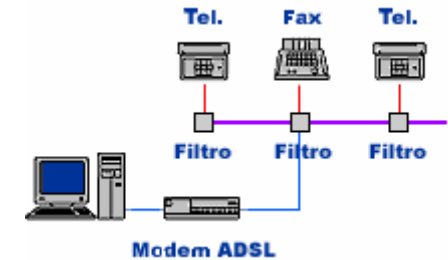


ADSL



[6. ADSL](#)

[6.2 Tecnologia DSL](#)

[6.4 Modulazione DMT](#)

6. ADSL

La tecnologia ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line ovvero “linea digitale asimmetrica di abbonato”) consente la trasmissione dati ad alta velocità utilizzando, come supporto, la comune linea telefonica basata sul doppino in rame.

Le applicazioni più importanti sono il collegamento ad internet ed il “video on demand” (servizi video su richiesta).

La trasmissione è asimmetrica perché la velocità di ricezione dei dati da parte dell’utente è diversa da quella di trasmissione. In particolare la prima può variare da 640Kbps a 8Mbps e la seconda da 16 a 640Kbps.

È una tecnologia che si è affermata, inizialmente negli U.S.A, alla soglia del 2000 e deve l’enorme successo al basso costo e alla immediatezza della installazione poiché non richiede cablaggi aggiuntivi: è sufficiente la linea telefonica già esistente in ogni casa e posto di lavoro.

I classici internet provider forniscono connettività ADSL all’utente privato con velocità fino a 640 Kbps in ricezione e 256 Kbps in trasmissione. La massima velocità raggiungibile, in realtà, dipende dalla capacità dei server e dallo stato di congestione della rete.

A seconda del tipo di contratto stipulato il fornitore del servizio ADSL, oltre alle velocità di punta, può fornire la minima velocità garantita in download (ricezione) ed in upload (trasmissione).

Per quanto concerne la modalità di connessione, alcuni contratti tengono conto del tempo di collegamento, della quantità di dati transitati oppure di un canone fisso mensile senza limitazione di tempo e del volume di dati. Sono altresì possibili forme ibride di contratto.

Per le piccole e medie aziende con reti locali costituite da alcune decine di PC, il provider ADSL offre connettività a velocità di punta maggiore e, soprattutto, una adeguata velocità minima garantita.

L’apparato attivo di rete è un adattatore ADSL in grado di estrarre i dati digitali in transito sulla linea telefonica e di trasmetterli, attraverso l’interfaccia USB o la scheda di rete, al computer e viceversa. Tale adattatore è, spesso, noto col termine improprio di “modem ADSL”.

6.1. Compatibilità dati e fonia dell'ADSL

La linea telefonica di un utente ADSL può trasportare sia dati che fonia. Se l'utente sta usufruendo della ADSL oppure se l'accesso ADSL è permanente una eventuale telefonata ricevuta o effettuata sarà affetta da disturbi per la presenza della componente dati ADSL ad alta frequenza.

Per eliminare tali disturbi si inserisce un filtro passa basso per ogni presa telefonica a cui collegare un telefono.

Si mostra in fig.33 il collegamento delle varie componenti per assicurare una corretta connessione ad internet con ADSL ed una trasmissione fonica non disturbata.

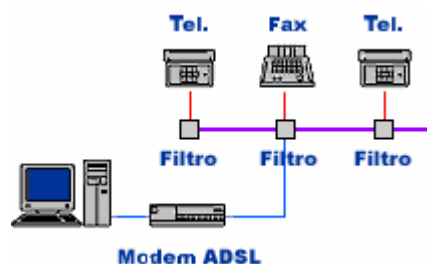


Fig.33. - Collegamento ADSL per singolo PC. Si hanno 3 prese telefoniche a cui sono collegati, tramite filtro, due telefoni ed un fax. Nella figura l'uscita ADSL del filtro collegato al fax è connessa al modem ADSL.

I filtri possono essere tripolari o RJ11 a seconda della presa telefonica a cui dovranno essere collegati.

Ciascun filtro presenta, spesso, due uscite: una va al telefono o all'apparecchiatura che intende utilizzare la normale linea telefonica tripolare o RJ11, l'altra va al modem ADSL in formato RJ11.

L'uscita che va al modem ADSL non è filtrata.

Nell'esempio si suppone di disporre di un solo computer e di utilizzare un modem ADSL da collegare direttamente alla presa telefonica. Se la presa telefonica a cui vogliamo collegare il modem ADSL è già occupata (in figura è impegnata dal fax tramite il filtro) si utilizza l'uscita del filtro denominata ADSL. Le uscite ADSL degli altri due filtri non sono utilizzate.

Il collegamento tra il modem ADSL e il PC può avvenire attraverso la porta USB o la scheda di rete a seconda dell'interfaccia prevista sul modem.

Si mostra in fig.34 lo schema di principio di tale filtro.

L'uscita del filtro da applicare al modem ADSL non attraversa alcun circuito filtrante: risulta collegato direttamente alla presa telefonica.

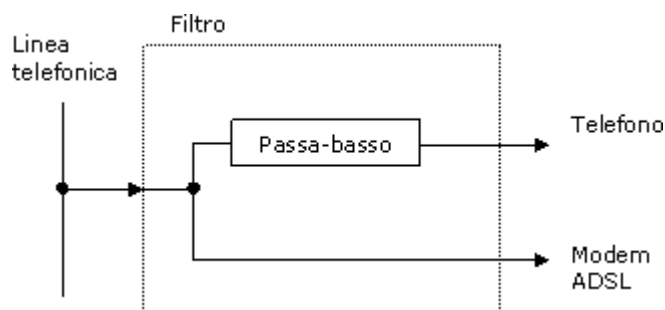


Fig.34. – Schema di principio del filtro ADSL.

Se, invece, si intende collegare ad internet, via ADSL, tutti i computer di una rete locale si dovrà utilizzare un router ADSL piuttosto che un comune adattatore ADSL.

Il router, infatti, come è noto, detiene le funzioni di instradamento per cui i dati che giungono da Internet vengono instradati correttamente sul computer della rete locale che ne ha fatto richiesta.

Gli apparecchi telefonici saranno collegati alla rete mediante filtri come visto nel caso precedente.

Se il router ha un numero di porte di uscita almeno quanti sono i PC, il collegamento router – PC avviene attraverso il classico cavo di rete UTP cat.5 con connettore RJ-45, uno per ogni PC.

Se, invece, il router ha un numero di porte inferiore al numero dei PC da servire, sarà necessario dotarsi di uno “switch” a cui collegare sia il router che ciascun PC.

Si mostra in fig.35 lo schema di principio di un collegamento ADSL per rete locale con la presenza di un router e di filtri da porre alle prese a cui si intendono collegare gli apparecchi telefonici.

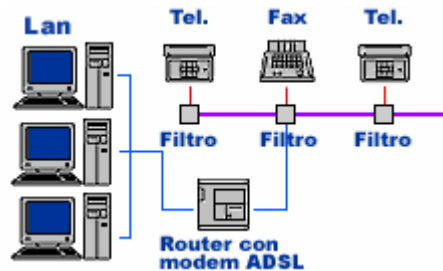


Fig.35. - Collegamento ADSL per rete locale. Al posto del modem ADSL, qui è presente il router ADSL con tante uscite quanti sono i PC della rete.

Se, infine, si ha una struttura che utilizza molti apparecchi telefonici, piuttosto che utilizzare tanti filtri quanti sono gli apparecchi, si inserisce un particolare filtro, noto col termine “splitter”. Lo splitter è necessario soprattutto quando l’impianto telefonico è dotato di centralini o sistemi di antifurto che si appoggiano alla linea telefonica.

Lo splitter è costituito da un filtro passa-basso per la fonia ed un filtro passa-banda per i dati ADSL; entrambi i filtri sono simmetrici per consentire la bidirezionalità della trasmissione vocale e della trasmissione dati senza interferenze.

La funzione di passa-banda e non passa-alto permette di evitare disturbi ad alta frequenza che possono influenzare il traffico ADSL.

Lo splitter è presente nell’adattatore ADSL; in tal caso se i filtri sono passivi si ha il vantaggio che, anche in caso di non funzionamento del modem, viene garantita la comunicazione telefonica. Lo splitter, dunque, presenta due uscite: l’uscita del filtro passa-basso va alle prese telefoniche o al centralino; l’uscita del filtro passa-banda è inviata all’adattatore ADSL o al router ADSL, a seconda delle esigenze dell’utente.

Il vantaggio dell’uso dello splitter sta nel fatto che non è necessario disseminare l’ambiente con tanti filtri.

Lo svantaggio consiste nel fatto che lo splitter deve essere installato a monte di tutte le prese telefoniche e per questo è necessario l’intervento di un tecnico del gestore di telefonia.

In fig.36 si illustra il caso di utilizzo di uno splitter supponendo di dover fornire il collegamento ADSL ad una rete locale e di essere dotati, quindi, di un router ADSL.

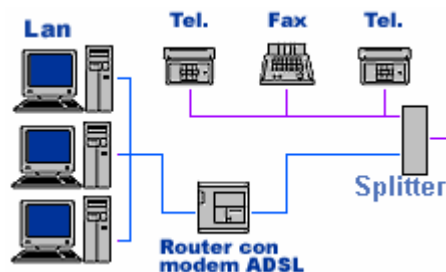


Fig.36. - Collegamento ADSL con l'uso dello splitter al posto di tanti filtri. L'uscita dello splitter inviata alle prese telefoniche contiene solo il segnale analogico di fonia. L'uscita dello splitter inviata al router ADSL contiene solo i dati ADSL.

6.2. Tecnologia DSL

La tecnologia DSL (Digital Subscriber Line) fa la sua comparsa negli anni '80 ma si afferma con l'avvento di Internet intorno al 1995. Fanno parte della DSL le seguenti tecnologie:

- HDSL
- SDSL
- VDSL
- ADSL

HDSL = Hi bit – rate DSL. È una tecnologia DSL che scambia dati alla velocità costante di 2,048 Mbps in entrambe le direzioni. Utilizza un solo doppino telefonico.

SDSL = Symmetric DSL. Presenta le stesse caratteristiche della precedente HDSL con la differenza che la velocità di trasferimento dati in entrambe le direzioni è di 768 Kbps. Inoltre, e questo è un difetto, la distanza tra l'utente ed il centro di commutazione più vicino non deve superare i 3,3Km. Ciò non rende sempre utilizzabile tale tecnologia.

VDSL = Very high speed DSL. È la più recente tecnologia della famiglia DSL. È asimmetrica e consente di raggiungere velocità da 13 a 52 Mbps in ricezione e da 1,5 a 6 Mbps in trasmissione.

Anche per questa tecnologia l'aspetto negativo è rappresentato dalla distanza tra l'utenza ed il più vicino centro di commutazione che non deve superare i 1500 m.

Il doppino telefonico deve essere ritorto e tra la centrale di commutazione e la rete telefonica generale il collegamento deve essere in fibra ottica.

6.3. Tecnologia ADSL

Tra le tecnologie DSL, la ADSL è quella che ha avuto più successo. Come già detto è una tecnologia asimmetrica che, teoricamente, permette di fornire, come massima velocità di ricezione dati, un valore pari a 8 Mbps. In pratica il fornitore di accessi ADSL garantisce una velocità massima che va da 640 Kbps a 8 Mbps in funzione del contratto che si decide di stipulare.

Utilizza il classico doppino telefonico in rame ed è implementabile se la distanza tra l'utente e la centrale di commutazione più vicina è inferiore a 5Km.

Per ottenere le elevate velocità di funzionamento la trasmissione dati ADSL sfrutta bande di frequenza completamente differenti rispetto a quelle

utilizzate per la linea telefonica analogica.

Grazie a ciò è possibile far coesistere sulla stessa linea sia la telefonata tradizionale effettuata o ricevuta che il traffico di dati. Per evitare di ricevere disturbi dovuti ai segnali di frequenza più elevata della ADSL, è necessario inserire un filtro tra la presa e gli apparecchi telefonici.

La fonia copre la banda da 0 a 4KHz mentre l'ADSL copre una banda di ampiezza maggiore che dipende dal tipo di abbonamento sottoscritto dall'utente e che inizia dal valore di frequenza di 25.875KHz.

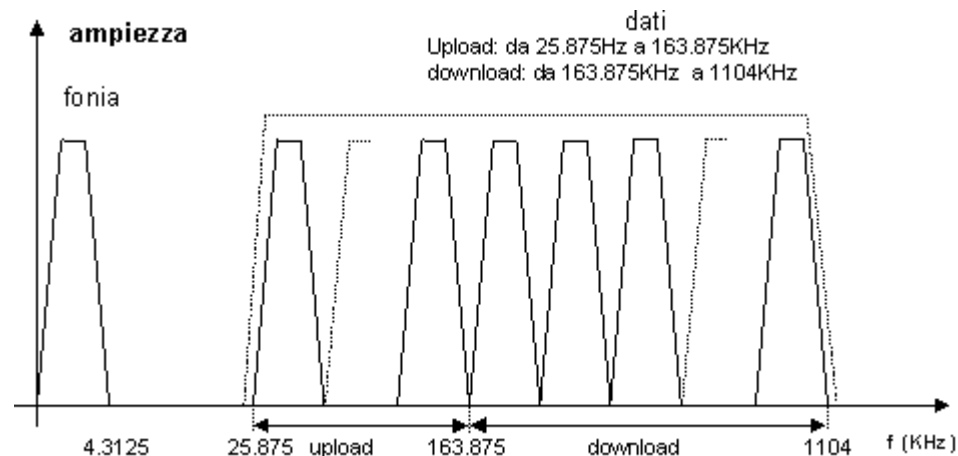


Fig.37. – Spettro di frequenza di una linea telefonica con ADSL.

I sistemi di modulazione usati nell'ADSL sono due: DMT (Discrete Multi Tone) e CAP (Carrierless Amplitude / Phase Modulation).

La modulazione CAP, sviluppata nei laboratori AT&T, è una variante della QAM che modula la fase e l'ampiezza di una portante in 64 modi diversi. Per migliorare il rapporto S/N si utilizza la codifica Trellis e Viterbi.

Nel prossimo sottoparagrafo si parlerà della modulazione DMT.

6.4. Modulazione DMT

La modulazione DMT, riconosciuta sia come standard ANSI (T1.413) che come standard ETSI, consiste nel suddividere la banda disponibile in un alto numero di sottocanali di uguale dimensione. La banda di 1104KHz viene suddivisa in 256 sottocanali ciascuno di ampiezza di banda pari a 4.3125KHz. I primi 6 sottocanali vengono impiegati per la fonia.

In realtà ogni sottocanale ha un'ampiezza effettiva di 4KHz. La differenza da 4.3125KHz viene considerata come banda di guardia per evitare che i sottocanali possano sovrapporsi, dopo l'azione dei filtri non ideali, con inevitabili interferenze che provocherebbero errori di comunicazione.

L'allocazione spettrale dei sottocanali avviene con la tecnica FDM (Frequency Division Modulation).

Nelle normali realizzazioni si destinano 32 sottocanali per l'upload (dall'utente all'ISP) e 218 sottocanali per il download (dall'ISP all'utente).

I 32 sottocanali per l'upload sono allocati a partire dalla frequenza 25.875KHz e terminano alla frequenza 163.875KHz. Infatti l'ampiezza della banda per l'upload vale:

$$32 \cdot 4.3125 = 138\text{KHz}$$

Per il teorema di Shannon, la massima velocità in bit al secondo supponendo un rapporto segnale rumore: S/N = 35dB, vale:

$$bps_{\text{max}} = 138 \cdot \log_2(1 + 10^{35/10}) = 1600.8\text{Kbps}$$

I 218 sottocanali per il download sono allocati a partire dalla frequenza 163.875KHz e terminano a 1104KHz. La differenza, pari a 940.125KHz si ricava dalla formula:

$$218 \cdot 4.3125 = 940.125\text{KHz}$$

Anche in questo caso è possibile calcolare la massima velocità in bit al secondo applicando la formula di Shannon:

$$bps_{\text{max}} = 940.125 \cdot \log_2(1 + 10^{35/10}) = 10.904\text{Mbps}$$

Ogni sottocanale DMT subisce una modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Ricapitolando, in un modem ADSL DMT si hanno 256 sottocanali così suddivisi: 6 per la fonia, 32 per l'upload e 218 per il download.

Si può pensare che un modem ADSL sia costituito da 256 modem in parallelo che modulano le informazioni da trasmettere su 256 diverse frequenze portanti distanti tra di loro di 4.3125KHz.

Il modem è realizzato in modo da trasmettere, per ogni sottocanale, da 2 a 15 bit al periodo in funzione del rapporto S/N.

Più questo è basso meno è il numero di bit/periodo che il modulatore DMT genera. Questo è il compromesso che si deve accettare se non si vogliono elevati tassi di errore di trasmissione.

Per il trasporto dei dati si utilizzano solo 4KHz dei 4.3125KHz disponibili per ogni sottocanale e la massima velocità di trasferimento dei dati in un sottocanale vale:

$$15 \cdot 4\text{KHz} = 60\text{Kbps}$$

La massima velocità di trasmissione teorica dell'ADSL è, pertanto:

$$\text{upload: } 15 \cdot 4 \cdot 32 = 1920\text{Kbps}$$

$$\text{download: } 15 \cdot 4 \cdot 218 = 13080\text{Kbps}$$

I limiti teorici di Shannon che tengono conto del rapporto S/N esaminati in precedenza sono, in proporzione, lievemente inferiori a quelli ora calcolati.

I modem ADSL, che possono lavorare alla velocità massima di 60Kbps per sottocanale, adattano automaticamente la velocità di funzionamento ai diversi rapporti S/N delle varie frequenze della banda ADSL.

Nel caso di elevato rumore all'interno di un sottocanale, questo può essere disabilitato dal modem.

6.4.1. Trasmettitori e ricevitori DMT

Il trasmettitore DMT presente nell'adattatore ADSL dell'utente riceve bit in forma seriale dall'interfaccia USB o Ethernet del computer.

Il primo stadio del trasmettitore DMT è costituito da un convertitore serie - parallelo che si può assimilare ad un registro a scorrimento di tipo SI-PO (Serial Input - Parallel Output).

Seguono 32 blocchi in parallelo ciascuno costituito da un opportuno codificatore che pilota un modulatore con una propria frequenza del

sottocanale. Un circuito sommatore, infine, invia il risultato nella linea telefonica. Grazie alla presenza dello splitter esterno o interno all'adattatore ADSL è possibile aggiungere contemporaneamente anche la banda della fonia.

Si mostra in fig.38 lo schema a blocchi semplificato del trasmettitore DMT che utilizza la tecnica FDM.

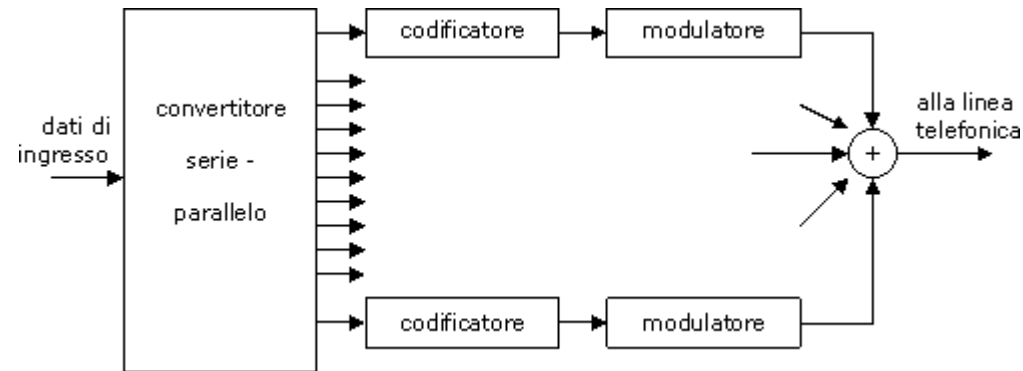


Fig.38. – Schema a blocchi del trasmettitore DMT. Le uscite dei modulatori dei vari sottocanali vengono tra loro sommate ed inviate nella linea telefonica.

Il ricevitore DMT, presente nell'adattatore ADSL dell'utente, opera in modo opposto: contiene tanti demodulatori quanti sono i sottocanali di download (218) più quelli riservati alla fonia (6): l'uscita di ciascun demodulatore relativo ai sottocanali di download di dati viene decodificata ed inviata in un convertitore parallelo – serie (ad esempio un registro a scorrimento PI – SO) la cui uscita è trasmessa al PC dell'utente via interfaccia USB o interfaccia Ethernet.

6.5. DSLAM

Il DSLAM (DSL Access Multiplexer) è un dispositivo, presente nella centrale di commutazione, che ha il compito di gestire gli accessi e di instradare le richieste verso i canali che le possono soddisfare. In un DSLAM, oltre ai dati diretti ad internet, possono transitare tutte le altre comunicazioni a larga banda. Esso si può pensare costituito da tanti modem ADSL collegati in parallelo.

All'interno del DSLAM è presente uno splitter col compito di suddividere le frequenze dirette alla fonia tradizionale e quelle relative alla trasmissione dati.

Il DSLAM si occupa, inoltre, di instradare pacchetti IP verso la rete di tipo ATM (Asynchronous Transfer Mode).

ATM rappresenta un protocollo a commutazione di pacchetto ed orientato alla connessione per la trasmissione dati che frammenta i dati in pacchetti, chiamati *celle*, di lunghezza 53byte di cui 5 di intestazione e 48 di dati veri e propri.

I dati ADSL che viaggiano col protocollo PPP (Point to Point Protocol), dovendo transitare nella rete ATM vengono incapsulati nelle celle ATM ottenendo pacchetti denominati PPPoA ovvero PPP over ATM. Se i dati PPP passano prima in una rete Ethernet e poi nella rete ATM si realizza un doppio incapsulamento: il primo avviene in un pacchetto Ethernet ed il secondo in pacchetto ATM. In questo caso si parla di PPPoE ovvero PPP over

Ethernet.

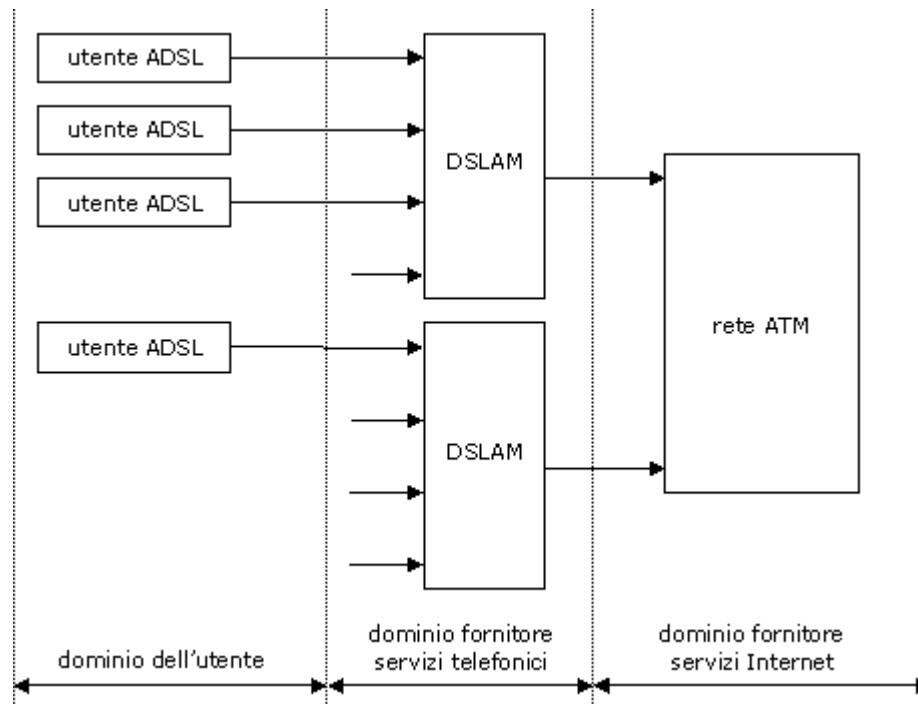


Fig. 39. – Architettura tra i diversi attori nel collegamento ADSL. Ogni linea che si attesta sul DSLAM presenta uno splitter (non visibile in figura) la cui uscita in fonia si dirige verso la rete telefonica commutata mentre l'uscita dati dello splitter, attraverso il DSLAM, si dirige verso la rete ATM.

6.6. Altre caratteristiche dell'ADSL

Lo standard ANSI T1.413 denota col termine ATU-R (ADSL Transceiver Unit – Remote terminal end) l'insieme delle apparecchiature alloggiato presso l'utente, cioè l'adattatore ADSL e lo splitter, e col termine ATU-C (ADSL Transceiver Unit – Central office end) l'adattatore ADSL e lo splitter posti presso la centrale dei servizi telefonici.

La banda vocale destinata alla fonia, attraverso lo splitter della centrale, raggiunge il commutatore PSTN e quindi continua ad essere una trasmissione a *commutazione di circuito* con tutti i problemi relativi alla commutazione del segnale.

I sottocanali ADSL, sia quelli per il download che per l'upload, terminano nel DSLAM che rappresenta un nodo di accesso che consente di considerare la trasmissione dati come una linea dedicata con una data larghezza di banda. Tali segnali, non passando attraverso i commutatori

analogici, evitano problemi di sovraccarico dei centralini di commutazione.

Per questo motivo si è pensato di trasmettere fonia con la tecnica ADSL in modo da ridurre i problemi della commutazione telefonica. Questa tecnica è nota come *Voice over DSL* (VoDSL) ed è probabile che ben presto tenderà gradualmente a sostituire la telefonia tradizionale a commutazione di circuito. In tal modo le nostre telefonate saranno realizzate con pacchetti di dati IP, a *commutazione di pacchetto*, che cercheranno il percorso più congeniale sulla rete Internet per raggiungere il destinatario. La conversazione sarà costituita da diversi frammenti (pacchetti) autonomi (perché contengono tutte le informazioni per raggiungere il destinatario: indirizzo IP, numero di sequenza, ecc.) che seguiranno percorsi differenti e raggiungeranno il destinatario secondo la corretta sequenza.

Diverso è il discorso del *Video over DSL* (VoDSL). I problemi fondamentali sono la qualità dell'immagine ed il basso frame-rate (numero di immagini al secondo). La trasmissione video richiede una banda di 5-6Mbps per il trasporto di video compresso nel formato MPEG-2 di buona qualità. Il limite di velocità dell'ADSL, come è noto, è di 8Mbps ed a tutt'oggi (2005) nessun ISP fornisce all'utenza banda ADSL superiore a 2Mbps.

Il video su cavo, pertanto, potrà essere offerto da quelle compagnie telematiche aventi centrali proprie in fibra ottica che si avvalgono di tecniche trasmissive più veloci.

La massima velocità dell'ADSL dipende da una serie di fattori; i più importanti sono il tipo di cavo in rame utilizzato, la distanza tra i modem ed il tipo di modulazione.

Nella seguente tabella 7 si mostra la massima velocità di trasmissione dell'ADSL in funzione della distanza tra il modem utente e quello in centrale per due tipi di cavo in rame: 24 AWG e 26 AWG.

Tab. 7

24 AWG (Km.)	26 AWG (Km.)	velocità di download (Mbps)	velocità di upload (Kbps)
5.5	4.6	1.544	160
4.9	4.0	2.048	160
5.6	3.9	3.088	240
5.4	3.8	4.096	320
4.3	3.7	4.632	320
3.7	2.8	6.312	640
2.8	2.4	8.448	640



[6. ADSL](#)

[6.2 Tecnologia DSL](#)

[6.4 Modulazione DMT](#)

