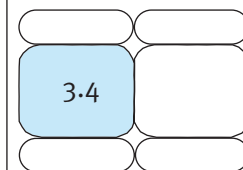




DSL: UNA FAMIGLIA DI SISTEMI TRASMISSIVI PER L'ACCESSO AI SERVIZI A BANDA LARGA

Lo sviluppo di Internet ha prodotto una serie di servizi innovativi per le diverse fasce d'utenti che annunciano profondi cambiamenti nella società odierna. *Web, e-mail, file transfer*, stanno sempre più assumendo importanza anche a livello d'utenza residenziale, di studi di professionisti e di piccole aziende. In questo scenario le esigenze di banda per l'utente finale sono destinate a crescere in misura straordinaria: in tale ambito s'inserisce uno dei possibili metodi per potenziare le strutture d'accesso, la *famiglia dei sistemi DSL*.

Andrea Bonati
Bruno Costa
Guido Vannucchi



1. NUOVE ESIGENZE PER LE RETI D'ACCESSO

1.1. Sviluppo di Internet

Lo sviluppo di Internet sta aprendo la strada all'introduzione di una sempre più ampia gamma di servizi innovativi per le diverse fasce d'utenti (grandi, medie e piccole imprese, uffici professionali, clienti residenziali ecc.), con la prospettiva di indurre profondi cambiamenti sia nel mondo dell'economia, sia, più in generale, nella società attuale. In particolare, le tre grandi classi di servizi offerti da Internet (*Web, e-mail, file transfer*), fondate su un'architettura di rete a pacchetto con protocollo IP (*Internet Protocol*) stanno sempre più assumendo importanza anche a livello d'utenza residenziale, di studi di professionisti e di piccole aziende. Gli effetti in ambito sociale si prospettano rilevanti grazie alla disponibilità diffusa di nuove forme di comunicazione (*e-mail, chat line, videocomunicazione, comunità virtuali*), allo sviluppo di servizi *on line* nei più svariati settori (*servizi finanziari, home banking, rapporti con la Pubblica Amministrazione,*

acquisti in rete, telelavoro, telemedicina, teledidattica ecc.), all'accesso pressoché illimitato a qualunque tipo d'informazione, al diffondersi di nuove forme d'intrattenimento (*TV a richiesta e interattiva, canali tematici, musica, giochi ecc.*).

La tabella 1 dà un'indicazione del numero di utilizzatori di Internet a livello mondiale e chiarisce i motivi per cui si vuole rendere disponibile a vasti strati di popolazione una rete a larga banda, compiendo un salto quantico rispetto al lunghissimo periodo di tempo durante il quale gli unici servizi offer-

Europa	191
Asia/Pacifico	187
Canada & Usa	182
America Latina	33
Africa	7
Medio Oriente	5
Totale	605

TABELLA 1

Numero utenti Internet a livello mondiale (in Milioni) (autunno 2002)
Fonte: NUA

ti a livello residenziale sono stati il telefono e il *fax* con una banda richiesta che non superava i 4 kHz del canale fonico.

In questo scenario, le esigenze di banda per l'utente finale sono destinate a crescere in misura straordinaria, richiedendo, quindi, la disponibilità di una rete per il trasferimento delle informazioni con elevatissime prestazioni. In tale ambito s'inserisce, in particolare, uno dei possibili metodi per potenziare le strutture d'accesso - la *famiglia dei sistemi DSL (Digital Subscriber Line)* - che sembra poter rappresentare una metodologia d'estremo interesse dal punto di vista tecnico-economico nell'ambito dei vari sistemi d'accesso che si sono sviluppati in quest'ultimi anni.

1.2. Costituzione dell'attuale rete telefonica dell'operatore dominante

Prima di procedere ad approfondire l'argomento che verrà trattato nell'articolo è utile ricordare che, per l'operatore dominante, la rete pubblica di telecomunicazioni PSTN (*Public Switched Telephone Network*) è oggi organizzata, a livello fisico, da tre domini principali:

■ la **rete di trasporto** per le comunicazioni a lunga distanza costituita, in particolare, dalle grandi dorsali di comunicazione;

■ la **rete di giunzione** che collega i nodi a commutazione di circuito di una ristretta area geografica, quali quelli di una città;

■ la **rete d'accesso (o distribuzione)** verso l'utente finale, a sua volta suddivisa in *rete primaria* fino all'armadio di distribuzione e *rete secondaria* dall'armadio di distribuzione all'utente finale.

Accanto alla rete telefonica tradizionale a commutazione di circuito operano un insieme di altre reti specializzate a copertura nazionale, e in particolare quelle per la trasmissione dati, tra cui occorre citare quelle di Telecom Italia ossia la rete *ITAPAC*, utilizzata per il trasporto dei dati a pacchetto, la *rete ATM* (denominata "Atmosfera") e la *rete professionale IP* (con evoluzione prevista della rete ATM verso questa rete IP) che sono fondamentali per la raccolta dati sulla trasmissione a lunga distanza.

Tutte queste componenti infrastrutturali della rete debbono essere potenziate per adeguarsi alle nuove esigenze, ma l'elemento più critico è senza dubbio costituito dalla rete d'accesso.

Nel presente articolo non sarà presa in considerazione, per semplicità, l'evoluzione necessaria delle reti di livello superiore, peraltro già in atto da qualche anno, ma ci si concentrerà sull'obiettivo più critico delle infrastrutture d'accesso. In particolare, tra i possibili sistemi d'accesso, la famiglia DSL - che sfrutta l'attuale *doppino* d'utente - si presenta con prestazioni e costi interessanti, tali da permettere la fruizione da parte degli utenti, con una certa universalità, di un insieme di servizi quali quelli sopra evidenziati.

Prima di entrare in maggiori dettagli su tale famiglia di sistemi sembra però opportuno chiarire le mutate esigenze di rete che nascono dalle nuove utilizzazioni.

1.3. Fattori che condizionano l'evoluzione della rete d'accesso

Quattro sono fondamentalmente gli elementi che distinguono il servizio Internet dal tradizionale servizio voce a commutazione di circuito, per il quale le reti d'accesso e di trasporto sono state progettate inizialmente. Questi fattori, infatti, comportano la necessità di impiegare nuove e più idonee soluzioni di rete.

■ **Il tipo di traffico.** Il traffico telefonico tradizionale è caratterizzato da un flusso informativo costante su circuiti *end-to-end*, precostituiti nella rete con banda prestabilita e simmetrica nei due sensi di trasmissione. Il traffico Internet è, viceversa, essenzialmente contraddistinto da un flusso informativo discontinuo, a *burst*, costituito da "pacchetti" di dati di lunghezza variabile e che si succedono a intervalli di tempo più o meno lunghi.

■ **Natura asimmetrica della comunicazione.** Le applicazioni Internet, quali il *World Wide Web*, sono fondamentalmente di natura asimmetrica, con il flusso dati *downstream* (verso l'utente) notevolmente maggiore di quello *upstream* (verso la centrale). La tradizionale rete telefonica a commutazione di circuito - che presenta caratteristiche simmetriche nelle due direzioni - non è la più adatta a trasportare tale tipo di traffico e viene utilizzata con bassa efficienza: occorre individuare soluzioni diverse di rete se si vogliono migliorare le prestazioni.

■ **La durata della connessione.** La durata di una normale chiamata fonica è mediamente dell'ordine dei tre minuti, mentre una

sessione Internet dura, in genere, almeno venti minuti, se non addirittura ore. Nel caso ancora molto frequente d'impiego di *modem* in banda fonica, il traffico Internet va a impegnare la centrale telefonica: si tende, in tal modo, a creare (a meno di provvedimenti particolari) problemi di congestione nelle centrali di commutazione tradizionali che non sono dimensionate per sostenere un traffico (*erlang*) di così lunga durata. Inoltre, la lunga durata delle sessioni Internet tende a rendere indisponibile la linea per le normali chiamate foniche, almeno per quanto riguarda l'utenza POTS (*Plain Old Telephone System*), facendo nascere l'esigenza di una seconda linea.

I requisiti di banda. L'affermarsi di Internet, come fenomeno di massa, ha portato alla creazione di pagine Web sempre più ricercate e ricche di contenuti multimediali. Sono richieste, di conseguenza, sempre maggiori disponibilità di banda alle attuali reti di telecomunicazione e, in particolare, alla rete di accesso che crea i maggiori problemi di strozzatura. Escludendo i grandi utenti affari che, in genere, hanno accessi dedicati a velocità elevate, gli altri utenti accedono generalmente a Internet tramite modem in banda fonica a 28,8; 33,6 o 56 kbit/s. Si è, quindi, in presenza di una situazione spesso frustrante per l'utente che deve attendere tempi intollerabili per accedere a una pagina Web o per scaricare un *file* tramite FTP (*File Transfer Protocol*). Anche per l'utente ISDN (*Integrated Services Digital Network*) la situazione non migliora di molto, soprattutto se si tiene conto che il contenuto multimediale d'Internet (filmati, immagini ecc.) è sicuramente destinato a crescere, mettendo ulteriormente in crisi l'attuale struttura di rete.

2. LA FAMIGLIA DSL NELL'AREA D'ACCESSO

Con l'acronimo DSL si indica una famiglia di apparati, concepita agli inizi degli anni '90 per applicazioni di VoD (*Video on Demand*), che opera con una tecnologia che consente di impiegare il "rame" esistente, trasportando su di esso il traffico numerico con velocità di cifra molto più estese di quelle fino a quel momento utilizzate. L'incremento di presta-

zioni non comporta alcun cambiamento delle infrastrutture (si sfrutta cioè il cablaggio esistente), ma consiste soltanto nell'introduzione di nuovi apparati presso la residenza dell'utente e in centrale.

La tipologia impiegata per il servizio consente di poter, con continuità, trasmettere dati e, conseguentemente, l'utente non deve necessariamente selezionare o attendere che il collegamento venga stabilito (*dial-up*) per iniziare la comunicazione. In altre parole, è possibile instaurare, analogamente ad altri sistemi avanzati, una connessione del tipo *always on*, senza impegnare la centrale telefonica.

Gli apparati DSL sono da considerarsi interessanti sistemi di transizione, in particolare per l'ex monopolista che governa la tradizionale rete d'accesso su coppie telefoniche. La soluzione gode, inoltre, del vantaggio di una rapida installazione, in particolare per l'operatore dominante. In effetti, anche agli altri operatori concorrenti è concesso, dagli Organi preposti alla regolamentazione, di utilizzare le coppie dell'ex monopolista secondo modalità, approfondite più avanti, che prendono il nome di *unbundling*, ma rimangono spesso per questi soggetti alcune limitazioni d'ordine pratico.

Una caratteristica fondamentale dei sistemi della famiglia DSL è, come si è già detto, la prerogativa di non richiedere scavi e/o la posa di nuovi cavi. Inoltre, dal punto di vista degli investimenti necessari alla diffusione del sistema, un altro vantaggio fondamentale deriva dal fatto che la parte d'investimenti centralizzati è alquanto limitata, mentre per la restante parte (modem in centrale e presso l'utente) la spesa risulta proporzionale alle richieste d'accesso al servizio da parte dell'utenza.

La famiglia d'apparati DSL può suddividersi in due categorie (per maggiori dettagli si veda il paragrafo 4). La prima, indicata col nome di *asimmetrica*, consente un traffico sbilanciato nei due sensi di trasmissione ed è tipicamente indirizzata all'utenza residenziale per applicazioni Internet o per distribuzione di segnali multimediali di tipo unidirezionale. Il capostipite di tale categoria di sistemi è l'apparato denominato ADSL la cui sigla significa *Asymmetrical Digital Subscriber Line*. La seconda categoria è indicata col nome di *simmetrica* e, consentendo uguale traffico nei due sensi di trasmissione, è maggior-

mente indirizzata all'utenza *business* per uffici o piccole aziende. Il capostipite di questa famiglia è il sistema HDSL (*High data rate Digital Subscriber Line*).

Per quanto nel seguito non sia trascurata la seconda categoria, l'obiettivo del presente articolo si concentra maggiormente sull'applicazione domestica e di essa si daranno maggiori particolari sia tecnologici sia di sistema.

3. CARATTERISTICHE E CRITERI DI REALIZZAZIONE

3.1. Caratteristiche di un impianto ADSL

La figura 1 illustra il modello di riferimento dell'inserimento in rete dei sistemi ADSL.

Si può notare come il flusso digitale non transiti attraverso la centrale di commutazione, evitando così i problemi legati al tipo di traffico e alla durata della connessione sopra

NASCITA DEL SISTEMA ADSL

Nel febbraio del 1992 viene fondata a Palo Alto da John Cioffi, un dottorando dell'Università di Stanford, un'azienda denominata Amati che si propone di sviluppare sistemi ADSL su un singolo doppino, per impieghi del tipo VoD (all'epoca non era ancora diffuso il concetto di Internet) in cui il flusso nei due sensi di direzione (*uploading* per la richiesta e *downloading* per il servizio) richiede capacità digitali nettamente differenti. L'obiettivo di velocità digitale da raggiungere per il downstream (6 Mbit/s) era molto ambizioso per coprire distanze sulla rete terminale fino a 3 km. Un ulteriore requisito era quello di garantire la coesistenza sulla stessa coppia con il servizio di telefonia analogica (POTS) e anche l'ISDN.

Cioffi decise di impiegare per tale applicazione, in luogo della modulazione CAP (*Carrierless Amplitude Phase modulation*) studiata dai Laboratori Bell per il sistema HDSL appena introdotto, la modulazione *multicarrier DMT* (*Discrete Multi Tone modulation*), introdotta originariamente negli anni '80 in IBM e ripresa successivamente dallo stesso Cioffi per portarla a prestazioni d'elevato livello. La DMT è sostanzialmente un miglioramento e un affinamento, ottenibile solo a sistemi con linea di ritorno (*upstream*), della modulazione OFDM introdotta molti anni prima (e non brevettata) da parte dei laboratori Bell e il cui impiego si stava estendendo a molti sistemi diffusivi digitali studiati in quegli stessi anni quali il DAB (*Digital Audio Broadcasting*) e il DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*).

Le due prime società interessate alla tecnologia dell'Amati per le applicazioni sul doppino d'utente sono state una società israeliana e la Northern Telecom. L'Amati fin dall'inizio si applicò anche a studi per applicazioni differenziate quale, per esempio, la trasmissione di canali digitali audio in tecnica DAB negli interstizi della canalizzazione a radiofrequenza in modulazione di frequenza (FM), senza disturbare i canali FM analogici esistenti.

Nel 1994, viene fondato l'ADSL Forum e nel 1995 viene firmato tra Italtel e Amati un contratto di licenza per l'Italia con una serie di sperimentazioni estese sul campo da parte Italtel.

Una forte accelerazione alla società Amati e a questi processi fu data dall'inizio della diffusione di Internet che, indipendentemente dal successo o meno del *Video on Demand*, richiedeva applicazioni asimmetriche e senza l'esasperazione di capacità necessaria per segnali video di qualità.

Le tecniche proposte rappresentavano il trionfo della teoria della comunicazione permettendo di aumentare di tre ordini di grandezza la capacità iniziale di 4 kHz della coppia telefonica e consentendo di avvicinarsi ai limiti teorici indicati da Shannon per i vari tipi di canali di trasmissione.

Per concludere questo breve *excursus storico*, è interessante ricordare le ragioni del nome della società Amati cui va indubbiamente il gran merito iniziale dello sviluppo dell'ADSL e delle sue molteplici applicazioni. Il motivo è spiegato nella *brochure* iniziale della società: "Amati, maestro di Stradivarius, ha accettato il rischio di perseguire vie non convenzionali nelle metodologie di costruzione dei violini, rompendo antiche barriere e preconetti e raggiungendo risultati tuttora insuperati. Analogamente la tecnica multicarrier alla base della DMT, rappresenta la forma e il progetto, i moderni "signal processor" sono il legno e la colla e la società Amati è l'abile artigiano che mette insieme questi componenti: come la chiocciola del violino, tutti questi fattori sostengono le corde della migliore musica".



menzionati. A tale scopo è necessario introdurre, lato centrale, un apparato, denominato in campo internazionale DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) e, in sede di utente, un diramatore (*Splitter*) e un terminale di rete attivo ATU-R (*ADSL Terminal Unit - Remote*).

Nella figura sono mostrate le funzioni principali dell'apparato DSLAM e del terminale di rete ATU-R. Entrambi contengono la funzione *Modem ADSL* preposto alla trasmissione dei flussi digitali ad alta velocità sul doppino telefonico. Il DSLAM provvede a moltiplicare i flussi provenienti dai singoli utenti, connettendosi verso la rete dati ATM "a pacchetto" a larga banda (con una *bit-rate* di 155 Mbit/s) e viceversa. Lato centrale, il modem ADSL relativo a un utente entra a far parte di una delle schede dell'apparato DSLAM, potendo una singola cartolina contenere, oggi, fino a 48 modem d'utente.

Dal lato utente, il modem ADSL (costruito da diverse aziende) ha le caratteristiche (meccaniche ed estetiche) di un apparato per uso domestico ed è connesso al computer (PC) attraverso una porta USB (*Universal Serial Bus*) o mediante una porta Ethernet (con standard *10 BaseT*), o con un'interfaccia ATM (con standard *ATMF 25 Mbit/s*), tutte interfacce che normalmente sono parte integrante del PC stesso. Si sta anche affermando una connessione di tipo radio (*Wireless LAN*, ossia lo

standard IEEE 802.11b, con velocità nominale fino a 11 Mbit/s ma con velocità effettiva dell'ordine di 6 Mbit/s) molto pratica poiché non richiede l'uso di cavi, allenta il vincolo della contiguità fisica degli apparati e permette il collegamento di diversi apparati in una rete locale. Il modem ADSL, se l'utente lo desidera, può anche essere acquistato in versione a scheda per essere introdotto nel computer. Il complesso del modem ADSL e dell'interfaccia verso il computer è l'ATU-R che si inserisce nell'ambito dell'area *Broad Band* (BB) mentre il telefono rimane confinato a quella *Narrow Band* (NB).

Come mostrato nella figura 2, che riporta maggiori dettagli, l'infrastruttura della rete in rame rimane totalmente inalterata quando si realizza una connessione ADSL.

Ogni sede di utente è collegata allo Stadio di Linea SL attraverso una coppia in rame che costituisce il *rilegamento d'utente* (SLL, *Subscriber Local Loop*). La rete d'accesso (o di distribuzione) si estende fra il permutatore urbano, posto all'interno del sito sede di SL, e la borchia d'utente posta presso la residenza dell'abbonato.

La borchia è il confine tra la rete pubblica di responsabilità dell'operatore e quella privata (o d'abbonato) di pertinenza dell'utente.

È importante notare che la rete d'accesso attuale ha già una topologia a *stella* che si adatta particolarmente alle applicazioni mul-

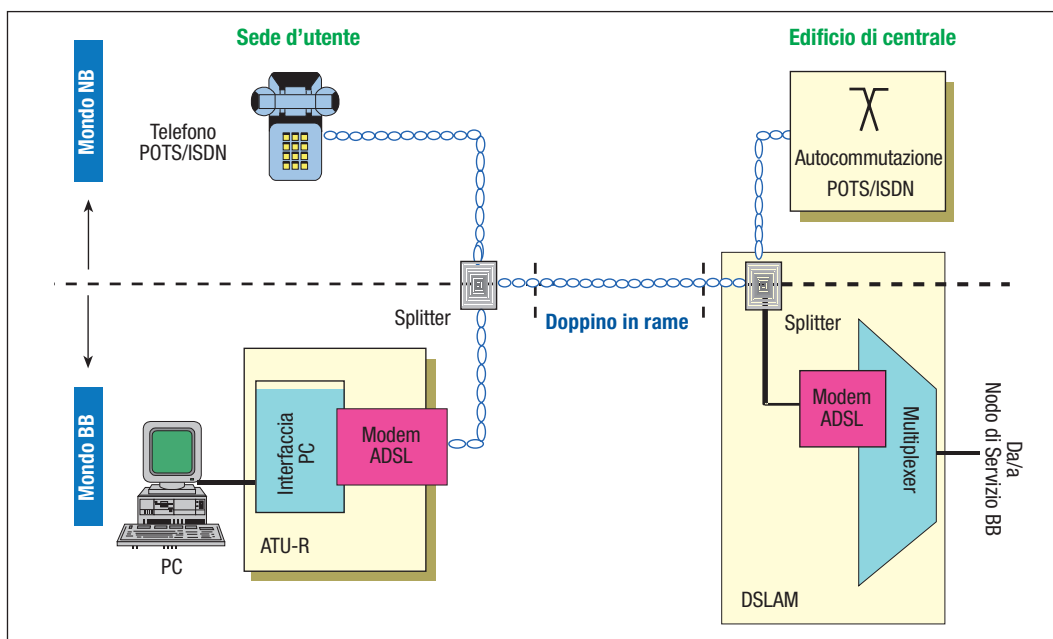


FIGURA 1
 Schema di principio della connessione ADSL (NB = Narrow Band; BB = Broad Band)

Infrastruttura della rete in rame

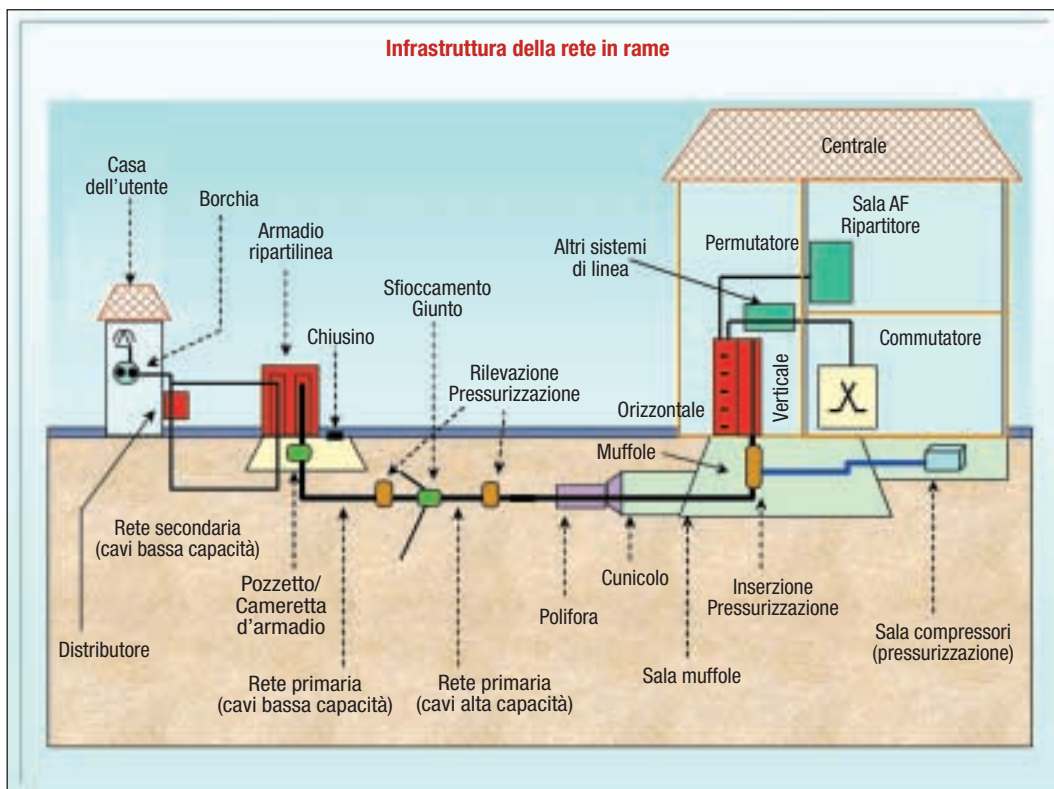


FIGURA 2
Infrastruttura
della rete in coppie
di rame

timediali interattive. L'area di centrale tipicamente copre una superficie geografica con un raggio, in genere nei maggiori centri urbani, di circa 2 km d'ampiezza, e si sviluppa secondo alcune direttrici dette "area-cavo".

Ogni area-cavo è suddivisa in tratte di cavo a differente potenzialità di coppie (2400, 1200, 800, 400, 100, 50) che diminuisce con la densità della popolazione nell'area servita e con la distanza dalla centrale. In ogni area-cavo è tipicamente presente un armadio di distribuzione (*ripartilinea*) che separa la rete primaria (lato centrale) da quella secondaria (lato utente).

La rete di Telecom Italia dispone di oltre 45 milioni di doppini per una lunghezza di 100 milioni di km. Un elemento particolarmente favorevole in Italia, come si vedrà poco più avanti, è la ridotta *lunghezza media* (1,5 km) dei rilegamenti di utente, oltre che la buona qualità e la relativa giovinezza dei cavi impiegati, fattori che predispongono a un uso ottimale delle tecnologie DSL in Italia. In più, a partire dal finire degli anni '80, Telecom Italia ha posato cavi a coppie con caratteristiche di diafonia sensibilmente migliori rispetto ai precedenti e, quindi, idonei alla trasmissione

di segnali in alta frequenza con ridotta interferenza tra coppie adiacenti.

3.2. Caratteristiche tecnologiche e di banda del modem ADSL

Il sistema ADSL è diventato negli anni '90 uno standard *de iure*. La base di tutti le varie versioni di standard che interessano la famiglia è l'*ANSI.413* sul quale si basa lo standard più specifico *ITU.DMT*. Le caratteristiche di maggior rilievo sono descritte qui di seguito.

Il Tipo di modulazione. La sofisticata tecnica di modulazione impiegata nel sistema ADSL, denominata *DMT (Discrete Multi Tone modulation)*, si è ormai universalmente affermata, dopo essere stata in competizione con la modulazione *CAP (Carrierless Amplitude Phase modulation)* proposta dai Laboratori Bell.

Il tipo di modulazione *DMT* è diventato lo standard per i sistemi ADSL e la relativa tecnica impiegata equivale - dopo avere operato una trasformazione del segnale seriale in un flusso di segnali paralleli - a modulare un elevato numero di portanti (denominate anche "toni" nel caso ADSL), allocate nella banda utilizzabile del portante. Il numero di toni complessivi di un ADSL, distanziati di 4,3 kHz,

è di 255 allocati tra la funzione di upstream (dall'utente verso la centrale) e quella di downstream (dalla centrale verso l'utente). Il metodo si adatta molto bene a tipi di sistemi trasmissivi (quali le coppie) con caratteristiche di rapporto segnale-disturbo discontinue sulla banda di linea occupata dal sistema ADSL, permettendo di individuare i toni più disturbati ed, eventualmente, eliminarli nel caso di una qualità troppo scadente (Figura 3). La modulazione si presenta, di conseguenza, con caratteristiche di grande flessibilità ma anche di robustezza ai disturbi.

Flusso digitale trasmesso. La massima velocità di upstream è fissata in 640 kbit/s e quella di downstream in 8 Mbit/s. L'effettivo bit-rate raggiungibile dipende dalla distanza, dalla qualità del doppino e dai disturbi presenti sullo specifico percorso.

Allocazione in banda. Il sistema ADSL, come già detto, si propone di non disturbare il segnale fonico tradizionale (POTS) e i segnali ISDN nel caso quest'ultimi siano presenti sulla stessa coppia o su altre coppie dello stesso cavo. Il flusso digitale trasmesso è asimmetrico e, per i due sensi di trasmissione, è allocato in bande separate di frequenza, così come illustrato nella figura 4. L'allocazione in banda è, pertanto, prevista con due varianti dello standard: iniziando lo sfruttamento della banda al di sopra del canale fonico (a partire da 32 kHz) o, eventualmente, al di sopra del canale ISDN (iniziando, in questo caso, a partire da 271 kHz ma mantenendo fissa la massima frequenza di utilizzo di 1100 kHz). In quest'ultimo caso si limita, di conseguenza, la banda di downstream con una leggera perdita di prestazioni.

Trasporto dei dati. Il trasporto dei dati è previsto possa essere fatto in modalità asincrona ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) oppure in modalità sincrona. L'impiego dei sistemi ATM è quello che offre più vantaggi in termini di flessibilità nell'allocazione della banda disponibile ai vari servizi.

Lunghezze delle tratte da servire. Le potenzialità del sistema ADSL dipendono dalle lunghezze tipiche del cosiddetto "ultimo miglio" e cioè dalla distanza della centrale terminale dalla residenza dell'utente. Al crescere della distanza aumenta la criticità di pianificazione del sistema sia agli effetti della massima

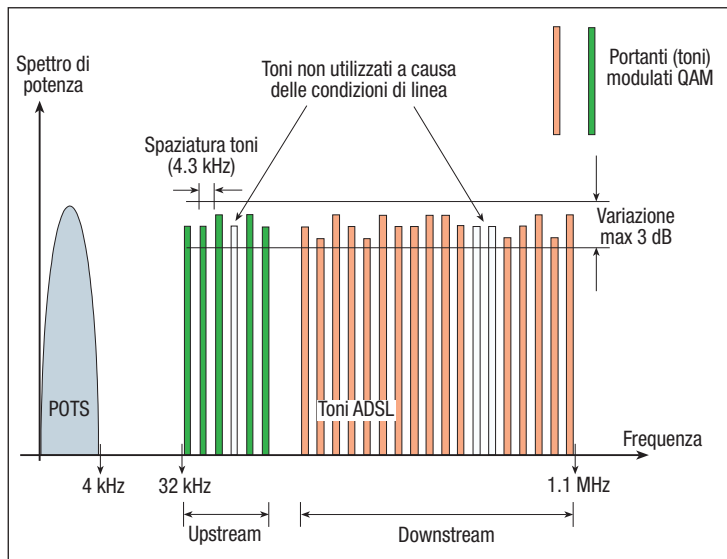


FIGURA 3

Spettro del segnale in linea di un modem ADSL con modulazione DMT

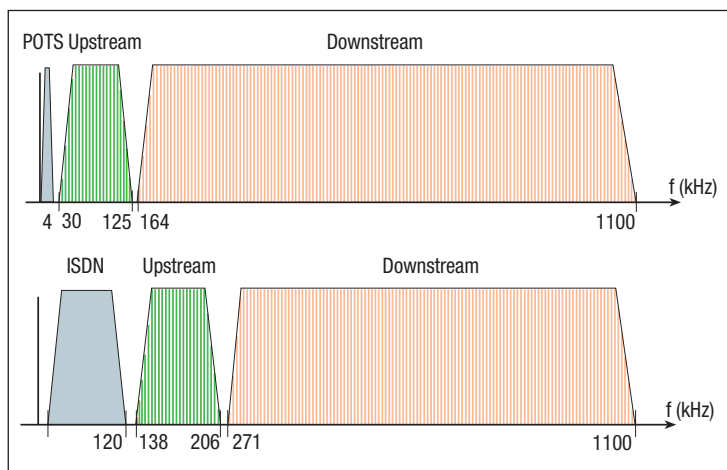


FIGURA 4

Spettro del segnale del Modem ADSL con POTS o ISDN

banda che il sistema è in grado di portare sia per il numero di sistemi ADSL diversi che possono coesistere sullo stesso cavo.

La risposta all'interrogativo sul massimo numero di sistemi DSL che è possibile far coesistere su uno stesso cavo apre una problematica complessa poiché i problemi ingenerati da fenomeni di interferenza risultano difficilmente inquadrabili in termini teorici. Per di più si pongono questioni di coesistenza anche con altri tipi di sistemi trasmissivi eventualmente presenti sullo stesso cavo dei quali alcuni sono più pericolosi di altri. Semplificando molto e in termini assai grossolani, si può affermare che ci si porta vicino a una situazione critica quando il riempimento di un cavo con sistemi ADSL si avvicina al

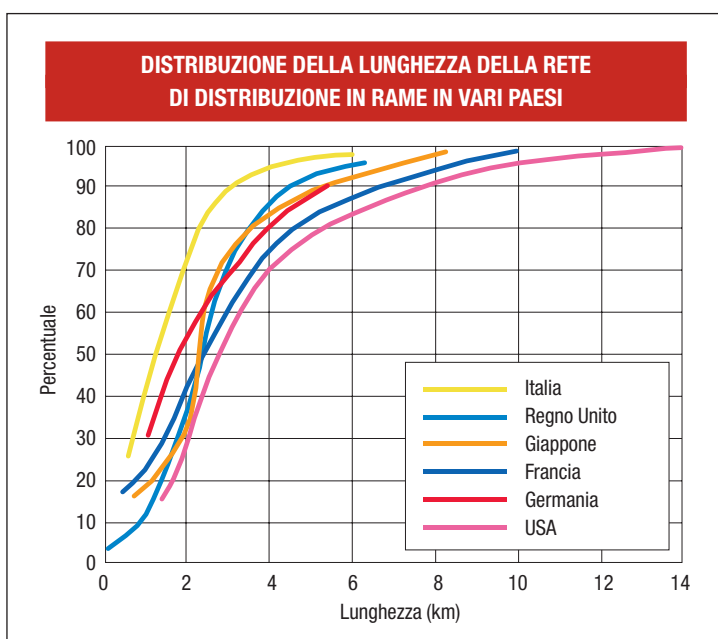
50%. Va anche detto, peraltro, che tale percentuale mediamente sulla rete italiana viene a corrispondere al numero di coppie di un cavo che è percorso da correnti foniche. Tuttavia, poiché il grado di riempimento dei cavi non è uniforme, non sarà in generale possibile raggiungere tutte le abitazioni o, se lo si vorrà fare, occorrerà fornire il servizio a velocità più ridotta. Questa tematica potrà, pertanto, costituire il limite per la densità di penetrazione di sistemi ADSL: per superare tale confine si renderà inevitabile, a suo tempo, il ricorso alla trasmissione ottica.

La figura 5 mostra la lunghezza tipica del rilegamento d'utente di diversi Paesi rispetto alla rete italiana. Da essa si vede che il nostro paese ha caratteristiche particolarmente favorevoli all'applicazione di tali sistemi, per la ridotta lunghezza di tratta dei doppini che collegano gli utenti alla centrale più vicina. La distanza media è, infatti, di 1,5 km per un totale complessivo di oltre 100 milioni di km (e per il 90% delle tratte rimane entro i 3 km), il che consente connessioni ADSL con alte prestazioni per una gran parte dei potenziali utilizzatori.

FIGURA 5 3.3. I sistemi ADSL leggeri

Distribuzione della lunghezza del doppino nel rilegamento d'utente

Si può osservare che la velocità di cifra caratteristica dello standard ADSL, sia nella variante POTS sia in quella ISDN, è comunque elevata. Questa rilevazione si spiega ricordando che la tecnologia ADSL nasce attorno al 1992



con l'intento di fornire agli utenti il servizio VoD per il quale le esigenze di banda (più corretto sarebbe dire di bit-rate) erano considerevoli. Il VoD sul televisore domestico non si è, tuttavia, dimostrato un servizio trainante per l'ADSL, non essendo competitivo con l'affitto di videocassette. Con il crescere degli utenti e del traffico di Internet, sia con i modem in banda fonica che su ISDN, si comincia a prendere atto, attorno al 1995, che la banda sul rilegamento d'utente costituisce potenzialmente una strozzatura della rete e l'ADSL diviene, di conseguenza, un sistema di accesso estremamente interessante ed economico.

Si comprese anche, all'epoca, che l'ADSL, per diventare una tecnologia d'accesso universale per una diffusione di massa di applicazioni Internet, non doveva necessariamente fare i conti con le pesanti specifiche dovute alle sue origini e che si possono fondamentalmente così riassumere:

I i modem sono più costosi del necessario essendo progettati per 8 Mbit/s: inoltre, se non si vogliono discriminare gli utenti, è bene dare a tutti una banda garantita, anche se inferiore, in ogni condizione d'impianto e, in particolare, per lunghezze massime della rete d'accesso;

I l'installazione per la velocità massima è delicata e richiede l'intervento del personale dell'operatore telefonico, al contrario di quanto avviene per i modem in banda fonica: è, infatti, necessario inserire un diramatore prima della borchia d'ingresso (che costituisce il limite del campo di competenza dell'operatore telefonico) e da esso stendere un nuovo doppino fino al modem ADSL.

Per superare questi problemi, nel caso delle applicazioni in cui non si richiedono elevate prestazioni di banda, e per accelerare l'introduzione sul mercato di questi sistemi, è nato uno standard che si affianca a quello visto sopra indicato, il cosiddetto UADSL (*Universal ADSL*) o ADSL-Lite o G.Lite, focalizzato sul servizio *Fast Internet* per l'utenza residenziale e caratterizzato fondamentalmente da:

I riduzione della velocità di cifra downstream a 1,5 Mbit/s eliminando tutti i toni sopra i 552 kHz;

I autoinstallazione da parte dell'utente grazie all'eliminazione del diramatore d'ingresso e alla possibilità di collegare il modem

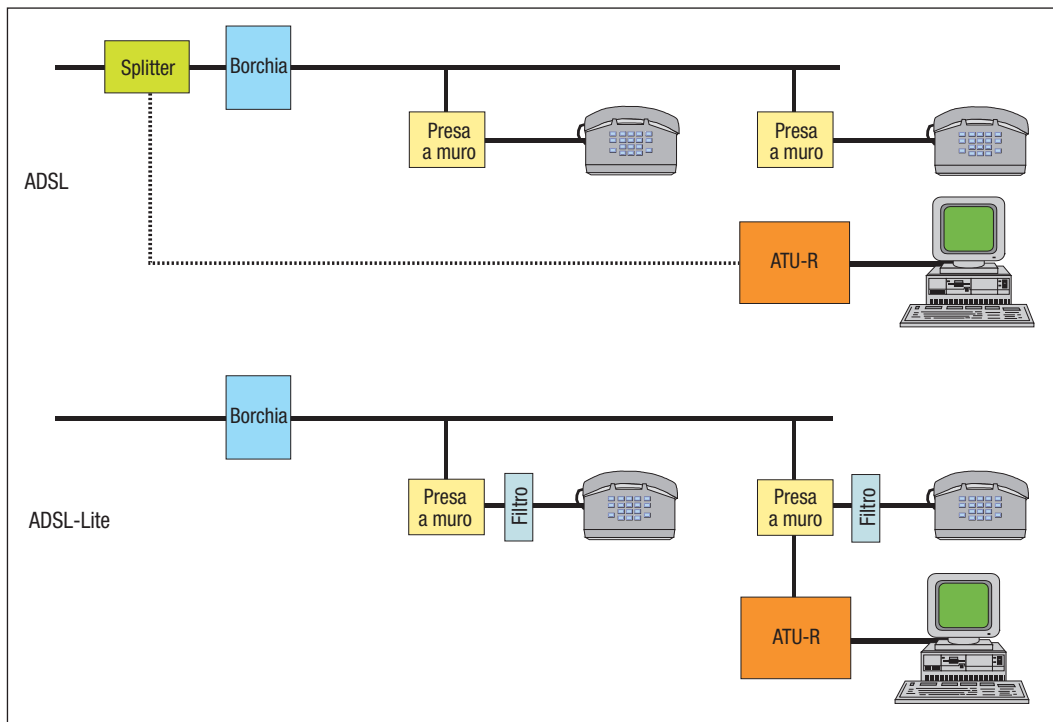


FIGURA 6
Cablaggio domestico per ADSL e ADSL-Lite

ADSL a una qualsiasi presa telefonica. Generalmente, è richiesto l'inserimento di piccolissimi filtri (*passa-basso antidisturbo*) tra le prese e gli apparecchi telefonici come mostrato in figura 6.

La soluzione ADSL standard rimane comunque interessante laddove le esigenze di banda siano superiori a quelle che l'ADSL-Lite è in grado di fornire. Un esempio è il caso d'utenza affari medio/piccola che prevede la connessione di più terminali all'ATU-R (reso possibile attraverso un *Ethernet Hub* o un *Router*). Un altro caso potrà presentarsi in futuro quando si abbia uno sviluppo di contenuti multimediali tale da richiedere un ulteriore incremento della banda da mettere a disposizione dell'utente. Va poi rilevato che l'ADSL standard è comunque l'unica scelta possibile oggi per gli utenti ISDN (soluzione peraltro non adottata in Italia ma largamente usata in Germania): infatti, l'ADSL-Lite è, dal punto di vista spettrale incompatibile con la linea ISDN.

4. CLASSIFICAZIONE DELL'INTERA FAMIGLIA DSL

Una classificazione più precisa di tutta la famiglia DSL (soluzioni asimmetriche e simmetriche) è riportata nel seguito. Poiché si è di

fronte a una tecnologia in marcata evoluzione, quest'elencazione potrebbe, anche nel breve, essere superata in qualche sua parte.

4.1. Soluzioni asimmetriche

Le soluzioni asimmetriche comprendono: ADSL, G.Lite ADSL (o semplicemente, G.Lite), RADSL e VDSL. Le forme standard dell'ADSL utilizzano lo stesso tipo di modulazione: DMT e la piattaforma degli standard facilita l'interoperabilità tra le varie soluzioni.

I ADSL (*full rate Asymmetrical DSL*): lo standard ADSL consente di trasmettere contemporaneamente voce e dati sui doppietti telefonici esistenti e offre diverse velocità sia downstream (verso l'utente) sia upstream (verso la centrale). Può essere configurata per velocità fino a 6 Mbit/s per i segnali ricevuti dall'utente. Questo tipo di DSL è quello ora più diffuso a livello mondiale sia presso l'utenza privata sia presso quella affari. La Raccomandazione G 992.1 e lo Standard ANSI T1.413-1998 specificano il "full rate" ADSL.

I G.Lite ADSL (o semplicemente G.Lite): lo standard G.Lite è stato sviluppato specificamente per soddisfare il requisito di facilitare l'installazione *plug-and-play* del segmento

residenziale del mercato. G.Lite consente velocità fino a 1,5 Mbit/s verso l'utente. Lo standard ITU a esso relativo è il G. 992.2.

I RADSL (*Rate Adaptive DSL*): è una versione non standardizzata di DSL). Va notato che anche l'ADSL standard consente di adattare la velocità di trasmissione alle condizioni di linea.

I VDSL (*Very high bit rate DSL*): fino a qualche decina di Mbit/s su doppino per brevi distanze. È il caso delle terminazioni del *Fibre To The curb* verso l'utente finale. Il sistema VDSL è particolarmente utile all'interno di *campus* e può essere configurato in modo simmetrico.

4.2. Soluzioni simmetriche

Le soluzioni simmetriche comprendono: HD-SL, HDSL-2, SDSL e SHDSL. L'uguaglianza delle velocità di trasmissione per i due sensi di propagazione rende il *Symmetrical DSL* particolarmente utile per le LAN (*Local Area Network*).

I HDSL (*High data rate DSL*): questa varietà creata sul finire degli anni '80 porta segnali simmetrici a velocità fino a 2,3 Mbit/s. È disponibile a 1,5 o a 2,3 Mbit/s. Impiega due o tre coppie ed è standardizzata in ETSI e ITU.

I HDSL2 (*2nd generation HDSL*): rappresenta un'evoluzione dell'HDSL solo per 1,5 Mbit/s. Utilizza una sola coppia per la trasmissione bidirezionale.

I SDSL (*Symmetrical DSL*): è sempre una soluzione di tipo proprietaria che fornisce velocità che vanno da 128 kbit/s fino a 2,3 Mbit/s su una singola coppia. Il sistema SDSL raggruppa oggi una gran quantità di soluzioni specifiche di ogni costruttore. Si dovrebbe progressivamente attuare la convergenza verso il nuovo standard G. SHDSL sviluppato in ITU con il supporto di T1E1.4 (USA) e dell'ETSI.

I SHDSL (*Symmetrical High data rate DSL*): è lo stato dell'arte delle soluzioni simmetriche conformi alla Raccomandazione ITU G. 991.2, conosciuta anche come G.SHDSL e approvata in ITU-T nel febbraio 2001. Il sistema SHDSL raggiunge prestazioni del 20% migliori in termini di lunghezza di tratta superata rispetto ai precedenti sistemi simmetrici. Genera minori diafonie e l'interoperabilità tra costruttori è facilitata dalla

standardizzazione più spinta rispetto agli altri sistemi.

5. UNBUNDLING E POSIZIONAMENTO NEL BUSINESS

Risulta chiaro da quanto fin qui presentato che i sistemi DSL costituiscono la tecnologia di elezione per chi, come un operatore dominante, possiede già un'estesa infrastruttura di rete che comprende il cruciale segmento dell'accesso. Questa tecnologia permette, infatti, come si è più volte messo in luce, di utilizzare il normale doppino telefonico con cui viene già raggiunta la totalità dei clienti attuali della rete fissa ed evita, quindi, investimenti per realizzare nuove infrastrutture di accesso che rappresentano sempre la parte a costi più elevati per le reti pubbliche di telecomunicazioni. L'investimento fisso per i sistemi DSL, indipendente cioè dalle richieste di essere connessi alla rete, consiste nell'introduzione degli apparati DSLAM - equipaggiati con schede realizzate peraltro in forma modulare - ed è relativamente contenuto, oltre che graduabile, poiché, anche in quest'apparato centralizzato, è presente una componente proporzionale al numero di clienti da servire (le schede dei modem di centrale). Occorre però tenere presente che sul costo complessivo del servizio incide l'uso d'altre risorse di rete dedicate, quali, ad esempio, le connessioni numeriche ad alta velocità con i POP (*Point of Presence*) o i server d'accesso, nonché l'utilizzo delle reti dati, ATM o IP, dotate rispettivamente dei necessari apparati di commutazione ATM o, in alternativa, dei *router*.

È comprensibile, pertanto, che l'operatore dominante metta in atto una forte politica d'espansione nella diffusione dell'ADSL o, più in generale, dei sistemi DSL, perché capaci di portare ricavi aggiuntivi sia attraverso il pagamento della connessione sia mediante nuovi servizi resi possibili dalla larga banda (*video-comunicazione, TV digitale, gaming on-line ecc.*). Telecom Italia, in particolare, prevede di raggiungere nel 2004 una quota di oltre 1,5 milioni d'accessi *broadband* nel mercato residenziale e, per fine, 2005 il *target* è di oltre 3 milioni d'accessi a larga banda (residenziali, business, e affittati ad altri operatori).

È, d'altra parte, evidente qualche cautela di gestione da parte dell'operatore dominante nei settori professionali e affari che sono già serviti con collegamenti numerici ad alta velocità e con elevati livelli di qualità: la transizione verso nuove offerte è, in questi casi, opportunamente gestita, compatibilmente con la concorrenza, per essere sicuri della qualità e dell'affidabilità del servizio offerto e senza che siano gravemente compromessi i ricavi e i margini di guadagno.

Diversa è la situazione degli operatori concorrenti, gli OLO (*Other Licensed Operator*). Non partendo in generale dalla disponibilità di una propria infrastruttura d'accesso, essi per offrire agli utenti connessioni a banda larga possono ricorrere ai seguenti approcci.

❑ **Realizzare ex-novo una propria infrastruttura d'accesso:** sono presenti in Italia esempi di questo tipo (in particolare, quello di Fastweb). In questi casi la soluzione tecnologica adottata è essenzialmente l'impiego della fibra FTTB (*Fibre To The Building*) o addirittura FTTH (*Fibre To The Home*). Le bande consentite con la fibra sono assai estese e il servizio è con altissime prestazioni potenziali, ma l'elevato costo di realizzazione rende critica la profittabilità, almeno nel breve-medio periodo. Il servizio può peraltro diffondersi solo in alcune aree cittadine che dispongono di tubazioni (*cavodotti*) e, pertanto, è oggi da considerarsi, in ogni caso, una soluzione relativamente d'élite.

❑ **Affittare infrastrutture per l'accesso di altri operatori** e, in particolare, di proprietà dell'operatore dominante.

La situazione più tipica è il cosiddetto un-

bundling e cioè la politica regolamentare stabilita nel 1999 dall'UE che ha definito un quadro normativo generale per l'accesso, da parte degli operatori OLO, ai rilegamenti in rame di proprietà dell'operatore dominante. A livello nazionale, le *Authority delle telecomunicazioni* procedono a definire i modelli di connessione in tale regime e a definire le corrispondenti tariffe. A quest'ultimo proposito, in Italia sono stati definiti due modelli:

a. unbundling fisico: s'intende la possibilità per un operatore alternativo (OLO) di noleggiare linee in rame di proprietà dell'operatore dominante, alle quali si collega fisicamente, posizionando propri apparati (DSLAM) nella centrale o nei siti di proprietà dell'operatore dominante. In questo caso, l'OLO eroga il servizio attraverso proprie infrastrutture in modo end-to-end. La situazione è rappresentata in figura 7;

b. unbundling logico (condivisione delle infrastrutture dell'*incumbent*). In questo caso l'OLO condivide le infrastrutture dell'operatore dominante e per esso sono disponibili due possibilità.

La prima è lo *Shared Access (SA)* e cioè il solo affitto della banda dati del doppino telefonico, che rimane di proprietà dell'*incumbent*, il quale, per suo conto, offre sulla stessa coppia i suoi servizi di telefonia. Per l'OLO gli investimenti e i costi sono analoghi al caso dell'*unbundling fisico*, ma il costo del servizio è molto inferiore essendo l'infrastruttura condivisa. Questa alternativa si adatta agli OLO che offrono servizi a larga banda e non la fonia base (abilitata, eventualmente, solo con

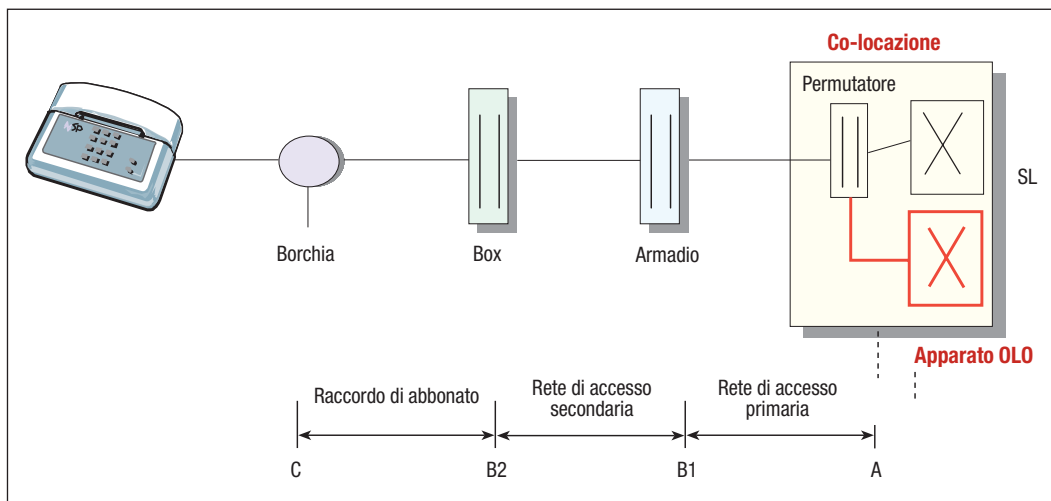


FIGURA 7
Schema di collegamento nel caso di unbundling fisico

tecnologia VoIP, *Voice over Internet Protocol*, nel flusso dati).

La seconda possibilità riguarda il servizio cosiddetto *wholesale*: in tale modello l'OLO, invece, condivide con l'*incumbent* sia l'infrastruttura di accesso sia la rete (connettività, DSLAM e rete ATM), riducendo fortemente i propri investimenti. Infatti, in questo caso, gli utenti ADSL dell'OLO di una determinata area sono raccolti dalla rete dell'*incumbent*, il quale consegna il traffico all'OLO in opportuni *punti di consegna* attraverso un VP (*Virtual Path*) ATM. L'offerta Telecom Italia prevede 79 aree geografiche di raccolta con 81 punti di consegna (due ciascuno per Roma e Milano). I circuiti virtuali ATM semi-permanenti che collegano gli utenti - i cosiddetti VC di classe ABR (*Available Bit Rate*) caratterizzati da una banda di picco e da una banda minima garantita - sono concentrati nei VP ATM e sono consegnati all'OLO. L'OLO può scegliere per ogni utente la velocità di linea e la banda che vuole garantire, dimensionando quindi opportunamente il VP di raccolta (sino a un massimo di mille accessi per VP). La gestione dell'utente finale rimane comunque di competenza dell'OLO, che dovrà provvedere alla fornitura del modem, *micro-filtri/splitter* e all'assistenza.

Ovviamente, la completa dipendenza dall'operatore dominante rappresenta in quest'ultimo caso una debolezza strategica dell'OLO i cui margini di manovra risultano assai ristretti.

In ambedue i casi sopra esaminati le tariffe di interconnessione dell'OLO verso l'operatore dominante vengono fissate dall'*Authority per le Comunicazioni* sulla base dei costi presentati dall'operatore dominante e verificati dall'ente regolatore.

6. LE OFFERTE COMMERCIALI DELLA FAMIGLIA DSL

6.1. Potenzialità attuale dell'offerta della famiglia DSL dal punto di vista commerciale

I servizi a larga banda sono realizzati i sistemi di accesso DSL che collegano gli utenti finali ai POP degli ISP (*Internet Service Provider*) da cui sono erogati i servizi Internet qua-

li la posta elettronica, contenuti Web, commercio elettronico, *Web-hosting* ecc..

L'accesso fisico DSL del cliente è realizzato sul normale doppino telefonico, ma la fruibilità effettiva del servizio dipende dalla copertura geografica della rete e dalla distanza dell'utente dalla prima centrale equipaggiata con apparati di moltiplicazione DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).

È quindi importante assicurare un'adeguata copertura del territorio italiano con DSLAM, installati in centrali telefoniche non distanti dagli utenti finali per assicurare una buona qualità del servizio offerto. Per esempio, i servizi ADSL di Telecom Italia sono presenti in 1115 comuni (copertura del servizio *Alice* al 18 aprile 2003), potendo così raggiungere oltre il 60% della popolazione italiana. La copertura è, comunque, prevista in continua espansione per cui è ragionevole ritenere che nel prossimo futuro i servizi ADSL saranno disponibili alla quasi totalità della popolazione italiana.

I DSLAM (ciascuno in grado di equipaggiare 4608 linee ADSL), sono collegati da una rete ATM di concentrazione tipicamente con flussi numerici a 34 e 155 Mbit/s. Gli elevati investimenti e i costi operativi conseguenti richiedono economie di scala efficienti per rendere il business sostenibile.

L'utente dispone di un modem ADSL (ATU-R) e di micro-filtri per presa telefonica o di un derivatore centralizzato, usati per separare la banda fonica tradizionale da quella per il trasporto dati. I derivatori sono necessari solo nel caso in cui siano presenti centralini, sistemi di telesorveglianza, *smart box* ecc.. Ai suddetti apparati vanno sommati i DSLAM che, nel caso dei competitori dell'operatore dominante, vengono posti in genere, come già sopra visto, nelle stesse centrali di Telecom Italia.

Il più efficace dei concorrenti di Telecom Italia è Fastweb che, nei casi in cui non ritiene conveniente installare la fibra ottica, offre ADSL realizzando, fra tutti i concorrenti, oltre il 50% del totale delle richieste degli OLO a Telecom Italia. Vale la pena ricordare che Fastweb offre connessioni ADSL ai propri clienti al massimo delle caratteristiche tecniche (4-6 Mbit/s) per essere in grado di riproporre agli utenti la maggior parte dei servizi già forniti con la fibra (VoD, *videocomunicazione* ecc.).



6.2. Segmentazione dei clienti nell'offerta DSL

Dal punto di vista dell'offerta commerciale possono essere distinti diversi casi, sia dal lato del tipo di offerta sia da quello del segmento di clientela considerato.

In particolare si può distinguere:

□ **offerta al dettaglio (retail)**: essa è tipica, oltre che dell'operatore dominante, degli ISP e degli OLO in quanto rivolta all'utente finale. Si articola sia nella connessione ADSL al POP degli ISP o degli OLO, sia di servizi Web, quali caselle di posta elettronica, spazio Web, invio SMS ecc.. Il modem non è compreso nell'offerta base verso gli utenti residenziali, mentre sono disponibili servizi aggiuntivi a pagamento, quali la casella elettronica e i siti Web personalizzabili, il *gaming on line* ecc..

□ **offerta all'ingrosso (wholesale)** che è tipicamente un'offerta dell'operatore dominante, rivolta ad altri operatori (OLO) o a ISP. Si compone, come già visto poco sopra, della sola connessione ATM su linea ADSL dall'utente finale sino al POP degli OLO o degli ISP (OLO e ISP possono coincidere in un'unica organizzazione). Il *Provider wholesale (operatore dominante)* può fornire, su richiesta degli OLO o degli ISP, anche il modem e il router nel caso, chiarito più avanti, di un servizio diretto alla raccolta di traffico da clientela business.

Dal lato del segmento di clientela conviene, invece, distinguere i clienti residenziali, quelli professionali di piccole dimensioni denominati SOHO (*Small Office Home Office*) e i clienti business:

□ I **clienti residenziali**: si può avere a che fare sia con utilizzatori che, in una prima fase di approccio ai servizi a larga banda, impiegano Internet per *divertimento, comunicazioni, ricerca informazioni*, essendo tipicamente più attenti al costo del servizio che alle prestazioni, sia con utilizzatori evoluti che usano in modo intensivo Internet per *scaricare grossi documenti, release software, file musicali e video* e che sono particolarmente interessati alla velocità effettivamente disponibile nel collegamento, apprezzando o criticando le caratteristiche tecniche e prestazionali del servizio.

□ I **clienti SOHO**: sono uffici di professionisti ovvero di piccole imprese o di attività com-

merciali varie che utilizzano i servizi a larga banda per motivi professionali; richiedono migliori prestazioni della prima categoria (*banda minima garantita*) e un'elevata *affidabilità* e desiderano anche *servizi aggiuntivi (hosting del sito Web, sicurezza nello scambio di dati, maggiore spazio di posta elettronica ecc.)* nonché un'assistenza affidabile da parte del fornitore.

□ I **clienti "business"** sono, in genere, piccole e medie imprese (le grandi imprese hanno comunemente l'accesso in fibra) che tipicamente utilizzano l'accesso della famiglia DSL per *collegamenti Intranet* tra le differenti sedi; richiedono la simmetria del collegamento nelle due direzioni, elevate prestazioni e un *livello elevato d'affidabilità e sicurezza* dei servizi nonché una serie di servizi aggiuntivi evoluti che si elencheranno più avanti.

6.3. Tipologie d'offerte nell'ambito della famiglia ADSL

Per quanto riguarda i *contenuti* dell'offerta ADSL, i principali elementi caratterizzanti sono:

□ **Velocità massima di connessione a Internet**: la linea ADSL è contrassegnata da una velocità massima con servizio di carattere asimmetrico, in grado di fornire verso l'utilizzatore (downstream) e dall'utilizzatore verso la rete (upstream) rispettivamente le seguenti coppie di valori tipici: 256/128, 640/128, 1280/256 e 2048/512 kbit/s (senza alcuna garanzia che la velocità si mantenga nell'intera catena). Tipicamente, le velocità minori sono orientate alla clientela residenziale e a quella del SOHO, mentre quelle maggiori sono rivolte alla clientela business. La scelta è, tuttavia, maggiormente influenzata dalle tariffe (crescenti con la velocità) piuttosto che non dalle effettive necessità d'uso. Uno degli impieghi maggiori di Internet presso i giovani è, ad esempio, lo scambio, in configurazione *peer to peer*, di file audio e ora, sempre più, anche video che diventa ben più praticabile ed efficiente alle alte velocità anche se questa utilizzazione è limitata da un costo troppo elevato. Tutto ciò rende molto discutibile l'equazione "alta velocità per utenti affari" e "bassa velocità per utenti residenziali". L'apparente paradosso si accentua nel caso in cui, nell'immediato futuro, si diffondano sempre di più servizi video (televisivi e di vi-

deocomunicazione) che richiedono bande più estese e meglio garantite.

❑ **Banda garantita:** in questa modalità di contratto è garantita una velocità minima anche in caso di congestione della rete erogatrice del servizio. La velocità, nel caso dell'ADSL, viene garantita, generalmente, in direzione downstream e può assumere valori che vanno da 0 kbit/s (nessuna garanzia di banda, tipicamente per clienti *residenziali*) a valori di 5 - 64 kbit/s (in genere, per clienti *SOHO*), e da 32 a 1024 kbit/s (per i clienti business).

❑ **Indirizzo IP:** può essere dato al cliente un indirizzo IP fisso (*statico*) o assegnato quando è stabilita una nuova connessione o si abbia una variazione di rete (*dinamico*).

❑ **Modem / Router:** il modem ADSL può essere acquistato dall'utente o preso in comodato, a fronte di un canone mensile aggiuntivo. Inoltre, per reti SOHO e business, è, in genere, consigliata l'aggiunta di un piccolo router che dà maggiori flessibilità alla rete e permette l'aggiunta di una barriera di protezione per la sicurezza (un *firewall hardware*): anche in questo caso, il router può essere acquistato dal cliente o dato in comodato d'uso.

❑ **Servizi aggiuntivi:** nelle offerte sono compresi o richiesti a pagamento servizi aggiuntivi quali, per esempio, spazio-posta, spazio-Web, elenco d'indirizzi IP aggiuntivi, dominio-Web ecc..

A tutte le tipologie di offerta suddette corrispondono, naturalmente, diversi canoni tariffari che risultano anche dipendenti dal tipo di pagamento scelto per il traffico, così come illustrato nel sottoparagrafo seguente.

6.4. Politiche dei prezzi e offerte commerciali nell'area residenziale e SOHO

Un elemento di grande rilievo dal punto di vista del marketing è l'articolazione dei prezzi del servizio, in relazione ai diversi segmenti di mercato e alle diverse esigenze dei singoli clienti: la politica di prezzi può condizionare fortemente l'adesione degli utilizzatori e, quindi, un approccio accorto e ben differenziato può favorire grandemente la diffusione del servizio (come insegna la storia di grande successo della telefonia mobile in Italia).

Tra gli schemi tariffari oggi previsti si possono ricordare:

❑ **canone mensile fisso** (incluso l'eventuale affitto del modem e del router) per un accesso continuo e illimitato del collegamento (*always on*);

❑ **canone mensile comprensivo di un numero determinato di minuti o di ore** con una tariffazione del traffico per il tempo eccedente;

❑ **canone mensile ridotto** e tariffazione del traffico per il tempo di utilizzo;

❑ **forme di "prepagato"**, che danno diritto a un certo numero di ore di collegamento. Una prima offerta di questo tipo è stata appena introdotta da Telecom Italia al momento della stesura del presente articolo.

Una sintesi delle principali offerte attuali da parte dei diversi operatori, secondo i parametri prima indicati, è riportata nella tabella 2.

La tabella 2, tenuto conto di quanto detto per la politica di unbundling, mostra che i prezzi delle offerte ADSL dei numerosi operatori verso la clientela residenziale non sono tra loro molto differenziati. La competizione in quest'ambito è, infatti, molto alta e i margini di guadagno sono ridotti.

Ancora più critica è la situazione nei casi in cui l'OLO non può mettere in campo un minimo di economia di scala. Per differenziare l'offerta, gli operatori puntano pertanto su promozioni commerciali (attivazione gratuita, servizio gratuito per alcuni mesi ecc.) o sull'offerta di servizi aggiuntivi (spazio e-mail, spazio Web, fonia con Voice over IP, videocomunicazione ecc.).

Le offerte verso la clientela SOHO hanno, invece, prezzi differenti, giustificati da diverse prestazioni tra cui, per esempio, una più alta banda minima garantita, indirizzo IP statico, numero di utenti abilitati all'accesso, modem e router inclusi o meno nell'offerta.

Il numero di OLO e di ISP presenti nel mercato è comunque alto e, perciò, gli operatori cercano di differenziare la loro offerta puntando anche sulle *prestazioni aggiuntive*. Alcuni OLO/ISP che operano in questo ambito offrono a volte, servizi rivolti alla clientela residenziale a prezzi uguali alla concorrenza, solo allo scopo di ottimizzare lo sfruttamento delle proprie infrastrutture, in quanto la fornitura del collegamento non è in ogni caso il loro *core business*.

Gli operatori maggiori quali Wind, Tiscali ed Albacom stanno lanciando offerte congiunte

Target Clientela	Velocità up/down stream [kbit/s]	Banda Garantita [kbit/s]	Indirizzo IP	Modem o router	Traffico [Euro cent]	Operatore	Offerta	Canone mensile [Euro] (IVA esclusa)
Consumer	128/256	0	Dinamico	Opzionale	Incluso	TI	Alice Flat	30.79
					1.5 al min	TI	Alice Time	10.79
					Incluso	Aruba	Aruba ADSL 258	29.00
		50 al giorno			Tiscali	Light Sempre	36.95	
					Wind	ADSL light	24.95	
SOHO	128/256	5	Statico	Incluso	Incluso	IT	Smart 5	44.00
		0				Aruba	ADSL 256 LAN	51.65
Consumer	128/640	0	Dinamico	Opzione	Incluso	TI	Alice 640	41.63
						Aruba	ADSL 640	49.06
						NOICOM	ADSL Famiglia	48.00
		10/20				Albacom	UNY Sprint Light	36.20
		0				Tiscali	Top Sempre	46.95
		32				Wind	ADSL Fast	44.95
SOHO	128/640	5	Statico	Incluso	Incluso	IT	Smart 10	77.00
		0		Opzionale		Aruba	ADSL 640 LAN	72.30
		0		Incluso		Atlanet	Portalis ADSL	75.00
		25	Dinamico	Opzionale		Edisontel	Net ADSL Pro	50.00
		20	Statico	Incluso		Albacom	Alb@DSL Entry	125.00
		0	Dinamico	Opzionale		NOICOM	ADSL Azienda	60.00
		64	Statico			Tiscali	Premium sempre	56.95
		50				Wind	ADSL Pro	55.00
Consumer	256/1280	0	Dinamico	Opzionale	Incluso	TI	Alice Mega	54.13
				Incluso		Fastweb	Int. Senza Limiti	55.83

al traffico telefonico, scontando al cliente il canone per il servizio di fonia previsto da Telecom Italia.

6.5. I sistemi DSL per le piccole medie imprese (PMI)

Nel settore business già menzionato precedentemente, le principali applicazioni che richiedono l'uso di banda larga sono le applicazioni *Intranet* (Rete Privata Virtuale), l'*in-*

terconnessione LAN tra più sedi, l'accesso a Internet/Intranet da più postazioni fisse (oltre dieci PC), lo scambio di informazioni e di documenti, i servizi multimediali (VoIP, videoconferenza ecc.).

Quanto alle caratteristiche del collegamento sono richieste prestazioni elevate: accesso principalmente a 2 Mbit/s simmetrico, con la garanzia di una banda minima alta anche in caso di congestione di rete.

TABELLA 2

Offerte commerciali ADSL (marzo 2003)

L'abbonamento preferito è il canone mensile *flat* (fornitura di Internet senza limiti di tempo) con modem/router incluso.

I servizi aggiuntivi più richiesti sono caselle di posta elettronica personalizzabili, indirizzi IP statici, *hosting* del sito Web, *security* e firewall *dedicati*. Dal punto di vista del fornitore del servizio, sono elementi vincenti dell'offerta la gestione e manutenzione degli apparati nel sito del cliente, l'elevata qualità del servizio (prestazioni, affidabilità e continuità), un servizio di *customer care* altamente specializzato (a disposizione in maniera permanente durante tutta la giornata di 24 h), un'assistenza tecnica/commerciale specializzata e dedicata con forte presenza territoriale.

La tecnologia di elezione per questo segmento di clientela sono i sistemi simmetrici. In particolare, l'HDSL consente una velocità dati bidirezionale (quindi non asimmetrica come nel caso dell'ADSL) fino a 2 Mbit/s, su una distanza massima di 3,5 km, impiegando due o tre coppie in rame. Questi sistemi, in precedenza impossibili da diffondere in modo generalizzato a causa della loro complessità e dei costi elevati, sono oggi impiegabili in modo relativamente economico. Lo standard HDSL2, pur arrivando solo a 1,5 Mbit/s, permette di utilizzare una sola coppia in rame e ha perciò un notevole interesse.

Le soluzioni simmetriche più innovative sono, però, quelle denominate SHDSL che consentono di ottenere prestazioni anche del 20% migliori in termini di lunghezza dei rilegamenti di utenze rispetto ai precedenti sistemi simmetrici. Questo sistema, infatti, genera livelli minori di diafonia tra sistemi coesistenti sullo stesso cavo e, quindi, è facilitata l'interoperabilità tra costruttori diversi che utilizzano gli stessi portanti.

Caratteristiche interessanti dei sistemi forniti alle PMI sono:

■ **connessione simmetrica:** la velocità di trasferimento dei dati, a differenza dell'ADSL, è la medesima sia in entrata sia in uscita (downstream e upstream);

■ **connessione permanente:** la connessione alla rete è permanente, ossia garantita 24 h su 24;

■ **velocità altamente modulare:** usando la prestazione ATM-IMA (*Inverse Multiplexing Application*) l'accesso può essere variato (scala-

to) a passi di 2 Mbit/s sino a 155 Mbit/s. In questo caso, sono necessari una linea e una coppia di modem per ogni accesso a 2 Mbit/s. I costi sono naturalmente più elevati che nel caso dell'ADSL, ma minori di quelle della rete CDN (*Circuiti Diretti Numerici*), rispetto ai quali risultano comunque di minore pregio, non presentando le stesse caratteristiche di continuità e di garanzia del servizio.

Da un'indagine dell'Assinform risulta che a fine 2002 ancora una minoranza di imprese (circa il 30% su 110 mila) dispone di collegamenti a larga banda (in fibra ottica o DSL), mentre presso la Pubblica Amministrazione questa percentuale scende al 18%. Il potenziale di crescita è, però, elevato, e si stima che un'ulteriore 24% delle imprese già si trova nella condizione di non poter più fare a meno della connessione a banda larga quale supporto per i servizi integrati d'informatica e telecomunicazioni.

Tra i servizi maggiormente apprezzati e impiegati dalle aziende dotate di connessioni a larga banda spiccano quelli di *hosting*, di *back up* e di *disaster recovery*. Interesse riscuotono anche i servizi legati alle problematiche che fanno capo alla sicurezza come, per esempio, le reti virtuali private (VPN).

Meno diffusi sono al momento i servizi di *video streaming*, di VoIP e di SAN (*Storage Area Network*).

7. SERVIZI MULTIMEDIALI PER L'UTENZA RESIDENZIALE

Per molto tempo si è cercata (e qualcuno sta ancora cercando) la *killer application* che giustifichi la richiesta di banda larga da parte degli utilizzatori. Come richiamato precedentemente, l'ADSL nacque storicamente per rendere possibile il *Video on Demand* - essendo la trasmissione video l'applicazione che richiede, più di altre, una banda larga - applicazione che, in pratica, si è rivelata essere un insuccesso.

È probabile, invece, che non esista una singola applicazione particolarmente importante: è molto probabile che Internet e l'insieme di applicazioni a essa associate costituiscano nel loro insieme la *killer application*, che si personalizza a seconda dell'utente. Questa esigenza può concretizzarsi in servizi quali: lo scambio di file audio e video e le *chat* per i giovani;

l'accesso alla Pubblica Amministrazione e ai servizi per i cittadini per gli studi professionali; la ricerca documentaria e d'informazione per numerose tipologie d'utenti. In realtà, vi è un intero mondo di applicazioni (Tabella 3), fruibili da diversi soggetti, o dallo stesso soggetto, a seconda delle esigenze e delle circostanze.

L'aumento della velocità delle connessioni fornito dai progressi tecnologici pone, in particolare, la questione d'individuare applicazioni e servizi multimediali interattivi che realmente utilizzino la larga banda. Si fa qui riferimento alle possibilità insite nelle connessioni ADSL che ormai cominciano a essere un'offerta generalizzata sotto la spinta dell'operatore dominante e, con maggiori difficoltà dovute all'unbundling (come chiarito nel precedente paragrafo 6), anche da parte dei suoi concorrenti.

Possono essere innanzitutto distinti due casi. Il primo riguarda lo *scaricamento veloce* da Internet (in particolare, in connessione peer to peer) di file che hanno dimensioni sempre maggiori (i già citati file video che possono anche essere relativi a interi film, ma anche riguardare CD musicali completi). Questa esigenza costituisce probabilmente, in questo momento, il maggiore stimolo alla richiesta di collegamenti a larga banda.

Un secondo caso è, invece, la *fruizione in tempo reale* di programmi audiovisivi, che, a loro volta, possono essere file registrati presenti in archivi, o avvenimenti dal vivo. Questa esigenza è resa possibile dall'invio di flussi (*streaming*) di file multimediali. Si tratta di una tecnologia che permette la diffusione di audiovisivi via Internet, o meglio tramite le reti basate sul protocollo IP.

In generale, questo processo è tanto più efficace, quanto più il collegamento è veloce e ha una banda garantita. Sono disponibili già, anche in Italia, siti appositamente creati per fornire questo tipo di contenuti dedicati agli utenti della banda larga. Uno fra i più famosi è *My-tv*. Oltre ai cortometraggi animati, il sito offre interviste video a diversi personaggi del mondo dello spettacolo, del cinema e della musica; presentazione di *trailer* di film e video musicali. Un altro settore in cui la banda larga è di grande importanza, soprattutto per giocare on-line, è quello dei *videogame*. Microsoft e Sony hanno, per esempio, lanciato recente-

Informazione e Comunicazione	Intrattenimento	Televisione e multimedia
		Foto/video
		Audio-HiFi
		Gioco
	Socio-Culturali	Accesso da remoto a LAN aziendale
		Telelavoro, lavoro cooperativo
		Home news, Info-push e comunità virtuali
		Home banking, acquisti e pagamenti on-line
	Telecomunicazioni	Telemedicina, Teledidattica
Integrazione con cellulari, PDA ecc. per mobilità		
Servizi telefonici		
Videocomunicazione		
Automazione Domestica	Sicurezza	E-mail
		Telesoccorso
		Antintrusione, video controllo
	Gestione Ambiente	Antincendio, antifughe gas
		Distribuzione energetica e consumi
Robotica Domestica	Gestione automatizzata apparecchi di casa	

mente sui diversi mercati (Giappone, USA, Europa) alcuni servizi orientati ai possessori di *console Xbox e PS2*, con interfaccia nativa o aggiunta (*add-on*), per collegamenti a larga banda: giochi *multiplayer on-line* con l'eventuale interazione vocale fra i giocatori, e con scene e livelli e personaggi aggiuntivi da scaricare ecc.. Un altro esempio commerciale è quello del cosiddetto *GoD (Game on Demand)*, nel quale i titoli per PC sono giocati attraverso collegamenti a larga banda verso server in rete, invece, che essere prelevati dal lettore CD locale. I vantaggi di questa soluzione si ritrovano nella possibilità di provare un gioco con una spesa ridotta, di diversificare le offerte (noleggio per x ore, per un week-end, per una settimana, acquisto definitivo) e in prospettiva anche di controllare meglio il fenomeno della pirateria. Spesso, inoltre, i filmati di presentazione dei giochi sono file che per essere utilizzati al meglio richiedono una connessione a larga banda.

TABELLA 3

Servizi e applicazioni multimediali per ADSL

0

Sono stati creati dei siti che raccolgono tutti i contenuti dedicati ai videogiocatori che utilizzano connessioni veloci. È possibile scaricare lunghe sequenze tratte dai giochi in azione o filmati che hanno come protagonisti i personaggi dei videogame.

1

Sono state anche predisposte alcune sezioni dei principali portali (di solito dedicate ai sottoscrittori del servizio di connettività a larga banda) appositamente per contenuti, quali musica, informazione e documentari, da scaricare in streaming. In Italia, per esempio, sono disponibili i siti *Alice Wonderland*, *Virgilio X* e *Tiscali Broadband* e ultimamente la Società *RAI-Click* ha reso accessibili i vecchi programmi della RAI. Da ultimo, ma non meno importante, è l'utilizzo dello streaming per trasmettere i notiziari via Internet, servizio che si va diffondendo sempre maggiormente. Il telegiornale della rete televisiva La7 è già on-line con diverse edizioni al giorno. La RAI fornisce la possibilità di rivedere i principali telegiornali e trasmissioni di vario genere, con connessione a 300 kbit/s. Anche le emittenti radio, già da tempo, hanno capito l'importanza di un mezzo di comunicazione come Internet, soprattutto fra i giovani, e permettono di ascoltare la radio on-line e programmi creati esclusivamente per lo streaming, con *Disk Jockey* dedicati ad appositi contenuti o alla trasmissione di video musicali.

0

Queste offerte sono di solito gratuite, anche perché non possibile garantire a priori la disponibilità della banda richiesta e, quindi, la qualità finale della fruizione del servizio. Non è ancora chiara la risposta del mercato se queste offerte fossero proposte come servizi a pagamento, prospettiva quanto mai probabile considerati gli scarsi ritorni della pubblicità on-line. Un tema di particolare interesse per i potenziali sviluppi di business è il rapporto tra ADSL e televisione: in linea di principio, le velocità più elevate offerte con l'ADSL sono sufficienti per fruire di contenuti video in tempo reale che, codificati, ad esempio con MPEG-4, possono raggiungere buoni livelli di qualità già a velocità di 1 Mbit/s (per esempio, nel caso di film codificati *off-line* in modo ottimizzato). Ma, come si è detto, esistono anche offerte di Fastweb in MPEG-2 con ADSL a 6 Mbit/s.

1

Modelli di pura trasmissione diffusiva (*broadcast multicasting*) appaiono condizionati da aspetti tecnici e di banda disponibile nella rete

nella sua interezza (un video di buona qualità richiede 3 Mbit/s), oltre che dalla concorrenza del satellite e della futura televisione terrestre. Sia Fastweb che Telecom Italia hanno allo studio la possibilità di estendere il servizio ADSL anche a trasmissioni televisive multicasting. A lungo termine potrebbero essere più promettenti modelli di Video on demand (nel senso ampio sopra ricordato), e di televisione interattiva, anche se in questo momento non paiono trovare grande risposta da parte del mercato. Una particolare e interessante applicazione della larga banda consiste nella videocomunicazione con buona qualità, che rappresenterebbe la versione in chiave tecnologica moderna e a costi contenuti del vecchio concetto di videotelefonata che non è mai riuscito a decollare per i prezzi elevati. Il servizio è già offerto da Fastweb e anche Telecom Italia si appresta a offrirlo dopo un accordo d'interconnessione con Fastweb. In quest'applicazione, la natura asimmetrica del collegamento ADSL stabilisce - come limite superiore alla qualità dell'immagine - la velocità di upstream, pur tenendo conto che i più recenti progressi nel campo della compressione video consentono di ottenere con soli 256 kbit/s una qualità paragonabile a quella degli attuali sistemi ISDN professionali a 512 kbit/s.

In tutti i casi di applicazioni in tempo reale, sopra menzionati, si è di fronte a un problema di qualità e di garanzia di continuità, che non è certamente prerogativa dei servizi offerti a basso costo agli utenti residenziali. La banda di piccolo del collegamento ADSL, anche se apparentemente dedicata al singolo utilizzatore, può essere, secondo la comune esperienza, ridotta sensibilmente dal resto della catena, per motivi attribuibili alla velocità del *server* di erogazione ovvero a problemi di congestione della rete di trasporto o all'accesso contemporaneo di molti utenti sullo stesso sito. Possono aiutare da questo punto di vista (specie per i download, ma non per la videocomunicazione) soluzioni di *Content Delivery Network* (CDN), caratterizzate dalla presenza di server periferici che replicano i contenuti più richiesti.

Si può concludere, dunque, che le soluzioni tecniche alla necessità di garantire la qualità dei servizi offerti su reti a larga banda sono già disponibili, ma l'opportunità di introdurle sarà necessariamente legata a considerazioni di mercato e di convenienza economica.

8. GLI SVILUPPI TECNOLOGICI ATTESI DELLA FAMIGLIA DSL

Da quanto si è esposto nei paragrafi precedenti, sembra possibile concludere che, nell'evoluzione delle reti verso le connessioni a larga banda, le coppie simmetriche in rame tradizionali continueranno a svolgere un ruolo importante per un certo numero di anni ancora, anche quando le esigenze di banda supereranno valori di vari Mbit/s per connessione. Sembra, pertanto, opportuno soffermarsi in chiusura di quest'articolo su alcune considerazioni legate alle prospettive tecnologiche dei sistemi DSL.

L'opinione diffusa è che la connessione in fibra ottica dell'utente FTTH è ancora in numerose situazioni d'impianto eccessivamente onerosa e non sempre facilmente realizzabile: essa richiederà, pertanto, un certo tempo per diventare competitiva. Una soluzione economicamente valida nel transitorio potrebbe essere costituita dalla combinazione di una tratta in fibra ottica fino a un punto prossimo a più utenti e l'impiego del doppino telefonico per la connessione finale. Questa topologia è chiamata variamente FTTC (*Fibre To The Curb*) o FTTB, secondo le soluzioni topologiche o realizzative.

Da un punto di vista tecnologico, nello sviluppo della famiglia DSL, il sistema VDSL (*Very High Speed Digital Subscriber Line*), oggi allo studio, può essere considerato, nei casi in cui la distanza lo consenta, l'erede dell'ADSL che ormai tende sempre più ad affermarsi.

Secondo l'attuale impostazione i sistemi VDSL sono in grado di trasportare dati fino a 58 Mbit/s e possono essere realizzati per connessioni simmetriche o asimmetriche, secondo le esigenze dell'applicazione.

A causa delle limitazioni fisiche del portante (l'attenuazione del doppino cresce sensibilmente con la frequenza), la distanza massima su cui un VDSL può operare è limitata a meno di 1,5 km. Nella tabella 4 sono riportate le massime velocità VDSL impiegabili in funzione della lunghezza del doppino di utente. Il VDSL, di cui oggi esiste qualche primo esemplare, è ancora in fase di definizione: le attuali soluzioni pionieristiche sono, infatti, mirate principalmente a sperimentare la qualità di funzionamento sulle linee telefoniche esistenti. Un parametro importante, ancora poco cono-

Distanza (metri)	"Down-stream" data-rate Mbit/s	"Up-stream" data-rate Mbit/s
300	52	6.4
300	26	26
1000	26	3.2
1000	13	13
1500	13	1.6

sciuto, è la massima distanza che, con i sistemi VDSL, può essere realizzata in modo affidabile per una certa velocità di trasmissione. La causa principale di questa incertezza è legata al comportamento trasmissivo della linea nel campo di frequenze usate. Mentre, infatti, nel caso degli accessi ISDN e ADSL, le eventuali diramazioni sul doppino, o il suo prolungamento nell'ambito della residenza dell'utente, hanno effetti noti e controllati, nel caso di introduzione di sistemi VDSL si richiedono necessarie accurate sperimentazioni e indagini aggiuntive. Gli effetti di compatibilità e suscettibilità elettromagnetica sono altresì motivi d'indagine sperimentale sul campo.

Nel più generale campo delle applicazioni a banda larga, in particolare per il riversamento rapido di un film, il VDSL potrebbe risolvere il problema di entrare a casa dell'utente con più di un canale televisivo con l'impiego di un solo doppino per favorire i diversi componenti di una famiglia che vogliono vedere trasmissioni diverse. Naturalmente, l'evoluzione delle tecnologie, in particolare quella ottica, e dei servizi per l'utente, potrebbero essere tali da accelerare lo scenario presentato e spingere verso la realizzazione di reti più "ottiche" verso l'utenza finale, riducendo o addirittura cancellando la finestra temporale in cui potrebbero collocarsi i sistemi VDSL.

9. IMPIEGO DEI SISTEMI DSL NEL MONDO E PREVISIONI PER IL FUTURO

Il mercato mondiale dell'ADSL, nel 2002, ha mostrato una crescita considerevole nonostante il periodo di stagnazione economica che ha colpito anche il settore delle telecomunicazioni. Le valutazioni degli analisti effet-

TABELLA 4

Velocità VDSL tipiche in funzione della lunghezza del rilegamento di utente

tuate sulla crescita di settore a inizio 2002 sono risultate sostanzialmente corrette. Le modalità e le tempistiche di crescita sono, tuttavia, risultate differenti da Paese a Paese.

A fine 2001, si contavano nel mondo poco meno di 19 milioni di ADSL installati mentre a fine 2002 tale numero era cresciuto a circa 36 milioni con una crescita percentuale vicina al 100%. La situazione del 2002 per i principali Paesi è riportata in figura 8.

Secondo molti analisti il mercato dovrebbe mantenere anche nel corso del 2003 tassi di crescita elevati con valori previsti a fine anno compresi tra i 55 ed i 60 milioni di unità. Tuttavia alcuni Paesi, quali ad esempio la Cina, hanno mostrato nel corso degli ultimi mesi dell'anno passato tassi di crescita elevatissimi e, quindi, secondo alcune previsioni anche il valore di 60 milioni di terminazioni potrebbe rivelarsi in errore per difetto. Oggi il 3,6% delle linee telefoniche del mondo risultano equipaggiate con ADSL.

È sicuramente l'Asia con quasi il 50% del mer-

cato complessivo il continente in cui il successo dell'ADSL è più evidente. È notevole osservare in figura 9 il numero di sistemi DSL installati in percentuale della popolazione, tra cui spiccano le particolari situazioni di Corea del Sud e Taiwan ulteriormente rinforzate dalla presenza in questi Paesi anche delle soluzioni in *cable modem*. In particolare, in Corea del Sud il 70% delle abitazioni è raggiunto da sistemi a banda larga con notevole incoraggiamento da parte del Governo e da parte di molti ministeri tra cui, in primo piano, l'impiego per didattica. Un certo rallentamento nei tassi di crescita del Nord America ha consentito all'Europa di raggiungere e superare la quota di mercato detenuta dal Nord America in cui il DSL è diffuso al 10% della popolazione in Canada ed al 3,5% in USA (in ambedue i Paesi i collegamenti in *cable modem* sono più che doppi rispetto a i sistemi DSL).

Negli USA la crescita è risultata inferiore a quella degli anni precedenti: molti operatori, in particolare i CLEC (*Competitive Local Exchange Carrier*) specializzati nel settore, hanno avuto forti difficoltà. La competizione dei *cable modem* risulta in alcuni Paesi molto efficace: negli Stati Uniti, nel Regno Unito, in Olanda, in Canada e in Austria, per esempio, la diffusione dei *cable modem* risulta superiore a quella degli ADSL.

In Europa il ruolo di *leader* nel settore è detenuto dalla Germania (oltre 3 milioni di apparati) anche se Danimarca, Belgio e Finlandia vantano la maggior penetrazione percentuale. Buoni valori di crescita si sono ottenuti anche in Paesi, come la Francia e il Regno Unito, in cui la diffusione dell'ADSL era risultata in passato più modesta. Le previsioni di quota di mercato stimate da diversi analisti per le infrastrutture d'accesso indicano le connessioni DSL come un sistema di successo per un lungo periodo transitorio (Figura 10 per il mercato europeo).

10. CONCLUSIONI

La numerizzazione del trasporto di informazioni, unita alla codifica numerica dei contenuti e alla compressione di tutti i tipi di informazione e in particolare di quelli audio-video, sta realizzando la famosa (e facile) profezia di Nicholas Negroponte, secondo la quale i bit sono bit, qualunque sia la sorgente informativa da cui provengono e qualunque sia il mezzo in cui sono immagazzinati, diversamente

FIGURA 8

I primi dieci Paesi in numero di linee DSL installate alla fine del 2002

(Fonte: point-topic.com)

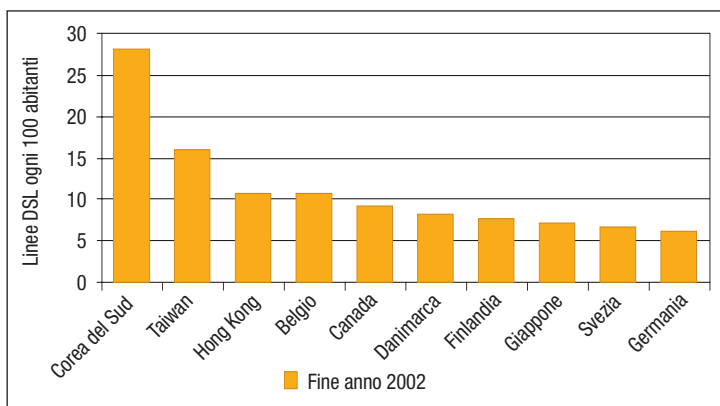
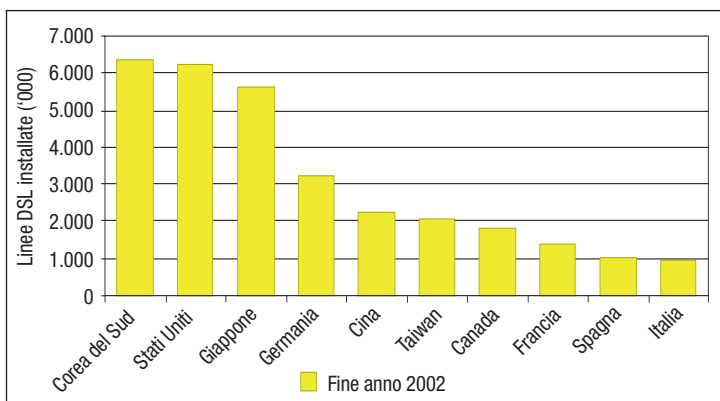


FIGURA 9

I primi dieci Paesi in numero di linee DSL per ogni 100 abitanti

(Fonte: point-topic.com)

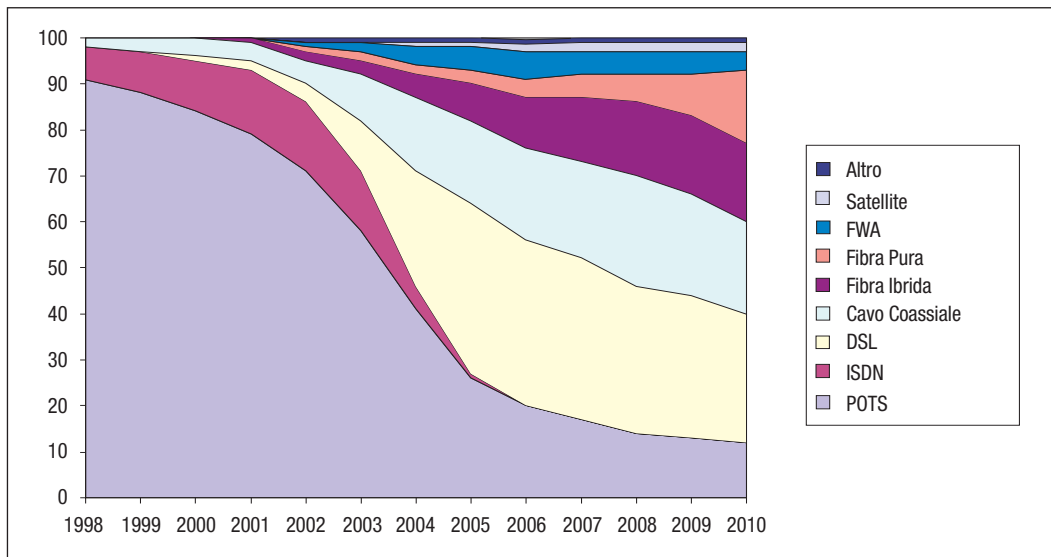


FIGURA 10

Previsione di distribuzione del mercato di accesso nelle case europee tra i diversi sistemi

(Fonte: The Development of Broadband Access Platforms in UE-Agosto 2001)

da quanto succede per gli atomi (intesi nel senso dei supporti materiali che costituiscono i diversi media). Si stanno di conseguenza attuando almeno tre convergenze:

la convergenza del trasporto dell'informazione: il segnale numerico su piattaforma IP porta qualunque tipo di contenuto (voce, dati, segnali audio, video, testi, immagini) sul medesimo canale che arriva a casa dell'utente;

la convergenza dei contenuti: la numerizzazione dei contenuti rende trattabili da una unica piattaforma mondi fino a poco tempo fa completamente distinti: libri, giornali, fotografie, film, segnali televisivi e musica;

la convergenza delle piattaforme e dei terminali: un'unica piattaforma basata su architetture tipo quello del PC e un unico terminale diventano di volta in volta giornale, libro, album fotografico, proiettore di diapositive, televisore, radio, registratore e riproduttore audio e video.

In questo quadro, i rilegamenti DSL si pongono oggi come il sistema più potente e "universale" (quasi tutti gli abbonati al telefono possono essere collegati mediante sistemi DSL) per dare l'accesso al mondo digitale a banda larga attraverso la rete pubblica esistente di telecomunicazioni.

Questi sono in estrema sintesi i motivi che giustificano le previsioni di mercato sopra riportate.

ANDREA BONATI, laureato in Ingegneria Elettronica nel 1971 presso l'Università di Padova. Nello stesso anno è entrato a far parte dei Laboratori di Ricerca e Sviluppo in

Telettra SpA occupandosi di ricerca e progettazione nell'ambito della Trasmissione su portante fisico con responsabilità crescenti. Nel Settembre 1986 è nominato responsabile della R&S per la Trasmissione su Linea Fisica. Nell'Ottobre 1994 assume la Direzione Tecnica dei Laboratori di Ricerca e Sviluppo di Alcatel in Europa e US per la Divisione Trasmissioni. Attualmente è Assistente Tecnico del Presidente della Divisione Reti Ottiche. andrea.bonati@netit.alcatel.it

BRUNO COSTA, laureato in Fisica presso l'Università di Torino nel 1969. Dal 1971 ha lavorato allo CSELT (ora *Telecom Italia Lab*, centro di ricerca del Gruppo Telecom Italia), operando e ricoprendo responsabilità nelle aree di ricerca delle comunicazioni ottiche, della fotonica, degli impianti di telecomunicazioni, della rete di accesso e delle reti domestiche. Attualmente è responsabile dei Laboratori riguardanti la rete trasmissiva su cavo. Autore di numerose pubblicazioni scientifiche, ha scritto contributi per libri ed enciclopedie e ha diretto importanti Convegni sulle comunicazioni ottiche. bruno.costa@TILAB.com

GUIDO VANNUCCHI, laureato in Ingegneria Industriale all'Università di Bologna nel 1958, "Master Science" in "Electrical Engineering" alla Stanford University nel 1963, Libera Docenza in Comunicazioni Elettriche nel 1971. Dal 1960 in Telettra SpA (oggi Alcatel Italia) essendo Direttore Generale dal 1983 al 1990. "Senior Consultant" prima di Italtel e poi di Olivetti Telemedia nonché coordinatore del progetto MxM ("Milano per la Multimedialità"). Vice Direttore Generale della RAI dal 1996 al 1998. Docente al Politecnico di Milano di "Sistemi e Tecnologie della Comunicazione".

Laurea "ad honorem" in Ingegneria delle Telecomunicazioni, conferita dall'Università di Padova nel 1998 per i contributi scientifici e manageriali apportati al campo della trasmissione dei segnali e per gli studi e le realizzazioni pionieristiche nel campo della televisione digitale.

redazione@mondodigitale.com