio nelle reti mobili.

di maggior traffico (ad esempio BSC verso siti di BTS equipaggiati con numerose portanti), mentre per la raccolta di micro (o di pico) BTS, da una o due portanti ciascuna, dislocate in bacini urbani a elevato traffico, si adattano meglio soluzioni radio basate su tecniche punto-multipunto.

Per quest'ultima applicazione, ipotizzando una media di quattro canali DS0 equivalenti di traffico per ogni microBTS, è possibile servire con una singola portante da 8 Mbit/s, in un canale da 7 MHz, fino a 32 microBTS per un settore da 90°.

Riutilizzando lo stesso canale con polarizzazione (orizzontale, verticale) incrociata nei settori adiacenti, è quindi possibile raccogliere in una cella completa (a 360°) fino a 128 microBTS.

Claudio Chiarenza, Sergio Dal Monte,  
Decio Ongaro, Giancarlo Rosina,  
Bartolomeo Maria, Marcello Salerno  
Italtel

[claudio.chiarenza@italtel.it](mailto:claudio.chiarenza@italtel.it)

BTS/ $\mu$ BTS (micro Base Transceiver Station) del tipo (punto-punto/punto-multipunto).

Anche in questi casi i sistemi punto-punto sono utilizzati per i collegamenti più remoti o con requisiti

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Risultati del progetto Cellular Radio Access for Broadband Services per i sistemi MVDS e LMDS

VITTORIO DEL DUCE

*Wireless, larga banda, digitale, interattività, MVDS (Sistemi di distribuzione multipunto video), LMDS (Sistemi di distribuzione multipunto locali) sono parole chiave del recente sviluppo delle telecomunicazioni. In questa fase e nel breve-medio termine risorse consistenti saranno dedicate alla sperimentazione, allo sviluppo e alle prime applicazioni operative di queste tecnologie. Il consorzio europeo CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services) ha effettuato, negli ultimi due anni, una complessa serie di sperimentazioni in materia nella banda dei 40 GHz. Sono stati studiati a livello molto analitico la radiodiffusione digitale, sistemi avanzati di teledidattica interattiva, la convergenza, l'accesso ai punti di utenza domestica in fibra ottica a basso costo, la fast internet, e, contestualmente, è stato attuato un ampio programma di test sperimentali.*

### 1. Introduzione

L'affermarsi sempre più incalzante delle tecnologie in fibra ottica, nonché i massicci programmi di investimento di tutte le Società di telecomunicazioni dei Paesi industrializzati, facevano intravedere, dai

tardi anni Settanta in poi, un futuro di tecnologie per il trasporto dell'informazione realizzato con portanti fisici (*all wired*) con l'esclusione di quelle che per loro intrinseca natura dovevano continuare ad affidarsi alle onde radio: le trasmissioni mobili (ad esempio quelle per la telefonia cellulare) e le trasmissioni satellitari.

Proprio in quegli anni però alcune società manifatturiere statunitensi avviarono la progettazione di impianti di telecomunicazioni radio a larga banda, finalizzati a consentire direttamente l'accesso all'utente da una centrale di commutazione o da un centro di servizi. L'iniziativa sembrava dovesse essere limitata al mercato dei Paesi in via di sviluppo e a quello delle aree marginali dei Paesi industrializzati, ma una serie di eventi rilevanti dello scenario delle comunica-

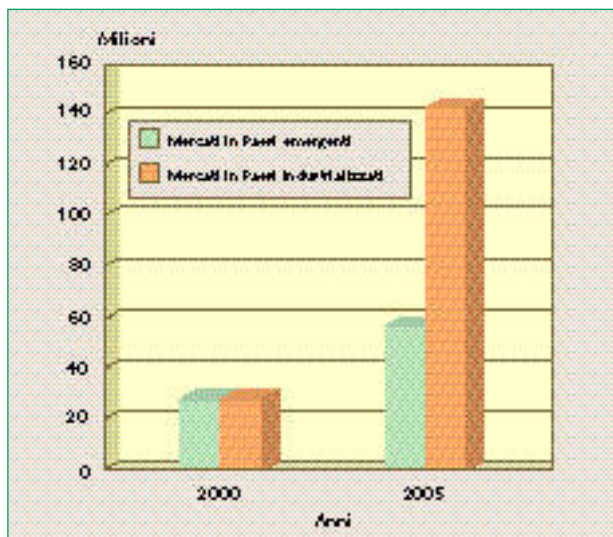


Figura 1 Previsione per gli allacciamenti WLL (Wireless Local Loop) nei Paesi industrializzati e in quelli emergenti.

zioni sta determinando per questa tecnologia sviluppi molto promettenti. Gli accadimenti principali riguardano l'avvento della digitalizzazione, della multimedialità, dell'interattività, delle reti di computer, della caduta dei monopoli delle telecomunicazioni, tutte operatività che trovano un tratto molto critico nell'ultimo miglio, cioè proprio in quel segmento ove più debole ha potuto essere, per ovvi motivi di gestione degli investimenti, la cablatura a larga banda.

Chi oggi quindi voglia concorrere con una concessionaria telefonica ex monopolista già nel breve periodo può dotarsi di dispositivi WLL (Wireless Local Loop) che consentono l'accesso digitale agli ambienti (domestici e professionali) via radio sia a banda stretta sia larga (per trasmissioni dati ad alta velocità) in luogo del doppino; chi voglia concorrere nelle trasmissioni dati ad altissima velocità tra reti di calcolatori trova le *hyperlan* (high performance radio LAN) e infine chi voglia concorrere con i sistemi di CATV trova i sistemi diffusivi come i MWS/MVDS (Multi-media Wireless System/Multipoint Video Distribution System) tutti già sostanzialmente standardizzati sia come hardware sia come protocolli.

In effetti, il mercato di queste apparecchiature è andato crescendo vertiginosamente e le previsioni riportano consistenti conferme: in particolare l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) calcola per il wireless, nei prossimi anni, fatturati dell'ordine di 5 miliardi di dollari all'anno per una penetrazione del 10 per cento rispetto al *wireline*, e il dato è confermato

dalle previsioni di allacciamenti WLL (figura 1) e dalle code di attesa per il collegamento alla rete telefonica a livello mondiale (figura 2) che fanno intuire un certo grado di interesse per sistemi senza fili e senza scavi.

L'interesse, confermato da parte dei servizi audiovisivi e multimediali all'interattività quasi simmetrica (canale di ritorno pari o maggiore di 2 Mbit/s), viene poi a costituire una forte spinta verso la convergenza con le telecomunicazioni sia in termini di hardware che di protocolli e di servizi determinando comunità di interessi e di strategie tra iniziative una volta molto distanti.

## 2. Le frequenze radioelettriche

Indicatore primario della presenza e dell'espandersi dei nuovi servizi wireless è la domanda di spettro radioelettrico nonché l'adesione delle singole amministrazioni in termini di licenze e poi degli organismi istituzionali sovranazionali (quali ad esempio la WRC o la CEPT) in termini di attribuzioni armonizzate di bande di frequenze.

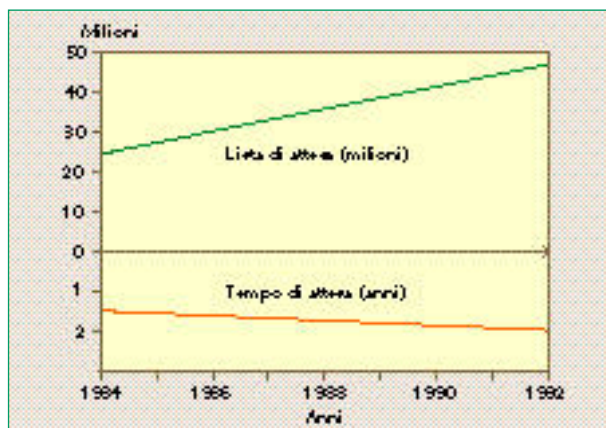


Figura 2 Code di attesa a livello mondiale per il collegamento alla rete telefonica.

In questa fase i Paesi europei utilizzano o hanno in via di formalizzazione l'utilizzo di bande per oltre 2 GHz al di sotto dei 10 GHz e oltre 3 GHz al di sopra dei 10 GHz; sono interessate le bande dei 2,5; 3,5; 4; 5,5; 10 e 40 GHz.

Altri studi sono in corso da parte del Gruppo di lavoro ETSI BRAN (Broadband Radio Access Network), per reperire di altre bande di frequenze o per verificare la possibilità di condivisione con altri servizi - soprattutto con il servizio fisso e il punto-multipunto - e infine per la standardizzazione di altri sistemi.

Il complesso delle attività legate al reperimento di cospicue risorse in termini di frequenze per i sistemi wireless è un'ulteriore conferma dell'intensificarsi di iniziative e di investimenti in materia. A livello europeo sono in corso numerosi studi e ricerche, in parte finanziati anche dalla stessa Comunità Europea. La RAI partecipa al progetto CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services), incentivato dall'Unione Europea, nella banda dei 40 GHz.

### 3. Le esigenze del mercato e il problema delle reti audiovisive terrestri in Italia

Con l'evolversi dei messaggi audiovisivi interattivi - multimediali e didattici - maturerà sempre più l'esigenza di rendere disponibili all'utente un numero molto alto di canali digitali locali, unitamente a quella di un canale di ritorno di alta qualità (2 Mbit/s) e a basso costo, al fine di soddisfare la crescente domanda di comunicazione interattiva, peraltro stimolata dai noti fattori congiunturali (quali, ad esempio, le potenzialità delle tecnologie numeriche, la convergenza TV-PC, Internet, i microsistemi informatici e telematici, la caduta dei monopoli, la necessità di nuovi posti di lavoro).

Le difficoltà con cui stanno procedendo la posa dei cablaggi audiovisivi rendono remota in Italia la disponibilità, per questa via, di servizi non satellitari e locali. Per il canale di ritorno da utente si è poi acquisita la sola opzione a banda stretta, sia nel comparto diffusivo (*broadcasting*) sia in quello delle telecomunicazioni.

Da tempo è presente l'esigenza di portare i servizi radiofonici e televisivi di buona qualità in zone dove è degradato in modo cronico il servizio VHF-UHF, nonché l'obiettivo relativo alla tutela degli ambienti urbanistici di rispetto.

La ristrutturazione delle attuali reti televisive per via legislativa si attuerà in tempi non inferiori a un quinquennio e solo allora si potrà pensare di avviare concretamente la diffusione televisiva e radiofonica digitale nelle bande VHF-UHF. Appare quindi indispensabile individuare altre opzioni da associare a quelle più convenzionali per adeguare in modo ottimizzato e con tempestività le reti terrestri in Italia.

Si ritiene che le tecnologie cellulari a 40 GHz, studiate e sperimentate dalla RAI nel progetto CRABS, possano costituire un'interessante proposta per la soluzione dei problemi delineati.

### 4. Il progetto CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services)

La sperimentazione in corso, in materia di reti cellulari digitali interattive per servizi audiovisivi multimediali, definita nel progetto UE CRABS si articola, per quanto di competenza nazionale, in:

- le applicazioni tecnologiche;
- la verifica della stabilità della trasmissione in siti reali;
- i criteri di dimensionamento delle aree di servizio;
- lo studio applicativo di fattibilità di impianti centralizzati in fibra ottica di basso costo;
- i criteri di utilizzazione di canale di ritorno a larga banda (almeno 2 Mbit/s);
- l'architettura Fast Internet di cella coordinata con quella satellitare;
- i nuovi servizi;
- la teledidattica interattiva;
- la diffusione di programmi digitali satellitari;
- i programmi di supporto ad handicappati;
- l'avvio di *fast Internet*.

Al progetto collaborano, oltre alla Direzione

Trasmissioni e al Centro Ricerche della RAI, Enti e Società particolarmente qualificati nei comparti disciplinari di interesse. Tra questi possono essere ricordati: la Philips Research Italia, il Politecnico di Torino per il sistema in fibra ottica a basso costo, il Politecnico di Milano per la propagazione delle radioonde, la Fondazione Ugo Bordoni per lo studio della classe elettronica.

L'attività fin qui svolta è consistita in applicazioni su tutte le voci tecnologiche da considerare, che comprendono l'interattività a banda stretta per servizi *NVOD (Near Video On Demand)* e *fast Internet*. Per quanto riguarda i servizi di teledidattica sono state effettuate test di classe virtuale con collegamenti in bassa frequenza e, nel corso di quest'anno, la sperimentazione sarà ripetuta collegando le classi via radio.

Nel contesto, e in particolare nelle prove in campo effettuate in occasione della "Mostra del Cinema di Venezia 1996/97", dello "SMAU '96/97-Milano", del "Festival Cartoons on the Bay - Amalfi '97" e del "Cyberspazio-Napoli '97", si è potuto prendere atto della novità, ma anche della maturità, di gran parte delle tecnologie di trasmissione e ricezione, nonché della loro flessibilità in termini di trasporto, installazione e inseribilità in infrastrutture esistenti.

Il progetto ha comportato inoltre l'installazione di trasmettitori in un certo numero di città italiane, per

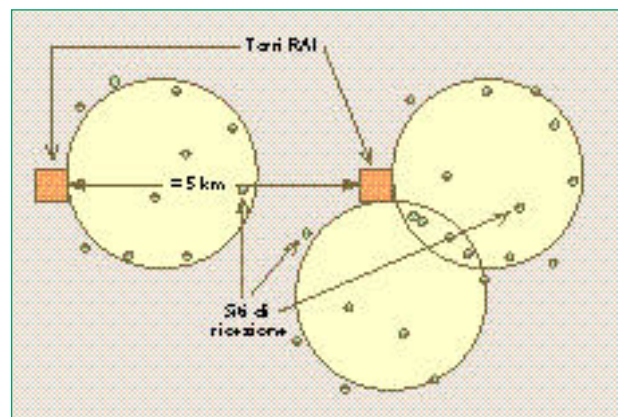


Figura 3 Struttura cellulare dell'esperimento di Milano.

un adeguato periodo per verificare in modo affidabile le diverse procedure sperimentali.

#### 4.1 Descrizione degli esperimenti

Sul territorio italiano sono state realizzate cinque celle: tre nella città di Milano (figura 3), una ciascuna nelle città di Torino e di Brescia; un'altra cella sarà realizzata a Roma nella primavera del 1999. Inizialmente gli esperimenti riguarderanno lo studio degli apparati e delle aree di copertura in relazione alle caratteristiche delle postazioni scelte, con relative misure di campo correlate alla situazione climatica.

A Milano in una postazione predisposta sulla torre della RAI sono stati installati due trasmettitori *MVDS (Multipoint Video Distribution System)* che realizzano due celle adiacenti; la seconda postazione è ad una distanza di circa 5 km dalla prima e ospita un trasmet-

titore MVDS orientato in modo da generare interferenze sulle celle della prima postazione. La distanza della seconda postazione è stata scelta considerando i dati calcolati sulle interferenze.

A Torino il trasmettitore è stato installato presso la Sede RAI di via Cernaia e le postazioni riceventi presso il Centro Ricerche della RAI e presso il Politecnico di Torino. In queste sedi sono effettuate rilevazioni precise delle interferenze e sono sperimentati sistemi di ricezione comunitaria in fibra ottica a costo contenuto.

A Brescia è stato installato un trasmettitore presso la postazione Brescia - Veduggio. Rispetto a quelle di Milano, Torino e Roma questa postazione è a una quota più elevata rispetto all'area da servire e permette di valutare i possibili vantaggi di copertura con trasmissioni da siti elevati.

A Roma si procederà a due diverse sperimentazioni: quella di un servizio di teledidattica interattivo (tra docente e studenti) e quella idonea a valutare le dimensioni di una cella in una grande area metropolitana caratterizzata da un territorio con andamento altimetrico particolarmente variabile.

I paragrafi successivi descrivono le scelte di sistema adottate per la realizzazione degli impianti di trasmissione e di ricezione.

#### 4.2 Stazione trasmittente

Tenendo conto della natura degli esperimenti che devono essere eseguiti si è considerato opportuno alimentare i trasmettitori MVDS con un flusso digi-

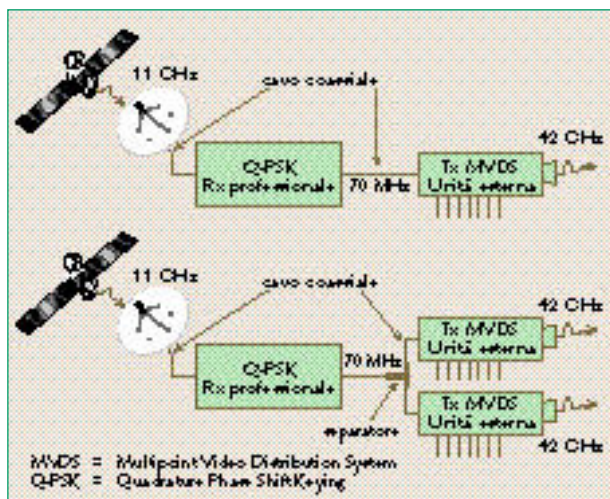


Figura 4 Schema del collegamento da centro a periferia (downlink) nelle stazioni con uno o più trasmettitori.

tale via satellite in banda 11/12 GHz. Per questo motivo in ogni sito trasmittente è stata installata un'antenna parabolica da 1,5 m e un ricevitore da satellite professionale per avere un segnale di buona qualità in ingresso al trasmettitore MVDS. Il segnale in uscita dal ricevitore da satellite è quindi un segnale a frequenza intermedia (IF) a 70 MHz modulata QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) in

grado di alimentare direttamente il trasmettitore MVDS (figura 4).

#### 4.3 Stazione ricevente

Nella prima fase, oltre le stazioni riceventi RAI - dotate di apparati di misura per valutare la copertura del trasmettitore rilevando il BER (Bit Error Rate) e analizzando il segnale ricevuto - sono in corso di realizzazione dieci impianti riceventi per ogni cella allo scopo di sottoporre il servizio al giudizio di gruppi di utenti selezionati che dovranno compilare appositi questionari. Gli impianti di ricezione da utente sono costituiti da un'unità esterna composta da una antenna (del diametro di 15-20 cm) integrata con il ricevitore a 42 GHz. L'uscita del ricevitore, in banda L (0,95-1,95 GHz), è collegata con cavo al decodificatore digitale satellitare e alimenta l'IRD (Integrated Receiver Decoder) nell'intervallo di frequenza suddetto 0,95-1,95 GHz (figura 5).

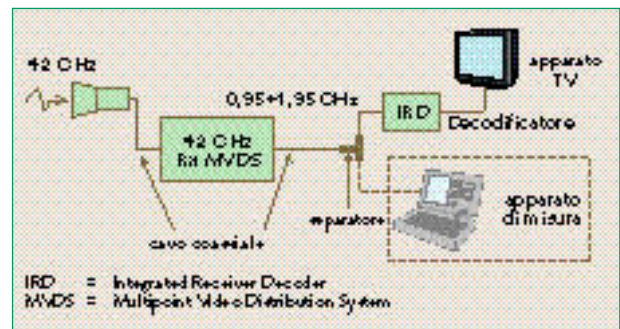


Figura 5 Schema del collegamento da centro a periferia (downlink) nelle stazioni riceventi.

### 5. Estensione degli esperimenti e ulteriori studi

Gli esperimenti della prima fase evolveranno in due direzioni: eliminazione di eventuali zone d'ombra all'interno delle celle di copertura e realizzazione a Roma del servizio di teledidattica già sperimentato con la simulazione del canale a radiofrequenza.

La tecnica che sarà adottata per coprire le zone d'ombra dipenderà anche dal risultato degli esperimenti sulle celle interferenti a Milano, ossia dal tipo di pianificazione che sarà possibile realizzare. In ogni caso sarà verificata la possibilità di impiego di schermi riflettenti (gap filter) passivi posti opportunamente per servire utenti non in vista ottica con il trasmettitore principale.

Il servizio di teledidattica sarà invece realizzato con il collegamento downlink verso gli utenti nella banda dei 40 GHz e con un canale di ritorno di elevata capacità, fuori banda, in quanto al momento non sono disponibili soluzioni in banda.

Al riguardo sono allo studio diverse ipotesi che considerano diversi schemi di accesso alla rete (CDMA, TDMA, FDMA e ibridi tra essi, nonché l'impiego del protocollo ATM) e che cercano di adattare al MVDS, sistemi wireless già esistenti quali il DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).



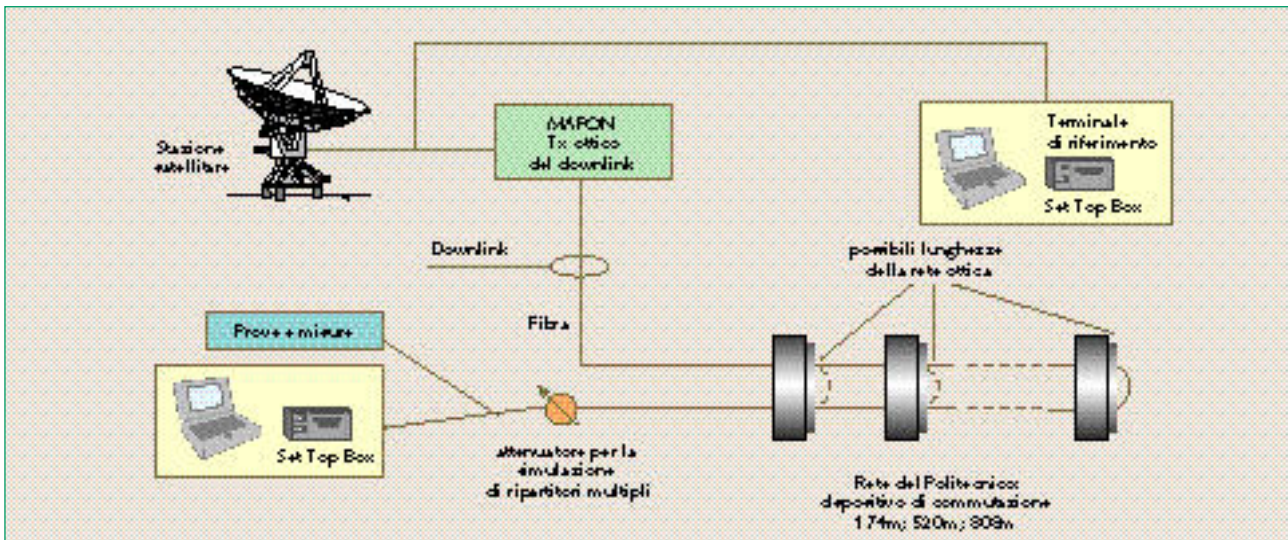


Figura 6 Schema a blocchi dell'esperimento MAPON (Master Antenna Passive Optical Network).

La scelta definitiva del tipo di accesso wireless alla rete dipenderà principalmente dal tipo di servizio che si intenderà fornire e quindi da quali caratteristiche in termini di traffico, assegnazione delle risorse e ottimizzazione dello spettro saranno richieste.

#### 6. Distribuzione di servizi video digitali a larga banda su reti ottiche passive

Nell'ambito del progetto CRABS, il Politecnico di Torino ha studiato la fattibilità e ha realizzato un dimostratore per la diffusione del segnale ricevuto via radio a una molteplicità di utenti tramite un sistema di distribuzione trasparente in fibra ottica.

La gamma di frequenze utilizzata per queste applicazioni (1-2 GHz), l'alto numero di utenti e la relativa sensibile lunghezza delle tratte di rete di distribuzione all'interno dell'edificio (300 m), nell'ipotesi di soluzioni standard, richiede l'utilizzo di cavi coassiali molto costosi, di considerevoli dimensioni fisiche e con una limitata flessibilità meccanica, che causano notevoli problemi nel cablaggio dell'edificio.

La diminuzione del costo dei componenti ottici e delle fibre ottiche permette di risolvere questi problemi utilizzando una rete ottica passiva che sostituisca il cavo coassiale all'interno dell'edificio: infatti le dimensioni fisiche dei cavetti con fibre ottiche (circa 2 mm di diametro) e le proprietà dielettriche e meccaniche (notevole flessibilità) del materiale di cui sono

costituite (vetro), permettono una semplificazione nelle operazioni di cablaggio dell'edificio.

Per dimostrare la fattibilità di questa soluzione, il gruppo di ricerca del Politecnico di Torino ha realizzato una rete di distribuzione in fibra ottica.

In particolare è stato progettato, sviluppato e realizzato l'hardware necessario a realizzare questa MAPON (Master Antenna Passive Optical Network) ed è stata in pratica utilizzata per la distribuzione una rete ottica cablata all'interno del Politecnico. Il trasmettitore ottico (convertitore elettro-ottico) e il ricevitore ottico (convertitore ottico-elettrico), sono stati realizzati con una tecnologia a basso costo.

Nell'esperimento (rappresentato nel diagramma di figura 6) un segnale da satellite con un certo numero di portanti numerici è ricevuto tramite un'antenna parabolica, ed è suddiviso in potenza su due rami: il

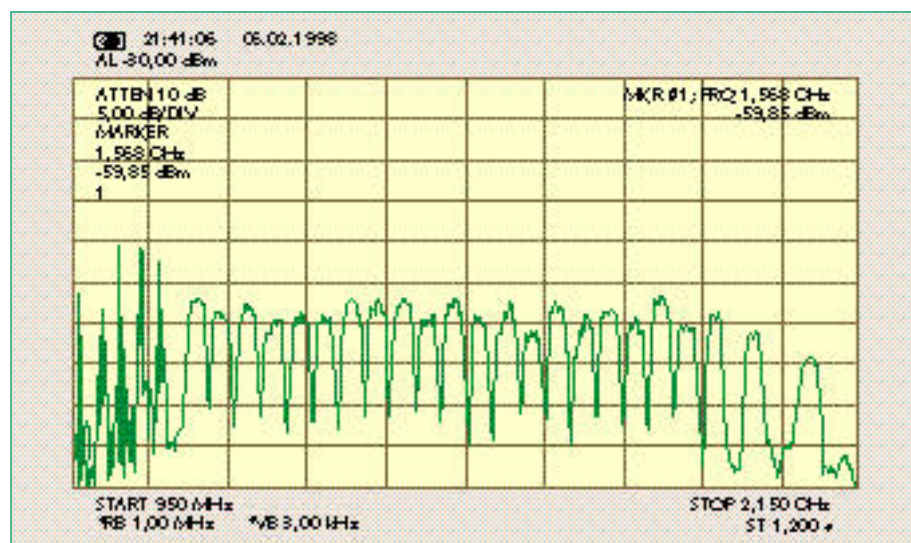


Figura 7 Misura dello spettro del segnale in ingresso al trasmettitore ottico.

primo è connesso direttamente al decodificatore digitale integrato (set-top box) in modo da visualizzare il segnale ricevuto da satellite, l'altro è connesso al trasmettitore ottico (convertitore elettro-ottico); il segnale convertito in luce si propaga quindi attraverso la rete in fibra ottica del Politecnico (fibra standard multimodo 62,5/125 mm). È stato anche utilizzato un attenuatore ottico che permetta di controllare la potenza ottica in modo da stimare il massimo numero di utenti che l'hardware è in grado di gestire. La visualizzazione del segnale dopo la conversione ottico-elettrica è resa possibile grazie all'utilizzo di un secondo set-top box.

Il sistema, provato mediante un segnale ricevuto dal satellite *Hot Bird* (con otto portanti digitali) e da *Astra* (con ventitré portanti digitali), ha funzionato con una lunghezza di fibra pari a 800 m per entrambe le configurazioni. È stata misurata un'attenuazione ottica disponibile (per *Astra*, caso peggiore) per la portante peggiore: 18 dB; e per la portante migliore: 22 dB. Questo hardware è quindi in grado di gestire fino a trentadue o sessantaquattro possibili utenti. Di seguito sono riportate le misure dello spettro del segnale a radio frequenza in ingresso al trasmettitore (figura 7) e quello in uscita dal ricevitore ottico, ovvero dopo la conversione ottico-elettrica (figura 8).

Con questo esperimento è stata dimostrata la fattibilità di una distribuzione di segnali televisivi a larga banda su fibra ottica mediante sistemi con costo limitato: il costo del trasmettitore è di 350 Dollari USA, mentre quello del ricevitore è di 150 Dollari USA. Questi costi si riferiscono a componenti acquistati in numero assai limitato per lo sviluppo del prototipo, e si ridurrebbero drasticamente nel caso di una produzione in serie del sistema. Inoltre, il dispositivo più costoso (il trasmettitore) ha un costo che va diviso per il numero di utenti.

Con questo esperimento è stata dimostrata la fattibilità di una distribuzione di segnali televisivi a larga banda su fibra ottica mediante sistemi con costo limitato: il costo del trasmettitore è di 350 Dollari USA, mentre quello del ricevitore è di 150 Dollari USA. Questi costi si riferiscono a componenti acquistati in numero assai limitato per lo sviluppo del prototipo, e si ridurrebbero drasticamente nel caso di una produzione in serie del sistema. Inoltre, il dispositivo più costoso (il trasmettitore) ha un costo che va diviso per il numero di utenti.

## 7. Considerazioni finali

I sistemi wireless a larga banda possono essere impiegati per le iniziative suddette - con possibilità attuative di breve termine - nel campo dei servizi di diffusione terrestre di messaggi multimediali interattivi e per l'alta convergenza con le telecomunicazioni per diverse motivazioni:

- la maggior parte delle amministrazioni europee ha concordato di attribuire ai sistemi wireless multimediali (*MWS - Multimedia Wireless System*) 2 GHz di banda di frequenze (40,5-42,5 GHz), ovvero risorse pari a 100 transponder satellitari da 34 MHz corrispondenti a 4-500 programmi

televisivi digitali. Queste risorse sono a tutt'oggi libere e disponibili per la messa in opera di sistemi pianificati a regola d'arte. Si sta inoltre discutendo per acquisire ai sistemi wireless multimediali l'ulteriore banda 42,5-43,5 GHz per il canale di ritorno, e anche altre bande di frequenze;

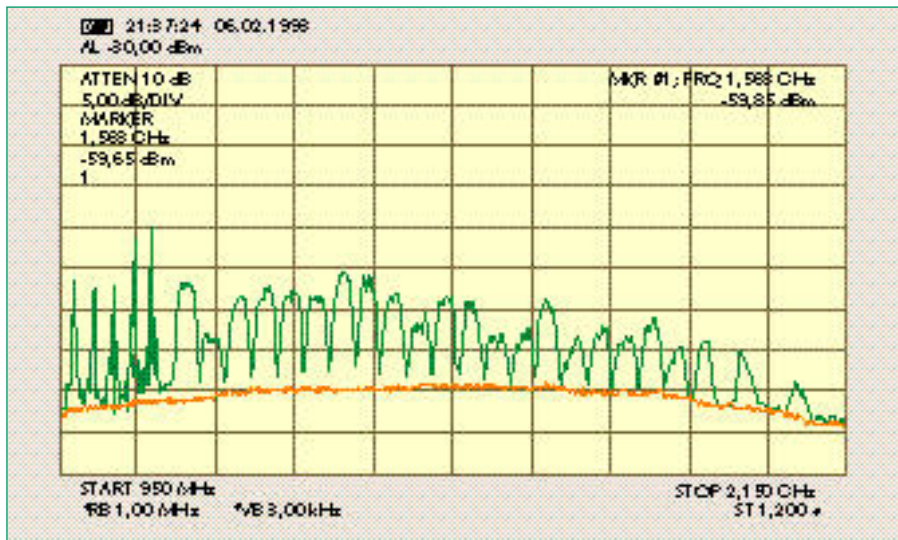


Figura 8 Misura dello spettro del segnale dopo la conversione ottico-elettrica.

- è disponibile sul mercato l'intera linea di apparati professionali e di largo consumo, completamente compatibile con i sistemi digitali satellitari, a prezzi interessanti nonostante la congiuntura ancora a tendenza monopolistica. L'ulteriore evoluzione del mercato dovrebbe portare a sostanziali miglioramenti dell'ingegnerizzazione, nonché a marcate riduzioni dei prezzi. Dato il cospicuo numero di frequenze disponibili, il costo di contatto per utente - anche ai prezzi attuali - in zone con densità abitativa almeno media, è inferiore a quello dei sistemi convenzionali VHF-UHF e risulta di più ordini di grandezza inferiore di quello dei sistemi cablati sia interrati che aerei;
- la modularità della struttura cellulare wireless rende possibile ripartizioni appropriate di oneri, investimenti e attività tra gruppi differenziati di interesse;
- l'adozione di una struttura di rete cellulare, con maglie settoriali di dimensione 3-5 km, è funzionale a un'efficiente gestione della interattività a larga banda oltre che a una possibilità di aggregazione differenziata e flessibile delle celle, in funzione delle esigenze del servizio. Inoltre gli investimenti per la struttura trasmissiva possono essere graduati in modo ottimizzato - nella fase sperimentale e in quelle successive - sia per il traffico audiovisivo-multimediale che per le telecomunicazioni avanzate. La struttura è inoltre aperta a successive evoluzioni tecnologiche;
- la linea di produzione degli apparati di trasmissione professionali può essere di interesse di imprese

nazionali, anche medio piccole, che potrebbero puntare a una parte non secondaria dell'eventuale mercato europeo: in tal senso sono state già intraprese alcune rilevanti iniziative;

- la presenza di una seconda banda ricevuta 950-2050 MHz, unita a un canale di ritorno da almeno 2 Mbit/s, costituirebbero un sovraccarico per il cavo di discesa dall'antenna all'utente finale. Alla luce dell'esperimento di distribuzione in fibra ottica eseguito dal Politecnico di Torino, il sistema ottico di distribuzione sembra decisamente competitivo rispetto a quello su cavo coassiale, sia in termini di prestazioni che di costi. Esso permette anche di risolvere notevoli problemi nel cablaggio dell'edificio, e lascia la possibilità di introdurre eventuali nuovi servizi sfruttando la notevole larghezza di banda della fibra ottica;
- il sistema cellulare presenta complessi problemi di collegamenti ad alta capacità: tra gruppi di celle contigue; tra gruppi di celle contigue e un centro servizi; e tra centri servizi con dorsali a lunga distanza terrestri o satellitari. La facile accessibilità, i

costi contenuti dei collegamenti periferici e la effettiva flessibilità, costituiscono una connotazione fondamentale di utilità produttiva di questo sistema di collegamento. A tal fine sembrano molto interessanti alcune recenti proposte di soluzioni satellitari;

- come è stato già rilevato, un sistema di comunicazione audiovisivo ad alta capacità di canali e interattivo a larga banda si candida preminentemente per la teledidattica, per le comunicazioni locali (comprese quelle per gli handicappati) e per il *fast Internet*. Le soluzioni tecnologiche ad esse relative garantirebbero inoltre la operatività di servizi più commerciali, quali, ad esempio, home banking, home shopping, *NVOD (Near Video On Demand)*, pay per view.

Vittorio Del Duce - RAI

del\_duce@rai.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Confronto tecnico-economico su tecnologie e reti per l'accesso

PIERLUIGI DI MARTINO  
ANGELO PELLISSIER  
LUCA ZANETTA

*Le tradizionali reti di telecomunicazioni stanno evolvendosi sotto la spinta di una crescente richiesta di prestazioni, sia da parte dell'utenza sia da parte dei fornitori di servizi. I nuovi servizi e le nuove applicazioni che si stanno sviluppando stanno infatti facendo emergere le limitazioni delle attuali reti di accesso, che possono essere superate mediante una loro evoluzione verso la larga banda. In questo contributo sono descritte le più*

*interessanti reti di accesso a larga banda, mettendone in luce vantaggi e criticità, e sono confrontate tra loro da un punto di vista tecnico. È poi analizzato l'impatto economico derivante dalla realizzazione di queste reti in differenti scenari, definiti in termini di infrastrutture di rete preesistenti e di "paniere" di servizi offerti.*

### 1. Introduzione

Le crescenti richieste dell'utenza di nuovi servizi e di applicazioni di comunicazione rese possibili dal progresso tecnologico, insieme al moltiplicarsi dei fornitori di servizi con il conseguente aumento della loro offerta, stanno spingendo le tradizionali reti di telecomunicazioni verso quelle a larga banda per la sempre maggiore velocità di linea richiesta.

Tra i nuovi servizi e le nuove applicazioni cui l'utenza residenziale potrà avere accesso, i servizi denominati multimediali, che richiedono un più o meno elevato grado di interattività con la rete, sono quelli che riscuotono il maggiore interesse. In particolare i servizi on-line, tra cui l'accesso a Internet, a velocità superiori a quelle possibili con i modem tradizionali in banda fonica, sembrano essere quelli

che potrebbero raggiungere le penetrazioni più elevate tra l'utenza residenziale. Applicazioni come *home shopping* e *home banking* potrebbero cambiare le abitudini dei consumatori, consentendo loro di fare acquisti e operazioni bancarie rimanendo a casa propria. Anche lavorare o studiare, tramite i servizi di telelavoro e apprendimento a distanza (*telecommuting* e *telelearning*) potrà essere fatto per via telematica. Un'altra interessante applicazione è la cosiddetta televisione interattiva: l'utente ha la possibilità di richiedere e vedere sul proprio schermo televisivo un programma a sua scelta tra quelli messi a disposizione (*servizi on demand*).

Le reti di accesso attuali presentano limitazioni nell'offerta di questi nuovi servizi a larga banda. Queste limitazioni possono essere superate o facendo evolvere le reti esistenti oppure realizzandone di

nazionali, anche medio piccole, che potrebbero puntare a una parte non secondaria dell'eventuale mercato europeo: in tal senso sono state già intraprese alcune rilevanti iniziative;

- la presenza di una seconda banda ricevuta 950-2050 MHz, unita a un canale di ritorno da almeno 2 Mbit/s, costituirebbero un sovraccarico per il cavo di discesa dall'antenna all'utente finale. Alla luce dell'esperimento di distribuzione in fibra ottica eseguito dal Politecnico di Torino, il sistema ottico di distribuzione sembra decisamente competitivo rispetto a quello su cavo coassiale, sia in termini di prestazioni che di costi. Esso permette anche di risolvere notevoli problemi nel cablaggio dell'edificio, e lascia la possibilità di introdurre eventuali nuovi servizi sfruttando la notevole larghezza di banda della fibra ottica;
- il sistema cellulare presenta complessi problemi di collegamenti ad alta capacità: tra gruppi di celle contigue; tra gruppi di celle contigue e un centro servizi; e tra centri servizi con dorsali a lunga distanza terrestri o satellitari. La facile accessibilità, i

costi contenuti dei collegamenti periferici e la effettiva flessibilità, costituiscono una connotazione fondamentale di utilità produttiva di questo sistema di collegamento. A tal fine sembrano molto interessanti alcune recenti proposte di soluzioni satellitari;

- come è stato già rilevato, un sistema di comunicazione audiovisivo ad alta capacità di canali e interattivo a larga banda si candida preminentemente per la teledidattica, per le comunicazioni locali (comprese quelle per gli handicappati) e per il *fast Internet*. Le soluzioni tecnologiche ad esse relative garantirebbero inoltre la operatività di servizi più commerciali, quali, ad esempio, home banking, home shopping, *NVOD (Near Video On Demand)*, pay per view.

Vittorio Del Duce - RAI

del\_duce@rai.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Confronto tecnico-economico su tecnologie e reti per l'accesso

PIERLUIGI DI MARTINO  
ANGELO PELLISSIER  
LUCA ZANETTA

*Le tradizionali reti di telecomunicazioni stanno evolvendosi sotto la spinta di una crescente richiesta di prestazioni, sia da parte dell'utenza sia da parte dei fornitori di servizi. I nuovi servizi e le nuove applicazioni che si stanno sviluppando stanno infatti facendo emergere le limitazioni delle attuali reti di accesso, che possono essere superate mediante una loro evoluzione verso la larga banda. In questo contributo sono descritte le più*

*interessanti reti di accesso a larga banda, mettendone in luce vantaggi e criticità, e sono confrontate tra loro da un punto di vista tecnico. È poi analizzato l'impatto economico derivante dalla realizzazione di queste reti in differenti scenari, definiti in termini di infrastrutture di rete preesistenti e di "paniere" di servizi offerti.*

### 1. Introduzione

Le crescenti richieste dell'utenza di nuovi servizi e di applicazioni di comunicazione rese possibili dal progresso tecnologico, insieme al moltiplicarsi dei fornitori di servizi con il conseguente aumento della loro offerta, stanno spingendo le tradizionali reti di telecomunicazioni verso quelle a larga banda per la sempre maggiore velocità di linea richiesta.

Tra i nuovi servizi e le nuove applicazioni cui l'utenza residenziale potrà avere accesso, i servizi denominati multimediali, che richiedono un più o meno elevato grado di interattività con la rete, sono quelli che riscuotono il maggiore interesse. In particolare i servizi on-line, tra cui l'accesso a Internet, a velocità superiori a quelle possibili con i modem tradizionali in banda fonica, sembrano essere quelli

che potrebbero raggiungere le penetrazioni più elevate tra l'utenza residenziale. Applicazioni come *home shopping* e *home banking* potrebbero cambiare le abitudini dei consumatori, consentendo loro di fare acquisti e operazioni bancarie rimanendo a casa propria. Anche lavorare o studiare, tramite i servizi di telelavoro e apprendimento a distanza (*telecommuting* e *telelearning*) potrà essere fatto per via telematica. Un'altra interessante applicazione è la cosiddetta televisione interattiva: l'utente ha la possibilità di richiedere e vedere sul proprio schermo televisivo un programma a sua scelta tra quelli messi a disposizione (*servizi on demand*).

Le reti di accesso attuali presentano limitazioni nell'offerta di questi nuovi servizi a larga banda. Queste limitazioni possono essere superate o facendo evolvere le reti esistenti oppure realizzandone di

nuove flessibili e modulari per garantire l'offerta congiunta dei servizi tradizionali di fonia e dei nuovi servizi multimediali interattivi, tenendo conto per questi ultimi di una domanda caratterizzata da una forte incertezza. Questo contributo persegue l'obiettivo di indicare vantaggi e criticità delle più interessanti architetture di reti di accesso a larga banda confrontandole dal punto di vista tecnico, tenendo in conto diversi aspetti quali la capacità di banda, la fles-

rattivi multimediali e dei servizi tradizionali di telefonia su reti ibride fibra-coassiale *HFC (Hybrid Fiber Coaxial cable)*. Queste reti sono nate originariamente come reti monodirezionali per fornire servizi di televisione diffusiva: la topologia ad albero da esse utilizzata è infatti particolarmente indicata per la trasmissione di servizi di tipo diffusivo (*broadcast*). È possibile rendere queste reti adatte all'offerta di servizi interattivi se si realizza un canale di ritorno

sulla rete e si impiegano sistemi che gestiscono con opportuni protocolli l'accesso al mezzo condiviso, quali appunto i sistemi Cable Data Modem e Cable Telephony.

I sistemi di Cable Data Modem (figura 1) consistono di un apparato di centrale *HECDM (Head End Cable Data Modem)* connesso alla rete di trasporto con interfacce 10BaseT, 100BaseT o ATM su SDH, e di modem remoti presso la sede di utente, generalmente dotati di interfaccia Ethernet 10BaseT. Questi apparati modulano e trasmettono su portanti a radiofrequenza che è possibile allocare liberamente sullo spettro disponibile sulla rete HFC sia dalla centrale verso l'utente, in direzione *downstream* (54-750 MHz), sia in verso opposto, in direzione *upstream* (5-40 MHz).

I sistemi di Cable Data Modem possono essere di tipo simmetrico o asimmetrico a seconda che la banda a radiofrequenza nelle due direzioni di trasmissione sia o no la stessa.

Generalmente per i primi, le modulazioni più usate sono la *BPSK (Binary Phase Shift Keying)* e la *QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)* consentendo il trasporto di circa 10 Mbit/s in 8÷6 MHz. Per l'accesso al mezzo si utilizza un protocollo *MAC (Media Access Control)* di tipo *CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)*. Nei sistemi asimmetrici, la banda in direzione downstream è sensibilmente maggiore di quella upstream. Solitamente, per la trasmissione downstream, è utilizzata una modulazione *64-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)* che permette il trasporto di circa 30 Mbit/s in 8 MHz, mentre per trasmissione upstream si utilizza una tecnica di accesso *TDMA (Time Division Multiple Access)* o *CDMA (Code Division Multiple Access)* e una modulazione QPSK che consente di trasmettere bande fino a circa 3 Mbit/s. Nei sistemi asimmetrici, l'HECDM è più complesso in quanto deve anche gestire direttamente l'accesso al sistema dei modem remoti. La banda disponibile per ogni utente dipende in ogni caso dal numero totale di utenti connessi allo stesso HECDM, oltre che dall'efficienza dal protocollo utilizzato per gestire l'accesso multiplo.

I sistemi di Cable Telephony (figura 1) consentono di fornire i tradizionali servizi a banda stretta

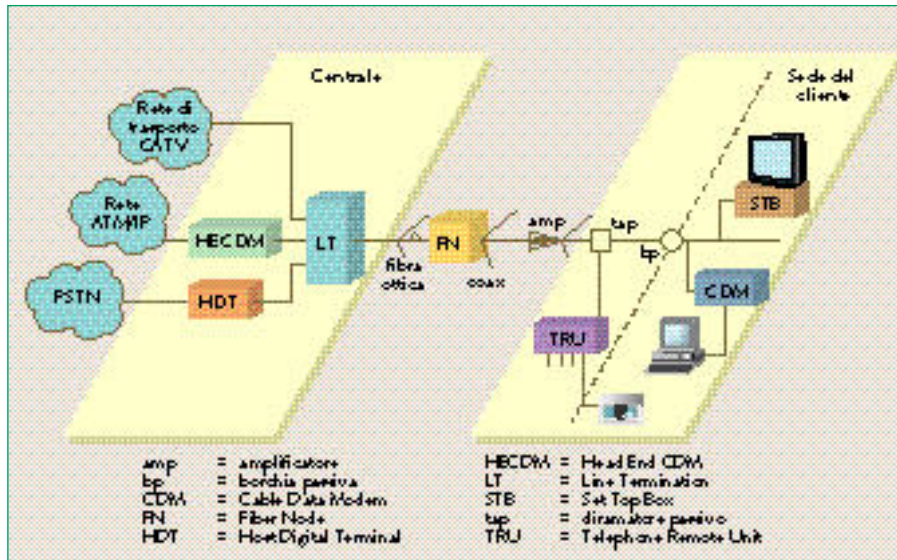


Figura 1 Sistemi di Cable Data Modem e Cable Telephony su HFC (Hybrid Fiber Coaxial cable).

sibilità alle variazioni della domanda dell'utenza, il grado di maturità della tecnologia. È poi valutato l'impatto economico dovuto alla realizzazione di queste reti, aspetto questo di particolare rilievo per la capillarità richiesta nel segmento di accesso di una rete. È effettuata infine un'analisi dei costi considerando differenti scenari in termini di tipi di servizi offerti e di infrastrutture esistenti.

## 2. Tecnologie per la rete di accesso

Numerose tecnologie sono oggi disponibili per realizzare reti di accesso a larga banda. Ognuna di esse presenta caratteristiche e peculiarità differenti per cui le prestazioni offerte, soprattutto espresse in termini di capacità e di servizi da esse permessi, possono variare parecchio. Tra queste soluzioni sono qui esaminati i sistemi di trasmissione di dati e di telefonia su cavo (*Cable Data Modem* e *Cable Telephony*), i sistemi di trasmissione ad alta velocità sui doppiini in rame (sistemi *ADSL*), i sistemi di trasmissione digitale su fibra ottica (sistemi *PON* in configurazione *FTTx*) e i sistemi radio a larga banda.

### 2.1 Sistemi di trasmissione su reti in cavo (Cable Data Modem e Cable Telephony)

I sistemi *CDM (Cable Data Modem)* e *Cable Telephony* consentono l'offerta, rispettivamente, di servizi inte-

come POTS e ISDN. Anche in questo caso l'apparato di centrale *HDT (Host Digital Terminal)*, connesso all'autocommutatore telefonico con interfacce analogiche o digitali a 2 Mbit/s proprietarie o V5.x, è dotato di una serie di modulatori a radiofrequenza e comunica con unità remote *TRU (Telephone Remote Unit)*. Sono disponibili TRU per singolo utente o per gruppi di utenti (a livello di palazzo o di armadio ripartilinea). La tecnica di accesso è in generale una tecnica *TDM/TDMA (Time Division Multiplexing/ Time Division Multiple Access)*. In questi sistemi sono realizzate funzionalità di concentrazione al fine di aumentare il numero di utenti servibili, a parità di risorse a radiofrequenza disponibili.

## 2.2 Sistemi ADSL

I sistemi *ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)* consentono la trasmissione ad alta velocità sulla coppia simmetrica in rame. I modem di utente *ATU-R (ADSL Terminal Unit - Remote)* comunicano con i modem *ATU-C (ADSL Terminal Unit - Central office)* di un apparato di centrale *DSLAM (DSL Access Multiplexer)* che moltiplica le varie connessioni su una connessione ad alta capacità verso la rete di transito ATM/IP (figura 2).

Le modulazioni utilizzate sono la *CAP (Carrierless Amplitude-Phase)* e la *DMT (Discrete Multi-Tone)*. La modulazione DMT - meno matura di quella CAP - presenta un maggior grado di efficienza, permettendo di allocare dinamicamente il flusso di bit nella banda a disposizione del sistema a seconda delle caratteristiche del mezzo trasmissivo; essa è stata perciò preferita dagli Organismi di standardizzazione internazionali.

La capacità trasmissiva dei sistemi ADSL consente il trasporto di un canale dalla centrale all'utente downstream fino a 8 Mbit/s e un canale upstream fino a 1 Mbit/s. Maggiore è la velocità di trasmissione, minore è però la distanza coperta che può variare dai 2 ai 6 km. La distanza coperta è in ogni caso condizionata dalla sensibilità ai disturbi a radiofrequenza anche generati da coppie adiacenti che trasportano segnali ADSL o altri servizi. Questo fatto limita il massimo numero di utenti ADSL connessi tramite lo stesso cavo in rame. L'interfaccia lato utente degli ATU-R è oggi in genere un'interfaccia Ethernet 10BaseT ma a breve saranno disponibili anche interfacce ATM a 25 Mbit/s, in quanto i sistemi ADSL consentono il trasporto di traffico ATM.

Le caratteristiche spettrali del sistema ADSL permettono la trasmissione sugli stessi doppini in rame anche del servizio di fonia tradizionale e di quello *ISDN BRA (Integrated Services Digital Network Basic Rate Access)*. La separazione del segnale a banda stretta da quello ADSL è ottenuto per mezzo di filtri passivi (*POTS/ISDN splitter*) che sono posti sia in

centrale sia presso la terminazione di utente.

Oggi è allo studio da parte degli Organismi di standardizzazione una soluzione meno complessa dei sistemi ADSL denominata *splitterless ADSL* o *ADSL lite* che dovrebbe permettere di non utilizzare i POTS splitter presso l'utente, in modo da collegare l'unità ATU-R a una qualsiasi presa telefonica disponibile, semplificando notevolmente il cablaggio in sede di utente. L'ATU-R dovrebbe presentarsi come una scheda da inserire direttamente nel personal computer di utente così come già oggi avviene per i modem in banda fonica e dovrebbe garantire una piena interoperabilità con qualsiasi ATU-C presente

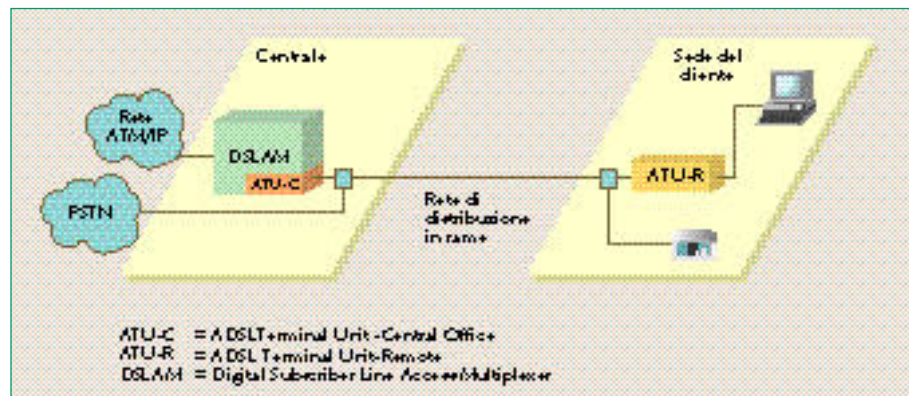


Figura 2 Sistema ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line).

in centrale. Per questo sistema sono previste al momento velocità di trasferimento massime di 1,5 Mbit/s downstream.

## 2.3 Sistemi PON FTTx

Le reti *PON (Passive Optical Network)* sono costituite da una struttura punto-multipunto (figura 3) completamente passiva, caratterizzata solo dalla presenza di fibre ottiche e da componenti ottici passivi (diramatori ottici). La rete PON è delimitata dalla terminazione di linea ottica *OLT (Optical Line Termination)*, collocata all'interno dell'edificio di centrale, e da più unità periferiche *ONU (Optical Network Unit)* a seconda del fattore di diramazione utilizzato.

La tecnologia PON garantisce una grande flessibilità sul posizionamento delle ONU e quindi sulla ripartizione della sua capacità trasmissiva. Le ONU possono essere installate presso l'utente realizzando la configurazione *FTTH (Fiber To The Home)*, a livello di edificio o comunque condivisa da alcune decine di utenti nella configurazione *FTTC/B (Fiber To The Curb/Building)* oppure può essere a livello di armadio ripartilinea nella configurazione *FTTCab (Fiber To The Cabinet)*. Un'altra configurazione di rete possibile è la *FTTE (Fiber To The Exchange)* in cui le ONU sono installate a livello di centrale locale e l'OLT è posizionata nella centrale di livello superiore.

Nelle configurazioni FTTE, FTTCab, FTTC e FTTCab gli utenti sono collegati alle ONU con cavi

in rame, rendendo le reti PON parte di una architettura ibrida fibra-doppino in rame.

La trasmissione ad alta velocità sul doppino è ottenuta mediante la tecnica xDSL che a seconda della distanza tra la ONU e l'utente può essere di tipo ADSL o VDSL (*Very high bit-rate Digital Subscriber Line*).

In generale l'impiego di sistemi ADSL è indicato in configurazioni di tipo FTTE, mentre i sistemi VDSL sono utilizzati nelle altre configurazioni consentendo di raggiungere velocità di cifra downstream dell'ordine dei 26 Mbit/s nella configurazione

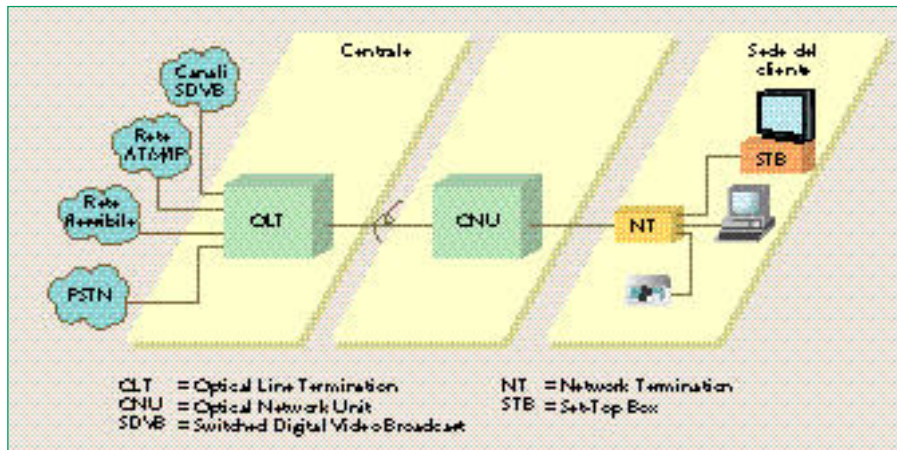


Figura 3 Architettura PON FTTx (Passive Optical Network Fiber To The x).

FTTC/B. Presso la sede di utente è presente una terminazione di rete NT (*Network Termination*) che può essere attiva o passiva: l'orientamento europeo è quello di predisporre una NT attiva che termini il protocollo ADSL/VDSL e che presenti all'utente interfacce ATM 25 Mbit/s ovvero 10BaseT.

La piattaforma ATM di questa architettura rende possibile fornire oltre ai servizi a banda larga interattivi anche i servizi video diffusivi numerici, a standard DVB (*Digital Video Broadcast*), con selezione in rete SDVB (*Switched Digital Video Broadcast*). In questo caso, il sistema deve essere dotato delle funzionalità necessarie per gestire la segnalazione di utente sulla scelta del canale da visionare (*zapping*), realizzare la trasmissione diffusiva (funzioni di *multicast*) e deve consentire di avviare le azioni necessarie a inoltrare il programma selezionato all'utente.

Su queste reti può essere integrato anche il trasporto dei tradizionali servizi di telecomunicazione a banda stretta (POTS, ISDN BRA e PRA, dati Nx64 kbit/s e 2 Mbit/s), anche senza effettuare l'integrazione sulla piattaforma ATM.

Per quanto riguarda la velocità lorda di trasmissione consentita da un sistema PON, valori tipici sono 155 Mbit/s simmetrico o 622 Mbit/s downstream e 155 Mbit/s in upstream; quest'ultima opzione risulta particolarmente interessante quando i servizi asimmetrici (ad esempio SDVB e servizi on Demand) costituiscono una percentuale sensibile del traffico trasportato.

## 2.4 Reti radio terrestri a larga banda

Per quanto riguarda le reti radio terrestri, sono stati messi a punto diversi sistemi per la distribuzione di servizi a larga banda. Essi sono caratterizzati in primo luogo dalla frequenza su cui operano che ha poi un'incidenza sull'ampiezza di banda disponibile, sulle dimensioni dell'area di copertura e quindi sul tipo di servizi che potenzialmente possono essere offerti.

Questi sistemi, nati inizialmente per la diffusione diffusiva di segnali televisivi analogici, trovano un più proficuo utilizzo nella distribuzione di canali numerici DVB e nell'introduzione di servizi a bassa interattività tipo *Pay per View*.

Nell'ambito della regione delle microonde sono disponibili sistemi denominati MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution System*) e LMDS (*Local Multipoint Distribution System*). Per MMDS si intendono generalmente sistemi operanti da 2 a 10 GHz, con aree di copertura fino a 60 km di raggio. Utilizzando le modulazioni tipiche dei sistemi via cavo possono generalmente essere allocati circa 20-30 canali analogici AM-VSB (*Amplitude Modulation - Vestigial Side Band*) nelle bande a disposizione, mentre con segnali MPEG-2 modulati 64-

QAM possono essere offerti più di cento canali. Inoltre è possibile fornire sistemi interattivi utilizzando in questo caso un canale di ritorno instradato sulla rete fissa.

La configurazione di riferimento è mostrata in figura 4: i segnali provenienti dalla centrale sono trasportati verso le stazioni radio dove sono convertiti a microonde e trasmessi da un'antenna direzionale od omnidirezionale. Nel caso si presentino aree non direttamente copribili da queste stazioni, è possibile l'impiego di ripetitori. Presso l'utente un'antenna parabolica riceve i segnali che sono poi convertiti alle frequenze generalmente utilizzate nella trasmissione via cavo e sono demodulati dai ricevitori standard per reti in cavo.

Nel caso di frequenze di trasmissione superiori, tipicamente 27 o 40 GHz, l'area coperta si riduce (da 3 a 6 km) per fenomeni di attenuazione. In questo caso si parla di sistemi LMDS unidirezionali o MVDS (*Multipoint Video Distribution System*).

Le dimensioni dell'area di copertura con questi sistemi portano a un'architettura tipica delle reti cellulari, che implica una maggiore penetrazione della rete di trasporto fissa. Sono comunemente impiegate le modulazioni utilizzate per la trasmissione via satellite: FM (*Frequency Modulation*) per i canali analogici e QPSK per quelli numerici. Il numero di canali analogici può variare da trenta a sessanta a seconda della banda disponibile e del riuso delle frequenze nell'architettura cellulare. Nel caso di canali digitali la capa-

cità del sistema cresce di oltre tre volte.

Le piccole dimensioni dell'area e l'ampiezza di banda disponibile rendono possibile l'utilizzo di un canale di ritorno radio. Si parla in questo caso di sistemi LMDS bidirezionali con i quali è possibile anche offrire servizi interattivi, i trasmettitori a bassa potenza sono integrati nell'apparato ricevitore dell'utenza.

### 2.5 Analisi tecnica

Le tecnologie che possono essere impiegate nella rete di accesso fin qui descritte, presentano caratteristiche molto differenti sia dal punto di vista dei servizi offribili sia per i differenti scenari in cui esse possono essere impiegate convenientemente.

I sistemi CDM e ADSL sono tecnologie in grado di fornire servizi interattivi di tipo on-line. Nel sistema CDM, in particolare, non è presente un collegamento dedicato tra il cliente e la centrale locale, ma

rete, che già dispongono di un'infrastruttura di accesso, di allargare la propria offerta di servizi. Gli operatori di reti in cavo che forniscono servizi su reti di tipo HFC trovano una naturale evoluzione delle loro infrastrutture verso l'offerta di servizi dati interattivi attraverso l'impiego di Cable Data Modem. È però necessario tener presente che l'impiego di questa tecnologia è subordinata alla presenza di una rete HFC bidirezionale, che garantisca allo stesso tempo rapporti segnale/rumore di valore adeguato. La limitazione nell'ampiezza della banda disponibile nella direzione upstream limita poi il numero massimo di clienti servibili, per un prefissato grado di condivisione massima delle risorse a radiofrequenza.

I gestori delle reti telefoniche possono invece vedere nella tecnologia ADSL il mezzo in grado di far evolvere velocemente le proprie reti in rame per l'offerta di servizi a larga banda; anche in questo caso è però necessario rilevare le condizioni dei doppi in

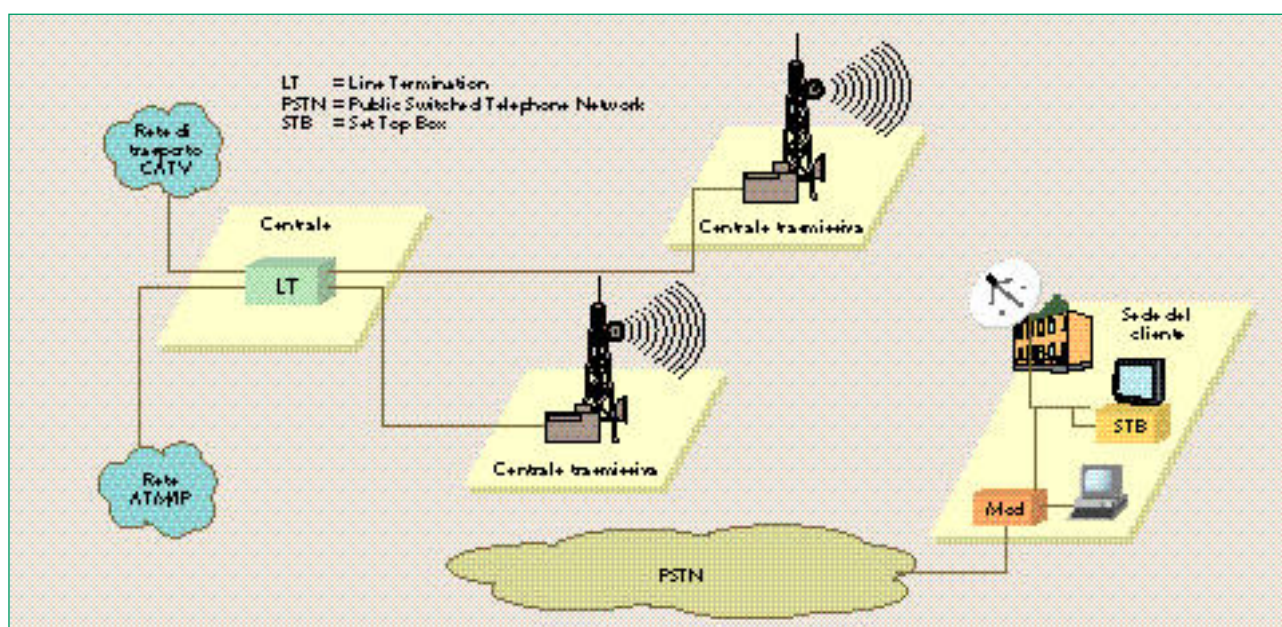


Figura 4 Architettura con sistemi radio a larga banda.

lo stesso canale a radiofrequenza è condiviso da un certo numero di utenti. Questa caratteristica si rivela adatta nel caso in cui il traffico sia di tipo a "burst", in cui esso presenti cioè picchi elevati di traffico, ma allo stesso tempo un basso valor medio.

Nel sistema ADSL invece un canale trasmissivo bidirezionale è dedicato a ciascun utente con la possibilità di offrire facilmente servizi interattivi caratterizzati da un traffico con carico costante. È importante notare però che anche per i sistemi ADSL possono essere effettuati elevati livelli di concentrazione a livello di DSLAM in centrale. La possibilità di trasporto di traffico ATM fino all'apparato finale di utente dà comunque la possibilità di gestire connessioni ATM da terminale a terminale e di usare i parametri di qualità dell'ATM per definire diversi profili di utente.

I sistemi CDM e ADSL consentono ai gestori di

rame per valutare se essi hanno le caratteristiche adatte al trasporto dei segnali ADSL alla velocità richiesta e alla presenza sugli stessi cavi di sistemi dati HDB3 o HDSL che possano disturbare o essere a loro volta disturbati. Bisogna inoltre considerare la penetrazione dei nuovi servizi che si vogliono offrire che non potrà essere superiore al massimo fattore di occupazione del cavo, limitato dal rumore di diafonia tra le coppie in rame presenti.

Le reti PON FTTx sono invece soluzioni che consentono di integrare su un'unica rete tutte le tipologie di servizi - a banda stretta e a banda larga - e rappresentano l'architettura *full-service*, obiettivo definito dal comitato *FSAN* (*Full Service Access Network*). La possibilità di offrire tutti i servizi mediante un'unica piattaforma di rete, unita alla disponibilità di terminazioni ONU di capacità differente, posizionabili a



distanza variabile dall'utente, garantisce notevole flessibilità in fase di progettazione di una rete PON FTTx.

Inoltre le reti PON, oltre a offrire un'elevata capacità di banda nei due versi di trasmissione, consentono, basandosi su ATM, di suddividere questa capacità tra i diversi utenti a seconda dei profili di servizio richiesti. La banda di picco a disposizione del singolo

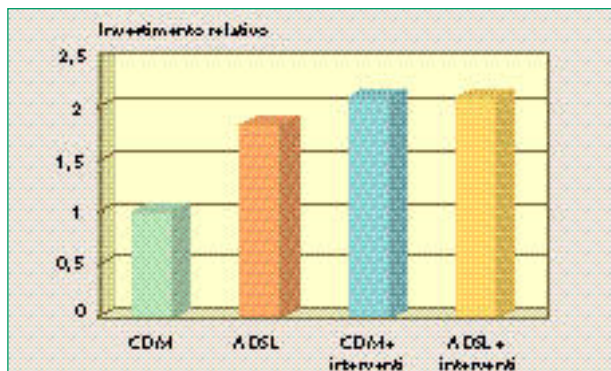


Figura 5 Confronto economico tra i sistemi CDM (Cable Data Modem) e ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line).

utente è comunque funzione della lunghezza della parte terminale del rilegamento di utente in rame e quindi della velocità di trasmissione ottenibile dai sistemi ADSL o VDSL.

Le reti PON FTTx consentono l'offerta anche del servizio di televisione diffusa mediante la tecnica SDVB, a fronte però della maggiore complessità funzionale introdotta dalla gestione della selezione in rete. Per il servizio di televisione diffusa, le reti HFC rimangono la soluzione più adatta almeno nelle grandi aree metropolitane. Le reti radio di tipo MMDS/LMDS possono rappresentare una valida soluzione alternativa sia nelle aree urbane sia in quelle rurali o dove si presentino problemi di installazione.

Le reti PON possono anche essere introdotte nella rete di accesso sovrapponendole (*overlay*) ad altre architetture di rete. Esse possono essere considerate sovrapposte a una rete HFC diffusa preesistente per ampliare l'offerta con servizi di telecomunicazione tradizionali e multimediali interattivi oppure ad una rete in rame per fornire in questo caso servizi a larga banda diffusivi e interattivi.

Sebbene le soluzioni sovrapposte richiedano di realizzare una nuova rete, possono essere sfruttate in questi casi diverse sinergie con la rete preesistente. Nel caso di sovrapposizione con le reti HFC, possono essere condivisi i cavi ottici della rete primaria, le infrastrutture e gli scavi. L'alimentazione delle ONU può inoltre essere effettuata attraverso la telealimentazione che utilizzi la rete coassiale. Nel caso di sovrapposizione con la rete in rame, le sinergie si hanno invece sul rilegamento di utente che può utilizzare il preesistente doppiino su cui è trasportato il servizio di fonia, mediante l'uso di POTS splitter. Nel caso di reti FTTCab può essere condivisa l'intera tratta secondaria della rete di accesso.

Anche le reti HFC sono soluzioni di rete potenzialmente in grado di fornire tutte le tipologie di servizi. Al contrario delle reti PON, le caratteristiche di modularità degli apparati Cable Data Modem e Cable Telephony consentono di effettuare gli investimenti con l'effettiva penetrazione dei servizi. L'ampiezza di banda della rete HFC nella direzione upstream limita però il massimo numero di utenti collegabili, rendendo inadatta questa architettura nel caso la fonia diventi il principale servizio offerto; d'altra parte essa consente agli operatori di rete in cavo di entrare anche nel mercato dei servizi tradizionali a banda stretta.

Grandi aspettative sono poi rivolte ai sistemi LMDS bidirezionali, ma la maturità tecnologica non è ancora completamente raggiunta: anche questi sistemi hanno limitazioni nella banda disponibile ma possono consentire l'ingresso di nuovi operatori che mirano a conquistare limitate quote di mercato.

### 3. Confronto economico

In uno scenario fortemente competitivo la valutazione economica degli investimenti necessari per realizzare una nuova infrastruttura di rete assume particolare importanza. Definito l'insieme dei servizi da offrire ai clienti potenziali e valutato il grado e la tipologia delle infrastrutture preesistenti in una certa

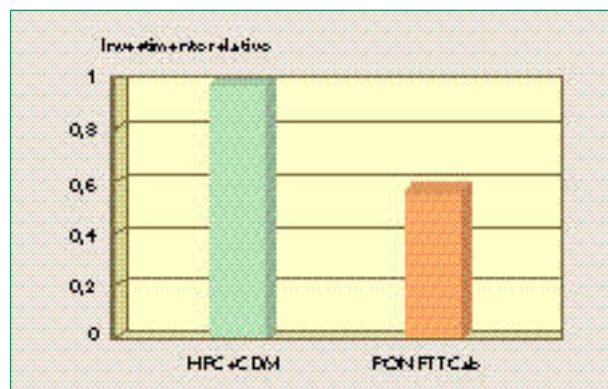


Figura 6 Confronto economico tra l'architettura HFC+CDM e quella PON FTTCab.

area geografica, l'analisi tecnica precedente permette di limitare il confronto economico a solo alcune soluzioni. In questo paragrafo, sono considerati tre scenari differenti: le architetture di rete ritenute più interessanti sono confrontate stimando in particolare i costi di prima installazione di ciascuna di esse.

#### 3.1 Caso 1: offerta di servizi interattivi sulla rete HFC o su quella in rame preesistente

Il primo scenario prevede l'introduzione di servizi interattivi di tipo on-line in aree in cui sono già preesistenti infrastrutture di rete di tipo HFC o in rame: è stato valutato l'impatto economico derivante dall'impiego di sistemi CDM, nel caso di rete HFC, e quello

relativo ai sistemi ADSL, nel caso di rete in rame, compresi i modem di utente e gli eventuali interventi per il riadattamento della rete. In particolare per i sistemi CDM è stato valutato il costo per rendere bidirezionale la rete HFC, mentre per i sistemi

Servizio	Penetrazione %
POTS/ISDN	100
Dati simmetrici bidirezionali	2
Servizi a larga banda: CATV/SDVB e Servizi On line	35

**Tabella 1** *Ipotesi su tipologia e penetrazione dei servizi.*

ADSL sono stati considerati i costi per la bonifica della rete in rame (per la rimozione, ad esempio, delle derivazioni in parallelo).

La figura 5 mostra i risultati delle valutazioni considerando la penetrazione dei servizi on-line pari al 12 per cento. I sistemi ADSL mostrano un costo maggiore rispetto ai sistemi CDM, supponendo che l'infrastruttura disponibile sia idonea al loro funzionamento. Questo svantaggio è dovuto anche alla minore maturità tecnologica e di mercato ad oggi della tecnologia ADSL. Se si considerano invece anche gli eventuali interventi in rete necessari, per il sistema CDM l'ammontare degli investimenti cresce fortemente a causa degli apparati e dei cavi da installare per rendere bidirezionale una rete HFC e diventa comparabile con quello per i sistemi ADSL.

### 3.2 Caso 2: offerta di servizi diffusivi e interattivi sulla rete in rame preesistente

In questo paragrafo è analizzata la situazione di un gestore di rete che dispone già di una rete in rame e che voglia offrire servizi diffusivi e interattivi a larga banda. Si considera la realizzazione di una rete HFC con CDM o di una rete PON FTTCab che utilizza la preesistente sezione secondaria della rete in rame. È stata presa in esame un'area urbana ad alta densità dell'utenza (10 mila ut/km<sup>2</sup>) in cui si suppone una disponibilità di infrastrutture in rete primaria pari all'80 per cento. La penetrazione totale di entrambi i servizi, diffusivi e interattivi, è stata fissata pari al 12 per cento.

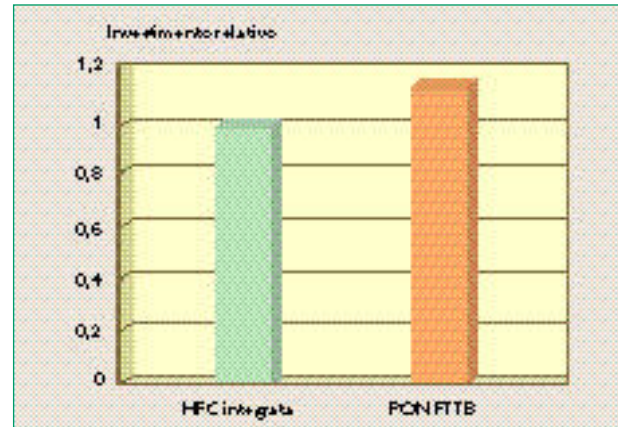
I risultati mostrati in figura 6 rivelano che nello scenario ipotizzato la soluzione PON FTTCab risulta essere la più conveniente; la rete HFC comporta infatti la realizzazione dell'intera sezione secondaria della rete in coassiale.

### 3.3 Caso 3: offerta di tutti i servizi in assenza di infrastrutture di rete

Come terzo caso è stata considerata un'area priva di infrastrutture di rete dove deve esserne realizzata una nuova per offrire tutte le tipologie di servizi: dai tradizionali servizi a banda stretta a quelli nuovi a

larga banda. Le tipologie e le penetrazioni di questi servizi sono indicati nella tabella 1. In un'area ad alta densità dell'utenza (10 mila ut/km<sup>2</sup>) è stato valutato il costo di prima installazione di una rete HFC integrata, comprensiva di sistemi *Cable Data Modem* e di *Cable Telephony* e quello di una rete PON FTTB.

Gli investimenti, relativi alle due architetture di rete mostrati in figura 7, non differiscono in maniera significativa. La rete FTTB mostra un costo leggermente più elevato dovuto anche alla non completa maturità tecnologica degli apparati. Essa però presenta minori limitazioni sulla banda disponibile,



**Figura 7** *Confronto economico tra l'architettura HFC integrata e quella PON FTTB.*

specie in quella in direzione upstream, e consente di semplificare gli aspetti di gestione, grazie all'omogeneità degli apparati introdotti.

## 4. Conclusioni

In questo contributo sono state presentate alcune architetture di rete possibili per realizzare le reti di accesso a larga banda. La grande incertezza sulla penetrazione dei servizi e gli elevati investimenti richiesti nel segmento di rete dell'accesso, rendono indispensabile effettuare un'analisi attenta per le diverse architetture di rete, dal punto di vista sia tecnico sia economico.

Ogni soluzione presenta caratteristiche che la rendono preferibile a seconda dello scenario considerato ovvero del tipo e delle penetrazioni previste per i vari servizi e dell'esistenza o no di una infrastruttura di rete preesistente.

La soluzione di rete da preferire dal punto di vista tecnico e economico non è, quindi, quasi mai una sola ma dipende dallo specifico scenario analizzato.

*Pierluigi Di Martino, Angelo Pellissier, Luca Zanetta  
SIRTI*

*l.zanetta@sirti.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Impatto di Internet sull'evoluzione delle telecomunicazioni

La sessione è stata strutturata su quattro memorie preparate a più mani da diverse organizzazioni (Cefriel, CSELT, Digital, Fondazione U. Bordoni, Italtel, RAI, Telecom Italia e TIM) in modo cooperativo al fine di presentare per quanto possibile un quadro completo e opinioni obbiettive. La costruzione logica della sessione è stata impostata su quattro punti:

- Come si pone Internet in confronto alla tradizionale e capillare rete telefonica mondiale? Internet rappresenta una minaccia, un complemento o qualcos'altro?
- Accettata Internet come innovazione evidente, la sua rete è basata su tecnologie solide? La sua architettura ha qualche limite e, in caso affermativo, quale?
- La rete telefonica si è arricchita con una rete per la mobilità, a tratti in sovrapposizione, a tratti complementare, ora in visione di convergenza. Come si pone Internet di fronte agli aspetti di mobilità?
- In quale relazione si pongono i servizi della rete telefonica e di Internet? È una relazione di concorrenza?

Questi quattro punti in successione sono trattati nelle quattro memorie presentate qui di seguito, e sono stati presentati nel corso della sessione, durante la quale si è avuto anche un dibattito tra i partecipanti e gli autori delle memorie.

Dalle presentazioni sono emersi sei messaggi di rilievo, e un settimo è emerso dal dibattito:

1. Internet presenta serie possibilità di "scavalco" della rete telefonica.
2. Internet fa migrare traffico e alcuni servizi dalla rete telefonica alla propria rete.
3. La tecnologia Internet è in evoluzione e la sua attuale architettura di rete va migliorata. A questo scopo sarà necessaria probabilmente una nuova rete.
4. Telecom Italia conosce questi problemi. Per ora non ha fatto nulla di diverso dal subire il fenomeno senza aggredirlo alla base. Telecom Italia non pilota lo sviluppo tecnologico e architetturale di Internet ma si limita a considerare Internet in termini di possibile arricchimento della propria offerta di servizi.
5. Per quanto riguarda la mobilità, le prospettive più ottimistiche per Internet sono per uno scavalco diretto della rete di accesso. Questo tema però è ancora tutto da osservare, così come l'impiego della rete satellitare.
6. L'architettura della rete Internet presenta oggi molte strozzature tecnologiche, specie quando essa deve fornire un pacchetto completo di servizi interattivi, di diffusione (quali fonia, video, segnale televisivo, Video-on-Demand) o di telefonia.
7. L'innovazione che Internet comporta, e al tempo stesso la necessità di una sua evoluzione tecnologica, lascerebbero spazio per un'azione collegiale europea che andrebbe mirata a pilotarne gli sviluppi e a non subire passivamente lo sviluppo che viene dai Paesi oltreoceano. Ma si tratta di avviare le iniziative trainanti e la volontà di azione.

La sessione ha quindi messo in evidenza la convinzione che è necessaria una migliore presa di coscienza degli effetti di Internet e ha fornito una nota ottimistica di possibili azioni più incisive al riguardo da parte dell'industria italiana ed europea, sia nel settore dei servizi sia in quello della manifattura.

Il Presidente della sessione  
Alessandro Bellman  
(Italtel - Milano)

# Impatto di Internet sull'evoluzione delle telecomunicazioni

## Evoluzione di Internet: alternative e minacce all'attuale rete di telecomunicazioni

MAURIZIO MAYER  
MICHELE MORGANTI

*Sono approfonditi due distinti aspetti del fenomeno Internet: il suo possibile affermarsi come competitore delle telecomunicazioni tradizionali e la sua crescita incontrollata e in larga misura incontrollabile.*

*Si parte da un'analisi del fenomeno così come esso oggi ci appare per cercare di identificarne i principali fattori di successo, e quindi anche i suoi punti di forza e di debolezza. Sono poi esplorati i limiti tecnici e tecnologici che in qualche modo potrebbero frenarne e condizionarne l'evoluzione verso una nuova forma di servizio universale e quali potrebbero essere alcune possibili soluzioni. In particolare è posto l'accento sul complesso rapporto che tuttora esiste tra il mondo Internet e quello delle telecomunicazioni per cercare di valutare fino a che punto il primo sia destinato a svilupparsi in modo conflittuale piuttosto che sinergico con il secondo.*

### 1. Telecomunicazioni e Internet: storia e preistoria di un rapporto non semplice

In principio fu Arpanet, una rete di calcolatori nata da finanziamenti militari allo scopo di sviluppare e sperimentare nuove tecnologie di trasmissione dati in ambienti ostili.

Ebbe un successo tale e il suo uso si estese così rapidamente a tutto l'ambiente accademico statunitense da meritare l'attenzione degli esperti di telecomunicazioni che la studiarono, la sezionarono, la sviscerarono e poi conclusero (correttamente) che così com'era non aveva le caratteristiche tecniche necessarie a farla divenire un servizio pubblico. Non vi era, infatti, alcun modo di garantire la qualità del servizio offerto e, in particolare, non solo non era possibile garantire i tempi di consegna dei singoli pacchetti ma neppure la loro sequenza. Gli unici veri vantaggi di Arpanet sembravano essere la sua eccellente sopravvivenza ai guasti e una certa facilità d'uso, a scapito però di un'eccessiva complicazione degli algoritmi di instradamento e quindi anche di un'inaccettabile quantità di elaborazione per ciascun nodo attraversato.

Fu probabilmente così che nacque l'idea dello standard X.25, una risposta professionale ai dilettanti dell'informatica. Fu quasi certamente anche così che, quasi in sordina, prese l'avvio lo sviluppo dei protocolli IP.

Venne poi Internet, una rete di calcolatori direttamente derivata da Arpanet che aveva come unico obiettivo quello di fornire alla Comunità Scientifica una rete semplice e totalmente aperta per un efficiente scambio di informazioni e di dati.

Fino a pochi anni fa si trattava ancora di un fenomeno

meno confinato al mondo accademico e quasi del tutto sconosciuto al largo pubblico. Oggi invece chi non ha una propria *Home Page* su Internet comincia a sentirsi un emarginato. Non vi è ormai più azienda o impresa commerciale - piccola o grande che sia - che non ritenga essenziale disporre di un proprio sito o almeno di un proprio recapito su Internet. Non essere su Internet equivale a non esistere. Si discute perfino della possibilità che la mancanza di un accesso universale garantito possa generare fenomeni di discriminazione sociale e culturale di massa a danno di tutti coloro che ne restassero, loro malgrado, esclusi per l'inadeguatezza dei gestori delle reti di telecomunicazioni che li servono, per l'arretratezza del Paese in cui vivono o più semplicemente per il censo.

Ancora una volta il fenomeno - vista anche la sua eccezionale rilevanza - ha finito per imporsi prepotentemente all'attenzione degli esperti di telecomunicazioni che di nuovo lo hanno studiato, sviscerato e analizzato in ogni suo aspetto tecnico e tecnologico. Ma anche in questo caso le conclusioni sono state le stesse: non è ragionevole pensare che una rete di tali dimensioni e complessità, costruita pezzo per pezzo, senza vere regole e senza uno studio e un piano precisi, possa poi anche funzionare. Rilevare che lo faccia (e lo faccia anche decisamente bene) costituisce un vero e proprio affronto a quasi cent'anni di ingegneria delle telecomunicazioni e del traffico, anche se bisogna ammettere che questa volta si è di fronte a un fenomeno di dimensioni tali da far seriamente dubitare che possa essersi trattato di un semplice caso o di un'anomalia da archiviare e dimenticare rapidamente. Tantopiù che in questo contesto, anche un'eventuale controproposta ingegneristicamente e tecnologicamente più solida (basata ad

esempio su ATM) sarebbe alquanto problematica e forse neppure del tutto credibile.

In effetti in queste analisi si omette spesso di riconoscere che il fenomeno Internet non è solo un problema di tecnologie, di reti e di servizi ma è anche innanzitutto e soprattutto un fatto culturale che trae le sue origini non tanto dal desiderio di dare una soluzione tecnologica diversa ai servizi di telecomunicazioni, quanto piuttosto dalla ricerca di una risposta diversa a quelle esigenze di comunicazione (tra individui, tra individui e macchine e perfino tra gruppi di macchine) che le telecomunicazioni tradizionali o non hanno ancora affrontato o comunque non hanno risolto in modo soddisfacente.

Ne consegue che *E-mail*, *Special Interest Groups*, *Chat Groups* e *Web Browsing* non possono essere ridotti a semplici imitazioni di servizi di telecomunicazioni esistenti ma sono modalità del tutto nuove di risolvere problemi di comunicazione antichi almeno quanto l'umanità. Allo stesso modo *Flat Rate*, *Unlimited Access*, *Netiquette* non possono essere liquidati come schemi tariffari e strutture di management alternativi perché sono invece l'espressione di una diversa cultura della comunicazione a distanza, assai più aperta e libera di quella delle telecomunicazioni tradizionali, anche se forse oggettivamente un po' troppo a rischio di anarchia.

Sono questi elementi culturali, assai più di quelli tecnologici, che hanno determinato l'attuale successo di Internet e che ne costituiscono il maggior punto di forza. Sono però anche gli stessi fattori che - se trascurati o sacrificati a favore di una crescita indiscriminata della base d'utenza o anche solo di una soluzione tecnologica meglio ingegnerizzata - potrebbero con altrettanta facilità e rapidità decretarne il declino.

D'altra parte la Comunità Internet ha ormai ampiamente dimostrato di essere in grado di sapersela egregiamente cavare da sola e senza alcun aiuto esterno. È soprattutto in base a questa semplice constatazione che il mondo delle telecomunicazioni, se davvero ritiene di poter giocare un ruolo rilevante nel futuro di Internet, non può più permettersi né di continuare a restare passivamente a guardare quel che succede, né tantomeno può continuare a sognare di potersi improvvisamente presentare con una propria soluzione alternativa chiavi in mano, capace forse di risolvere molti dei problemi tecnologici di Internet, ma difficilmente in grado di integrarsi in essa realmente e con efficacia.

## 2. Internet: prospettive e limiti di uno sviluppo incontrollato

Benché non sia la tecnologia il principale fattore del successo da essa ottenuto, è però indubbio che Internet ne richiede in grande quantità per continuare a crescere e a svilupparsi così come ha fatto finora e che questa tecnologia è, ormai da troppo tempo sull'orlo di un vero e proprio tracollo.

La rapida crescita di Internet (in tutti i sensi, dal numero di utenti a quello dei fornitori, dalla quantità di traffico per utente al numero e alla tipologia dei servizi offerti) è infatti divenuta tale che le sue strut-

ture e infrastrutture sono entrate in una sorta di crisi permanente (come prova il fatto che espressioni tipo *World Wide Waiting* circolino sempre più in maniera generalizzata, e non solo all'interno della comunità Internet); solo occasionalmente e temporaneamente lo stato di scompensamento è stato alleviato dal potenziamento di un particolare nodo o di una particolare dorsale.

Come risposta a questa situazione di disfunzione cronica sembrano poi essersi sviluppate tre distinte scuole di pensiero che potrebbe essere riassunte nei tre seguenti approcci:

- *inseguimento dell'ultimo collo di bottiglia (bottleneck)*, che poi non è altro che un approccio assai pragmatico che mira ad affrontare i problemi uno alla volta, a mano a mano che questi si pongono;
- *ricerca della nuova Internet*, che corrisponde invece a un approccio più idealistico che vorrebbe partire dalla realizzazione di un nucleo Internet di nuova tecnologia nella certezza (o nella speranza) che prima o poi anche tutto il resto di Internet vorrà (e potrà) convergere;
- *il ritorno all'età d'oro di Arpanet*, sostenuto soprattutto da un nucleo di nostalgici di Internet prima maniera, che ritenendo - peraltro anche non del tutto a torto - che all'origine di quasi tutti i problemi presenti vi sia proprio l'allargamento indiscriminato della base d'utenza caldeggia sì la realizzazione di una nuova Internet ma esclusivamente a proprio "uso e consumo".

Di fatto, tutti e tre gli approcci, presi singolarmente, presentano elementi di debolezza tali da renderne assai dubbie le reali possibilità di riuscita.

Per quanto riguarda il primo, per esempio, l'esperienza (e non solo quella delle telecomunicazioni) insegna che non esiste nessun ultimo *bottleneck* e che anzi ripetuti interventi *bottom up* di questo tipo hanno più probabilità di aumentare la criticità e l'indominabilità complessiva del sistema che non di ridurle. Così avviene che l'aumento della velocità di accesso degli utenti si traduce rapidamente in una congestione delle dorsali; che il potenziamento di queste ultime porta altrettanto rapidamente a un sovraccarico dei nodi; che per scaricare i nodi si deve allora aumentare capacità, numero e connettività; e così via.

Eguale utopistico, se preso da solo e alla lettera, è anche il secondo approccio che non tiene conto né di quanto la struttura di controllo di Internet sia frammentata e distribuita - e quindi difficilmente dominabile e prevedibile - né di quanto strettamente il suo attuale tasso di crescita sia legato alla dimensione già raggiunta. Ne consegue che iniziare una nuova Internet da zero, per avere una qualche speranza di successo, richiederebbe non solo che ne fosse garantita a priori la totale compatibilità e visibilità nelle due direzioni, rispetto a quella attuale, ma anche che fosse assicurato che essa sarà l'unica vera nuova Internet verso cui tutti vorranno convergere, pena la disgregazione del sistema in una miriade di isole tutte diverse e forse anche tra loro non completamente compatibili. Richiederebbe cioè un obiettivo, e un piano per raggiungerlo, concordato a priori da tutti (o quasi) nella consapevolezza che il conseguimento di esso è

però affidato solo all'impegno, anche economico, dei singoli nel nome del bene collettivo.

Assai più pragmatico, e quindi concretamente più fattibile, potrebbe sembrare il terzo approccio che vuole fare le stesse cose ma solo a beneficio di una comunità ristretta, la quale non solo non sembrerebbe temere il possibile isolamento ma addirittura vorrebbe parlo tra i propri obiettivi primari.

Ammesso però che sia effettivamente possibile ricostituire, ritagliandolo da Internet così com'è oggi, il nucleo d'utenza originale e che questo sia effettivamente disponibile a rinunciare ai benefici di una rete globale a favore di un semplice aumento di efficienza, sembra che si dimentichi che il valore principale di Internet - quello che ne ha fatto ciò che è oggi - è stato proprio la sua apertura; e che l'allargamento progressivo della base d'utenza, anche se ormai sfuggito di mano, è stato fin dall'inizio un fatto voluto, inteso proprio a soddisfare le esigenze specifiche di quello stesso gruppo originale, e non un fenomeno accidentale.

Se nessuno dei tre approcci, presi singolarmente, appare del tutto convincente, decisamente più credibile potrebbe essere invece, come spesso accade in questi casi, una loro combinazione sinergica in cui:

- il primo può essere usato soprattutto per ridurre l'urgenza di una soluzione completamente nuova risolvendo di volta in volta i problemi più gravi ma sempre tenendo presente nell'attuarlo le soluzioni finali che nel frattempo si vanno delineando;
- il secondo può nel frattempo essere sviluppato con maggiore calma e rigore per trovare di comune accordo soluzioni che non solo risalgano effettivamente alla radice dei problemi, invece di concentrarsi come nel primo caso soprattutto sui sintomi, ma che siano anche perseguibili in modo evolutivo, graduale e non traumatico;
- il terzo infine può essere usato all'interno di Comunità naturalmente chiuse (quali sono ad esempio le grandi Intranet aziendali) sia per sperimentare e validare i vantaggi offerti dalle nuove soluzioni, sia soprattutto per affrontare e risolvere in un ambiente meno ostile e più controllato tutte le problematiche di compatibilità con l'esistente che esse potrebbero porre.

Il pericolo maggiore a questo punto diventa quello che, tolta l'urgenza e dato libero sfogo all'inventiva e alla creatività, invece di concentrarsi sulla soluzione dei molti e gravi problemi reali di Internet (controllo, sicurezza, gestione, efficienza, grado e qualità del servizio, modello economico) si finisca piuttosto per costruire una nuova Utopia di Rete Universale, non più basata su B-ISDN, su ATM, o su altro ma su una qualche nuova versione di IP. Si rischia cioè di ricadere nell'errore - e sono già visibili segnali significativi - di credere che perché una tecnologia è flessibile, essa *ipso facto* vada egualmente bene per tutto; che perché Internet tratta bene i fax essa debba automaticamente trattare bene anche la telefonia; che perché essa ben si presta allo scambio di messaggi iper- e multi-mediali e all'accesso ad ambienti virtuali, ciò implichi che possa trattare altrettanto bene anche la videoconferenza; che perché gestisce senza difficoltà protocolli punto-multipunto questo significhi che lo

stesso valga anche per la diffusione di segnali televi-sivi; e via dicendo.

Aiutare ad evitare un simile errore e le sue nefaste conseguenze potrebbe in effetti essere il maggiore contributo che il mondo delle telecomunicazioni, con i suoi cent'anni di esperienza alle spalle, potrebbe dare al poco più che neonato mondo Internet.

### 3. Internet e telecomunicazioni: coesistenza, conflitto e rischio di bypass

Fino a poco tempo fa l'atteggiamento prevalente nel mondo delle telecomunicazioni tradizionali nei confronti di Internet si poteva riassumere in una sorta di blando scetticismo nei confronti di un fenomeno di cui ancora oggi non sono del tutto chiari né il modello di sviluppo né, tantomeno, quello di mercato, unito ad un certo interesse per qualcosa che, pur al di fuori delle regole, procurava però un interessante giro di affari in termini, ad esempio, di linee affittate o di accesso dati commutato. Ad un certo momento era anzi sembrato che si fosse trovata nella domanda di accesso a Internet quella *killer application* che avrebbe finalmente consentito all'ISDN di decollare in modo significativo (predizione questa purtroppo veritiera solo nel senso letterale di killer in quanto la maggiore durata dei tempi di connessione a Internet ha dimostrato di poter rapidamente mettere in crisi sia il dimensionamento che la struttura tariffaria della normale offerta ISDN).

Di recente però questo atteggiamento è cambiato in modo radicale soprattutto sotto la spinta di due fattori chiave:

- la crescita impressionante del traffico Internet, che malgrado fossero già osservabili da tempo evidenti segnali, sembra aver colto ancora molti "addetti ai lavori" abbastanza di sorpresa;
- l'improvvisa e sgradevole consapevolezza che questa crescita non era più alimentata solo dal traffico incrementale di dati ma che (soprattutto attraverso la diffusione di servizi quali quelli dell'*Internet Fax* e dell'*Internet Telephony*) stava invece cominciando a erodere anche una parte non trascurabile del mercato potenziale di crescita dei servizi di telecomunicazioni tradizionali.

Quello che fino allora era sembrato solo un grande cliente potenziale, si era improvvisamente trasformato in un pericoloso concorrente reale. Di qui la decisione di molti gestori delle reti di telecomunicazioni - anche in assenza di un chiaro modello di ritorno economico - di scendere direttamente nella mischia per offrirsi prima come *Internet Access Provider* e poi anche come veri e propri *Internet Service Provider*. Di qui anche l'idea che alcune delle funzionalità base di Internet (in particolare quelle di concentrazione e di routing a livello IP) potessero essere direttamente integrate in rete entrando così a far parte dei servizi di telecomunicazioni di base.

Si tratta apparentemente di una risposta del tutto logica, soprattutto da parte di soggetti da sempre abituati a detenere il totale monopolio dell'accesso fisso e con una forte propensione culturale all'ottimizzazione per integrazione. Essa non tiene però conto di

alcuni fatti sostanziali, quali:

- innanzitutto Internet, seppure molto frammentata, è una vera e propria rete indipendente e tale è quasi sicuramente destinata a rimanere. Se infatti una parte delle sue dorsali si appoggiano - per necessità piuttosto che per opportunità - a strutture di telecomunicazioni pubbliche, almeno altrettante, oltre a tutti i nodi, ne sono totalmente indipendenti (esistono addirittura siti dedicati in cui *Internet Service Provider* diversi concentrano i propri nodi per consentirne l'interconnessione diretta senza dover transitare su costose linee affittate);
- in secondo luogo, la maggior parte degli utilizzatori di Internet (maggiore sia in termini numerici, sia per volume di traffico) è direttamente attestata su LAN e WAN private a loro volta direttamente connesse (tramite *Edge Router* e linee affittate) ai nodi d'accesso e alle grandi dorsali Internet. L'unico traffico che, almeno fino a ieri, doveva ancora necessariamente transitare dalla rete di telecomunicazioni pubbliche per accedere ad Internet è quindi quello residenziale che, seppur rilevante in termini sociali e soprattutto potenzialmente di crescita numerica, non è certo però quello più ricco e incline a spendere;
- in terzo luogo, anche per questo traffico la rete di telecomunicazioni tradizionale non rappresenta più né l'unica alternativa né, tenuto conto delle particolari esigenze di costo e prestazioni del servizio, la più appetibile. Sono infatti già oggi disponibili numerose soluzioni di accesso in grado di offrire prestazioni del tutto analoghe, o addirittura migliori, di quelle offribili tramite ISDN (e in alcuni casi perfino di quelle ADSL) e a costi potenzialmente inferiori (e soprattutto non condizionati da quelli di altri servizi); queste soluzioni riguardano, ad esempio: l'accesso radio terrestre e satellitare, mobile e fisso; le reti di alimentazione; le reti CATV; le LAN di edificio; le LAN civiche.

Il rischio di uno scavalco completo di Internet nel confronto della rete di telecomunicazioni è quindi tutt'altro che irrealistico e diventa tanto più probabile quanto più il gestore di quest'ultima viene percepito come un potenziale concorrente anziché come un fornitore di servizi di trasporto e accesso a basso costo. Situazione questa che risulta tanto più grave quando si pensi alla possibilità che su Internet si diffondano in misura significativa anche veri e propri servizi di telecomunicazioni, e tra questi forse non tanto la telefonia di base quanto piuttosto tutta la messaggistica (mono e multimediale), le comunicazioni dirette tra personal computer, nonché tutti quei servizi a carattere transazionale che oggi trovano come naturale supporto le reti dati pubbliche (quali, ad esempio, reti del tipo X.25, Frame Relay).

Si giungerebbe in tal caso a un vero e proprio ribaltamento di posizionamento strategico, con Internet nella veste di rete pubblica di uso e carattere generale e la rete di telecomunicazioni sempre più nel ruolo di rete specializzata.

Unica reale possibilità di annullare, o almeno di limitare, questo rischio è quella di far ricorso proprio a

quel totale pragmatismo economico del mondo Internet che fa sì che, sempre in presenza di più soluzioni alternative, prevalga quella più economica o, a parità di costo, quella che offre maggiori prestazioni e potenzialità.

Questo significa però che, prima ancora di pensare a un'offerta alternativa di servizi Internet, ogni gestore pubblico di telecomunicazioni dovrebbe innanzitutto chiedersi se non abbia invece la possibilità concreta di configurare un'offerta di servizi specializzati per Internet a prezzi e con prestazioni tali da scoraggiare a priori ogni interesse di quest'ultima a dotarsi di strutture di accesso e di trasporto proprie.

#### 4. Conclusioni

La crescita e la diffusione di Internet hanno ormai raggiunto livelli e ritmi tali da non permettere più a nessuno di trascurare le drammatiche conseguenze che questo potrebbe avere non solo sulla rete di telecomunicazioni tradizionale ma addirittura sull'intero assetto futuro delle telecomunicazioni mondiali.

Malgrado questo indiscutibile successo, Internet è però ancora affetta da un grande numero di criticità e problemi (molti dei quali non tecnici) tuttora irrisolti e considerevolmente aggravati proprio dalla pressione esercitata da quella che sembra ormai essere una crescita irrefrenabile e al di là di ogni oggettiva possibilità di controllo.

In questo contesto turbolento, uno dei fattori di maggior rilievo per la risoluzione di una parte significativa di questi problemi sarà la natura del rapporto che andrà progressivamente consolidandosi tra il mondo delle telecomunicazioni tradizionali e quello Internet.

Se questo rapporto sarà di tipo collaborativo, potrà instaurarsi tra i due mondi una sorta di coesistenza pacifica in cui ciascuno potrà offrire all'altro il meglio delle proprie potenzialità. Se invece si configurerà come un rapporto di tipo essenzialmente conflittuale - o anche solo concorrenziale - allora dovrà essere tenuta in serio conto la possibilità che tra i due ambienti si giunga anche a un vero e proprio ribaltamento di posizionamento.

Per evitarlo, la migliore leva in mano alle telecomunicazioni tradizionali è rappresentata da quel totale pragmatismo economico della cultura Internet che fa sì che venga scelta sempre e in ogni caso la soluzione di minor costo e/o di maggiori prestazioni, indipendentemente da chi la offre e senza grandi pregiudizi. Sta quindi ai singoli gestori delle reti di telecomunicazioni di sfruttare al meglio questa opportunità, il che comporta però anche da parte loro la capacità di rinnovarsi e di staccarsi decisamente da alcuni vecchi stereotipi di posizionamento e di offerta.

*Maurizio Mayer - Digital Equipment  
Michele Morganti - Italtel*

*michele.morganti@italtel.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

# Valutazione di nuove tecniche e tecnologie in Internet

EZIO BARBERO

GIANNI ROSSI

VINCENZO ERAMO

CATERINA SCOGLIO

*Il successo di Internet sembra essere oggi un evento molto importante nel mondo delle telecomunicazioni, elemento chiave per un'ampia diffusione di applicazioni basate sull'utilizzo dei servizi offerti dalle reti di calcolatori. Le nuove possibilità commerciali e l'abbattimento dei costi delle reti aziendali basate sul paradigma Internet, le Intranet, rendono molto forte la convergenza di interessi a livello internazionale in questo settore. Tuttavia, la rete Internet attuale, con i suoi protocolli e apparati, non risponde ancora totalmente ai requisiti*

*prestazionali e funzionali che si addicono a una reale offerta commerciale.*

*La comunità scientifica e il mondo produttivo stanno studiando nuove proposte - tecnologiche e tecniche - che mettano a disposizione una nuova generazione di elementi di rete e di soluzioni sistemiche, capaci di fornire prestazioni più elevate e di arricchire la gamma dei servizi offerti.*

*La memoria analizza, nella prima parte, le principali proposte di elementi di rete innovativi, presentandone le relative caratteristiche salienti. La seconda parte è invece dedicata alla valutazione di due fra le tecniche più significative, il multicasting e il caching, adottate in rete per migliorare le prestazioni in ambito WWW (World Wide Web).*

## 1. Il fenomeno Internet

La crescita della rete Internet è ormai diventato un fenomeno noto ai più. Alcuni indicatori mostrano un andamento esponenziale di tale espansione [1]. Alla fine del 1997, la rete contava circa 20 milioni di calcolatori collegati e un milione e 300 mila server Web. Alcuni report parlano di 62 milioni di utenti presenti alla fine del 1997 sulla rete Internet [2] (ma c'è chi stima che essi siano già 220 milioni - [3]); 300 milioni di utilizzatori sono previsti per il Duemila [4]. Le potenzialità di sviluppo di servizi sulla rete Internet sono notevoli; primo fra tutti il commercio elettronico, che parrebbe poter raggiungere i 327 miliardi di dollari nel 2002 [5]. Ma non è solo la possibilità di effettuare transazioni commerciali a rendere "accattivante" l'uso della rete Internet. Solo a titolo di esempio, si consideri la nuova generazione di unità periferiche, annunciata da Nintendo, comprensiva di modem e di chip appositi per la realizzazione e lo sviluppo di applicazioni di *group gaming* su Internet [6].

La quantità di traffico che attraversa la rete è in continua crescita: oltre al numero di utenti, il tipo di informazioni World Wide Web, la velocità crescente di accesso alla rete (oggi è possibile acquistare modem a 56 kbit/s) e la sempre maggiore capacità di elaborazione a basso costo degli Host rappresentano una serie di concomitanze significative. Uno dei principali Internet Service Provider, MCI, nel 1996 ha aggiornato l'infrastruttura di rete da 155 a 622 milioni di bit al secondo (Mbit/s). MCI valutava in quel periodo il traffico Internet sul proprio sistema trasmissivo pari all'uno per cento della capacità totale, a fronte di un 99 per cento del traffico vocale. Tuttavia i fattori di crescita attuali sono significativamente diversi (rispettivamente l'80-100 per cento e il 5-10 per cento annui), tanto che MCI prevede, per il

2001, di avere le percentuali di traffico equamente ripartite fra i due servizi. E questo senza tener conto della possibilità di trasportare il traffico vocale sulla stessa rete Internet [4].

La realtà italiana, anch'essa in crescita, è rappresentata da questi valori: 115 mila utenti residenziali e 39 mila utenti business nel 1996, divenuti rispettivamente 270 mila e 75 mila nel 1997 [7].

## 2. Il fenomeno Intranet ed Extranet

Questi dati, piuttosto eloquenti, non mettono in evidenza un fenomeno altrettanto importante e significativo quale parrebbe essere quello della diffusione delle "tecnologie" Internet all'interno delle organizzazioni aziendali. L'interesse delle aziende è principalmente legato alla possibilità di utilizzare gli *Internet tool* (TCP/IP, HTTP, HTML, Java e browser), ovvero un potente ambiente di comunicazione standard, diffuso a livello mondiale, a basso costo e utilizzabile su una varietà di piattaforme hardware. Grazie a questo insieme di strumenti e alle sue peculiarità è possibile automatizzare e razionalizzare in maniera più semplice ed economica processi aziendali che, con i sistemi informativi tradizionali, richiedevano investimenti molto più cospicui. Lo scenario di applicazione tipico è quello di un'azienda, distribuita geograficamente, con infrastrutture di reti locali e servizi presenti in ogni sede, con collegamenti fra queste ultime attraverso, ad esempio, linee dedicate e un plausibile accesso verso la rete Internet: questo scenario costituisce la rete *Intranet*.

Il probabile sviluppo di questo tipo di reti è stato indicato da Zona Research: entro la fine del 1999 il mercato di Internet mondiale sarà per i due terzi rivolto alle aziende e per un terzo alla clientela residenziale [4].



A livello italiano, la Databank Consulting riporta che 1500 società medio/grandi stanno realizzando al loro interno reti Intranet. Inoltre, secondo l'International Data Corporation, il mercato dei server Web aziendali (*hardware e software*) è circa quattro volte superiore a quello dei server Web Internet in Italia. E questo fattore sembra destinato a crescere nel 1998.

I servizi messi a disposizione dalla rete Intranet possono essere fruiti, oltre che all'interno dell'azienda, anche da entità esterne alla stessa. È infatti ora possibile - in modo molto più semplice che in passato - comunicare con clienti, partner, fornitori, distributori, realizzando una rete "collaborativa" (la *Extranet*) costituita dall'insieme delle reti e dei servizi delle singole realtà che vi partecipano e da Internet. Ma se questo utilizzo della rete Internet come strumento di condivisione di obiettivi e di miglioramento delle relazioni interaziendali, per ora ancora in una fase precoce, dovesse diffondersi in modo più capillare, l'uso della stessa rete potrebbe subire un ulteriore sviluppo. MCI sembrerebbe credere in questa ipotesi evolutiva: nonostante l'incremento del traffico sulle dorsali trasmissive (il *backbone*) abbia subito una flessione (dal 15 per cento al mese nel 1996 al 6 per cento nella prima metà del 1997), i progetti di espansione prevedono un raddoppio della capacità della rete ogni anno [4].

### 3. Nuove tecnologie in Internet

L'aumento del numero di servizi e di applicazioni, l'ampliamento del numero e della potenza dei calcolatori collegati in rete e l'incremento del numero e della frequenza di accesso ai server Intranet/Extranet/Internet sono alcuni dei fattori che provocano un incremento del traffico dati che deve essere gestito all'interno di queste reti. Il traffico locale dell'azienda media statunitense è stimato in crescita a una velocità superiore al 40 per cento annuo [8]. La maggior parte delle reti aziendali dovrebbe nel prossimo futuro subire un potenziamento e, plausibilmente, una aggiunta o sostituzione degli apparati di rete. Esiste quindi un mercato in forte espansione - quello degli apparati di *corporate networking* - che alimenta gli interessi verso questo settore.

Occorre non dimenticare che anche la rete Internet necessita, a causa della forte espansione descritta in precedenza, di un incremento di prestazioni. Non solo, ma i servizi innovativi che si vogliono offrire e la nuova "clientela esigente", rappresentata dalle reti aziendali, richiedono una "re-ingegnerizzazione" della rete che, oltre ad aumentarne la capacità di smaltimento del traffico, ne espanda le funzionalità. Una Internet "commerciale" dovrebbe fornire, ad esempio, garanzie di predicibilità, di stabilità, di qualità del servizio e di sicurezza, caratteristiche solo parzialmente presenti nella *free* Internet.

Le necessità ora esposte sia per l'ambito aziendale che per quello Internet sembrano offrire una opportunità economica significativa per i produttori di apparati appartenenti al settore del networking. La natura di mercato di massa assunta da questo settore rende possibile un maggiore impiego di circuiti integrati

dedicati a funzioni tradizionalmente relegate a realizzazioni software. Queste tecnologie risulterebbero più costose ma migliori in termini di prestazioni, di modularità e di versatilità. La microelettronica inizierebbe così ad assumere un ruolo sempre più significativo nel mondo del networking: rappresenterebbe la chiave di volta per la ricerca di prestazioni adeguate a permettere il tasso di sviluppo e il volume di traffico sempre più rilevanti della rete Internet. La tendenza che si sta affermando parrebbe essere quella di costruire apparati più veloci, il più possibile basati su dispositivi hardware, realizzati secondo tecniche e tecnologie mutuare dal mondo dei supercomputer, degli *switch* Ethernet e di quelli ATM.

La tendenza in atto è visibile anche dalla nascita di piccole aziende, spesso finanziate da altre di dimensioni maggiori, che cercano di entrare in questo nuovo mercato proponendo soluzioni ad alto contenuto tecnologico. Avici, Juniper Networks, Pluris, Torrent: sono tutte nuove aziende che puntano sull'introduzione di tecniche derivate dallo sviluppo dei supercalcolatori e di *ASIC (Application Specific Integrated Circuits)* specializzati, per realizzare apparati di networking ad altissime prestazioni e capaci di fornire supporto alla qualità del servizio e al multicast.

L'elevato costo intrinseco della tecnologia utilizzata può essere ammortizzato dall'entità dei volumi di vendita previsti. Un esempio in tal senso lo hanno offerto di recente le interfacce per personal computer di tipo Fast Ethernet, scese a un costo di 65 dollari non certo per via di un reale economicità della tecnologia impiegata ma per il numero di esemplari venduti nel giro di poco tempo (10 milioni di unità).

Per avere un'idea del continuo avanzamento tecnologico in atto si consideri l'evoluzione delle tecniche di integrazione dei semiconduttori. Oggi le tecniche fotolitografiche sono in grado di realizzare il singolo elemento sul chip in uno spazio di 0,25  $\mu\text{m}$ ; è così possibile realizzare processori con 7,5 milioni di transistor. La nuova tecnologia Timeline a 0,18  $\mu\text{m}$ , che Texas Instrument e IBM metteranno in produzione nel 1998, consentirà di realizzare processori con 125 milioni di transistor [9]. Secondo Texas Instrument, la tecnologia si presterebbe a realizzare in dimensioni estremamente contenute un commutatore di pacchetto con capacità di ben 320 miliardi di bit al secondo (Gbit/s). Ed è significativo che proprio con questa tecnologia il progetto di ricerca Tiny Tera della Stanford University, finanziata da Cisco e dalla Texas Instrument, stia portando avanti lo sviluppo di un nucleo di un commutatore di pacchetto, utilizzabile per realizzare un commutatore ATM o un router IP, con capacità di 32 porte a 9,6 Gbit/s o di 2048 porte a 155 Mbit/s. Ma è di questi giorni la notizia di una nuova tecnologia (*DuPont Photomask - DPMI*) a 0,08  $\mu\text{m}$  annunciata dall'Università del Texas che consentirà di incrementare ulteriormente la capacità di integrazione sul singolo chip [10].

Durante la conferenza *Next Generation Networks 1997 - Broadband Networks and the Internet*, tenuta a Washington nel novembre scorso, è stata più volte messa in luce la tendenza a introdurre in modo massiccio soluzioni hardware efficienti per il trattamento dei pacchetti IP. In particolare, parrebbe piuttosto significativa la proposta, effettuata da MMC

Networks, relativa a una nuova generazione di processori, detti *Network Processor*. Analogamente a quanto avviene per i *Digital Signal Processor - DSP*, da tempo utilizzati nel campo dell'elaborazione dei segnali audio e video, si cerca di "specializzare" la tecnologia dei processori general purpose con un insieme (*set*) di istruzioni peculiari e con hardware dedicato per eseguire le funzioni elementari caratteristiche di applicazioni di commutazione e di routing. L'intento è quello di coniugare l'efficienza di soluzioni basate su ASIC con la flessibilità e la rapidità di realizzazione degli apparati, tipici dei prodotti software e garantiti anche in questo contesto grazie alla programmabilità dei network processor.

La duplice tendenza in atto dello sviluppo di soluzioni hardware specializzate a elevatissimo contenuto tecnologico e della rapidissima ed enorme mobilitazione di risorse economiche e umane legate ai mercati Internet/Intranet/Extranet parrebbe riflettersi su un ampliamento dell'offerta e su una differenziazione degli apparati di rete. I "classici" router e commutatori si vanno diversificando portando a un insieme di nuovi dispositivi specializzati per prestazioni e funzionalità. Sono coniati nuovi termini per descrivere questi apparati quali: *Gigabit Router*, *Tag Switch Router*, *Layer 3 Switch*, *Multilayer Switch*, *Routing Switch*, *IP Switch*, *Cell Switch Router* [12], [13]. La progettazione di una rete dati richiede sempre più di valutare un insieme di possibili soluzioni alternative, ciascuna basata su dispositivi differenti, non solo per il costruttore ma anche per tecnologie, architetture e protocolli utilizzati.

Nel concludere questo paragrafo si cercherà di delineare, senza l'ambizione della completezza, le differenti tipologie di nuovi prodotti che possono oggi o potranno presto essere utilizzati per realizzare la rete Internet e le reti a essa collegate (Intranet/Extranet).

### 3.1 Apparati di networking per l'ambito Wide Area Network (WAN)

I candidati per una prima risposta alle esigenze legati alle prestazioni attese sembrerebbero essere i cosiddetti *Gigabit/Terabit Router*; i quali altro non sono che router IP riprogettati per garantire livelli nelle prestazioni adeguati alle esigenze delle dorsali della rete Internet. Le prestazioni passano da 250-300 mila pacchetti al secondo, con tempi di ritardo nell'ordine dei millisecondi ai milioni di pacchetti al secondo con tempi di ritardo nell'ordine dei microsecondi. Come i sistemi da cui essi derivano, i Gigabit Router sono dispositivi che lavorano *packet-by-packet*: differiscono essenzialmente per la tecnologia utilizzata ma continuano ad analizzare l'intestazione di ciascun pacchetto per decidere verso quale uscita esso deve essere inoltrato.

Le interfacce fisiche degli apparati Gigabit Router sono tipicamente SDH/Sonet e ATM con velocità STM-1/OC-3 (155 Mbit/s) e STM-4/OC-12 (622 Mbit/s); alcuni costruttori hanno annunciato interfacce STM-16/OC-48 (2,5 Gbit/s), STM-64/OC-192 (10 Gbit/s) che fanno uso della nuova tecnica trasmissiva *WDM (Wavelength Division Multiplexing)*, che consente velocità di trasferimento sino a  $30 \cdot 10^{12}$  bit al secondo (Tbit/s).

Appartengono a questa classe i Cisco 12000 e la serie GRF di Ascend, nonché la famiglia *TSR (Terabit Switch Router)* e *IP9000 Gigabit Router* di Torrent Networking. Altre promettenti *start-up company*, che non hanno ancora annunciato i propri prodotti, sono Juniper Networks e Pluris (in particolare Juniper Networks è stata finanziata per 40 milioni di dollari da Ericsson, Nortel, Siemens/Newbridge, 3 Com e UUNet Technologies per lo sviluppo realizzazione di Gigabit/Terabit Router con interfacce Sonet/SDH e ATM OC-192 [11]).

Un approccio diverso da quello impiegato per i Gigabit Router, è utilizzato per le soluzioni basate su tecniche di *Integrazione IP/ATM*. Sono apparati di nuova concezione, a volte denominati di tipo *cut-through* in analogia alla tecnologia utilizzata negli switch, che sfruttano le prestazioni e la modularità dei commutatori di livello due, in particolare di ATM, integrandole con i meccanismi di instradamento del protocollo IP. Questi elementi di rete si basano su tecniche di classificazione di "insiemi" di pacchetti IP che, dopo essere stati opportunamente etichettati sul bordo di un certo dominio, possono essere trattati all'interno dello stesso direttamente a livello *data link* della pila ISO/OSI. La creazione delle connessioni di livello due è controllata dal "piano di controllo" IP. L'approccio integrato IP/ATM cerca di sfruttare il meglio delle due realtà: la velocità, le capacità di gestione del traffico e di offerta di qualità del servizio dei commutatori e la diffusione e il consolidamento dei protocolli di routing IP. Il principale limite che parrebbe caratterizzare questa soluzione sistemistica è posta nella necessità di introdurre nuovi protocolli di rete e nuove funzionalità nei nodi, sia dei router sia dei commutatori.

Sono disponibili numerose proposte proprietarie che possono rientrare in questa categoria *CSI (Carrier Scale Internetworking)* di Newbridge e Siemens, *Tag Switching* di Cisco, *IP Navigator* di Ascend, *ARIS (Aggregate Route-based IP Switching)* di IBM, *CSR (Cell Switch Router)* di Toshiba. Ciascuna di esse utilizza protocolli non compatibili con le altre e questo rende per ora impossibile l'uso di queste tecniche in modo diffuso sulla rete Internet. Alcuni Enti di normalizzazione (*MultiProtocol Over ATM - MPOA* di ATM Forum, *MultiProtocol Label Switching - MPLS* di IETF) stanno tentando di definire uno standard che consenta ai prodotti delle singole aziende di interoperare.

### 3.2 Apparati di networking per l'ambito aziendale

La categoria di apparati che sembrerebbe oggi essere la più promettente per risolvere i problemi delle reti Intranet/Extranet è quella dei *Multilayer Switch*. Le prestazioni di questi apparati sono superiori a quelle dei router tradizionali grazie alla presenza di circuiti integrati dedicati. Ogni pacchetto è commutato alla stessa velocità, indipendentemente dal fatto che si tratti di un pacchetto di livello tre oppure di un *frame* di livello due (da cui il nome *Multilayer Switch*). Anche il costo è paragonabile a quello dei commutatori di livello due. La complessità rispetto ai Gigabit Router è inferiore principalmente in relazione alla struttura di interconnessione interna e alla capacità di

trasferimento dei dati. I Gigabit Router possono comprendere uno o più commutatori di tipo *crossbar* che, ad esempio, garantiscono al Cisco 12000 una capacità di trasferimento massima di 60 Gbit/s; i *Multilayer Switch*, dispongono spesso di un sistema di interconnessione a memoria condivisa di capacità più limitata (ad esempio, la banda del Accellar 1000 di Bay Networks è pari a 7 Gbit/s).

I Multilayer Switch possono essere sia apparati derivati dai commutatori Ethernet/Fast Ethernet e convertiti in router grazie all'uso di opportune schede di routing IP (è il caso, ad esempio dello *Omniswitch* della Xylan) oppure router classici migliorati dall'introduzione di *ASIC (Application Specific Integrated Circuits)* per l'elaborazione dei pacchetti IP (come ad esempio l'*Accellar 1000* di Bay Networks, che deriva dal router *FIRST* di Rapid City). La rosa di costruttori che propone questa tipologia di apparati sta aumentando (Data Communications [13] a Novembre del 1997 ne elenca ventotto). Oltre ai già citati Accellar di Bay Networks e Omniswitch di Xylan si ricordano i *Catalyst* di CISCO, il *Netiron Switching* di Foundry Networks, il *Lanswitch* di Madge e l'*Ether Express Switch* di Intel.

#### 4. Nuove tecniche di rete in Internet

La tecnologia rappresenta sicuramente un fattore abilitante per la costruzione di strutture capaci di gestire un numero elevato di dati come quelli presenti nelle reti Internet. È sempre possibile, tuttavia, definita una architettura di rete con determinati limiti di prestazioni, cercare di valorizzare le capacità della stessa rete introducendo meccanismi che ottimizzino e sfruttino al meglio le risorse disponibili. Questi criteri, qui definiti con il termine "tecnici", si affiancano a quelli "meramente" tecnologici; la qualità dei servizi offerti saranno il risultato sia delle tecnologie che delle tecniche utilizzate in rete.

Nel seguito dell'articolo saranno tralasciati gli aspetti tecnologici per dare spazio all'analisi delle tecniche che possono essere utilizzate per migliorare uno dei servizi che, come si è visto in precedenza, sono fra i più diffusi nelle reti Internet/Intranet/Extranet: il *WWW (World Wide Web)*. È una problematica significativa, data la bassa qualità del servizio fornito in termini di probabilità di accesso e di ritardo di acquisizione del documento. La soluzione tecnologica prevede di dimensionare in maniera opportuna le risorse di rete e le capacità dei server WWW. Per far ciò occorre stimare il traffico offerto alla rete; ma questo è sempre molto difficile in un ambito quale è quello dalla rete Internet. Da qui l'esigenza imprescindibile di utilizzare anche tecniche per ottimizzare l'uso delle risorse, attraverso la riduzione dei flussi in rete. In particolare la consegna *multicast* di documenti e il *caching* sembrano essere le tecniche più promettenti dal punto di vista dell'efficienza e della realizzazione pratica, come sarà chiarito nel paragrafo successivo.

##### 4.1 Ruolo delle tecniche di multicasting e di caching

Il *multicast* è una tecnica che prevede l'invio contemporaneo di un documento a un gruppo di

clienti interessati. La tecnica multicast, sebbene non sia direttamente collegata alle caratteristiche strutturali del servizio Web, può essere impiegata utilmente poiché si è osservato che una gran parte delle richieste riguardano una piccola quantità di documenti detti *hot*; di conseguenza le numerose richieste che arrivano a un server per un documento hot in un breve intervallo  $T_m$  possono essere raggruppate e soddisfatte attraverso l'instaurazione di una connessione multicast ad albero in cui la *radice* è il server e le *foglie* sono gli utenti che hanno chiesto il documento. La suddetta tecnica riduce la banda utilizzata per soddisfare le richieste e in particolare riduce il carico sul server abbassando così la probabilità di blocco; per quanto riguarda invece il ritardo di acquisizione, si ha un decremento dovuto alla riduzione del carico nei router e sul server ma anche un incremento dovuto all'introduzione dell'intervallo per la raccolta delle richieste. La determinazione della durata di tale intervallo deve essere effettuata in modo da mantenere l'efficacia del multicast pur limitando l'incremento del ritardo. La tecnica multicast non richiede l'impiego di ulteriori risorse ad hoc, ma solo che i router siano dotati delle funzioni di copia dei pacchetti.

Il *caching* è una tecnica che prevede, invece, di memorizzare i documenti più richiesti in siti prossimi agli utilizzatori. A fronte dell'installazione della risorsa di memoria locale, se la politica di scelta dei documenti da memorizzare è appropriata, si ottiene una drastica riduzione del ritardo di acquisizione e del carico sui server e sulla rete. In questo approccio l'obiettivo è quello di rendere massima la probabilità che la richiesta di un documento di un utente che fa capo a una data cache trovi soddisfazione nella cache stessa; risultano critici a questo scopo la scelta della dimensione della memoria e la definizione dei criteri di selezione e di aggiornamento dei documenti memorizzati localmente. La tecnica è tanto più efficace quanto minore è il numero dei documenti e quanto maggiore è il numero delle richieste che essi soddisfano; se, ad esempio, il 10 per cento dei documenti soddisfa il 90 per cento delle richieste, memorizzando questi documenti si ottiene un'efficienza del 90 per cento delle memorie cache. Le memorie cache hanno modalità di indirizzamento realizzate in modo da rendere i tempi di accesso contenuti per la lettura e per la scrittura delle informazioni. D'altronde identificare i documenti più richiesti e la loro dinamica non è operazione semplice: è infatti necessario definire i criteri per la selezione e per la sostituzione dei documenti nelle memorie cache. Tra i diversi criteri per la gestione delle memorie cache, in [16] ne è riportato uno in base al quale i documenti memorizzati sono automaticamente aggiornati in base alla frequenza di richieste in quanto a indice della popolarità. La semplicità, l'efficacia e l'adattabilità rendono il metodo particolarmente interessante e per questi motivi è stato scelto nell'applicazione. In particolare, ciascun documento richiesto e non trovato nella memoria cache viene, se c'è spazio, memorizzato localmente e rimane in memoria almeno per un tempo  $T_c$ . Il presentarsi di una richiesta del documento durante il periodo  $T_c$  comporta la necessità di

conservare in memoria il documento per un altro intervallo  $T_c$ .

4.2 Valutazione dell'efficienza e della qualità del servizio: studio di un caso

I vantaggi delle tecniche sopra descritte dipendono da numerosi fattori, alcuni caratteristici del servizio o della rete, come ad esempio l'indice di popolarità dei documenti, altri in funzione delle scelte di progetto come la scelta degli intervalli  $T_c$  e  $T_m$ . Per misurare quindi questi vantaggi è necessario sviluppare modelli analitici per valutare le prestazioni e il dimensionamento della rete.

a) Modello delle richieste, del server e della rete

In questa sezione sono esposte le ipotesi poste alla base del modello introdotto per l'analisi delle prestazioni. Si considera l'architettura di riferimento illustrata in figura 1, i cui componenti principali sono i seguenti:

- il server, nel quale i documenti sono immagazzinati;
- una rete di trasporto che connetta il server ai vari siti, la cui topologia è ad albero e gerarchica;
- i siti a cui accedono i diversi clienti di una specifica area e appartenenti ai service provider.

Nel caso in cui si adotti la tecnica di caching, nei siti sono presenti memorie cache di dimensione  $M$  impiegate per memorizzare documenti trasmessi dal server. Queste memorie (costituite da porzioni di *hard disk*) sono condivise da una pluralità di utenti.

Nel caso in cui si adotti invece la tecnica di multicasting si ipotizza che la rete di trasporto sia in grado di realizzare il multicast dell'informazione trasmessa dal server.

È possibile individuare tre modalità operative in base alle tecniche utilizzate:

- $M1$  con la quale a ogni richiesta di documento si stabilisce una connessione tra il server e il sito; non si adottano tecniche di caching e multicasting;
- $M2$  con la quale si utilizza la tecnica di caching e non quella di multicasting della rete;
- $M3$  con la quale si adotta la tecnica di multicasting della rete e non quella di caching.

Per l'analisi dei traffici e per il dimensionamento delle risorse della rete e del server si adottano alcune semplificazioni per il processo di richiesta  $P(j)$  dei documenti del sito  $j$ . In particolare:

- il processo di richieste dei documenti del sito  $j$  è assunto essere di tipo Poissoniano con parametro  $\lambda(j)$  (alcune analisi sui traffici nella rete Internet condotte negli ultimi anni mostrano che questa ipotesi è plausibile [16]);
- la lunghezza dei documenti è supposta costante e pari a  $L = 17$  Kbytes, dove quest'ultima corrisponde alla lunghezza media dei documenti trasfe-

- riti da alcuni dei server WWW più importanti [16];
- il processo di richiesta per il singolo documento  $i$ -esimo è supposto essere di tipo Poissoniano con tasso pari a  $\lambda(i, j)$ .  
Con questa ipotesi si ottiene:

$$\lambda(j) = \sum_{i=1}^N \lambda(i, j)$$

$$\lambda(i, j) = p_i \lambda(j)$$

essendo  $N$  il numero di documenti considerati e  $p_i$  la popolarità di ciascuno di essi.

b) Modelli di traffico

Il carico generato su una connessione della rete e sul server dal processo di richiesta complessivo è funzione della struttura della stessa rete e del modo operativo adottato. In una rete ad albero, se le perdite sulle connessioni sono sufficientemente basse, il traffico  $T(m)$  sul link  $I_m$  è determinato dal processo di richiesta relativo all'insieme  $A_m$  dei siti le cui richieste insistono sul link  $I_m$  quando si stabilisce una connessione con il server.

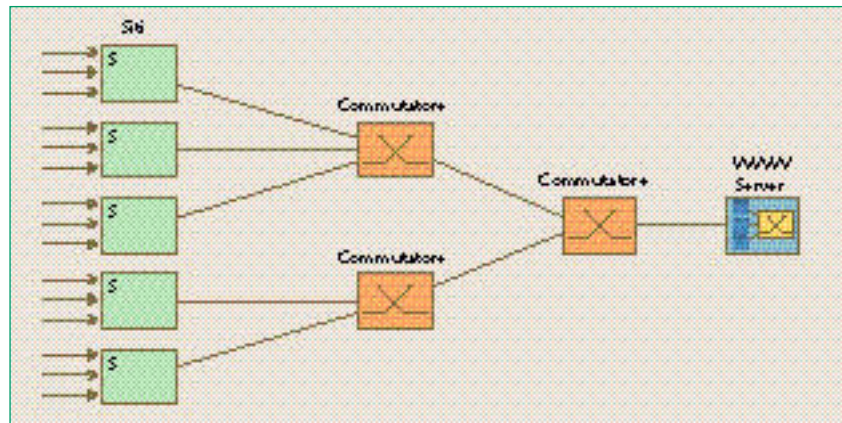


Figura 1

Architettura di riferimento per richieste di tipo "caching" (memorizzando i documenti più richiesti in siti prossimi ai clienti) o "multicast" (con l'invio contemporaneo di un documento a più clienti interessati).

Il traffico  $T(m)$  è dato dalla seguente relazione:

$$T(m) \cong \sum_{i=1}^N T(i, I_m)$$

dove  $T(i, I_m)$  è il traffico determinato sul link  $I_m$  da tutte le richieste del documento  $i$ .

Poiché il calcolo di  $T(i, I_m)$  è diverso per ciascun modo operativo, qui di seguito sono esaminate le differenti possibili soluzioni:

- Modo operativo  $M1$  (connessioni indipendenti): in questo caso vale la relazione:

$$T(m) \cong \sum_{i=1}^N \sum_{j \in A_m} T(i, j)$$

dove  $T(i,j) = \lambda(i,j) * L/C$  è il traffico relativo al documento  $i$  generato dalle richieste nel sito  $j$  dove  $C$  è la velocità sulle connessioni appartenenti alla rete di trasporto. I processi di richiesta sulle connessioni della rete sono di tipo Poissoniano, essendo una sovrapposizione di processi di Poisson indipendenti.

- Modo operativo *M2* (caching): per il traffico  $T(i, I_j)$  relativo al documento  $i$  e alla connessione  $I_j$  immediatamente a valle delle memorie *cache* è possibile dimostrare [15] che il corrispondente processo di richiesta  $P(i, j)$  può essere rappresentato da un processo di rinnovo con una frequenza media  $m(i, I_j)$  di arrivo:

$$m(i, I_j) = \lambda(i,j) e^{\lambda(i,j)T_c}$$

nella quale  $T_c$  rappresenta il tempo di aggiornamento del documento nella memoria cache. Per il traffico  $T(i, I_j)$  e  $T(I_j)$  sussistono perciò le seguenti relazioni:

$$T(i, I_j) = m(i, I_j) L/C \quad T(I_j) = \sum_{i=1, \dots, N} T(i, I_j)$$

In un generico link  $I_m$  il traffico offerto vale:

$$T(m) = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in A_m} T(i, I_j)$$

Il processo di traffico complessivo  $P(I_m)$  sul link  $I_m$  è una sovrapposizione di processi di rinnovo che in generale non potrebbe essere rappresentato con un processo di rinnovo. Può essere mostrato, tuttavia, che nel caso in esame il processo conserva la proprietà di rinnovo [14].

- Modo operativo *M3* (multicasting): è possibile dimostrare che anche in questa condizione operativa i processi di richiesta sulle connessioni sono dei processi di rinnovo; ripetendo il procedimento del modo operativo precedente, si ottiene per il traffico generato  $T(m)$  la seguente espressione:

$$T(m) = \sum_{i=1, \dots, N} T(i, I_m) \quad T(i, I_m) = m(i, I_m) L/C$$

con

$$m(i, I_m) = \frac{\sum_{j \in A_m} \lambda(i, j)}{1 + \sum_{j \in A_m} \lambda(i, j) T_c}$$

#### c) Metodi per il dimensionamento della rete

Si considerano separatamente gli aspetti di dimensionamento della memoria cache e delle risorse della rete (il dimensionamento delle risorse del server dipende direttamente dal dimensionamento delle connessioni in entrata allo stesso server).

- Dimensionamento delle memorie cache: l'obiettivo del dimensionamento riguarda la valutazione della capacità minima per la quale la probabilità che una generica richiesta di docu-

mento soddisfatta localmente nella cache risulti non inferiore a un dato valore. Se si suppone che sia nota la popolarità dei documenti, è possibile determinarne un sottoinsieme tale che, con una prefissata probabilità, una generica richiesta riguardi questi documenti. Nell'ipotesi (semplificativa) che i documenti abbiano tutti la stessa dimensione, la determinazione del suddetto sottoinsieme e quindi il dimensionamento della cache si riduce al calcolo della percentuale di documenti, rispetto al totale, da memorizzare nella cache in modo da raggiungere l'obiettivo.

- Dimensionamento delle connessioni: nei vari modi operativi *M1*, *M2*, *M3*, il dimensionamento delle connessioni della rete è realizzato in base a una determinata probabilità di blocco. Nel modo operativo *M1* il dimensionamento si realizza utilizzando la formula-B di Erlang poiché quest'ultima dipende dalla media dei tempi di servizio e non dall'andamento della funzione di distribuzione (*insensitivity property*). Nel paragrafo precedente sono stati caratterizzati i processi di richiesta per i modi operativi *M2*, *M3*. Non esistono, tuttavia, metodi di dimensionamento pratici per sistemi a coda i cui tempi di interarrivo siano costituiti da processi di rinnovo. Per ottenere un metodo di dimensionamento che sia semplice ed efficace, è sfruttata una proprietà dei processi di rinnovo in base alla quale la funzione di sopravvivenza del processo di sovrapposizione tende a essere esponenziale al crescere del numero dei processi (numero di documenti nel nostro caso); in base all'osservazione della sezione precedente (il processo conserva la proprietà di rinnovo) si può affermare che il processo di sovrapposizione tende a uno del tipo Poissoniano. Per il dimensionamento, quindi, anche per i modi operativi *M2* e *M3*, si potrà applicare la formula-B di Erlang.

#### d) Valutazioni numeriche

Possono essere effettuati differenti tipi di analisi con il modello illustrato nelle sezioni precedenti; in particolare, esso è stato utilizzato per valutare la riduzione dei carichi sulle connessioni e sul server, ottenuta utilizzando tecniche di caching e di multicasting per un dato insieme fissato di parametri del sistema, quali:

- $N = 10$  mila documenti
- $M = 0,025$  per cento sul totale dei documenti
- $L = 17$  Kbytes
- $C = 2$  Mbit/s
- $T = 0,068$  s
- $T_m^c = 0,1$  s

Per rappresentare la popolarità dei documenti è stato fatto ricorso a un modello per il quale la popolarità  $p_i$  del documento  $i$ -esimo è definita in maniera ricorsiva secondo l'espressione seguente:

$$p_i = p_{i-1} / D_{HP}$$

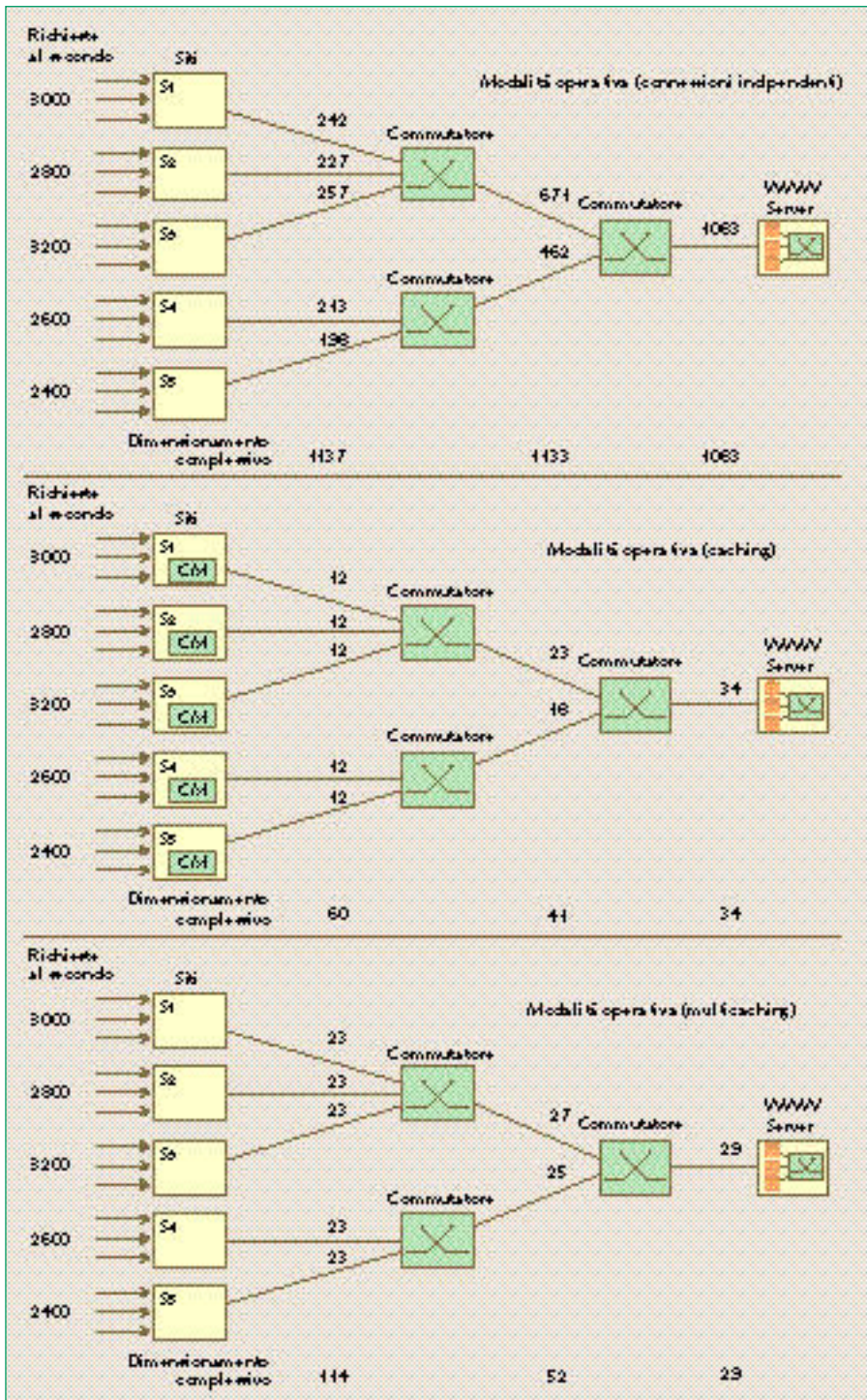


Figura 2 Differenze esistenti in un caso pratico nel dimensionamento delle connessioni con tre diverse modalità operative.

dimensionamento delle connessioni della rete considerata per i modi operativi *M1*, *M2*, *M3* avendo assunto una probabilità di perdita sulla connessione pari a  $10^{-3}$  e  $D_{HP} = 1,3$ .

Il dimensionamento della rete nei modi operativi *M2* (*caching*) ed *M3* (*multicasting*) risulta notevolmente ridotto rispetto alla modalità *M1* in cui non si adotta alcuna tecnica di riduzione dei flussi. In particolare la capacità necessaria in *M2* ed *M3*, per ogni determinato stadio della rete ad albero, costituisce una piccola percentuale (dal 10 al 2,5 per cento) del valore corrispondente complessivo che si sarebbe ottenuto con la modalità operativa *M1*.

Questa percentuale è quasi costante (in media 4 per cento) nel modo operativo *M2*, in quanto le richieste non soddisfatte dalla memoria cache sono trattate in rete con le stesse modalità di *M1*. Viceversa, nella modalità operativa *M3* questa percentuale, partendo dallo stadio prossimo ai siti locali e andando verso il server, è decrescente (dal 10 al 2,5 per cento); in quanto le chiamate in rete, usando il multicast, generano flussi diversi da quelli che si avrebbero nel caso di connessioni punto-punto come in *M1*. Nel valutare il costo totale della modalità *M2* va considerato naturalmente il costo delle memorie cache, che hanno tuttavia una dimensione molto contenuta (0,025 per cento del numero totale di documenti).

Questi risultati dipendono in misura rilevante dalle condizioni in cui si opera; in generale tuttavia si può affermare che le tecniche di caching e multicasting risultano tanto più

con ( $D_{HP}$  è una costante data):

$$P_i = \frac{1 - \left(\frac{1}{D_{HP}}\right)}{1 - \left(\frac{1}{D_{HP}}\right)^N}$$

In figura 2 sono riportati i risultati ottenuti nel

efficienti, quanto maggiore è il numero delle richieste e la popolarità di un numero ridotto di documenti.

### 5. Conclusioni

La necessità di favorire la crescita di un fenomeno tecnico e sociale, quale quello della rete Internet, ha dato un impulso notevole all'identificazione e alla realizzazione di nuove tecniche e tecnologie, talvolta

estremamente sofisticate e complesse, che ne agevolino la diffusione.

La valutazione richiede non solo l'acquisizione di nuovi risultati teorici ma anche la definizione e la realizzazione di strumenti altrettanto sofisticati e complessi. Questa valutazione è resa ancor più complessa dagli ordini di grandezza in gioco, sia in termini di numero di clienti sia di traffico a livello globale.

Il processo di valutazione, tuttavia, rivestirà una valenza sempre maggiore per permettere di scegliere, per ciascun "ambito" di rete e di servizio, la miglior soluzione possibile.

## Bibliografia

- [1] *Hobbes' Internet Timeline*. v. 3.1 (<http://www.isoc.org/guest/zakon/Internet/History/HIT.html>).
- [2] *IntelliQuest Information Group*, febbraio 1998 (<http://www.intellicquest.com>).
- [3] *Internet Demographics Survey*. CommerceNet e Nielsen, primavera 1997.
- [4] Harrow, J.R.: *The Rapidly Changing Face of Computing*. Digital Equipment Corporation, febbraio 1998.
- [5] Forrester Research (<http://www.forrester.com>).
- [6] Internet Games, gennaio 1998.
- [7] Networking Italia, gennaio 1998.
- [8] Strategic Networks, febbraio 1998 (<http://www.snci.com>).

- [9] Texas Instruments. 1996 (<http://www.ti.com>).
- [10] *Major chip breakthrough: can .08 microns-wide keep Moore's Law alive?* CNET, febbraio 1998 (<http://www.news.com>).
- [11] *Gigabit and Terabit Routers: Technology Overview*. Datapro Report, ottobre 1997.
- [12] *IP on speed*. Data Communications, marzo 1997.
- [13] *Multilayer Switches. In the beginning ...* Data Communications, novembre 1997.
- [14] Srirah, K.; Whitt, W.: *Characterizing Superposition Arrival Processes in Packet Multiplexers for Voice and Data*. «IEEE JSAC», Vol. SAC-4, n. 6, settembre 1986.
- [15] Eramo, V.; Mocci, U.: *Models for Dimensioning of Staggered VoD Networks*. Second IFIP Workshop on Traffic Management and Synthesis of ATM Networks, Montreal, 24-26 settembre 1997.
- [16] Bolot, J.; Lamblot, S.; Simonian, A.: *Design of efficient schemes for the World Wide Web*. ITC 15, Washington, 22-27 giugno 1997.

*Ezio Barbero, Gianni Rossi - CSELT  
Vincenzo Eramo, Caterina Scoglio - FUB*

*veramo@fub.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Internet e la mobilità

**GASTONE BONAVENTURA**  
**ANDREA CALVI**  
**IVANO GUARDINI**  
**LUCY LOMBARDI**  
**ROMOLO PIETROIUSTI**

*L'articolo tratta le tematiche principali connesse all'accesso ad Internet da sistemi radiomobili terrestri e satellitari. Le prospettive di integrazione delle prestazioni di mobilità con i servizi e le tecnologie Internet sono di particolare rilievo, soprattutto per applicazioni avanzate per l'utenza affari e corporate. A questo proposito il sistema cellulare GSM assume un ruolo importante vista la diffusione del sistema a livello mondiale; evoluzioni del sistema per il trattamento efficace del traffico dati IP sono già state pianificate per il 1999 dai principali gestori di rete. A partire dal 2002, con la disponibilità del sistema di terza generazione UMTS (Universal Mobile Telecommunications*

*Systems), saranno possibili accessi con velocità fino a 2 Mbit/s per servizi Internet di qualità equivalente a quella della rete fissa. La trasmissione dati sui sistemi mobili satellitari sarà fondamentale per fornire servizi a livello globale ma soprattutto per la copertura dei Paesi in via di sviluppo ovvero di zone periferiche-rurali.*

### 1. Introduzione

Internet sta progressivamente permeando tutti i settori delle telecomunicazioni sia del mercato dell'utenza affari sia di quello dell'utenza residenziale. Fra i temi più attuali nella crescita e nell'evoluzione di Internet va considerato lo sviluppo di sistemi d'ac-

cesso che coprano adeguatamente le diverse esigenze di maggiore capacità, di disponibilità capillare, di accessibilità globale. A tale riguardo risultano di particolare rilievo le prospettive dell'accesso a Internet dalle reti radiomobili sia terrestri sia satellitari, con terminali palmari, portatili e trasportabili. Internet e i servizi di mobilità presentano, infatti, oggi i tassi di

estremamente sofisticate e complesse, che ne agevolino la diffusione.

La valutazione richiede non solo l'acquisizione di nuovi risultati teorici ma anche la definizione e la realizzazione di strumenti altrettanto sofisticati e complessi. Questa valutazione è resa ancor più complessa dagli ordini di grandezza in gioco, sia in termini di numero di clienti sia di traffico a livello globale.

Il processo di valutazione, tuttavia, rivestirà una valenza sempre maggiore per permettere di scegliere, per ciascun "ambito" di rete e di servizio, la miglior soluzione possibile.

## Bibliografia

- [1] *Hobbes' Internet Timeline*. v. 3.1 (<http://www.isoc.org/guest/zakon/Internet/History/HIT.html>).
- [2] *IntelliQuest Information Group*, febbraio 1998 (<http://www.intellicquest.com>).
- [3] *Internet Demographics Survey*. CommerceNet e Nielsen, primavera 1997.
- [4] Harrow, J.R.: *The Rapidly Changing Face of Computing*. Digital Equipment Corporation, febbraio 1998.
- [5] Forrester Research (<http://www.forrester.com>).
- [6] Internet Games, gennaio 1998.
- [7] Networking Italia, gennaio 1998.
- [8] Strategic Networks, febbraio 1998 (<http://www.snci.com>).

- [9] Texas Instruments. 1996 (<http://www.ti.com>).
- [10] *Major chip breakthrough: can .08 microns-wide keep Moore's Law alive?* CNET, febbraio 1998 (<http://www.news.com>).
- [11] *Gigabit and Terabit Routers: Technology Overview*. Datapro Report, ottobre 1997.
- [12] *IP on speed*. Data Communications, marzo 1997.
- [13] *Multilayer Switches. In the beginning ...* Data Communications, novembre 1997.
- [14] Srirah, K.; Whitt, W.: *Characterizing Superposition Arrival Processes in Packet Multiplexers for Voice and Data*. «IEEE JSAC», Vol. SAC-4, n. 6, settembre 1986.
- [15] Eramo, V.; Mocci, U.: *Models for Dimensioning of Staggered VoD Networks*. Second IFIP Workshop on Traffic Management and Synthesis of ATM Networks, Montreal, 24-26 settembre 1997.
- [16] Bolot, J.; Lamblot, S.; Simonian, A.: *Design of efficient schemes for the World Wide Web*. ITC 15, Washington, 22-27 giugno 1997.

*Ezio Barbero, Gianni Rossi - CSELT  
Vincenzo Eramo, Caterina Scoglio - FUB*

*veramo@fub.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Internet e la mobilità

GASTONE BONAVENTURA  
ANDREA CALVI  
IVANO GUARDINI  
LUCY LOMBARDI  
ROMOLO PIETROIUSTI

*L'articolo tratta le tematiche principali connesse all'accesso ad Internet da sistemi radiomobili terrestri e satellitari. Le prospettive di integrazione delle prestazioni di mobilità con i servizi e le tecnologie Internet sono di particolare rilievo, soprattutto per applicazioni avanzate per l'utenza affari e corporate. A questo proposito il sistema cellulare GSM assume un ruolo importante vista la diffusione del sistema a livello mondiale; evoluzioni del sistema per il trattamento efficace del traffico dati IP sono già state pianificate per il 1999 dai principali gestori di rete. A partire dal 2002, con la disponibilità del sistema di terza generazione UMTS (Universal Mobile Telecommunications*

*Systems), saranno possibili accessi con velocità fino a 2 Mbit/s per servizi Internet di qualità equivalente a quella della rete fissa. La trasmissione dati sui sistemi mobili satellitari sarà fondamentale per fornire servizi a livello globale ma soprattutto per la copertura dei Paesi in via di sviluppo ovvero di zone periferiche-rurali.*

### 1. Introduzione

Internet sta progressivamente permeando tutti i settori delle telecomunicazioni sia del mercato dell'utenza affari sia di quello dell'utenza residenziale. Fra i temi più attuali nella crescita e nell'evoluzione di Internet va considerato lo sviluppo di sistemi d'ac-

cesso che coprano adeguatamente le diverse esigenze di maggiore capacità, di disponibilità capillare, di accessibilità globale. A tale riguardo risultano di particolare rilievo le prospettive dell'accesso a Internet dalle reti radiomobili sia terrestri sia satellitari, con terminali palmari, portatili e trasportabili. Internet e i servizi di mobilità presentano, infatti, oggi i tassi di



crescita più elevati tra tutti i servizi di telecomunicazioni, con possibilità di sinergie e di integrazione molto importanti. A questo riguardo, oltre alle reti cellulari terrestri, assumono un ruolo di rilievo anche i sistemi radiomobili satellitari a copertura globale, come ad esempio Iridium, Globalstar. L'accesso a Internet da dispositivi mobili è oggetto di notevoli investimenti da parte dei principali protagonisti del settore ICT (*Information Communication Technology*): la Microsoft ad esempio sta sviluppando dispositivi

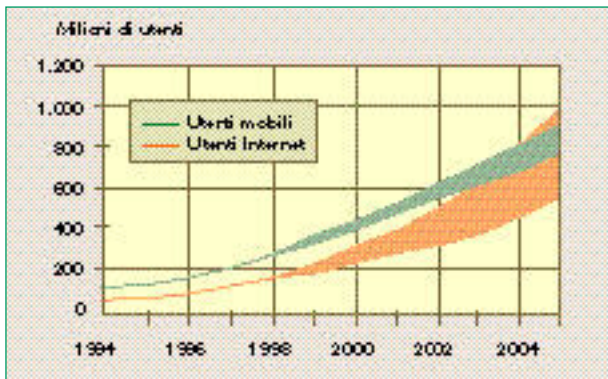


Figura 1 Previsione di crescita nei prossimi anni degli utenti mobili e di quelli Internet.

palmarci con costo previsto di 300-500 dollari, che utilizzeranno una miniversione di Windows espressamente concepita per l'elettronica di consumo (*Windows-CE*), e che risponda all'obiettivo di un PC formato "portafoglio". Nuovi prodotti radiomobili, gli Auto-PC, porteranno Windows sui cruscotti delle automobili, per una varietà di applicazioni, dal servizio di telefonia, alla posta elettronica, all'accesso ad informazioni di viaggio.

In relazione allo scenario sopra delineato, il presente contributo si propone di analizzare le tematiche connesse all'accesso a Internet da sistemi radiomobili terrestri e satellitari, e i possibili ruoli che i diversi sistemi potranno avere nell'evoluzione e nella crescita di questa rete.

Sono poi brevemente tratteggiati i possibili servizi mobili per dati e le prospettive di mercato ad essi relativi; sono quindi richiamate le tematiche tecniche principali connesse con la mobilità in Internet, le architetture di rete e le caratteristiche principali dei vari sistemi.

## 2. Servizi e mercato

I mercati dei servizi radiomobili e di Internet presentano i tassi di sviluppo più elevati fra tutti i servizi di telecomunicazione. La figura 1 mostra le fasce di crescita degli utenti mobili e degli utenti Internet dedotte da alcune previsioni di Ericsson ed Ovum per i mobili, e di Internet Society ed EITO (*European Information Technology Observatory*) per Internet. Le interrelazioni fra i due settori sono di estremo interesse e fanno prevedere una significativa

espansione dell'accesso a Internet da terminali radiomobili. Una stima cautelativa fa prevedere una penetrazione di utilizzatori con trasmissione dati di più del 4 per cento al 2000 per arrivare a circa il 15 per cento al 2005, con un'incidenza percentuale sul traffico ben superiore.

La trasmissione dati nelle reti cellulari si è finora scarsamente sviluppata (circa l'uno per cento degli utenti GSM in Europa - complessivamente trecentomila unità circa - fa uso di trasmissione dati) ma già dall'immediato futuro la crescita diventerà significativa (per la fine dell'anno 2000 gli utenti dati GSM in Europa sono previsti in circa tre milioni). Lo scarso impiego, finora, della trasmissione dati sulle reti radiomobili è dovuto a diversi motivi fra cui le strategie di sviluppo del mercato fino a qualche tempo fa seguite dai principali gestori mondiali; la mancanza di applicazioni specifiche per dati; i costi e la velocità ridotta di accesso. L'offerta dei gestori radiomobili fino a qualche tempo fa si è concentrata prevalentemente sulla fonia cercando di ottenere una sensibile espansione della base d'utenza.

L'attenzione si sta ora sempre più rivolgendo al mercato corporate finora solo marginalmente interessato alla crescita del mercato della mobilità. L'espansione dei servizi di mobilità al segmento corporate del mercato richiede un arricchimento dell'offerta oltre la telefonia di base con servizi avanzati di trasmissione dati e in particolare di accesso a Internet. La figura 2 mostra l'incidenza al 2005 del segmento multimediale sul mercato mobile complessivo in Europa; la figura 3 riporta invece l'evoluzione prevista nella ripartizione del traffico voce e dati per l'utenza affari e corporate.

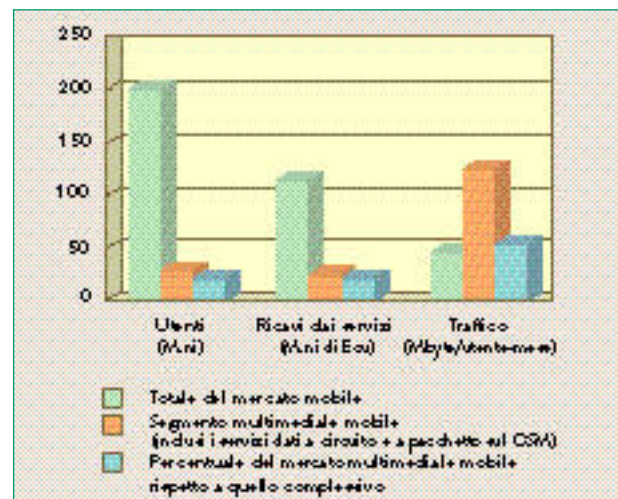


Figura 2 Previsioni del mercato europeo nel 2005.

L'accesso radiomobile ai servizi Internet è destinato a incidere profondamente sulle architetture delle reti cellulari; queste reti, sono infatti, generalmente dimensionate con riferimento a un notevole livello di moltiplicazione statistica degli accessi sui canali radio, basato sull'assunzione che gli utenti non accedono

contemporaneamente al canale radio che così può essere condiviso fra un certo numero di essi (tipicamente compreso tra dieci e venti).

Il modello comportamentale degli utilizzatori per l'accesso a Internet differisce profondamente da quello relativo ai servizi di fonia essenzialmente per la durata delle connessioni. La moltiplicazione statistica e la condivisione delle risorse radio devono quindi essere ridotte drasticamente; sebbene tecnicamente fattibile, l'accesso radiomobile a Internet nelle stesse forme dell'accesso da rete fissa non potrà perciò trovare una diffusione di massa finché il problema della scarsità delle risorse radio non sarà risolto in maniera adeguata. L'accesso a Internet da rete radiomobile sarà quindi caratterizzato da comportamenti di uso diversi da quelli della rete fissa, con mix dei servizi e delle applicazioni differenti, anche perché la dimensione aggiuntiva della mobilità determina opportunità ed esigenze diverse rispetto al contesto della rete fissa.

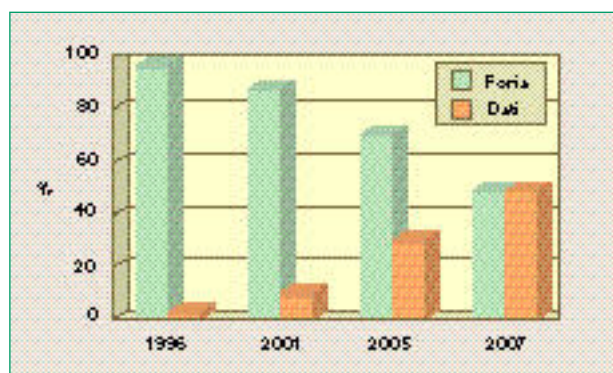


Figura 3 Previsione della suddivisione percentuale del traffico radiomobile tra fonia e mobile per i clienti affari e corporate.

Occorre ricordare al riguardo le limitazioni delle risorse dei terminali portatili, soprattutto di quelli palmari, in termini di display, di dimensioni, di immagazzinamento di dati, di velocità di trattamento delle informazioni, che condizioneranno la navigazione WWW e la rappresentazione delle pagine Web. In particolare il protocollo *HTML (HyperText Markup Language)*, che gestisce i formati dei display e le connessioni (*Hyperlinking*) fra documenti residenti in computer diversi, deve essere adeguato per l'impiego con terminali palmari. A questo riguardo è in fase di sviluppo un nuovo protocollo denominato *WAP (Wireless Access Protocol)* che consente lo scambio bidirezionale di messaggi e la possibilità di accedere a Internet anche con display con un numero massimo di dieci righe, con tastiere molto ridotte, e con memorie di una decina di Kbytes. L'adozione di questi protocolli potrebbe richiedere la riscrittura di pagine Web e costituire quindi un handicap per un certo periodo per la navigazione in Internet; quest'aspetto potrà essere più agevolmente superato nel contesto delle reti Intranet.

Si può prevedere che nel caso di connessioni radiomobili saranno di gran lunga prevalenti gli impieghi dati per utenza affari e corporate, come, ad

esempio, le applicazioni Intranet, l'accesso remoto, la videocomunicazione; potranno invece essere marginali gli impieghi per l'utenza residenziale come l'intrattenimento (la ricezione dei segnali TV, videogiochi); saranno anche marginali i servizi e le applicazioni che comportano il trasferimento di grandi quantità di dati, mentre potranno trovare larga diffusione la trasmissione di informazioni brevi e di applicativi di transazioni. In definitiva i principali servizi di trasmissione dati prevedibili per le reti mobili cellulari terrestri e satellitari sono: il facsimile, la posta elettronica pubblica e corporate, il telecommuting/groupware, la navigazione Internet, l'accesso a Intranet, il trasferimento di archivi (*file*) e l'accesso a basi di dati. Questi servizi - almeno nel breve o nel medio termine - saranno quasi esclusivamente svolti a frequenze di cifra fino a 64 kbit/s sulle reti mobili esistenti; solo a partire dal 2002, con la disponibilità dei sistemi radiomobili di nuova generazione, è prevista la crescita di servizi a larga banda fino a 2 Mbit/s. Al 2005 la percentuale di utenti a larga banda sul numero complessivo degli utenti dati dovrebbe portarsi al 2 per cento. Nel contesto delle reti radiomobili rivestiranno importanza di rilievo i sistemi di compressione dei segnali vocali, video e dati. Per rendere attuabile uno sviluppo di massa dei servizi multimediali sulle reti cellulari occorrerà far riferimento a uno scenario di *Network Compression*, peraltro coerente con i progressi previsti nei sistemi di riduzione di ridondanza, in cui la comunicazione video potrà essere effettuata con buona qualità a 128 kbit/s, la voce potrà essere compressa fino a qualche kbit/s, mentre il traffico *HTML (HyperText Markup Language)* potrà essere compresso per più del 25 per cento.

### 3. Generalità sulla mobilità in Internet

L'ausilio alla mobilità di terminali e degli utilizzatori rappresenta uno dei servizi più innovativi che saranno offerti dalla futura rete Internet; allo scopo sono già allo studio in *IETF (Internet Engineering Task Force)* un'insieme di soluzioni tecniche mirate alle esigenze di mobilità di diverse tipologie di clienti. Nell'accezione più generale il problema che si presenta è quello di consentire l'accesso ai servizi Internet da terminali mobili, mantenendo la continuità del servizio, senza cioè chiudere le sessioni di comunicazione fra i terminali interessati, durante gli spostamenti degli stessi terminali. In generale quindi la mobilità considerata è quella continua propria delle reti radiomobili cellulari.

Un caso particolare è costituito dalla possibilità per un utente con terminale portatile di accedere a Internet da punti terminali di reti fisse, riguarda cioè la mobilità fra punti di accesso fissi. In quest'ultimo caso, per la tipologia del servizio, non si pone in generale il problema della continuità delle sessioni di lavoro durante lo spostamento dei terminali. Il lavoro di standardizzazione svolto in *IETF (IP Routing for Wireless/Mobile Hosts)*, è svolto sia per l'attuale versione del protocollo IP (denominata IPv4) sia per quella IP di nuova generazione (denominata IPv6 o IPng). Le soluzioni proposte per IPv4 e IPv6 sono tra

loro congruenti in quanto si basano sugli stessi principi di funzionamento e differiscono solo per le modalità realizzative. Il modello dei servizi di mobilità in Internet prevede per ciascun utente una rete di appartenenza (che può essere anche virtuale), gestita dall'ISP (*Internet Service Provider*) cui l'utente è abbonato (ISP di appartenenza o di casa), e una o più reti in cui l'utente può accedere ai servizi pur non essendo abbonato ai relativi ISP (ISP visitati).

L'attività di standardizzazione si basa sul presupposto fondamentale che il terminale mobile comunichi utilizzando sempre lo stesso indirizzo IP qualunque sia il punto di accesso alla rete Internet. Se così non fosse, non sarebbe possibile mantenere attive le sessioni *TCP* (*Transmission Control Protocol*), identificate univocamente dal numero di porta TCP e dall'indirizzo IP di sorgente e destinazione, nel passaggio del terminale mobile da una sottorete IP a un'altra; non sarebbe inoltre garantita la completa trasparenza a tutte le applicazioni Internet. A ogni terminale mobile è quindi assegnato permanentemente, come a una qualsiasi stazione fissa tradizionale, un indirizzo IP *home address* (indirizzo di casa) della sua rete di origine o di appartenenza. L'indirizzo di casa rimane immutato al variare della posizione del terminale mobile, e qualunque pacchetto a esso indirizzato è instradato verso la rete di origine.

Quando la stazione mobile lascia la rete di origine essa non può più essere raggiunta solo sulla base del suo indirizzo di casa, ma deve esserle assegnato un indirizzo appartenente alla rete IP visitata (*care-of address*). Il *care-of address* identifica univocamente la locazione istantanea del terminale mobile: esso è di norma l'indirizzo di un apposito router (*foreign agent*) appartenente alla sottorete visitata che provvede a instradare il traffico verso il terminale mobile. In alternativa, il *care-of address* può essere acquisito direttamente dal terminale mobile attraverso un meccanismo di autoconfigurazione - ad esempio *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) in IPv4 o con un'autoconfigurazione di tipo stateless in IPv6 - nel qual caso si parla di *co-located care-of address*.

Tutti i pacchetti destinati al terminale mobile sono indirizzati al suo *home address* e quindi giungono, attraverso il normale routing IP, nella rete di origine, dove un apposito router (*home agent*) - presso il quale il terminale mobile deve registrarsi dopo ogni spostamento - li intercetta e ne effettua la ritrasmissione verso il corrispondente *care-of address* mediante un meccanismo di tunneling IP in IP: questo fa sì che il terminale mobile sia raggiungibile e possa comunicare utilizzando il proprio *home address* anche lontano dalla propria rete di origine (figura 4).

Questa modalità di funzionamento risulta essere inefficiente dal punto di vista dello sfruttamento

delle risorse di rete, in quanto impone che tutti i pacchetti destinati al terminale mobile debbano transitare per la rete di origine cui esso appartiene. Per questo motivo all'interno del gruppo di lavoro IETF si sta analizzando una possibile estensione del protocollo di mobilità basata sull'introduzione di un meccanismo di registrazione con cui il terminale mobile possa comunicare il suo *care-of address*, oltre che all'*home agent*, anche alla stazione con cui è in corso un trasferimento di dati a livello IP (nodo corrispondente). Dopo aver ricevuto questa informazione il nodo corrispondente può inviare il traffico direttamente al terminale mobile (attraverso un meccanismo di *tunneling IP in IP* con IPv4 oppure con un *Routing*

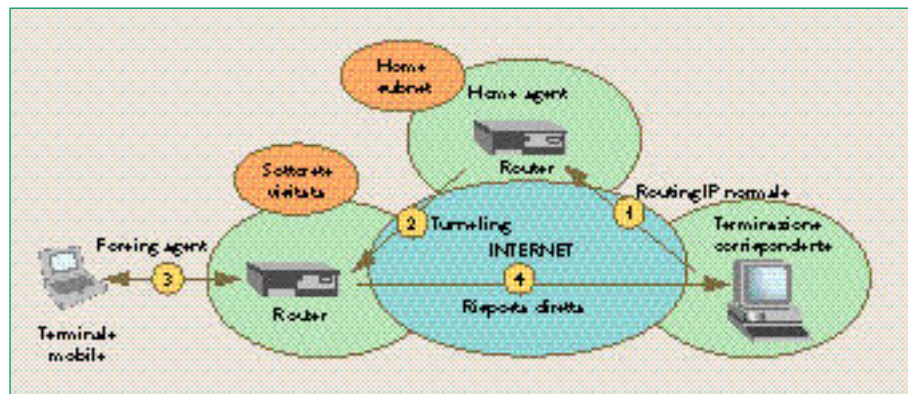


Figura 4 Protocollo base per consentire la mobilità IP in Internet.

*Header*, e cioè con apposite informazioni di instradamento in IPv6) senza doverlo necessariamente instradare verso la sua rete di origine.

Questo meccanismo, pur avendo indubbi vantaggi sul piano dell'efficienza, comporta implicazioni non semplici per quanto riguarda la sicurezza, in quanto richiede che, oltre all'*home agent*, ogni nodo corrispondente, sia in grado di autenticare i messaggi di registrazione ricevuti dal terminale mobile. Sono attesi in proposito i risultati dell'attività in corso presso il gruppo di lavoro dell'IETF responsabile degli aspetti di sicurezza.

#### 4. La trasmissione dati nelle reti cellulari

##### 4.1 La rete GSM

Gestori e società manifatturiere di reti GSM stanno da tempo analizzando le soluzioni più adeguate per accedere da terminale mobile agli applicativi che normalmente si utilizzano sui *PC* (*Personal Computer*). L'integrazione dei servizi dati con i servizi di fonìa e le applicazioni mobili per dati (posta elettronica, accesso a Internet e Intranet) offrono alla rete GSM ulteriori opportunità di crescita e le attribuiscono un ruolo di rilievo nello sviluppo della cosiddetta società dell'informazione. L'accesso a Internet dalla rete GSM, o più in generale dalle esistenti reti radiomobili cellulari ottimizzate tradizionalmente per

il servizio di fonia e strutturate per il trattamento del traffico orientato alla connessione, richiede di adeguare le funzioni di rete sia per aumentare la capacità del canale di accesso sia per il trattamento del traffico a pacchetto non orientato alla connessione.

Il primo passo in questa direzione è stato compiuto con l'adeguamento degli standard GSM mirato al superamento del limite attuale di 9,6 kbit/s per il trasferimento di dati; un risultato in proposito è stato ottenuto con la definizione delle specifiche del cosiddetto *HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)* che permetterà all'utenza di raggiungere capacità di oltre 64 kbit/s e il cui lancio commerciale è previsto nel corso del 1999: l'ampliamento della capacità del canale di accesso sarà ottenuto mediante una parziale modifica del protocollo sull'interfaccia radio. Ogni portante da 200 kHz è suddivisa in otto intervalli di tempo (*time slot*) ognuno in grado di fornire un canale

*GPRS (General Packet Radio Service)*. Il nuovo standard - basato su tecnologia a commutazione di pacchetto - sarà disponibile, almeno sotto forma di prototipo, per la fine del 1999 e avrà un lancio commerciale nel 2000. Così come l'HSCSD, il GPRS offrirà capacità di accesso più elevate dell'attuale GSM, ma, in quanto rete a pacchetto, sarà particolarmente adatto ad un traffico a burst tipico della maggior parte delle applicazioni dati.

I maggiori benefici del GPRS si potranno sperimentare con applicazioni come la posta elettronica o l'accesso a basi dati, caratterizzate dal trasferimento a burst di piccole quantità di dati dove un trasporto di tipo *best effort* (cioè senza una garanzia sulla qualità del servizio) potrà offrire prestazioni adeguate senza avere i costi elevati della trasmissione a circuito. All'interfaccia radio il GPRS permetterà la condivisione da parte di più utenti di un numero di time slot variabile da uno a otto, consentendo capacità di accesso da 14 a 115 kbit/s, sarà così garantito il supporto efficiente per una vasta categoria di applicazioni, dalla posta elettronica alla navigazione WWW e al trasferimento di pagine Web con ampio contenuto grafico.

La parte di accesso della rete non sarà modificata rispetto al GSM, mentre la parte di commutazione (*Network Switching Subsystem*) richiederà profonde modifiche per l'inclusione di funzionalità per la commutazione a pacchetto. A questo scopo saranno installati accanto agli *MSS (Mobile Switching System)* nuovi elementi, denominati *GSN (GPRS Support Nodes)*, creando in questo modo una rete a pacchetto inizialmente sovrapposta a quella a commutazione di circuito, come mostrato nella figura 5. L'architettura di rete prevede un apposito server, il *SGSN (Serving GPRS Support Nodes)* che svolge le funzioni

di autenticazione, di gestione della mobilità e della connessione logica tra terminale e rete, e un router con funzioni di gateway, il *GGSN (Gateway GPRS Support Nodes)* che provvede all'istradamento del traffico verso altre reti GSM e all'accesso a Internet e alle altre reti dati. Inizialmente la mobilità per i servizi GPRS sarà gestita in maniera analoga a quella del *HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)*; i pacchetti saranno instradati su base indirizzo IP al nodo GGSN e da lì verso la posizione corrente dell'utente in seguito a consultazione del registro *HLR (Home Location Register)*. Il traffico IP in arrivo è sempre instradato verso la rete di appartenenza dell'utente mobile a prescindere dalla sua effettiva posizione geografica e, nel caso che l'utente sia in roaming presso un'altra rete radiomobile, esso è reinstradato dalla rete di appartenenza alla rete visitata. Questo può dare luogo a un instradamento non ottimizzato.

Per risolvere questo inconveniente è stato standardizzato un meccanismo, denominato *SOR (Support of*

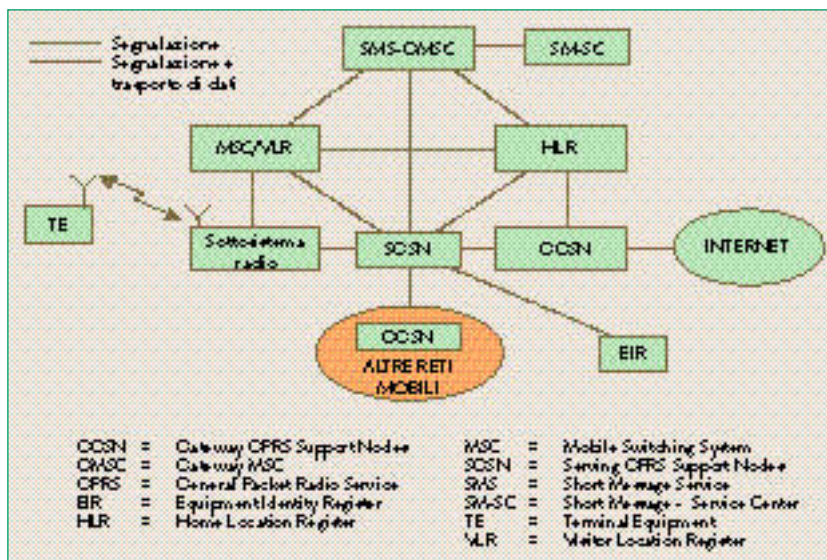


Figura 5 Architettura di rete per i servizi GPRS (General Packet Radio Service).

fonico o per dati a 9,6 kbit/s; la tecnica HSCSD permette di aggregare la capacità degli otto time slot di una portante radio e di utilizzarli contemporaneamente in modo solidale per una capacità complessiva del canale aggregato di 64 kbit/s. La mobilità dell'utente nel servizio HSCSD è gestita analogamente alla mobilità per la fonia: il registro *HLR (Home Location Register)*, consultato in fase di instaurazione della chiamata, fornisce l'associazione aggiornata in tempo reale tra l'identificativo dell'utente e la posizione geografica da esso occupata in rete. Questa tecnica, che utilizza risorse a commutazione di circuito, presenta il vantaggio di essere agevolmente adottata nelle infrastrutture GSM esistenti ma è scarsamente efficiente per una trasmissione dati con traffico sporadico e impulsivo (*a burst*) o in genere per l'accesso a Internet.

Per incrementare l'efficienza di utilizzo delle risorse radio è stata prevista un'ulteriore evoluzione della rete GSM, con la definizione del cosiddetto



sull'interfaccia radio, in relazione soprattutto agli effetti della trasmissione radio, dell'efficienza dell'utilizzo delle risorse radio e dei ritardi connessi all'inserimento dei segnali vocali nel carico utile (*payload*) delle celle ATM. Occorre tenere presente al riguardo che l'ATM è stata concepita per mezzi trasmissivi altamente affidabili e con ottime caratteristiche trasmissive come le fibre ottiche, per cui, nel caso d'impiego su portanti radio occorre prevedere funzionalità aggiuntive sulla pila dei protocolli, come ad esempio codici correttori d'errore (FEC) oppure procedure per la ritrasmissione di blocchi dati, per controbattere i disturbi e le degradazioni introdotte dal canale radio. L'efficienza di utilizzo delle risorse radio richiede di rendere minima la ridondanza (*overhead*); potranno perciò essere richiesti meccanismi di compressione dell'header di cella pur nella salvaguardia della trasparenza alle funzionalità ATM. Sempre nell'ottica dell'efficienza di utilizzo delle risorse radio, e per minimizzare il ritardo di caricamento dei segnali fonici nelle celle ATM, si potrà impiegare la strutturazione a strati della cella ATM con il livello di adattamento AAL2 standardizzato dall'ITU: questa soluzione permetterà di moltiplicare diversi flussi a bassa frequenza di cifra nel carico utile della stessa cella, e consentirà, sia di inserire diverse comunicazioni vocali a bassa frequenza di cifra nella stessa cella minimizzando i ritardi introdotti sulla voce, sia di aumentare la gamma delle frequenze di cifra dei canali per trasmissione dati.

## 5. La trasmissione dati nelle reti mobili satellitari

Con riferimento alla crescita prevista per il mercato radiomobile nel periodo 1995-2010, riportata in figura 1, la quota che potrebbe essere acquisita dai sistemi satellitari dedicati alle comunicazioni mobili *MSS* (*Mobile Satellite Services*) è riportata in figura 7. Il valore di 10 milioni di utenti mobili via satellite prevista per il 2003 rappresenta circa il 3 per cento dell'intero mercato e può essere considerata una cifra abbastanza conservativa. La prima generazione di sistemi satellitari per servizi mobili personali sarà



Figura 7 Il mercato dei servizi mobili satellitari.

costituita, almeno inizialmente, dai due sistemi Iridium e Globalstar, funzionanti il primo in banda L (1,6 GHz), operativo dall'inizio del 1999, e il secondo in banda S (2 GHz), con operatività prevista per la fine del 1999. Entrambi i sistemi sono caratterizzati da una costellazione di satelliti in orbita bassa *LEO* (*Low Earth Orbit*). Un'orbita bassa è necessaria per mantenere il ritardo di propagazione entro valori limitati (non superiore a 10 ms, in assenza di collegamenti intersatellitari) e a consentire, allo stesso tempo, l'impiego di terminali palmari costantemente agganciati in rete. Le principali caratteristiche delle due costellazioni sono riassunte nella tabella 1.

Caratteristiche	Iridium	Globalstar
Altezza dell'orbita (km)	900	1.400
Numero di satelliti	66	48
Modulazione	TDMA	CDMA
Elaborazione a bordo	Si	No
Collegamenti tra satelliti	Si	No
Capacità in circuiti	56 mila	65 mila

Tabella 1 Caratteristiche tecniche delle costellazioni dei satelliti Iridium e Globalstar.

Lo schema semplificato di un sistema MSS è riportato in figura 8.

Le due costellazioni saranno in grado di offrire un servizio di trasmissione dati con velocità tipicamente pari a 2,4 kbit/s e fino a 9,6 kbit/s. I due sistemi sono stati concepiti con l'obiettivo di completare e di integrare le reti mobili terrestri, orientate prevalentemente verso il servizio fonico. Una loro utilizzazione per l'accesso a Internet, potrebbe essere ipotizzata in zone geografiche non coperte dalle reti terrestri, nei limiti delle velocità di cifra citate, soprattutto per servizi di posta elettronica. A differenza delle reti terrestri, per le costellazioni satellitari è in generale difficile aggiungere adeguamenti in termini di prestazioni offribili, dopo che i satelliti sono stati messi in orbita. Anche la sostituzione periodica di satelliti in avaria non può che essere fatta con satelliti aventi *payload* con caratteristiche analoghe a quelle dei satelliti già in orbita. I miglioramenti che si possono apportare sono legati alla dimensioni delle antenne, alla potenza emessa, alla durata delle batterie, ma non alle caratteristiche dei servizi offerti. Evoluzioni come quella del GSM verso HSCSD o verso GPRS non sono ipotizzabili nei sistemi satellitari.

L'attuale generazione di satelliti per servizi mobili è quindi legata a un servizio portante di trasporto dati con velocità di cifra dell'ordine dei kbit/s. La futura generazione di costellazioni satellitari per servizi mobili è ora in fase di definizione delle specifiche ed è prevista per entrare in servizio nel 2003.

L'integrazione con le reti mobili terrestri di terza generazione è prevista essere molto limitata, in quanto

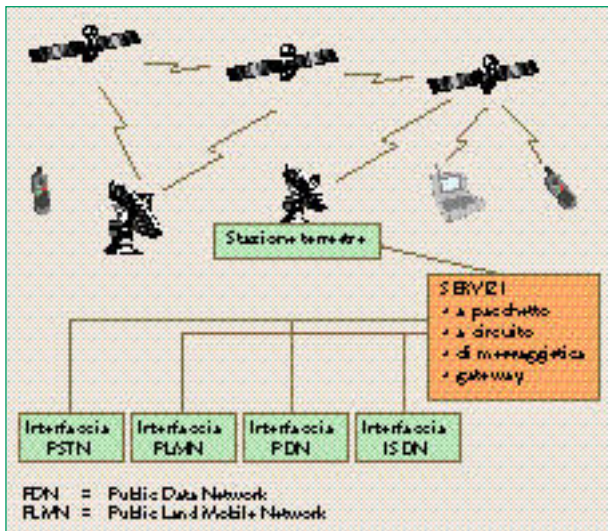


Figura 8 Architettura di un sistema satellitare per servizi mobili.

per motivi tecnici ed economici, è verosimile che le reti cellulari terrestri UMTS troveranno un impiego conveniente soprattutto nelle aree con elevata densità di popolazione. La copertura delle altre aree potrebbe essere assicurata dai sistemi satellitari.

In questa ottica diventa necessario perseguire l'obiettivo di adottare per le reti satellitari un'interfaccia che sia la stessa, salvo che per la radiofrequenza, di quella adottata per le reti terrestri, facilitando così la realizzazione di terminali dual mode in grado di essere inseriti nella rete terrestre o satellitare.

Per quanto riguarda i servizi, si intende perseguire l'obiettivo della massima compatibilità con i servizi offribili dalle reti mobili terrestri, sia in termini di

tipologia sia di prestazioni. Con queste premesse le nuove costellazioni satellitari a copertura globale si porranno come un elemento essenziale per la realizzazione della futura *Global Information Infrastructure* e, in particolare, per la fornitura dei servizi legati a Internet.

## 6. Conclusioni

In questo lavoro sono state indicate le tematiche principali connesse con la trasmissione di dati sulle reti cellulari terrestri e satellitari e in particolare con l'accesso a Internet. Le prospettive in questo settore risultano particolarmente interessanti considerata la sinergia fra i benefici della mobilità e le opportunità offerte da Internet e dalle reti Intranet nella crescita dei servizi e delle applicazioni. Gli sviluppi più importanti riguardano i settori dell'utenza affari e delle reti corporate per le quali si prevede che il traffico dati possono superare quello telefonico nei primi anni del prossimo millennio. Le soluzioni di accesso a Internet e il trattamento del traffico IP, previsti nel breve termine, possono essere ottenuti con adeguamenti delle reti cellulari esistenti; un'integrazione funzionale e architetture fra reti radiomobili e Internet potrà avvenire con i sistemi di terza generazione e con l'asestamento degli standard Internet per la gestione della mobilità.

*Gastone Bonaventura, Romolo Pietroiusti - Telecom Italia  
Andrea Calvi, Ivano Guardini - CSELT  
Lucy Lombardi - Telecom Italia Mobile*

*romolo.pietroiusti@telecomitalia.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Servizi Internet e servizi di telecomunicazioni tradizionali

FULVIO PARENTE  
VITTORIO TRECORDI  
MARIO COMINETTI

*La tecnologia dell'informazione spinge verso l'integrazione dei mercati delle telecomunicazioni, dell'informatica e della diffusione televisiva. L'approccio aperto e flessibile per la costruzione di reti e servizi, proposto da Internet, da un lato consente di offrire in modo alternativo servizi consolidati, dall'altro permette di offrire nuovi servizi che riguardano in particolare i contenuti informativi e i servizi a valore aggiunto rispetto al trasporto.*

### 1. Introduzione

Uno degli effetti più rilevanti nello sviluppo delle tecnologie dell'informazione, è la forte convergenza industriale che interessa i vari settori focalizzati sull'elaborazione e sullo scambio dell'informazione. La numerizzazione dell'informazione, unitamente alla crescita della capacità elabo-

rativa, di memorizzazione e di trasferimento dei dati attraverso reti ad alta velocità, rappresentano i principali fattori di sviluppo della tecnologia. Anche i processi di produzione e di consumo dell'informazione sono soggetti a sviluppi marcati, orientati a sfruttare al meglio le ricche capacità, espressive della multimedialità. La convergenza industriale è strettamente legata alla convergenza dei mercati

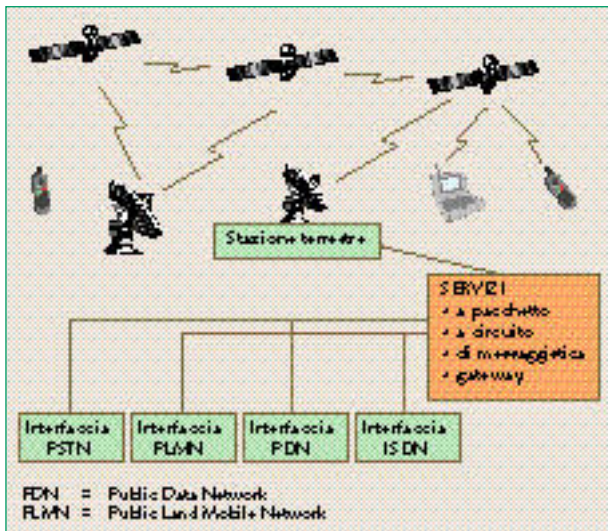


Figura 8 Architettura di un sistema satellitare per servizi mobili.

per motivi tecnici ed economici, è verosimile che le reti cellulari terrestri UMTS troveranno un impiego conveniente soprattutto nelle aree con elevata densità di popolazione. La copertura delle altre aree potrebbe essere assicurata dai sistemi satellitari.

In questa ottica diventa necessario perseguire l'obiettivo di adottare per le reti satellitari un'interfaccia che sia la stessa, salvo che per la radiofrequenza, di quella adottata per le reti terrestri, facilitando così la realizzazione di terminali dual mode in grado di essere inseriti nella rete terrestre o satellitare.

Per quanto riguarda i servizi, si intende perseguire l'obiettivo della massima compatibilità con i servizi offribili dalle reti mobili terrestri, sia in termini di

tipologia sia di prestazioni. Con queste premesse le nuove costellazioni satellitari a copertura globale si porranno come un elemento essenziale per la realizzazione della futura *Global Information Infrastructure* e, in particolare, per la fornitura dei servizi legati a Internet.

## 6. Conclusioni

In questo lavoro sono state indicate le tematiche principali connesse con la trasmissione di dati sulle reti cellulari terrestri e satellitari e in particolare con l'accesso a Internet. Le prospettive in questo settore risultano particolarmente interessanti considerata la sinergia fra i benefici della mobilità e le opportunità offerte da Internet e dalle reti Intranet nella crescita dei servizi e delle applicazioni. Gli sviluppi più importanti riguardano i settori dell'utenza affari e delle reti corporate per le quali si prevede che il traffico dati possono superare quello telefonico nei primi anni del prossimo millennio. Le soluzioni di accesso a Internet e il trattamento del traffico IP, previsti nel breve termine, possono essere ottenuti con adeguamenti delle reti cellulari esistenti; un'integrazione funzionale e architetture fra reti radiomobili e Internet potrà avvenire con i sistemi di terza generazione e con l'asestamento degli standard Internet per la gestione della mobilità.

*Gastone Bonaventura, Romolo Pietroiusti - Telecom Italia  
Andrea Calvi, Ivano Guardini - CSELT  
Lucy Lombardi - Telecom Italia Mobile*

*romolo.pietroiusti@telecomitalia.it*

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Servizi Internet e servizi di telecomunicazioni tradizionali

FULVIO PARENTE  
VITTORIO TRECORDI  
MARIO COMINETTI

*La tecnologia dell'informazione spinge verso l'integrazione dei mercati delle telecomunicazioni, dell'informatica e della diffusione televisiva. L'approccio aperto e flessibile per la costruzione di reti e servizi, proposto da Internet, da un lato consente di offrire in modo alternativo servizi consolidati, dall'altro permette di offrire nuovi servizi che riguardano in particolare i contenuti informativi e i servizi a valore aggiunto rispetto al trasporto.*

### 1. Introduzione

Uno degli effetti più rilevanti nello sviluppo delle tecnologie dell'informazione, è la forte convergenza industriale che interessa i vari settori focalizzati sull'elaborazione e sullo scambio dell'informazione. La numerizzazione dell'informazione, unitamente alla crescita della capacità elabo-

rativa, di memorizzazione e di trasferimento dei dati attraverso reti ad alta velocità, rappresentano i principali fattori di sviluppo della tecnologia. Anche i processi di produzione e di consumo dell'informazione sono soggetti a sviluppi marcati, orientati a sfruttare al meglio le ricche capacità, espressive della multimedialità. La convergenza industriale è strettamente legata alla convergenza dei mercati



delle telecomunicazioni, dell'informatica e della diffusione televisiva, originariamente separati. Gli effetti di questi processi in atto sono amplificati dalla globalizzazione dei fenomeni, indotta dall'abbattimento delle barriere e dalla riduzione delle distanze grazie all'uso estensivo delle reti. Non sono da sottovalutare aspetti sociali, economici e politici che interessano la creazione della Società dell'informazione, quali ad esempio i diritti di proprietà intellettuale, il rispetto della riservatezza, le limitazioni sull'uso della crittografia e la validità legale dei documenti informatici.

Il termine convergenza sfugge ad una definizione precisa ma la portata del fenomeno può essere colta dal punto di vista della sempre minore diversificazione dei terminali d'utente: il telefono, il personal computer e il televisore. Gli utilizzatori vorranno sempre più accedere a un ampio portafoglio di servizi attraverso un ristretto numero di interfacce unificate che non introducano vincoli sulla mobilità dell'utente e sulla natura dei servizi (multimedialità), nonché sulla natura e la dislocazione dei fornitori. Il portafoglio servizi dovrà essere in grado di soddisfare sia le esigenze sofisticate in termini di qualità e di prestazioni tipiche dell'utenza affari, sia le esigenze di economicità e di universalità tipiche dell'utenza domestica.

I fornitori tradizionali di servizi di telecomunicazioni hanno imperniato la convergenza dei servizi su un modello di produzione degli standard per il trasporto dell'informazione e per i servizi a valore aggiunto ispirato al consenso tra fornitori di servizi e case costruttrici di nodi di rete. Quest'approccio era basato su uno scenario in cui esistevano protezioni costituite dalle barriere monopolistiche che garantivano a ciascun gestore un proprio mercato e che ha cominciato a perdere di validità dal momento in cui i monopoli sono stati progressivamente soppressi.

La visione maturata con questi presupposti ha prodotto il modello dell'integrazione delle tecniche (il numerico per la trasmissione e la commutazione) e dei servizi (servizi di fonia e servizi dati) attraverso l'approccio standardizzato dal CCITT con l'*ISDN (Integrated Services Digital Network)* e successivamente dall'*International Telecommunications Union* con la *B-ISDN (Broadband-ISDN)*.

È stata in pratica adottata la strategia di passare dalla fornitura di servizi di telefonia a quelli di videoconferenza e di comunicazione tra elaboratori e di distribuzione di video. L'approccio adottato prevede l'adeguamento delle capacità di trasporto e di commutazione della rete - a livello sia di dorsale sia di accesso - e dei terminali per gestire flussi di informazioni rappresentati sotto forma di audio, testi, immagini fisse e in movimento con una buona efficienza nell'utilizzo delle risorse.

Anche la capacità di affiancare al puro trasporto una gamma di servizi a valore aggiunto è un elemento cardine dello sviluppo attraverso i servizi di rete intelligente (numero verde, rete privata virtuale, reinstradamento di chiamata). Lo sforzo più ambizioso in quest'ultima direzione è rappresentato dal lavoro effettuato dal Consorzio TINA per definire un modello standardizzato di piat-

taforma per la fornitura dei servizi a larga banda in uno scenario evoluto in cui - attraverso interfacce e protocolli standardizzati - molteplici soggetti, senza uno stretto legame fra loro, possano concorrere a erogare servizi di rete sempre più evoluti.

I fornitori di servizi di televisione diffusiva, soprattutto nei Paesi in cui esiste un forte sviluppo dei servizi di televisione via cavo o comunque di televisione a pagamento, hanno sviluppato la capacità di fornire servizi aggiuntivi, quali la distribuzione di software, e stanno già fornendo servizi di telefonia e di accesso veloce alla rete Internet attraverso l'impiego dei *cable-modem*. Gli ambiti in cui si sono sviluppati i modelli per le architetture relativi alla fornitura di servizi di rete, centrate sui servizi diffusivi, sono principalmente il *DVB (Digital Video Broadcasting)* e il consorzio *DAVIC (Digital Audio Visual Council)*.

Il baricentro di questi modelli è posto nella fornitura di servizi di distribuzione dei contenuti, sotto forma multimediale, cui è data una particolare enfasi alla componente video, con la capacità di introdurre l'interattività dell'utente nella scelta dei contenuti (funzioni di navigazione e di controllo dell'avanzamento dei filmati secondo il modello del video-registratore virtuale del video-on-demand) e con la capacità di operare transazioni (commercio elettronico) e di accedere a Internet. Il terminale dell'utente di questi servizi è un televisore arricchito da un dispositivo posto in ricezione - set-top box o personal computer - realizzato in modo da consentire un'adeguata visualizzazione dei flussi video.

La forte polarizzazione verso uno sbilanciamento dei flussi (in direzione centrifuga o centripeta nella rete) e verso la comunicazione multi-utente caratterizza in modo distintivo la proposta del modello architettonico e tecnologico definito dai sistemi di tipo diffusivo. In questo contesto si spiega il ruolo centrale della tecnologia satellitare che consente entro certi limiti di ovviare all'indisponibilità di una infrastruttura capillare di portanti a larga banda nella rete di accesso.

Il fenomeno della fine del millennio è tuttavia rappresentato dalla rete Internet che ha imposto, grazie al successo di fatto, un paradigma tecnologico e architettonico. Il modello dell'Internet è quello di una rete di reti, ciascuna gestita da un operatore indipendente e operante sulla capacità di trasporto dell'informazione resa disponibile dai gestori di telecomunicazioni tradizionali, basata su una piattaforma di sviluppo dei servizi fondata sul protocollo IP.

Il modello Internet originario è stato concepito per la comunicazione tra elaboratori eterogenei ed è stato applicato inizialmente ad uno scenario aperto alla collaborazione perché finalizzato alla comunicazione per scopi scientifici fra Enti accademici e Centri di ricerca di tutto il mondo. Il modello iniziale e le tecnologie prodotte in quel contesto sono oggi fortemente sotto stress per l'enorme crescita del numero di utenze, che sta mettendo a dura prova la modularità, e al tempo stesso per l'allargamento della tipologia di informazione traspor-

tata, che sta passando dai soli dati alla fonia e alla multimedialità, nonché per il contesto di utilizzo, che indirizza oggi la clientela affari e quella residenziale.

La chiave dell'emancipazione del modello Internet dalla stretta nicchia di utilizzo in ambito scientifico, all'interesse aziendale e residenziale diffuso è da attribuire principalmente all'introduzione del WWW (*World Wide Web*) e del modello di distribuzione dell'informazione ipertestuale e ipermediale con accesso tramite l'interfaccia grafica del browser<sup>1</sup>.

Secondo il modello Internet tradizionale, i nodi della rete sono limitati alla capacità di instradare pacchetti IP dalla sorgente alla destinazione senza garanzie di banda, di perdita o di ritardo di consegna. Per far fronte alle esigenze di trasporto qualitativamente più elevate - indispensabili per il trasporto di flussi voce e video senza ricorrere al brutale sovradimensionamento delle risorse di rete - sono in corso di sviluppo tecniche per l'ausilio alla garanzia della qualità del servizio in reti IP basate sulla scelta e sulla prenotazione delle risorse in rete con efficacia al livello dei flussi di pacchetti IP.

Lo sviluppo di applicazioni e servizi Internet veloci si sta consolidando sui canali satellitari adottando una configurazione asimmetrica in cui il canale a larga banda satellitare consente la distribuzione quasi istantanea di grandi quantità di dati immagazzinati in un elaboratore nel quale risiedono i relativi programmi per lo scambio delle informazioni (*server*) situato presso la stazione di trasmissione a terra. Generalmente è invece conveniente utilizzare la rete telefonica pubblica per realizzare il canale di ritorno a bassa capacità, dall'utente verso il server.

La capacità di offrire servizi evoluti nel modello Internet è basata sull'introduzione di funzionalità nei terminali: in questo modo, Internet offre una piattaforma aperta per lo sviluppo di servizi e apre uno spazio molto esteso per la creazione di servizi diversificati da parte di operatori ai quali è richiesta una minima capacità industriale per essere presenti e visibili sul mercato mondiale.

Il modello Internet non presenta di per sé un'alternativa ai modelli proposti dai gestori di telecomunicazioni e da quelli di reti televisive diffuse in quanto, di fatto, è consentito da entrambi con un modello sovrapposto e di interconnessione. La potenza del modello tuttavia ha portato questi gestori a ridiscutere il proprio approccio seguito nella fornitura dei servizi evoluti per contrastare i gestori emergenti che sposano il modello Internet. Per il momento appaiono chiari gli interventi in alcuni mercati di nicchia quali la telefonia a lunga distanza e le reti private virtuali per aziende multi-sede con presenza assai distribuita sul piano inter-

nazionale.

I clienti affari adottano in numero sempre crescente la tecnologia IP per la capacità di interoperare e per l'ubiquità dell'interfaccia offerta dal browser WWW. Internet ha la capacità di offrire servizi con la garanzia dell'interoperabilità fra postazioni eterogenee, collegate attraverso reti eterogenee su scala locale o generale. L'utilizzo della tecnica a pacchetto consente di acquisire vantaggi ma, allo stesso tempo, comporta l'esigenza di subire le conseguenze della condivisione di banda in ogni sezione della rete.

Il livello IP ha definito uno strato standard su cui sono state sviluppate applicazioni e servizi di base (*middleware*) che sono stati inclusi nei più diffusi sistemi operativi. Questo strato rappresenta una solida "pietra angolare" nello sviluppo di applicazioni e servizi in grado di sostenere in modo assai graduale l'evoluzione delle tecnologie di base.

Il vantaggio principale dell'IP - ossia l'indipendenza delle applicazioni dalla tecnologia della rete sottostante - risulta essere anche il principale svantaggio: esso infatti finisce per far perdere alle applicazioni la visibilità delle proprietà specifiche della rete sottostante che potrebbero essere molto ricche, come nel caso ad esempio di una connettività da estremo a estremo in ATM.

L'estensione delle *interfacce programmatiche* per la programmazione in rete e la possibilità di una commutazione o instradamento su livelli diversi, resa possibile ad esempio dall'approccio *IP Switching* o *Tag Switching*<sup>2</sup>, vanno nella direzione di permettere alle applicazioni di trarre vantaggio dalla specificità delle reti sottostanti e di evitare che si ricorra alla replicazione di funzioni a vari livelli, assegnandole invece ai livelli e alle regioni della rete più convenienti.

La portata attuale della rete Internet - che consenta servizi di base ed evoluti - è limitata dalla disponibilità della Qualità di Servizio che sicuramente è presente in ogni rete locale o generale sottostante al livello IP, ossia il *best effort*.

Sono in corso sensibili sforzi per proporre e standardizzare meccanismi che consentano di offrire un più alto grado di qualità del servizio.

Questa evoluzione è quanto mai necessaria per due ragioni: anzitutto i flussi audio e video richiedono la garanzia della disponibilità di risorse necessarie al rispetto dei requisiti di ritardo, perdita e capacità trasmissiva. In secondo luogo, l'impiego del protocollo *UDP (User Datagram Protocol)*, a livello di trasporto per l'audio e per il video in Internet, non consente di modulare l'entità del traffico alla sorgente, in condizioni di congestione della rete, a detrimento dei flussi di traffico di dati tradizionali.

Nel seguito di questo lavoro si esaminano gli aspetti chiave che debbono essere considerati per un confronto tra un approccio Internet e uno più convenzionale nella fornitura sia di servizi tradizionali sia di quelli evoluti. Esiste infatti una contrapposizione, sia pure non diretta, tra alcuni servizi della rete Internet e altri tradizionali di rete. Può essere qui ricordato il crescente utilizzo della posta

<sup>(1)</sup> Programma per sfogliare (*to browse*) le pagine informative disponibili nella rete Internet. (N.d.r.)

<sup>(2)</sup> Su questo approccio si vedano anche i due articoli che compaiono su questo stesso numero del Notiziario alle pagine 67 e 71. (N.d.r.)

elettronica con erosione di quote di mercato per il telefono e per il facsimile.

## 2. I servizi tradizionali

### 2.1 Telefonia

La telefonia rappresenta il servizio principe dei gestori di telecomunicazione. Nella telefonia pubblica, compresa quella mobile, sono stati introdotti una serie di servizi di rete intelligente secondo il modello proposto dagli standard ITU, basati su un impiego spinto della segnalazione a canale comune (SS7) e dei servizi applicativi di controllo specifici (*TUP, ISUP: ISDN User's Part, MUP*). L'informazione di controllo è scambiata dalle entità di inoltro (*Signalling Transfer Point*) fino ai punti in cui la segnalazione è elaborata (*Signalling Control Point*) e sono attuate le operazioni conseguenti di controllo degli organi di comando. Data la complessità del modello e l'onerosità degli sviluppi associati, la creazione di nuovi servizi nell'ambito della rete intelligente (IN) è alla portata di un numero limitato di aziende fortemente capitalizzate.

Nell'ambito delle reti private di fonia, basate su PABX, lo sviluppo dei servizi di comunicazione è stato fortemente arricchito grazie all'identificazione di interfacce standardizzate per il colloquio con un elaboratore multiuso (*general purpose*) con interfaccia *CTI (Computer Telephony Integration)*, che ha consentito lo sviluppo di un numero elevato di applicazioni a valore aggiunto fra cui quelle di *Call Center* e di *Automatic Call Distributor*.

Recentemente, oltre ai classici servizi di comunicazione di testi, è stata introdotta in ambito Internet la telefonia. Le architetture che si vengono a definire nell'ambito della telefonia su Internet sono differenti e suggestive: da una situazione classica di telefonia su Internet, dove con uno specifico software è possibile telefonare da un personal computer ad un altro personal computer situato in qualsiasi parte del mondo, si arriva a scenari in cui, grazie ad opportuni ingressi (*gateway*), diventa possibile effettuare da un personal computer su Internet una chiamata a un telefono collegato alla rete telefonica pubblica.

È anche possibile effettuare una chiamata da un telefono a un altro effettuando il trasferimento dei dati su Internet. Per il trasporto su Internet, il segnale fonico numerizzato è compresso e convertito in pacchetti, eventualmente con la soppressione delle pause di silenzio; esso è poi trasmesso in pacchetti *UDP (User Datagram Protocol)* incapsulati in IP, senza meccanismi di recupero tra terminali delle perdite, e con meccanismi di equalizzazione dei ritardi variabili di consegna per il riconoscimento sequenziale alla destinazione. La qualità del segnale vocale dipende sensibilmente dalla disponibilità di risorse sul cammino tra sorgente e destinazione; il criterio di utilizzo promiscuo senza segregazione delle risorse della rete Internet odierna non è particolarmente favorevole.

Per la realizzazione dei servizi di telefonia su

Internet i principali fornitori hanno realizzato un'opportuna distribuzione di punti di interconnessione tra la rete telefonica e quella Internet, consentendo così di trarre vantaggio dell'utilizzo di Internet nella tratta di lunga distanza e riducendo allo stesso tempo le chiamate a una concatenazione di chiamate locali connesse dalla rete Internet.

Oltre al percorso dei dati, i fornitori di telefonia Internet hanno sviluppato dei servizi di elenchi di utenti (*directory*) che consentono di operare la selezione dell'utente chiamato. Sono nati anche fornitori in grado di permettere ad utenti abbonati a servizi di telefonia offerti da diversi di essi, di comunicare tra loro.

Per quanto riguarda i servizi a valore aggiunto, il CTI e il WWW offrono un ottimo ausilio all'apertura e alla produzione modulare dei servizi (si ricorda il modello WebIN per la creazione di servizi sviluppati con la semplicità propria del mondo WWW).

### 2.2 Videoconferenza

Uno dei servizi più evidenti del mondo ISDN è la videoconferenza secondo gli standard della Raccomandazione ITU-T H.320 con la possibilità del multiparty, attraverso l'impiego delle *MCU (MultiCasting Unit)*.

Con lo sviluppo dei modem veloci il modello H.323 ha riesaminato l'impostazione ISDN consentendo l'erogazione dei medesimi servizi anche a partire da postazioni con disponibilità di banda più contenuta. Nell'impostazione H.323 è previsto anche l'impiego del protocollo IP.

Il mondo Internet ha tuttavia sviluppato una serie di protocolli *RTP (Real Time Protocol)* o *RTCP (Real Time Control Protocol)* e di applicativi per la videoconferenza in reti IP (quali, ad esempio, CuSeeme, Vic, Vat). È offerta anche la soluzione per il multiparty sfruttando le estensioni dell'IP per il multicast, in grado di replicare i pacchetti IP nei nodi della rete. La qualità del video e dell'audio in entrambe i casi sono ottenute con l'introduzione di hardware ad hoc per l'audio e per il video. La differenza principale è dovuta alla capacità di allocare banda dedicata (a commutazione di circuito) nel caso ISDN e all'uso della banda disponibile (a commutazione di pacchetto) nel caso dell'IP.

### 2.3 Rete Privata Virtuale

La realizzazione di reti aziendali distribuite si fonda tradizionalmente sull'acquisizione di circuiti diretti numerici o di circuiti virtuali permanenti (con la tecnologia legata allo standard X.25 o Frame Relay) per il collegamento tra le sedi periferiche di un'azienda e la sede del *CED (Centro Elaborazione Dati)* aziendale. L'impiego di circuiti a larga banda è limitato a direttrici caratterizzate da ingenti volumi di traffico. La topologia della rete è stellare - fatti salvi collegamenti diretti su direttrici particolari - e, per ragioni di affidabilità, sono in genere previsti collegamenti di riserva su rete commutata (solitamente ISDN).

I nodi della rete privata, costruita con i suddetti

rilegamenti, possono essere di concentrazione e di gestione del traffico in tecnologie legate ai sistemi informativi preesistenti basati sui *mainframe* (*control unit* e *front-end-processor*), oppure sui nodi in grado di offrire funzioni di moltiplicazione o di concentrazione in tecnologia *TDM* (*Time Division Multiplexing*), oppure su nodi in grado di realizzare il collegamento tra LAN remote, ossia nella grande maggioranza dei casi router IP.

Un'alternativa per realizzare una rete aziendale multisede è quella basata sull'utilizzo del servizio di trasporto offerto da una rete IP, in grado di garantire l'instradamento dei pacchetti IP tra le diverse sedi dell'azienda, preservando così i requisiti di qualità del servizio e di sicurezza che sono normalmente richiesti dalle applicazioni aziendali. La garanzia della sicurezza è acquisita attraverso l'impiego di tecniche di crittografia e di autenticazione che consentono di generare flussi di pacchetti il cui contenuto è accessibile solo a utenti autorizzati. La garanzia della qualità del servizio è offerta grazie all'applicazione di tecniche di prenotazione delle risorse<sup>3</sup>.

Questa modalità alternativa risulta di particolare interesse per la comunicazione con sedi molto distribuite geograficamente e con tasso di attività molto limitato, in quanto si avvantaggia delle risorse di rete messe a disposizione dalla rete Internet a costo condiviso e contenuto.

### 3. I servizi evoluti

#### 3.1 Distribuzione di audio e video multipunto

La capacità di distribuire un gran numero di segnali audio e video su canali numerici usando tecniche di compressione del segnale commisurate al grado di qualità e al contenuto informativo, è un elemento ormai consolidato. Lo sviluppo di canali tematici è stato affinato sia per scopi di diffusione di notizie ad ampio spettro sia per la televisione commerciale.

La distribuzione di questi canali avviene via satellite o via cavo a utenti che hanno installato nella propria residenza idonei decoder. Il grado di interattività dell'utenza è finora piuttosto limitato.

In Internet è stato sviluppato, attraverso il cosiddetto *Mbone* (*Multicast Backbone*), uno strumento per la diffusione su scala mondiale di eventi e di informazioni audio e video, basato sull'uso di una suddivisione delle risorse della rete Internet dedicata al trasporto di flussi multimediali che permetta di trasmettere flussi audio e video resi disponibili su canali messi a disposizione in rete. Gli esempi più noti di utilizzo di questa infrastruttura sono la diffu-

sione delle riunioni dei gruppi di standardizzazione Internet (*meeting IETF*) e quella delle missioni dello Shuttle.

È anche disponibile un'agenda sugli eventi in programma ed è possibile richiedere di essere iscritti a questo servizio per potersi predisporre come sorgente di flussi punto-multipunto (*multicast*).

Le soluzioni offerte dai fornitori di servizi di telecomunicazioni e di televisione diffusa sono orientate a offrire un servizio di qualità a un numero ristretto di utenti paganti, mentre la soluzione Internet punta oggi ad offrire una qualità di servizio molto limitata a un vastissimo numero di utenti dispersi e con un sistema di apparati assai ridotto (ad esempio con un personal computer connesso ad Internet con decodifica software).

#### 3.2 Intranet

La realizzazione di una rete aziendale multisede tende ad avvalersi sempre più del modello Internet anche al livello applicativo e non solo a livello della tecnica di trasporto dell'informazione, basata sul protocollo IP. Sempre maggiore diffusione assumono i sistemi informativi aziendali distribuiti, basati sull'impiego di server WWW e di browser sia per la divulgazione delle informazioni all'interno e all'esterno dell'azienda, in forma multimediale, sia per l'esecuzione di applicazioni distribuite. Sono state sviluppate tecniche per l'incapsulamento dei sistemi informativi preesistenti e per l'accesso via browser ai servizi WWW.

Possono essere ricordate le tecniche per l'interfacciamento con le applicazioni relative a transazioni residenti su mainframe e normalmente accessibili da terminale o da emulatore terminale e le tecniche di accesso a base dati relazionali attraverso interfacce standard. Un'ulteriore linea di successo è rappresentata dall'applicazione della tecnologia Internet, fino al livello applicativo, per realizzare il telelavoro attraverso l'impiego di meccanismi di accesso remoto (*Point of Presence*) della Intranet aziendale.

Il successo del modello di sistema informativo *Internet-based* può essere attribuito alla solidità di esso, provato da milioni di utilizzatori e caratterizzato da una molteplicità di fornitori, e dalle ampie sinergie e garanzie di interoperabilità nei flussi intra ed extra-aziendali.

#### 3.3 Commercio elettronico ed Extranet

L'impiego della tecnologia Internet, arricchito da adeguati meccanismi a supporto dei requisiti di sicurezza propri delle transazioni commerciali tra soggetti, fra i quali non esiste a priori un rapporto di fiducia, apre la strada all'automazione dei flussi che sottostanno allo scambio di beni e di informazioni. La globalità della rete Internet esalta le potenzialità di operazioni commerciali non limitate da barriere geografiche. Di recente è stato coniato il termine Extranet per indicare un modello architetturale e tecnologico, che giunge fino al livello dei servizi

<sup>(3)</sup> Questa ipotesi è disattesa finché non saranno consolidati gli standard per l'allocatione delle risorse a livello IP e si dovranno perciò impiegare tecniche proprietarie inapplicabili nel caso non sia disponibile la stessa tecnologia in tutti i nodi del cammino tra sorgente e destinazione.

	TRASPORTO	SERVIZI A VALORE AGGIUNTO
INTERNET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A commutazione di pacchetto</li> <li>• Qualità del servizio di tipo best effort tendente a multi-servizio (prenotazione di risorse o di priorità)</li> <li>• Tariffazione "piatta" (indipendente dal tempo di utilizzo)</li> <li>• Traffico a priori non sbilanciato</li> <li>• Alta interattività</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligenza nei terminali</li> <li>• Terminali "aperti"</li> <li>• Servizi applicativi di base standard</li> <li>• Sviluppo di applicazioni e di servizi deregolamentati</li> <li>• Barriera minima all'ingresso per lo sviluppo di servizi</li> <li>• Tendenza all'apertura di Application Programming Interface nei nodi di rete (Active Networks)</li> </ul>
TELECOMUNICAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A commutazione di circuito tendente a commutazione di pacchetto a circuito virtuale</li> <li>• Qualità del servizio garantita e molto elevata</li> <li>• Tariffazione basata sul tempo di impiego</li> <li>• Traffico a priori non sbilanciato nelle due direzioni</li> <li>• Alta interattività</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligenza nei nodi di rete</li> <li>• Terminali "chiusi"</li> <li>• Servizi standardizzati</li> <li>• Sviluppo di nuovi servizi sensibilmente più complesso e limitato</li> <li>• Barriera elevata in ingresso per lo sviluppo di servizi innovativi</li> <li>• Tendenza all'apertura di nuove interfacce</li> </ul>
VIDEODIFFUSIONE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allocazione statica della banda (TDM/FDM) con <i>publish &amp; subscribe</i></li> <li>• Qualità del servizio garantita</li> <li>• Tariffazione piatta ma che tende a pay-per-view</li> <li>• Traffico sbilanciato con forte carattere multicast</li> <li>• Tendenza verso l'interattività</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligenza nei nodi di rete</li> <li>• Terminali "chiusi"</li> <li>• Servizi standard</li> <li>• Sviluppo di servizi innovativi complesso e limitato</li> <li>• Barriera elevata in ingresso per lo sviluppo di nuovi servizi</li> <li>• Tendenza all'apertura di nuove interfacce</li> </ul>

**Tabella 1**

Confronto tra le caratteristiche di maggior rilievo per i modelli Internet delle reti di telecomunicazioni e quelle per la videodiffusione tradizionale.

applicativi di base e di quelli specifici, e che consente l'interazione finalizzata al business fra aziende diverse.

#### 4. Considerazioni conclusive

Il modello Internet non è da ritenersi in contrapposizione a quelli delle reti di telecomunicazioni tradizionali o di videodiffusione in generale; può tuttavia essere tentato in conclusione un confronto tra i principali elementi che caratterizzano i diversi modelli come quello mostrato nella tabella 1 dove sono stati suddivisi gli aspetti relativi al trasporto da quelli dei servizi a valore aggiunto.

#### Bibliografia

- [1] European Commission: *Green Paper on the convergence of the telecommunications, media and information technology sectors, and implications for regulation*. 3 dicembre 1997.
- [2] Alberico, G.; Cominetti, M.: *Satellite Interactive*

*Multimedia: a new opportunity for broadcasters*. IBC'97, Amsterdam, settembre 1997.

- [3] Decina, M.; Trecordi, V.: *Convergence of Telecommunications and Computing to Networking Models for Integrated Services and Applications*. «Proceedings of the IEEE», Vol. 85, n. 12, dicembre 1997.
- [4] *Special Issue on Broadband Services over Residential Networks*. «IEEE Network Magazine», Vol. 11, n. 1, gennaio/febbraio 1997.
- [5] Low, C.: *Integrating Communications Services*. «IEEE Communications Magazine», giugno 1997.
- [6] Schoen, U.; Hamann, J.; Jugel, A.; Kurzawa, H.; Schmidt, C.: *Convergence Between Public Switching and the Internet*. «IEEE Communications Magazine», gennaio 1998.

Fulvio Parente - Telecom Italia  
Vittorio Trecordi - Cefriel  
Mario Cominetti - RAI

fulvio.parente@telecomitalia.it

Le abbreviazioni sono riportate a pagina 157.

## Un angolo di storia

### L'Università di Perugia

*Perugia è una città che si trova al centro dell'Italia in una conca di verde a metà strada fra Firenze e Roma.*

*La sua Università è fondata nel 1308 con la Bolla di Papa Clemente V, cui seguirono nel 1355 i Diplomi dell'imperatore Carlo IV. Lo "Studium Generale" nel Trecento gode di vasta e chiara fama ed è annoverato tra le Scuole più celebrate d'Italia. Prima della Bolla Clementina il Consiglio maggiore del Comune di Perugia, con proprie deliberazioni (1275 e 1276), invitava gli studenti a venire a*

*Perugia ad ascoltare lezioni di diritto, di grammatica, di logica. Nel quattordicesimo secolo il prestigio dello "Studium" è legato soprattutto ai nomi di Cino da Pistoia, Bartolo da Sassoferrato e Baldo degli Ubaldi per gli studi giuridici, Gentile da Foligno, Bartolomeo da Varignana e Tommaso del Garbo per la Medicina e Chirurgia.*

*Proprio a Perugia si forma, con Bartolo e Baldo, una scuola di Diritto che sarà poi continuata nel quindicesimo e sedicesimo secolo. Non sono trascurati in quest'epoca gli studi di Medicina: un documento del 1366 dimostra come si praticasse, già allora, l'osservazione diretta del cadavere. La tradizione di studi anatomici fu ravvivata nel Settecento da Alessandro Pascoli.*

*Anche per quanto riguarda l'insegnamento delle Scienze rimangono tracce significative: nel Quattrocento a Perugia è docente di Matematica Frà Luca Pacioli; nel Seicento Giuseppe Neri, amico di Galileo. Nel settore umanistico va ricordata l'istituzione delle cattedre di lingua greca e di lingua ebraica.*

*Nella seconda metà del Settecento i notevoli rivolgimenti politici e sociali causano profondi cambiamenti nel pensiero, nella cultura e negli studi. L'Università di Perugia tra il 1799 e il 1814 - nel periodo del regime repubblicano - è interessata da diverse riforme. In seguito agli eventi napoleonici, la Consulta Straordinaria per gli Stati Romani estende a Perugia il sistema di studi instaurato in Francia.*

*Il piano della Consulta organizza l'Università in cinque Facoltà, tracciando le linee di un ordinamento che, pur attraverso varie modifiche, si è tramandato fino ai nostri giorni.*

*L'attuale Palazzo del Rettorato e gli Uffici dell'amministrazione centrale dell'Università di Perugia erano anticamente sede del Monastero degli Olivetani. Complesso di notevole interesse monumentale, l'ex monastero è progettato, unitamente alla chiesa che lo affianca, intorno al 1740 da Luigi Vanvitelli, l'architetto della Reggia di Caserta.*

*L'interpretazione dei progetti vanvitelliani è affidata al reatino Carlo Murena, che durante il soggiorno perugino (1762) disegna l'altare maggiore della cattedrale.*



Perugia: Palazzo dell'antica Università in una foto dei primi anni del Novecento.

Simbolo della città di Perugia (da una miniatura dell'Archivio di Stato di Perugia).

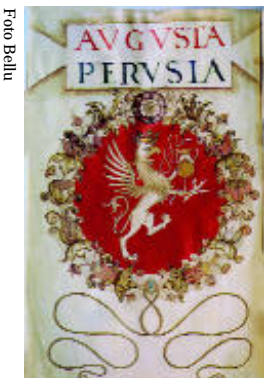


Foto Bellu

Il trasferimento dello "Studium" in questa sede (1811) è approvato, al momento della restaurazione, da Papa Pio VII. Nel 1842 Leone XII promuove l'Università di Perugia a Università di Stato.

Con la riunificazione di Perugia all'Italia nel 1860, il Commissario Generale per l'Umbria,

Gioacchino Pepoli, provvede al riordinamento dell'Università. L'antico "Studio" è dichiarato Università libera, amministrata dal Comune e dai Rettori, abilitati a formulare gli Statuti con l'approvazione del Governo. Nel 1925, completata la Facoltà di Medicina e Chirurgia, l'Università di Perugia viene regificata. Nel 1927 nasce la Facoltà di Scienze Politiche. Tra il 1935 e il 1936, con il riordino degli Studi superiori, torna la Facoltà di Medicina Veterinaria e si arricchisce quella di Agraria mediante l'aggregazione del Regio Istituto Superiore Agrario, fondato a Perugia nel 1896.

Nel secondo dopoguerra l'Ateneo di Perugia ha uno sviluppo ancora più sensibile, che lo porta all'attuale assetto con undici Facoltà e precisamente: Giurisprudenza, Scienze Politiche, Economia, Lettere e Filosofia, Magistero, Medicina e Chirurgia, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Farmacia, Agraria, Medicina Veterinaria, Ingegneria.

Oltre ai corsi di laurea esistono Scuole dirette a finalità speciali, Scuole di specializzazione per laureati e Dottorati di Ricerca. Tutte le Scuole sono fornite di moderni laboratori e di biblioteche. L'assistenza allo studio è garantita attraverso il funzionamento di vari servizi.

Numerosi sono i centri di studio sorti in alcune città d'arte della regione; tra questi si ricorda il Centro Studi sull'Alto Medioevo di Spoleto, il Centro Studi Umbri di Gubbio, quello sulla Spiritualità Medioevale di Todi, quello di Studi Costantiniani di Spello e quelli di Acquasparta e di Assisi per gli Studi Francescani. Più recenti sono il Centro per lo Sviluppo Agricolo e Rurale e il Centro assiate del turismo e della promozione turistica.

Dal 1976, la politica di apertura all'esterno dell'Università ha portato a stringere rapporti sempre più costruttivi con la realtà regionale; ne è prova sia la creazione di un corso di laurea della Facoltà di Ingegneria a Terni, sia l'istituzione di un corso di laurea in Scienze Turistiche ad Assisi, collegato alla Facoltà di Economia e Commercio. Anche l'attivazione di Diplomi Universitari variamente dislocati nel territorio contribuisce a stabilire una fitta rete di contatti con la realtà regionale. Numerose iniziative a livello

nazionale e internazionale testimoniano infine la dinamicità di un Ateneo che vuol vivere al passo con il proprio tempo: si va dal Centro Interuniversitario di Ricerca sulla Forma del Territorio a quello per l'Ambiente, dall'Osservatorio Astronomico ai Centri per l'Emostasi e la Trombosi, e per la Terapia sostitutiva con organi artificiali, al Centro per la Formazione e l'Aggiornamento Radiotelevisivo.

Accanto all'Università è sorta quella per Stranieri, istituita nel 1925; nel 1992 riconosciuta come Università statale, essa diffonde nel mondo la lingua e la cultura italiana. Alla sua sede, Palazzo Gallenga, affluiscono per corsi invernali ed estivi giovani di ogni nazionalità.

Saverio Cacopardi  
(Facoltà di Ingegneria, Università di Perugia)



Foto Belli

Perugia nel 1526 (da uno stendardo processionale di Berto di Giovanni, oggi nella Cattedrale di San Lorenzo).

Università degli Studi di Perugia, Sala del Dottorato.



## Abbreviazioni

<b>A</b>	AAL	ATM Adaptation Layer	CAD	Computer Aided Design
	AC/DC	Alternate Current/Direct Current	CAE	Computer Aided Engineering
	ADM	Add-Drop Multiplexer	CAGR	Compound Average Growth Rate
	ADPCM	Adaptive Differential PCM	CAM	Computer Aided Manufacturing
	ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line (ANSI)	CAP	Carrierless Amplitude-Phase
	ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line (ETSI)	CATV	Cable TeleVision
	AIS	Alarm Indication Signals	CBR	Constant Bit Rate
	AM-VSB	Amplitude Modulation - Vestigial Side Band	CCE	Call Center Evoluto
	ANSI	American National Standards Institute	CCFP	Common Control Fixed Part
	API	Application Programming Interface	CDM	Cable Data Modem
	APS	Automatic Protection Switching	CDMA	Code Division Multiple Access
	ARIB	Association of Radio Industries and Business (Japan)	CDN	Collegamento Diretto Numerico
	ARIS	Aggregate Route-based IP Switching	CED	Centro Elaborazione Dati
	ARP	Address Resolution Protocol	CEM	Centro Esercizio & Manutenzione
	ASE	Application Service Entity	CI	Centrale Internazionale
	ASE-IN	Application Service Entity - Intelligent Network	CLIP	Calling Line Presentation
	ASIC	Application Specific Integrated Circuits	CLIR	Calling Line Restriction
	ASR	Available Seconds Ratio	CM	Cable Modem
	ATM	Asynchronous Transfer Mode	CMDB	Cordless Mobility Data Base
	ATMF	Asynchronous Transfer Mode Fast	CMISE	Common Management Information Service Element
	ATU-C	ADSL Terminal Unit - Central office	CORBA	Common Object Request Broker Architecture
	ATU-R	ADSL Terminal Unit - Remote	CPE	Customer Premises Equipment
	AU	Administrative Unit	CPN	Customer Premises Network
	AuC	Authentication Centre	CRABS	Cellular Radio Access for Broadband Services
			CRC	Cyclic Redundancy Check
			CSCW	Computer Supported Cooperative Work
			CSI	Carrier Scale Internetworking
			CSI	Capability Set 1° (first)
			CSI	Called Subscriber Identification
			CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
			CSR	Cell Switch Router
			CTI	Computer Telephony Integration
<b>B</b>	BACH	Broadband Access for Cellular Homevideo	<b>D</b>	D-AMPS
	BBER	Background Block Error Ratio		Digital-Advanced Mobile Phone Service
	BER	Bit Error Rate		DAVIC
	BGP	Border Gateway Protocol		Digital Audio Visual Council
	BIP	Bit Parity		DB
	BIP-8	Bit Interleaved Parity (8 bits)		Data Base
	B-ISDN	Broadband-Integrated Services Digital Network		DCC
				Data Communication Channel
	BPON	Broadband Passive Optical Network		DCN
	BPSK	Binary Phase Shift Keying		Data Communication Network
	BRAN	Broadband Radio Access Network		DCS
	BSC	Base Station Controller		Digital Cellular System
	BSS	Base Station System		DCS
	BTS	Base Transceiver Station		Dynamic Channel Selection
				DECT
				Digital Enhanced Cordless Telecommunications
<b>C</b>	CAC	Call Admission Control		DHCP
	CAC	Connection Admission Control (ATM)		Dynamic Host Configuration Protocol
				DMT
				Discrete Multi-Tone
				DN
				Distribution Node
				DNS
				Domain Name System
				DPE
				Distributed Processing Environment



DPMI Dos Protected Mode Interface  
 DQDB Distributed Queue Dual Bus  
 DS3 Digital System 3  
 DSLAM Digital Subscriber Line Access Multiplexer  
 DSP Digital Signal Processor  
 DVB Digital Video Broadcasting  
 DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing  
 DXC Digital Cross Connect

**E**  
 E1s European level 1 signal  
 EDGE Enhanced Data rates for GSM Evolution  
 EDI Electronic Data Interchange  
 EIR Equipment Identity Register  
 EITO European Information Technology Observatory  
 EM Element Manager  
 EM Error Monitoring  
 EML Element Manager Level  
 ES Elaboratore di Supporto  
 ESR Errored Seconds Ratio  
 ETSI European Telecommunications Standards Institute

**F**  
 FAS Frame Alignment Synchronization  
 FCS Frame Check Sequence  
 FDMA Frequency Division Multiple Access  
 FEBE Far End Block Error  
 FERF Far End Receive Failure  
 FITL Fiber In The Loop  
 FM Frequency Modulation  
 FSAN Full Service Access Network  
 FTP File Transfer Protocol  
 FTTB Fiber To The Building  
 FTTC Fibre To The Curb  
 FTTCab Fiber To The Cabinet  
 FTTD Fiber To The Desk  
 FTTE Fiber To The Exchange  
 FTTH Fiber To The Home  
 FTTK Fibre To The Kerb  
 FTTO Fiber to The Office  
 FTTx Fibre To The x (dove "x" sta per Exchange, Cabinet, Curb, Kerb, Building, Office or Home)

**G**  
 GAP Generic Access Profile  
 GGSN Gateway GPRS Support Node  
 GMSC Gateway Mobile Switching Centre  
 GPRS General Packet Radio Service  
 GPS Global Positioning System  
 GSM Global System for Mobile communications  
 GSMP General Switch Management Protocol  
 GSN GPRS Support Node

**H**  
 HDSL High bit rate Digital Subscriber Line  
 HDT Host Digital Terminal  
 HE Head End  
 HECDM Head End Cable Data Modem  
 HECM Head End Cable Modem  
 HFC Hybrid Fiber Coaxial cable  
 hiperlan high performance radio LAN  
 HLR Home Location Register  
 HN Home Network  
 HSCSD High Speed Circuit Switched Data  
 HTML HyperText Markup Language  
 HTTP HyperText Transfer Protocol

**I**  
 IBC International Border Centre  
 ICT Information Communication Technology  
 IEC Incoming Error Count  
 IETF Internet Engineering Task Force  
 IFMP Ipsilon Flow Management Protocol  
 IL-OFA In Line-Optical Fiber Amplifier  
 INAP Intelligent Network Application Part  
 INCI IFMP Network Connection Identifier  
 INMS In-service Non-intrusive Monitoring Systems

IP Internet Protocol  
 IP v6 Internet Protocol version 6  
 IP1 Intelligent Peripheral type 1  
 IRD Integrated Receiver Decoder  
 IS2 Interconnection Structure type 2  
 ISC International Switching Centre  
 ISDN Integrated Services Digital Network  
 ISDN BRA Integrated Services Digital Network Basic Rate Access  
 ISDN PRA Integrated Services Digital Network Primary Rate Access  
 ISO International Standards Organization  
 ISP Internet Service Provider  
 ISUP ISDN Signalling User Part  
 ITU International Telecommunication Union  
 ITU-T International Telecommunication Union – Telecommunication standardization sector  
 IWF Inter Working Function

**J**  
 JAIN Java Advanced Intelligent Network  
 JTAPI Java Telephony Application Programming Interface

**K**  
 KTN Kernel Transport Network

LAN Local Area Network  
 LAPD Link Access Protocol for D-channel  
 LEO Low Earth Orbit  
 LEX Local Exchange  
 LIS Logical IP Subnet  
 LMDS Local Multipoint Distribution System  
 Ln In arrivo da Grieco  
 LT Line Termination

MAC Media Access Control  
 MAP Mobile Application Part  
 MAPON Master Antenna Passive Optical Network  
 Mbone Multicast backbone  
 MCU MultiCasting Unit  
 MMDS Multichannel Multipoint Distribution System  
 MoU Memorandum of Understanding  
 MPEG Motion Pictures Experts Group  
 MPEG2 Motion Pictures Experts Group type 2  
 MPLS MultiProtocol Label Switching  
 MPOA MultiProtocol Over ATM  
 MS Multiplex Section  
 MSC Mobile Switching Centre  
 MSS Mobile Switching System  
 MSS Mobile Satellite Services  
 MT Mobile Termination  
 MTIE Maximum Time Interval Error  
 MTP Message Transfer Part  
 MUP Mobile User Part  
 MUX-ADSL Multiplex - Asymmetrical Digital Subscriber Line  
 MVDS Multipoint Video Distribution System  
 MWS Multimedia Wireless System

NAS Network Access Server  
 NB Narrow Band  
 NE Network Element  
 NH Next Hop  
 NHRP Next Hop Resolution Protocol  
 NML Network Manager Level  
 NMS Network Manager Section  
 NNI Network Network Interface  
 NT Network Termination  
 NTE Network Termination Equipment  
 NVOD Near Video On Demand

OA Optical Amplifier  
 OADM Optical Add-Drop Multiplexer  
 OAM Operations Administration & Maintenance  
 OAM&P Operations, Administration, Maintenance & Provisioning  
 OC Optical Carrier

OCH Optical CHannel  
 OC-n Optical Carrier-n  
 ODN Optical Distribution Network  
 OEI Outgoing Error Indication  
 OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing  
 OH Over Head  
 OLT Optical Line Termination  
 OMS Optical Multiplex Section  
 ONT Optical Network Termination  
 ONU Optical Network Unit  
 OS Operating System  
 OSI Open Systems Interconnection  
 OSNR Optical Signal to Noise Ratio  
 OSPF Open Shortest Path First  
 OTM Optical Transport Multiplexer  
 OTN Optical Transport Network  
 OTS Optical Transmission Section  
 OTU Optical Transport Unit  
 OTUG Optical Transport Unit Group  
 OXC Optical Cross-Connect

PABX Private Automatic Branch eXchange  
 PCS Personal Communication Services  
 PDC Personal Digital Cellular  
 PDH Plesiochronous Digital Hierarchy  
 PDN Public Data Network  
 PDU Packet Data Unit  
 PDU Protocol Data Unit  
 PLMN Public Land Mobile Network  
 PM Performance Monitoring  
 P-MP Punto-MultiPunto  
 PNNI Private Network Network Interface  
 POH Path OverHead  
 POM Path Overhead Monitoring  
 PON Passive Optical Network  
 PoP Point of Presence  
 POTS Plain Old Telephone Service  
 P-P Punto-Punto  
 PRC Primary Reference Clock  
 PSTN Public Switched Telephone Network  
 PVC Permanent Virtual Connection (ATM)  
 PVC Permanent Virtual Circuit (Frame Relay, sistemi X.25)

QAM Quadrature Amplitude Modulation  
 Qecc Q (interface) equipment communication channel  
 QoS Quality of Service  
 QPSK Quadrature Phase Shift Keying

RDI Remote Defect Indication  
 RFP Radio Fixed Part  
 RI Rete Intelligente

