

Soluzioni di rete per l'offerta di servizi interattivi su sistemi ADSL

FERRUCCIO ANTONELLI
LAMBERTO PETRINI

La tecnica trasmissiva ADSL ha ormai raggiunto una maturità tecnologica tale da essere riconosciuta come una delle soluzioni più promettenti per la realizzazione di reti d'accesso a larga banda su cavi a coppie simmetriche in rame. L'attenzione dei costruttori e dei gestori di rete si sta oggi perciò concentrando sulla definizione di sistemi e di soluzioni in grado di valorizzare appieno le notevoli potenzialità offerte dal modem ADSL e capaci di offrire una vasta gamma di servizi sia alla clientela residenziale sia alla clientela affari e piccolo affari. In quest'ambito le caratteristiche e le potenzialità del sistema ADSL sono da inquadrare in un contesto più ampio di realizzazione di nuove reti di servizi.

1. Introduzione

Le notevoli potenzialità offerte dai sistemi di linea xDSL stanno trovando larghi campi di applicabilità presso tutti i principali gestori di reti di telecomunicazioni [1]. Mentre i sistemi *HDSL (High bit-rate Digital Subscriber Line)* sono utilizzati per la realizzazione di circuiti diretti a 2,048 Mbit/s, i sistemi *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*, *SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)* e *VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber Line)* sono proposti all'interno di soluzioni di rete per la fornitura di servizi a larga banda, sia per la clientela affari sia per quella residenziale. Queste soluzioni consentono di offrire servizi interattivi, servizi di video numerico commutati *SDVB (Switched Digital Video Broadcasting)* e *VOD (Video On Demand)*, servizi di accesso veloce a reti per dati ed in particolare a Internet e di realizzare reti private virtuali.

Inizialmente il sistema ADSL è stato utilizzato in diverse sperimentazioni con configurazioni che prevedevano il trasporto di flussi plesiocroni (1,544 o 2,048 Mbit/s) fra l'unità di centrale e l'unità remota con modalità sostanzialmente monodirezionale nel verso dalla rete al terminale del cliente. La crescente diffusione di servizi basati su reti *ATM (Asynchronous Transfer Mode)* e su reti *IP (Internet Protocol)* [1] ha reso però necessario definire un modello di servizio in grado da un lato di accogliere relazioni di traffico bidirezionale - seppure in alcuni casi sbilanciato - e dall'altro le modalità di trasporto di celle e di pacchetti dati sul sistema di linea ADSL [2].

Nell'offerta di servizi interattivi e di accesso a Internet il segmento di trasporto delle informazioni

nella rete di accesso mediante linee ADSL è integrato nell'ambito della catena di servizio completa, che presenta caratteristiche notevolmente diverse dai modelli di servizio tradizionali basati su linee dedicate o su accessi tramite la rete commutata (PSTN, ISDN).

In questo articolo sono mostrate le caratteristiche principali delle soluzioni di rete basate sulle reti di accesso ADSL per l'offerta di servizi interattivi. In particolare l'approccio illustrato prevede dapprima la descrizione del modello di business preso come riferimento e nel quale sono elencati i ruoli svolti dai diversi attori coinvolti. In questo modo è possibile meglio definire le interfacce logiche del servizio e allo stesso tempo identificare i diversi domini di competenza: in questo contesto l'utilizzo della tecnologia ADSL rappresenta il tassello con cui il fornitore dei servizi di accesso è in grado di offrire connettività con la rete all'utilizzatore finale.

Nell'articolo sono poi esposti gli aspetti tecnici e tecnologici della rete di accesso, identificando le caratteristiche del moltiplicatore ADSL (*MuxADSL*) come elemento di moltiplicazione e di flessibilità della rete. Sono infine presentate le differenti soluzioni di rete che possono essere realizzate in accordo con il modello di business impiegato come riferimento e che sono centrate sull'utilizzo del moltiplicatore ADSL.

Le soluzioni di rete riportate in questo testo sono suddivise in due gruppi secondo le caratteristiche del servizio di trasporto offerto dalla rete d'accesso: il primo prevede soluzioni che consentono di realizzare servizi di trasporto di livello due, in particolare ATM, il secondo invece riguarda soluzioni che permettono di gestire il livello tre, in particolare IP. In questo

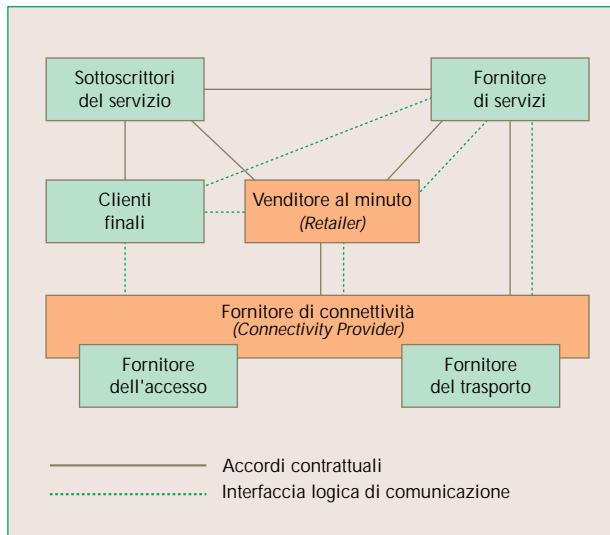


Figura 1 Modello di servizio.

secondo caso, al moltiplicatore ADSL come tecnologia di base si affianca un elemento di controllo e gestione del servizio, *NAS (Network Access Server)*, in grado di garantire accessi multipli ai servizi e di realizzare applicazioni di rete privata virtuale.

2. Modello di business per l'offerta di servizi interattivi su tecnologia ADSL

Il modello di servizio riportato in figura 1 propone uno schema generale per l'identificazione dei diversi ruoli nell'offerta di servizi di telecomunicazioni.

Nell'offerta di servizi interattivi su ADSL, il fornitore di connettività (*Connectivity Provider*), l'entità cioè che offre i servizi di accesso e di connettività al fornitore di servizio *SP (Service Provider)*, è responsabile dello sviluppo, dell'esercizio e della manutenzione delle reti di sua pertinenza nonché del rispetto dei livelli di qualità stabiliti con i clienti. In generale, il ruolo del fornitore di connettività si articola in due sottoruoli: il fornitore dell'accesso *AP (Access Provider)* ed il fornitore del trasporto *TP (Transport Provider)*, anche se spesso questi ruoli sono svolti da una stessa entità, in genere dal gestore della rete di telecomunicazioni.

In particolare, la rete di accesso basata su tecnologia ADSL è governata dal fornitore dell'accesso.

Il fornitore di connettività offre il servizio di accesso ai fornitori di servizio (*SP*), le entità cioè che offrono servizi a valore aggiunto ai sottoscrit-

tori del servizio, *SS (Service Subscriber)* sulla base di un contratto. L'*SP* è responsabile della ideazione, fornitura e gestione del servizio offerto agli utenti finali; può dotarsi di propri ambienti di esecuzione (*server*) o può utilizzare i servizi forniti da un fornitore di connettività o da altri.

In genere, la rivendita del servizio di accesso da parte del fornitore di connettività avviene in quantità (all'ingrosso). In questo caso è possibile individuare una funzione di rivendita al minuto svolta dal dettagliante (*Retailer*) sia verso i fornitori di servizio stessi sia verso i sottoscrittori del servizio.

In questo caso gli *SP* sono in genere quelli di Servizi Internet *ISP (Internet Service Provider)*, di reti d'azienda e quelli di contenuti *CP (Content Provide)*.

Gli *SP* offrono servizi ai sottoscrittori del servizio e, in pratica, alle singole entità (singola persona o società) che stipulano il contratto di sottoscrizione per la fornitura del servizio con l'*SP*. Il sottoscrittore del servizio è anche responsabile del completo rispetto degli obblighi contrattuali (ad esempio la fatturazione del servizio e la riscossione delle bollette) derivanti dall'utilizzo del servizio da parte dei clienti finali - indicati come *SU (Service User)* - e quindi della persona fisica che effettivamente impiega il servizio. L'infrastruttura di rete del cliente finale è denominata rete del cliente (*User Network*): essa comprende generalmente più terminali (*host*) facenti parte della stessa rete locale LAN, ma può anche essere costituita da un unico terminale quale un personal computer.

Il fornitore dell'accesso utilizza tecnologie trasmissive di accesso di tipo ADSL la cui struttura fisica prevede una terminazione di rete *NT ADSL (Network Termination ADSL)* presso la sede del cliente e un moltiplicatore di accesso ADSL (*MuxADSL*) lato fornitore di servizio secondo quanto riportato nella figura 2.

Il paradigma di offerta risulta quindi quello secondo il quale il cliente finale sottoscrive il servizio dal *SP*, che svolge tutte le funzioni di tipo commer-

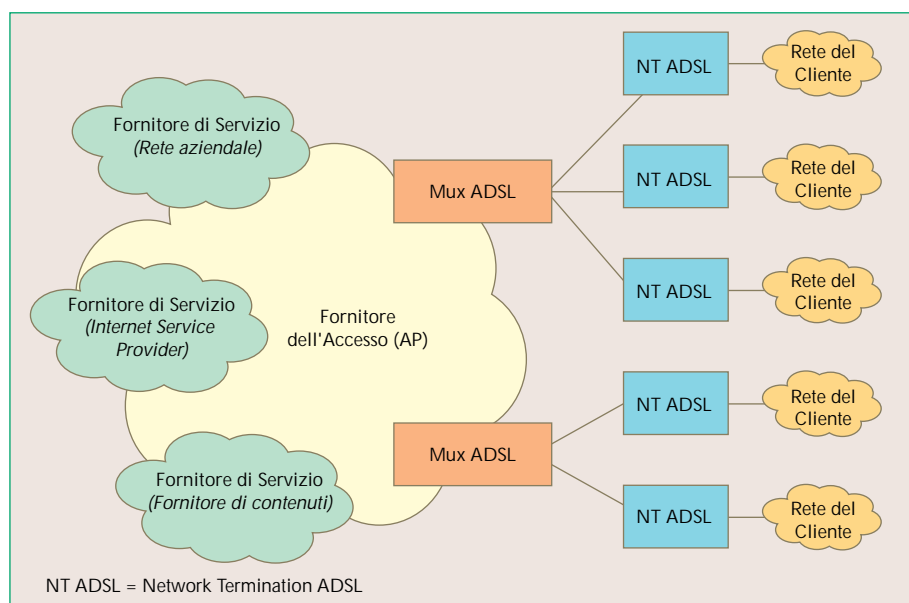


Figura 2 Scenario relativo ad un ambiente multi service provider per isole ADSL.

PROTOCOLLO PPP – POINT-TO-POINT PROTOCOL

Il protocollo PPP è stato definito per consentire il trasporto di pacchetti IP su circuiti punto-punto (connessioni commutate, linee dedicate, connessioni via satellite, connessioni SDH). Il suo progetto risolve anche altre problematiche quali l'autenticazione, l'assegnazione e la gestione degli indirizzi IP, l'incapsulamento sia asincrono (*start/stop*) che sincrono, la moltiplicazione del protocollo di rete, la configurazione del circuito, le prove sulla qualità della linea, la rilevazione di errori, la negoziazione della compressione (opzionale). Oltre ad IP, PPP consente il trasporto anche di altri protocolli quali *IPX* e *DECnet* utilizzati per le reti di computer.

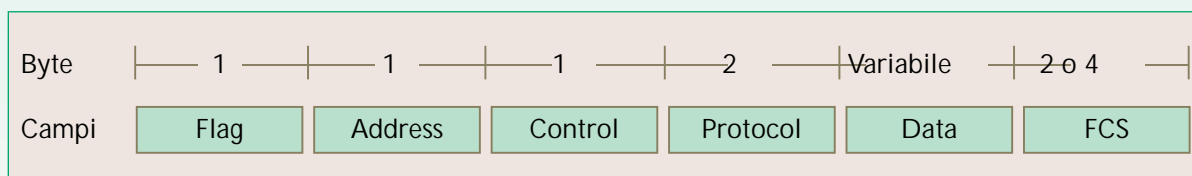
PPP è costituito da tre parti principali:

- un metodo per l'incapsulamento di datagrammi su linee seriali. In particolare PPP usa *HDLC (High-Level Data Link Control)*;
- un protocollo di controllo del collegamento *LCP (Link Control Protocol)* per stabilire, configurare e provare la connessione di dati;
- una famiglia di protocolli di controllo del livello di rete *NCP (Network Control Protocol)* per stabilire e configurare differenti protocolli di livello di rete. PPP consente, infatti, l'uso simultaneo di più protocolli di rete.

Per stabilire una connessione su un circuito punto-punto, il sistema che costituisce il PPP invia trame LCP per configurare e, in via opzionale, per provare la linea dati. Dopo che la linea è stata costituita da LCP, l'invio di trame NCP consente di indicare e configurare uno o più protocolli di rete che devono essere trasportati sulla connessione PPP. Quando un particolare protocollo di rete è stato configurato (ad esempio per la lunghezza massima e per quella media di trama, per il livello di diagnostica e correzione di errore), pacchetti di quel protocollo specifico di rete sono trasmessi sulla connessione.

La connessione rimane attiva finché le singole trame LCP o NCP concludono la sessione, ovvero nei casi in cui qualche evento esterno ne determini la conclusione (ad esempio scade una temporizzazione a seguito di un lungo periodo di inattività della connessione).

Il formato della trama PPP è riportato qui di seguito:



I campi sopra riportati hanno il seguente significato:

- **Flag:** indica l'inizio della trama. Consiste nella sequenza 01111110.
- **Address:** contiene la sequenza binaria 11111111 e rappresenta l'indirizzo di tipo diffusivo (broadcast) standard in quanto PPP non sceglie le stazioni individualmente (la connessione è del tipo punto-punto).
- **Control:** contiene la sequenza 00000011 e rappresenta la trasmissione di dati d'utente in una trama non numerata.
- **Protocol:** questi due byte identificano il protocollo trasportato nel campo dati della trama.
- **Data:** in questo caso i byte da zero a 1500 contengono il datagramma d'utente. È possibile allargare ancora il numero di byte.
- **Frame Check Sequence:** consente il controllo e l'eventuale correzione di errori di trama con un meccanismo di *FEC (Forward Error Correction)*.

ciali (vendita, assistenza e fatturazione). Il fornitore di servizio a sua volta acquista dal fornitore di connettività o dal dettagliante il servizio di accesso. I rapporti tra il fornitore di servizio e il fornitore d'accesso sono regolati da un contratto nel quale sono specificati in particolare procedure e tempi di fornitura, manutenzione e contabilizzazione dei consumi, livelli di qualità minimi da garantire.

3. Il moltiplicatore di accesso ADSL (MuxADSL)

Il modello di servizio illustrato in precedenza prevede che il fornitore dell'accesso raccolga il traffico degli utilizzatori finali tramite l'impiego di uno o più sistemi di moltiplicazione e che trasporti questo traffico aggregandolo sulla propria rete, per consegnarlo poi al fornitore di servizio. Le relazioni di traffico sono bidirezionali e le informazioni fluiscono quindi in entrambi i versi sebbene questi, nel caso di servizi interattivi, possano essere di differente capacità.

Il moltiplicatore di linee ADSL (*Mux ADSL*) è l'apparato nel quale sono poste le terminazioni ADSL di rete e dove sono gestiti i flussi di dati ed i segnali telefonici da e verso i clienti. Il segnale telefonico è estratto mediante l'impiego di un filtro passivo (*POTS splitter*) che separa, nella parte terminale del doppino del cliente, la banda telefonica da quella impiegata per la trasmissione dati [2]. Il segnale telefonico è instradato verso l'autocommutatore telefonico locale, mentre i segnali dati sono inviati verso la terminazione di linea ADSL.

Sono possibili diverse modalità di trasporto di informazioni dati su ADSL [4], [5] e [6]. Tra queste differenti possibilità la soluzione che utilizza la tecnica ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) [7] e [8] consente una gestione delle risorse di rete maggiormente flessibile in termini sia di banda e di qualità di servizio sia di riconfigurazione delle stesse connessioni. Inoltre la soluzione con MuxADSL di tipo ATM consente, rispetto ai sistemi tradizionali di moltiplicazione a pacchetto, una maggiore modularità del sistema permettendo anche di aggregare più di cinquecento linee ADSL su un unico moltiplicatore.

Nel seguito sono riportate le caratteristiche principali del sistema MuxADSL e delle modalità di trasporto con tecnica di tipo ATM su ADSL.

3.1 Caratteristiche del MuxADSL

La tecnica ATM permette di usufruire di una notevole flessibilità, in quanto consente il trasporto di una grande varietà di applicazioni con diversi profili di traffico e garantisce i parametri di qualità del servizio richiesti da ciascuna applicazione. Essa permette inoltre una rapida integrazione con la rete di trasporto dove la tecnica ATM è già utilizzata in diversi nodi di rete.

Nel caso di trasporto di celle ATM la canalizzazione dei diversi flussi informativi è realizzata utilizzando le potenzialità della tecnica ATM di moltiplicare su un unico flusso differenti connessioni virtuali di tipo VP (*Virtual Path*) e/o VC (*Virtual Circuit*); la normativa internazionale [4] [5] prevede, infatti, che il

trasporto di ATM su ADSL sia realizzato impiegando un solo canale, l'AS0¹, in direzione downstream ed un solo canale, l'LS0 (configurato in modalità *simplex*), in direzione *upstream* [1]².

La modalità di trasporto di celle ATM su modem ADSL permette di impostare in maniera indipendente la velocità di cifra nelle due direzioni di trasmissione, a passi di 32 kbit/s fino alla massima velocità permessa sul particolare rilegamento di utente. La velocità massima permessa dai sistemi ADSL è fino a 10 Mbit/s in direzione *downstream* e fino a 1 Mbit/s in direzione *upstream*.

Le soluzioni sistemistiche basate sulla tecnica ATM prevedono un apparato di centrale, denominato Nodo di Accesso (*Access Node*), ma chiamato anche MuxADSL o *DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)*: esso è costituito da diversi modem ADSL (fino ad alcune centinaia); al Nodo di Accesso (figura 3) sono interconnesse, tramite i doppi della rete di distribuzione, le terminazioni di rete NT (*Network Termination*) ADSL presso le sedi dei clienti. Al cliente possono essere fornite una o più connessioni ATM permanenti di tipo VP o VC.

Il Nodo di Accesso svolge le funzioni di adattamento fra la rete di transito ATM e la rete di accesso³. Le principali funzioni in esso effettuate sono qui di seguito illustrate:

- l'interconnessione con la rete di transito (*Core Network Interface*) tramite interfacce standard, generalmente a 155 Mbit/s (STM-1) od a 34 Mbit/s (E3), svolgendo le funzionalità di livello ATM e di livello fisico;
- la terminazione di linea dei sistemi trasmissivi ADSL utilizzati nella rete di distribuzione;
- la demoltiplicazione, in direzione downstream, delle celle ATM provenienti dalla rete di transito ed il loro instradamento verso le unità ATU-C (*ADSL Termination Unit - Central office*);
- la moltiplicazione, in direzione upstream, delle celle ATM provenienti dalle unità ATU-C verso la rete di transito;
- l'eventuale realizzazione di funzionalità ATM di *policing, traffic shaping e congestion control* [8];
- la fornitura di funzionalità per la gestione della rete di accesso.

(1) La specifica ANSI T1.413 sui sistemi ADSL indica le caratteristiche di moltiplicazione e di trasporto sul modem ADSL di alcuni sottocanali elementari nei due versi di trasmissione: essa più precisamente definisce il trasporto di quattro sottocanali simplex AS0, AS1, AS2 e AS3 (nella direzione dalla rete verso il cliente), di tre sottocanali duplex LS0, LS1 e LS2 e di un sottocanale di esercizio O&M [2].

(2) Nel caso in cui il modem ADSL sia stato progettato per operare con una struttura di trama a "doppio ritardo" (*dual latency*) è possibile utilizzare i canali AS1 e LS1 per la fornitura di una seconda connessione. Non sono state tuttavia finora realizzate soluzioni capaci di gestire contemporaneamente connessioni con un basso e un alto ritardo.

(3) Il Nodo di Accesso può essere costituito anche da una terminazione ottica ONU (*Optical Network Unit*) in configurazioni di reti ottiche passive PON (*Passive Optical Network*).

Le funzioni di multi/demultiplazione dei VC fra la rete di transito e gli ATU-C sono svolte dal blocco "Traslazione VPI/VCI e funzioni di ordine superiore" che provvede eventualmente anche a cambiare gli identificativi dei circuiti virtuali (VPI e/o VCI) [7] da e verso le unità ATU-C⁴. Nel Nodo di Accesso possono essere allocate, oltre alle schede ADSL, anche quelle HDSL, SDSL e VDSL.

Le terminazioni di rete NT ADSL installate presso la sede del cliente sono connesse al Nodo di Accesso tramite la rete di distribuzione in rame. L'NT termina, lato rete, tutte le funzioni di livello trasmissivo originate nel corrispondente modem ADSL di centrale. La NT ADSL può includere al suo interno anche funzionalità di traslazione di identificativi VCI e VPI. La terminazione di rete NT ADSL permette l'interconnessione con gli apparati del cliente (Set Top Box, PC, router) tramite interfacce standard; le interfacce oggi più diffuse sulla terminazione di rete NT ADSL sono l'interfaccia ATM a 25 Mbit/s (ATM25) [10] e quella Ethernet 10BaseT. Nel caso di connessione verso un'interfaccia 10BaseT, la terminazione di rete NT ADSL deve includere, oltre alle funzionalità già viste, anche quelle di terminazione di celle ATM e di incapsulamento su celle ATM delle trame Ethernet provenienti dall'interfaccia 10BaseT. Il nodo di accesso permette la connessione del cliente ADSL con il fornitore di servizi (SP) impiegando, a questo scopo, una o più connessioni sulla rete di transito. Le possibili soluzioni per l'interconnessione sono illustrate nel paragrafo successivo.

4. Soluzioni di rete per ADSL

I sistemi ADSL permettono di realizzare diverse modalità di interconnessione, e quindi differenti solu-

zioni di rete, tra i sistemi del cliente finale e le reti di servizio. A seconda del tipo di servizio di trasporto di dati realizzato sulla rete di accesso ADSL è possibile individuare soluzioni completamente basate su ATM, che offrono un trasporto di livello due, ovvero altre

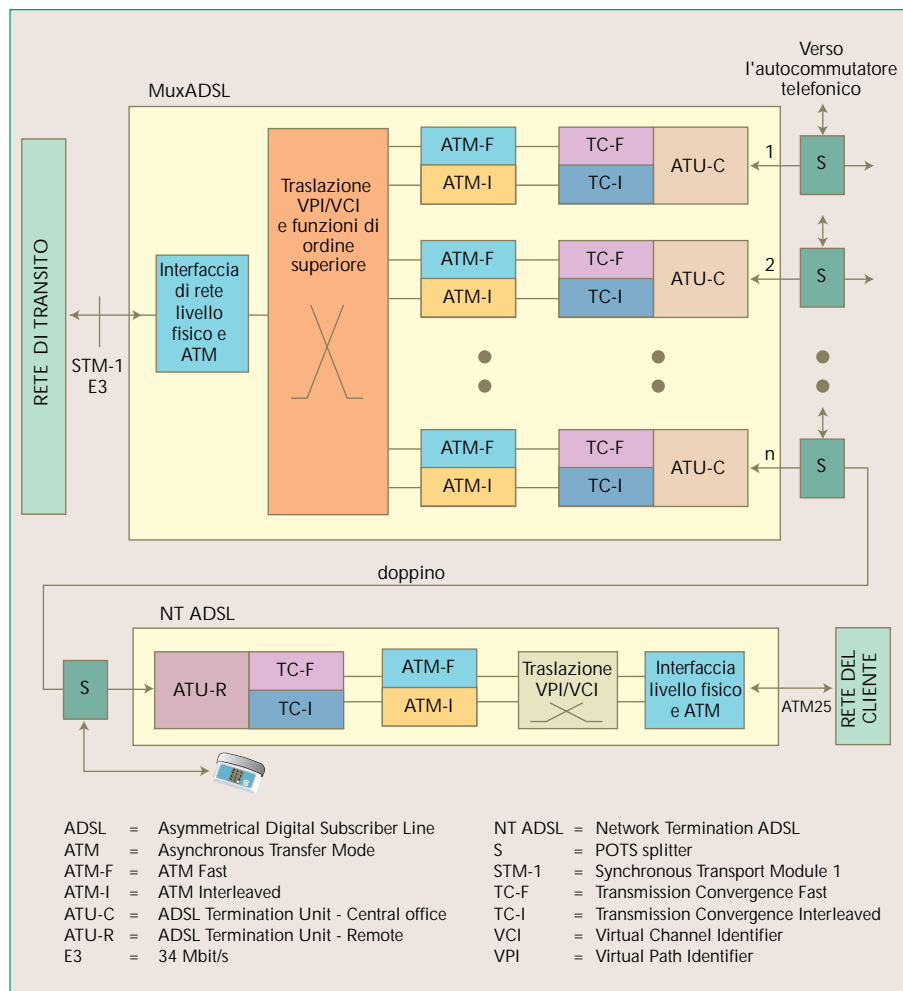


Figura 3 Esempio dello schema di riferimento relativo alla rete di accesso ADSL per il trasporto di celle ATM.

soluzioni basate sul protocollo IP che offrono un trasporto di livello tre, e che sono maggiormente indicate per l'accesso a Internet.

Nei paragrafi successivi sono illustrate le soluzioni di rete globali per consentire il traffico di dati dalla rete del cliente a quella di servizio.

4.1 Soluzione di rete completamente ATM

La soluzione di rete "completamente ATM" è caratterizzata dalla presenza di una o più connessioni ATM permanenti (PVC o PVP) fra il cliente e la rete di servizio (servizio del tipo *Always On*).

I Mux ADSL sono connessi alla rete di accesso ATM, mediante l'interfaccia E3 o STM1, come mostrato in figura 4; alla stessa rete ATM è connesso pure il nodo della rete di servizio, *PoP (Point of Presence)*, del fornitore di servizio mediante interfacce ATM E1, E3 o STM1 (è anche possibile l'in-

⁽⁴⁾ Nel caso in cui il sistema di linea ADSL sia in grado di gestire contemporaneamente i canali a doppio ritardo (Fast e Interleaved) devono essere previste nel blocco "Traslazione VPI/VCI e funzioni di ordine superiore" due funzioni di livello ATM distinte per ciascuna linea ADSL. Come è stato ricordato in precedenza la gestione contemporanea di canali "Fast" e "Interleaved" non è stata finora realizzata.

terconnessione tra la rete ATM e quella Frame Relay in modo da collegare i POP all'ingresso della rete Frame Relay).

Sul MuxADSL sono configurate connessioni ATM, di tipo PVP o PVC, che sono terminate, da un lato, sul modem *ATU-R (ADSL Termination Unit - Remote)* presso il cliente e dall'altro sul nodo della rete del fornitore di servizio; queste connessioni transitano sulla rete ATM di accesso fra MuxADSL e nodo di servizio e possono essere di tipo simmetrico o asimmetrico. In funzione poi del tipo di tecnologia ADSL e ATM impiegata è possibile configurare modalità differenti di trasporto ATM (CBR, UBR, VBR, ABR) [7] [8].

Nel caso in cui il cliente sia dotato di un modem ADSL con interfaccia ATM25 la connessione fra cliente e fornitore di servizio è interamente realizzata a livello ATM.

Quando la rete del cliente è invece collegata tramite interfaccia Ethernet, occorre realizzare delle funzioni aggiuntive all'interno della terminazione di rete ATU-R che permettano il trasporto delle trame Ethernet imbustate in celle ATM secondo lo schema riportato nella norma IETF RFC1483 [10]: in questo caso lo schema di interconnessione è basato sulla modalità *transparent bridging* con la quale la rete d'accesso trasporta in modo trasparente, tra la rete del fornitore di servizio e la rete del cliente, le trame Ethernet che si presentano a una delle due terminazioni della connessione ATM.

La soluzione "completamente ATM" presenta il vantaggio di essere relativamente semplice, di poter

numero n di sedi, di predisporre un numero $n(n-1)/2$ di collegamenti ATM.

Per quanto riguarda la rete di servizio del fornitore di servizi, essa può essere basata su diverse soluzioni:

- *ATM* - in questo caso le soluzioni sono caratterizzate da una connettività ATM da estremo ad estremo (*end-to-end*);
- *IP* - le connessioni ATM sono terminate su un router nella rete di servizio ed il traffico IP, recuperato all'interno delle trame Ethernet, è trasportato secondo modalità classiche IP [11];
- *Frame Relay* - in questo caso l'interconnessione avviene attraverso opportune unità di interconnessione tra la rete ATM e quella Frame Relay poste all'interno della rete di accesso ATM.

È anche previsto che le soluzioni completamente ATM potranno evolvere consentendo di poter realizzare connessioni ATM di tipo commutato *SVC (Switched Virtual Circuit)*, in grado di semplificare gli aspetti di gestione e di modularità realizzando in modo automatico, su richiesta del cliente finale, la costituzione ed il rilascio delle connessioni ATM; devono invece essere introdotte alcune funzioni aggiuntive negli apparati ADSL per permettere la gestione della segnalazione ATM.

4.2 Soluzione di rete IP

Nel caso in cui l'applicazione del cliente sia basata sul trasporto di pacchetti IP (quali, ad esempio, accesso a Internet, applicazioni per reti private aziendali, videoconferenza su IP) sono possibili alcune specializzazioni e miglioramenti rispetto alla

soluzione "completamente ATM", che comportano però una maggiore complessità della rete. L'elemento principale in questo caso è un meccanismo di controllo della sessione d'utente (*Virtual Dial Up*) che funziona in modo analogo a quanto realizzato per le soluzioni di accesso basate su rete commutata (*Dial Up*), telefonica o ISDN. In particolare il cliente finale accede alla rete indicando, all'interno della maschera di connessione, l'indirizzo IP o, in modo equivalente, il nome simbolico del dominio (invece del numero telefonico) a cui intende collegarsi per ricevere servizio, il proprio identificativo d'utente (*username*), la

propria parola d'ordine (*password*). Al termine della sessione di lavoro, si disconnette rilasciando le risorse di rete impegnate.

L'introduzione di questo meccanismo permette una maggiore flessibilità per l'accesso alla rete di servizio, consentendo al cliente finale di scegliere i servizi ed i profili di accesso desiderati e, ai Service Provider, il controllo dinamico dell'accesso alle reti ed ai servizi offerti, con la possibilità di personalizzarne le caratteri-

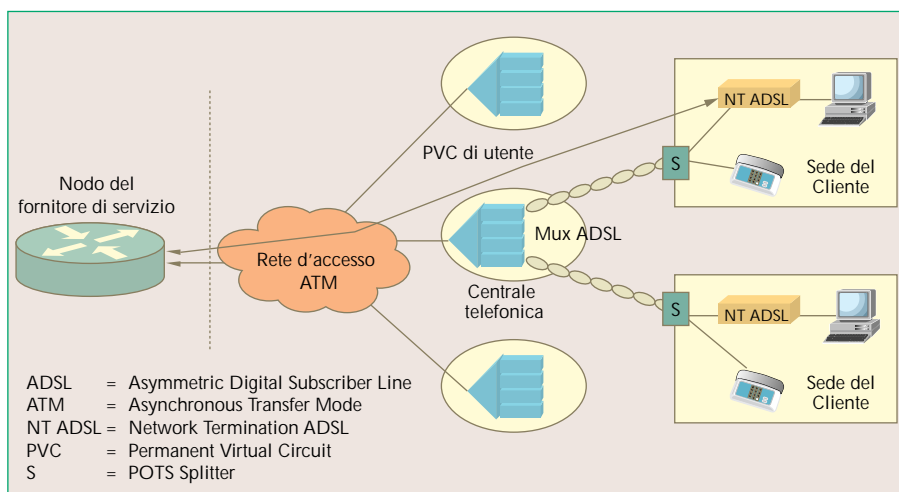


Figura 4 Soluzione di rete con interconnessione diretta di SP (Service Provider) alla rete.

essere già realizzata - in quanto sono disponibili gli apparati - e di costituire una naturale evoluzione dei collegamenti diretti numerici, in quanto consente una facile migrazione delle soluzioni già impiegate. Essa presenta invece l'inconveniente di richiedere una configurazione manuale delle connessioni ATM con un appesantimento della gestione e dell'esercizio della rete e di essere poco modulare in quanto richiede, per interconnettere a maglia completa un

stiche (rete privata virtuale, Intranet, Extranet, commercio elettronico) e di differenziarne la tariffazione (a volume, a tempo, forfettaria, per transazione, per fasce orarie).

Il meccanismo *Virtual Dial Up* prevede di inserire all'interno della catena di servizio una funzione denominata Server di Accesso alla Rete, conosciuta anche come *NAS (Network Access Server)*. Questa funzione è, in genere, realizzata all'interno di un apparato o di un sistema indipendente; in alcuni casi, essa è invece realizzata come funzione aggiuntiva di apparati già presenti in rete.

Il NAS è un dispositivo collocato in rete di accesso tra i Mux ADSL e i router del fornitore di servizi e costituisce il punto di flessibilità dell'architettura di rete all'interno del quale è possibile attuare la selezione dei servizi e trattare efficacemente le connessioni per il trasporto dei dati.

mente modesta) tra il sistema del cliente e la rete di servizio; questa funzione spesso non è gestita dagli apparati router tradizionali che sono maggiormente specializzati nella terminazione di poche connessioni ATM di grossa capacità.

Il sistema NAS può essere posizionato sia nel dominio del fornitore di servizio che in quello del fornitore di accesso.

4.2.1 NAS posizionato nel dominio del fornitore di servizi

Nel caso in cui il NAS sia posizionato nel dominio del fornitore di servizi (figura 5), il servizio gestito dal fornitore di accesso coincide in pratica con una soluzione "completamente ATM" in cui le connessioni ATM dalla rete d'utente sono terminate sul NAS.

Con il segnale inviato su queste connessioni, il cliente finale può comunicare al NAS l'intenzione di accedere a servizi specifici fornendo le proprie credenziali di accesso (*username e password, chip card, firma elettronica*).

Il NAS valuta la richiesta del cliente e, in base ai dati di profilo posseduti, stabilisce la possibilità del singolo cliente di accedere ai servizi richiesti. Le proposte più interessanti per la realizzazione di questi tipi di servizio prevedono che [12] la richiesta di accesso ai servizi avvenga attraverso l'instaurazione di una sessione *PPP (Point to Point Protocol)*; si veda riquadro di pagina 63), in analogia con la modalità tipica dell'accesso mediante la rete telefonica o ISDN, che prevede al suo interno i meccanismi

richiesti di autenticazione, autorizzazione e tariffazione.

La connessione PPP trasportata sulla connessione ATM predefinita [13] è terminata in genere nel NAS. Dal NAS in poi il traffico IP è trasferito con le modalità classiche delle reti Internet. In alcuni casi particolari, quali quelli relativi all'accesso remoto a reti aziendali, la connessione PPP potrebbe essere prolungata nella rete di servizio fino a terminare su un server remoto, consentendo così di mantenere le caratteristiche tipiche del PPP anche nella rete di servizio.

4.2.2 NAS posizionato nel dominio del fornitore di accesso

Nel caso in cui il NAS sia posizionato nel dominio del fornitore di accesso, le funzionalità del servizio sono le stesse riportate nel caso precedente; in questo caso varia il servizio offerto dal fornitore di accesso a quello di servizio. Questa configurazione (figura 6) prevede infatti che la rete d'accesso trasporti non solo celle, ma anche pacchetti dati PPP ovvero IP (trasporto di livello 3) e che in essa siano

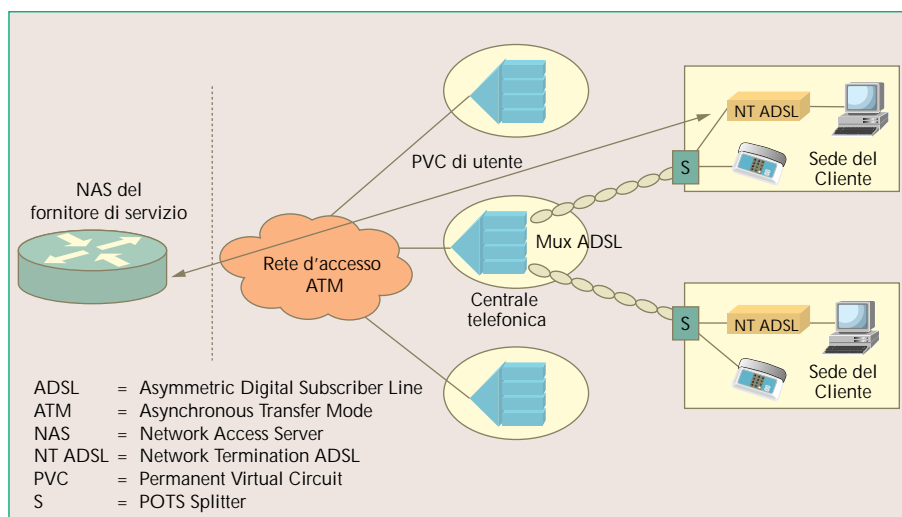


Figura 5 Interconnessione mediante NAS (Network Access Server) posto nel dominio del fornitore di servizi.

I NAS rappresentano una specializzazione dei router IP e consentono in particolare di svolgere alcune funzioni quali:

- la terminazione dei PVC ATM provenienti dai clienti e la concentrazione di essi in un numero più ridotto di connessioni verso ciascun fornitore di servizi;
- l'interconnessione alla rete di trasporto con interfacce di servizio di vario tipo (ad esempio ATM, Frame Relay, linee dedicate);
- la gestione degli utenti ADSL, per attuare i profili di servizio e per realizzare le funzioni di autenticazione, autorizzazione e tariffazione *AAA (Authentication, Authorization, Accounting)* secondo modalità che saranno illustrate nel seguito (paragrafi 4.2.1 e 4.2.2);
- la realizzazione di soluzioni di reti private virtuali *VPN (Virtual Private Network)*, con configurazione di gruppi chiusi di utenti e accesso protetto (ad esempio mediante canali virtuali denominati *tunnel*), a reti private ovvero *corporate*.

L'apparato NAS è inoltre in grado di terminare le numerose connessioni PVC ATM (con banda relativa-

L2TP: LAYER 2 TUNNELLING PROTOCOL

L2TP è un'estensione del protocollo PPP ed è impiegato per la realizzazione di reti private virtuali su IP. Esso consente di costituire connessioni virtuali (*tunnel*) per il trasporto di diversi tipi di protocolli (PPP, IP, IPX, Appletalk) idonei per differenti tecniche di trasporto (IP, ATM, Frame Relay, X.25, SDH ma anche Ethernet, Fast Ethernet, FDDI). Consente anche di moltiplicare più protocolli all'interno dello stesso tunnel e permette di gestire sofisticati meccanismi di sicurezza e di garantire una prefissata qualità di servizio.

L'architettura di funzionamento di L2TP prevede due componenti:

- **L2TP Access Concentrator (LAC):** riceve le connessioni d'utente (PPP) e le moltiplica verso L2TP Network Server avviando le funzioni di sicurezza, qualità di servizio, gestione di rete e di servizio relative alla connessione d'utente. Nel caso specifico di ADSL esso si identifica con il NAS e le funzioni di sicurezza sono svolte per procura (proxy) dal NAS in relazione con L2TP Network Server;
- **L2TP Network Server (LNS):** termina le connessioni L2TP provenienti da LAC e attiva i meccanismi di sicurezza e di controllo della qualità di servizio. Esso è in genere presente nella rete del fornitore di servizio (o della rete aziendale nel caso di soluzioni Intranet).

collocate le funzioni di controllo della sessione quali l'autenticazione, l'autorizzazione, la sicurezza e l'assegnazione dinamica delle risorse IP, definite in base sia al profilo d'utente sia ai servizi che possono essere da esso richiesti.

Con questa modalità di funzionamento il NAS del fornitore di rete termina le connessioni ATM (PVC) dei clienti ed esercita le funzioni di autenticazione, autorizzazione e tariffazione *AAA (Authentication Authorisation Accounting)* indicate in precedenza sulle sessioni PPP. Sulla rete di trasporto il NAS del fornitore di rete è connesso ai nodi dei fornitori di servizio mediante due possibili alternative:

- **tunnel L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol)** [14] su ATM, Frame Relay o IP - la sessione PPP è prolungata oltre il NAS ed è trasferita fino al nodo del fornitore di servizio; il NAS può effettuare le funzioni di autenticazione, autorizzazione e tariffazione (AAA) per conto del fornitore di servizi (funzionalità *Proxy*). Il protocollo L2TP permette di definire una connessione virtuale (tunnel L2TP) tra il NAS ed il nodo del fornitore di servizio su cui sono moltiplicate più sessioni PPP di clienti diversi, dirette verso uno stesso fornitore di servizio,

con la stessa qualità del servizio. Il tunnel L2TP può essere definito su una rete IP o su una connessione virtuale ATM o Frame Relay. Il nodo del fornitore di servizio *PoP (Point of Presence)* deve essere in grado di eseguire le funzioni di L2TP Network Server; deve permettere cioè di terminare un tunnel L2TP per ciascun NAS presente nella rete.

- **rete IP** - in questo caso tutte le funzioni di autenticazione, autorizzazione e tariffazione (AAA) sono svolte esclusivamente dal NAS di rete che termina

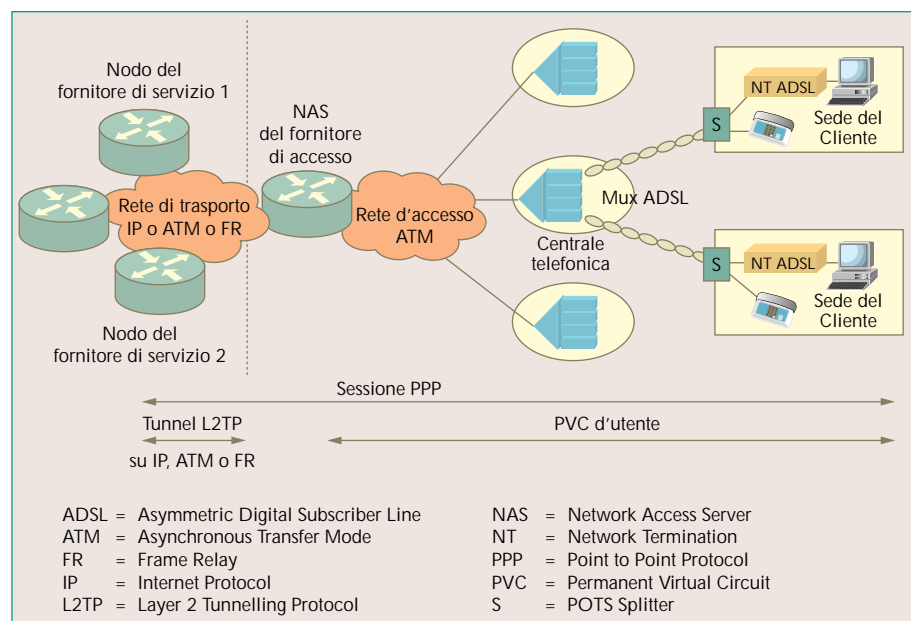


Figura 6 Interconnessione mediante NAS (Network Access Server) posto nel dominio del fornitore di accesso.

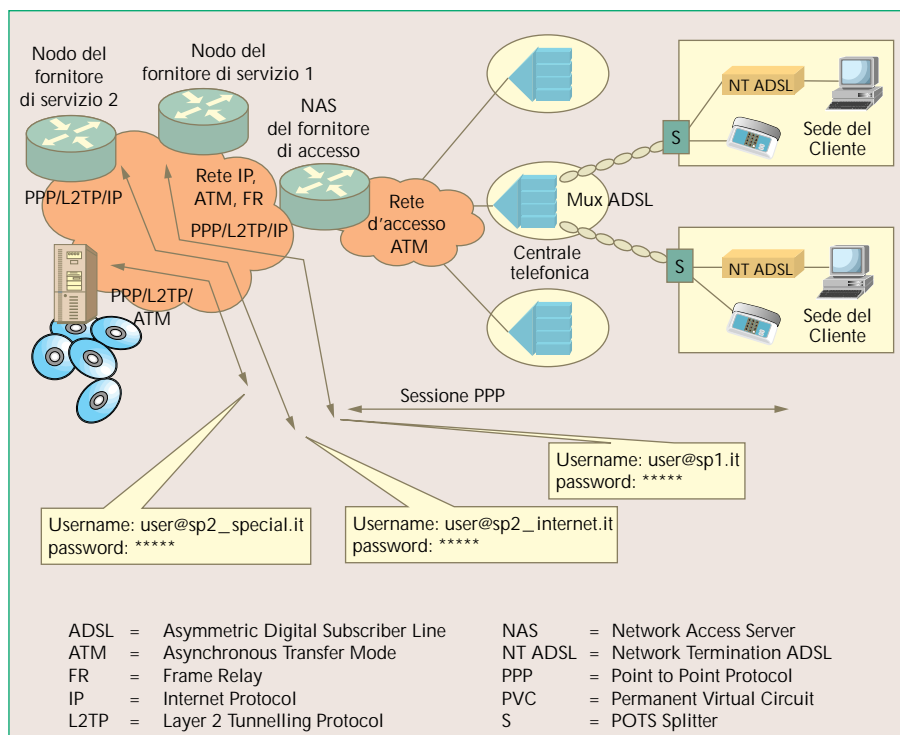


Figura 7 Selezione dinamica del fornitore di servizio.

le sessioni PPP sulla terminazione ATM del cliente finale e che instrada il traffico IP nella rete di trasporto.

Nel caso di ambiente in cui siano presenti una pluralità di fornitori di servizi, la soluzione con il NAS nel dominio del fornitore dell'accesso consente al cliente finale del fornitore di servizio (o dei relativi servizi) una selezione dinamica, così come mostrato nella figura 7. In particolare il campo *username* della sessione PPP è impiegato dall'utilizzatore finale nel corso dell'avvio della sessione di lavoro per indicare il fornitore di servizio o il servizio richiesto concatenandolo al proprio codice identificativo di accesso al servizio con il simbolo @.

Il NAS, ricevuti i campi *username* e *password* digitati dall'utilizzatore, interpreta il campo presente dopo il simbolo @ e provvede, nel caso di tunnel L2TP, a incapsulare la connessione PPP sul tunnel L2TP del fornitore di servizio designato ovvero, nel caso di rete IP, a terminare la sessione PPP ed a richiedere al fornitore di servizio prescelto l'autenticazione e l'autorizzazione a connettere il cliente che ha effettuato la richiesta di collegamento.

5. Conclusioni

L'utilizzo di soluzioni di trasmissione dati basate sulla tecnologia ADSL rappresenta un passaggio molto importante per valorizzare gli impianti in rame esistenti nella rete di accesso dei gestori tradizionali di telecomunicazioni. In questo articolo sono state descritte le soluzioni di rete adottabili per la fornitura di servizi interattivi fra i due estremi (*end-to-end*) costituiti dall'utilizzatore finale e dal fornitore di

servizi, cercando anche di indicare gli aspetti di maggior rilevanza e di criticità di ciascuna soluzione individuata.

Il punto di maggior pregio è costituito dal modello *Virtual Dial Up* che consente, pur nel rispetto della trasmissione dati *connection-less* tipica di Internet, di conservare il concetto di sessione, riprendendolo dall'accesso tipico di rete commutata. La criticità più importante di questa soluzione è costituita dalla mancanza, in sede di standardizzazione internazionale, di un modello di protocollo di collegamento tra il terminale del cliente e la terminazione di rete NT ADSL nel caso di accesso dell'utilizzatore alla rete attraverso interfaccia di tipo Ethernet. Tra gli aspetti evolutivi di maggior rilievo sembra opportuno infine segnalare lo sviluppo di soluzioni ADSL splitterless atteso per la

seconda metà del 1999, la cui normativa è stata ratificata in ITU-T alla fine del 1998 [15]. I sistemi ADSL Splitterless - in grado quindi di essere installati facilmente dall'utilizzatore finale senza modifiche dell'impianto telefonico preesistente [2] e [3] anche se particolarmente lungo (fino a 5 Km), ma con limitazione sulla massima velocità di cifra (1,5 Mbit/s *downstream*, 128 kbit/s *upstream*) - dovrebbero nel medio periodo affiancare e gradualmente sostituire i sistemi di accesso classici basati su modem telefonici necessari per accedere ai servizi Internet. La descrizione e le modalità di utilizzo di questi sistemi formeranno l'oggetto di un articolo successivo.

Abbreviazioni

AAA	Authentication Authorisation Accounting
ABR	Available Bit Rate
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AP	Access Provider
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATM-F	ATM Fast
ATM-I	ATM Interleaved
ATU-C	ADSL Termination Unit - Central office
ATU-R	ADSL Termination Unit - Remote
CBR	Constant Bit Rate

CP	Content Provider
HDSL	High bit-rate Digital Subscriber Line
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol
LNS	L2TP Network Server
MuxADSL	Multiplexer ADSL
NAS	Network Access Server
NT	Network Termination
ONU	Optical Network Unit
PON	Passive Optical Network
PoP	Point of Presence
PPP	Point to Point Protocol
PSTN	Public Switched Telephone Network
PVC	Permanent Virtual Circuit
PVP	Permanent Virtual Path
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SDVB	Switched Digital Video Broadcasting
SP	Service Provider
SS	Service Subscriber
STM-1	Synchronous Transport Module 1
SU	Service User
SVC	Switched Virtual Circuit
TC-F	Transmission Convergence Fast
TC-I	Transmission Convergence Interleaved
TP	Transport Provider
UBR	Unspecified Bit Rate
VBR	Variable Bit Rate
VC	Virtual Circuit
VCI	Virtual Circuit Identifier
VDSL	Very high bit-rate Digital Subscriber Line
VOD	Video On Demand
VP	Virtual Path
VPI	Virtual Path Identifier
VPN	Virtual Private Network

Bibliografia

- [1] Pietroiusti, R.; Volpe, M.: *Internet e le evoluzioni delle reti di telecomunicazioni*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 7, n. 1, aprile 1998.
- [2] Magnone, L.; Petrini, L.: *Sistemi xDSL per l'accesso ad alta velocità su coppie simmetriche in rame*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 7, n. 2, ottobre 1998.
- [3] Di Biase, V.C.; Petrini, L.: *Aspetti impiantistici dei sistemi ADSL*. Su questo stesso numero del «Notiziario tecnico Telecom Italia».
- [4] *Draft Standard on Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface*. T1E1.4/97-007R2, Issue 2, settembre 1997.
- [5] *ATM over ADSL Recommendations*. ADSL Forum, Technical Report 002, marzo 1997.

- [6] *Framing and Encapsulation Standards for ADSL: Packet Mode*. ADSL Forum, Technical Report 003, luglio 1997.
- [7] Garetti, E.; Pietroiusti, R.; Renon, F.M.: *ATM: modelli dei protocolli e funzioni di rete*. «Notiziario tecnico Telecom Italia», Anno 5, n. 2, settembre 1996.
- [8] Castelli, P.; De Giovanni, L.; Vittori, P.: *Controllo del traffico e della congestione nella rete B-ISDN: contratto di traffico e classi di trasporto ATM*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 6, n. 1, luglio 1997.
- [9] *Physical interface specification for 25.6 Mb/s over Twisted Pair Cable*. The ATM Forum Technical Committee, novembre 1995.
- [10] Heinanen, J.: *Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5*. IETF RFC1483, July 1993.
- [11] Antonelli, F.; Carissimi, M.; Iuso, F.; Pugliese, F.: *I protocolli TCP ed IP*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 4, n. 1, luglio 1995.
- [12] *An End-To-End Packet Mode Architecture With Tunneling And Service Selection*. ADSL Forum Technical Report TR-011 June 1998.
- [13] Gross, G.; Kaycee, M.; Li, A.; Malis, A.; Stephens, J.: *PPP Over AAL5*. IETF RFC2364 - July 1998.
- [14] Valencia, A. et alii: *Layer Two Tunneling Protocol - L2TP*. IETF Draft, October 1998.
- [15] *Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers*. ITU-T G.992.2, Transmission Systems and media, Draft Recommendation.

La biografia di Lamberto Petrini è riportata a pagina 80.



Ferruccio Antonelli si è laureato in Ingegneria Elettronica nel 1989 presso l'Università di Roma "La Sapienza" ed ha conseguito il Master of Science in Electrical Engineering dal Polytechnic University di New York nel 1990. Ha seguito in passato le tematiche relative ai servizi e alle tecnologie di trasmissione dati (Frame Relay, SMDS, IP/Internet, ADSL) partecipando ai maggiori Organismi di standardizzazione internazionale (ETSI, ESIG, Frame Relay Forum) e contribuendo ad alcune iniziative Telecom Italia per lo sviluppo di servizi IP (Interbusiness, Telecom on Line, SIRIUS, Prisma). È oggi responsabile della ingegnerizzazione dei sistemi di networking all'interno della linea Ingegneria di Reti Dati e Multimediali della Direzione Rete, Telecom Italia dove si occupa della identificazione e della industrializzazione delle soluzioni di rete per la gestione di servizi interattivi e di accesso ad Internet.