

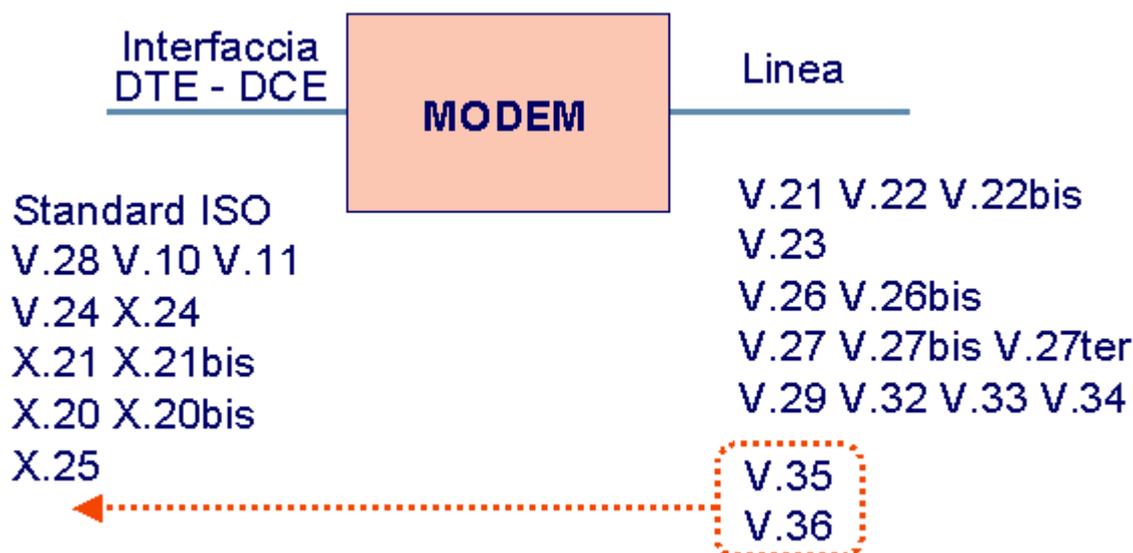
Collegamenti telefonici analogici via modem
 Modem per collegamenti telefonici analogici

La modulazione consiste nel modificare lo spettro di frequenze del segnale informativo digitale (codifica di linea) e di traslazione dello spettro nel dominio delle frequenze. La codifica interessa tutti i modem o **DCE** in banda base e quelli in banda fonica, la modulazione interessa soltanto i modem in banda fonica. Infatti i modem in banda base vengono utilizzati per accedere a reti specializzate che non trattano fonia e quindi non devono imporre ai segnali l'appartenenza al *range* 300 - 3400 Hz. Nella terminologia dei modem, si parla di velocità di trasmissione esprimendola in bit/s oppure in baud = simboli/s. I simboli che un modem può trasmettere sono quelli di un alfabeto predefinito e stabilito dallo standard impiegato e tipico di un determinato schema di modulazione. Per esempio se gli stati di modulazione sono 2n, ossia il modulatore emette simboli appartenenti ad un alfabeto di 2n simboli, allora la velocità trasmissiva in bit/s è n volte la velocità di segnalazione. Ossia bit/s = n x baud. Per standardizzare le caratteristiche dei modem il **CCITT** (ITU) ha emesso una serie di raccomandazioni. Le Raccomandazioni CCITT che regolano la trasmissione dati sono suddivise in due gruppi:

- Serie V inerenti alla trasmissione dati su rete telefonica commutata o su linee telefoniche dedicate.
- Serie X riguardanti i collegamenti dei terminali dati di utente con reti pubbliche per trasmissione dati (es.: reti a commutazione di pacchetto X.25).

Queste raccomandazioni definiscono le specifiche dei modem, delle interfacce, delle apparecchiature di test e la qualità delle linee.

Principali standard per le interfacce dei modem

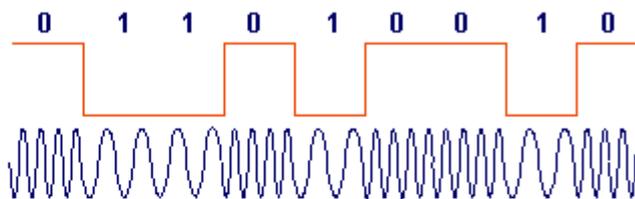


Rac. ITU	Velocità di trasmissione (bit/s)	Tipo di rete	Num. fili di linea	Modalità di trasmissione	Tipo di trasmissione	Tipo e livelli di modulazione	Baud	Frequen: portant (Hz)
V.21	300	RC	2	Full duplex	Asincrono	FSK2	300	1080 chiamant 1750 chiamato
					Asincrono o			1200 chiamant

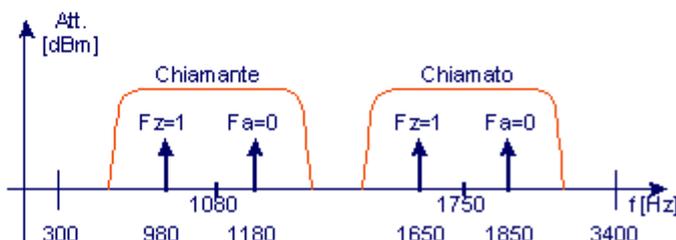
V.22	1200(600)	RC	2	<i>Full duplex</i>	Sincrono	DPSK4(2)	600	2400 chiamato
V.22bis	2400(1200)	RC	2	<i>Full duplex</i>	Asincrono o Sincrono	QAM16 (DPSK4)	600	1200 chiamant 2400 chiamato
V.23	1200(600)	RC	2	<i>Half duplex</i>	Asincrono o Sincrono	FSK2	1200 (600)	1700 (1500)
V.26	2400	M1020	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono	DPSK4	1200	1800
V.26bis	2400(1200)	RC	2	<i>Half duplex</i>	Sincrono	DPSK4(2)	1200	1800
V.27	4800	M1020	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono	DPSK8	1600	1800
V.27bis	4800(2400)	M1020	2,4	<i>Half/Full duplex</i>		DPSK8(4)		
V.27ter	4800(2400)	RC	2	<i>Half duplex</i>		DPSK8(4)		
V.29	9600(7200-4800)	M1020 M1025	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono	QUAM16(8-4)	2400	1700
V.32	9600	RC	2	<i>Full duplex</i>	Sincrona	QUAM32e16 (4)	2400	1800
V.32bis	14400	RC	2	<i>Full duplex</i>	Sincrona	QUAM128 (64)	2400	
V.33	14400 (12000)	M1020 M1025	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono	QUAM128 (64)	2400	1800
V.34	28800	RC	2	<i>Full duplex</i>	Sincrona			
V.34bis	31200	RC	2	<i>Full duplex</i>	Sincrona			
V.34+	33600	RC	2	<i>Full duplex</i>	Sincrona			
V.35	48 k (48.8 k)	Gruppo primario da 60 a 108 kHz	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono / non sincrono	AM		100 kHz
V.36	72 k (56-64-72 k)	Gruppo primario da 60 a 108 kHz	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono	AM		100 kHz
V.37	144 k (96-112-128 k)	Gruppo primario da 60 a 108 kHz	4	<i>Full duplex</i>	Sincrono	AM		100 kHz

ITU-T V.21

- 300 bit/s asincrono (start/stop)
- rete commutata o linea dedicata a 2 fili
- modulazione FSK2



- Full duplex con ripartizione della banda del canale telefonico fra modem chiamante e modem chiamato



L'**FSK** è una modulazione di frequenza particolare caratterizzata dall'impiego di due segnali portanti sinusoidali a frequenza f_0 e f_1 , entrambe contenute nel range telefonico.

Il modulatore trasforma il bit 0 (1) in un treno (di durata pari alla durata del tempo di bit) di impulsi sinusoidali a frequenza f_0 (f_1).

Lo spettro del canale telefonico è suddiviso in due parti, utilizzate rispettivamente dal modem chiamante e dal modem chiamato. Ciascun dispositivo quindi deve poter funzionare come chiamante/chiamato e adattarsi ad utilizzare una qualsiasi delle due parti del canale, in relazione al verso della chiamata.

La normativa per l'interfaccia **DTE** - Modem prevede quanto descritto di seguito (valido per l'avviso **V.21** e per gli altri).

L'interfaccia lato DTE segue la Racc. **V24/V28** ed utilizza i seguenti circuiti:

C102 Terra di segnale	C107 Modem pronto
C103 Dati trasmessi	108/1 /2 Richiesta connessione
C104 Dati ricevuti	C109 Rivelatore portante dati
C105 Richiesta TD	C125 Rivelatore di chiamata
C106 Pronto a trasmettere	C126 Selezione canale

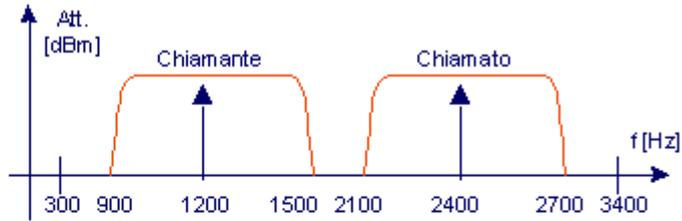
il livello segnale linea in trasmissione è regolabile da 0 a -15 dBm a passi di 2 dBm (-13dBm0); la soglia del rivelatore di portante in ricezione:

-43 dBm C109 ON,

-48 dBm C109 OFF.

ITU-T V.22

- 1200 (600) bit/s, 600 baud
- rete commutata o linea dedicata a 2 fili
- punto-punto o multipunto
- full duplex a divisione di banda (1200 canale basso e 2400 Hz canale alto)



- DP SK4 (2)

Variazione di fase DP SK4		
Dibit	Modulazione (modi II, III e IV)	Modulazione (modo V)
00	+90°	+270°
01	0°	+180°
10	+180°	0°
11	+270°	+90°

Variazione di fase DP SK2		
bit	Modulazione (modi II, III e IV)	Modulazione (modo V)
0	+90°	+270°
1	+270°	+90°

Questo tipo di modem utilizza una modulazione di fase differenziale che consente di ottenere trasmissione sincrona o asincrona su linee telefoniche a velocità 600 o 1200 bit/s.

Quando la velocità di trasmissione è 600 bit/s, ogni bit informativo viene codificato con un salto di fase rispetto alla fase del bit precedente.

Quando la velocità di trasmissione è 1200 bit/s, i bit informativi vengono raggruppati due a due (dibit) e a ciascuna coppia di bit viene associato un salto di fase della portante rispetto al valore della coppia di bit precedente.

Per entrambe le velocità trasmissive il modem trasmette lo stesso numero di simboli al secondo.

Le tabelle di codifica illustrano le regole di associazione dei salti di fase a ciascuna configurazione di bit informativi.

ITU-T V.22

- lato DTE interfaccia seriale asincrona e sincrona conforme alle Racc. V.24/V.28; circuiti utilizzati:

C102	Terra di segnale	C111	Selezione velocità trasmissione
C103	Dati trasmessi	C113	Clock Tx fornito dal DTE
C104	Dati ricevuti	C114	Clock Tx fornito dal DCE
C105	Richiesta di trasmettere	C115	Clock Rx
C106	Pronto a trasmettere	C125	Indicatore di chiamata
C107	Modem pronto	C140	Comando LOOP 2 remoto
C108/1	Richiesta connessione	C141	Comando LOOP 3
C108/2	Terminale dati pronto		
C109	Rivelatore portante	C142	Indicatore di test

- livello segnale linea in trasmissione da 0 a -15 dBm
- soglia del rivelatore di portante in ricezione: -43 dBm C109 ON, / -48 dBm C109 OFF
- scrambler/descrambler
- prevede l'inclusione di circuiti di test
- equalizzatore

A differenza del precedente modem, il **V.22** utilizza una sola portante (chiamante: trasmissione

1200 Hz, ricezione 2400 Hz), essendo la modulazione di tipo a fase.

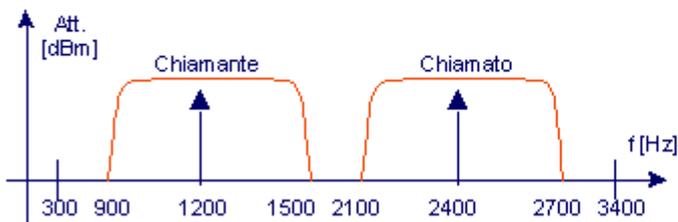
È possibile trasmettere sul canale alto (2400 Hz) ed in tal caso è prevista la trasmissione simultanea di un tono di guardia a 1800 Hz o a 550 Hz.

Questo tipo di modem utilizza anche un dispositivo interno denominato *scrambler*, avente la funzione di manipolare i bit in trasmissione prima della modulazione (e conseguentemente in ricezione dopo la demodulazione) al fine di rendere pseudocasuale la sequenza di cifre binarie trasmesse ed evitare lunghe sequenze di 0 o di 1. Lo *scrambler* è basato su un circuito digitale che genera una sequenza periodica di cifre binarie (di opportuno periodo) che viene combinata con la sequenza dei bit informativi con la regola della somma modulo 2 ($1+0=0+1=1$; $0+0=1+1=0$).

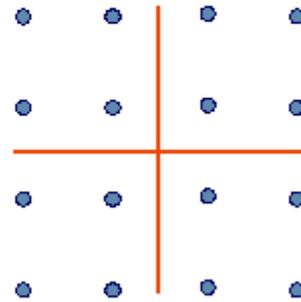
Per quanto riguarda le funzioni di diagnosi, il modem supporta il test in *loop* locale e remoto.

ITU-T V.22bis

- sincrono e asincrono a 2400 (1200), 600 baud
- rete commutata o linea dedicata a 2 fili
- punto-punto o multipunto
- full duplex a divisione di banda (1200 canale basso e 2400 Hz canale alto)



- QUAM16 (DPSK4)



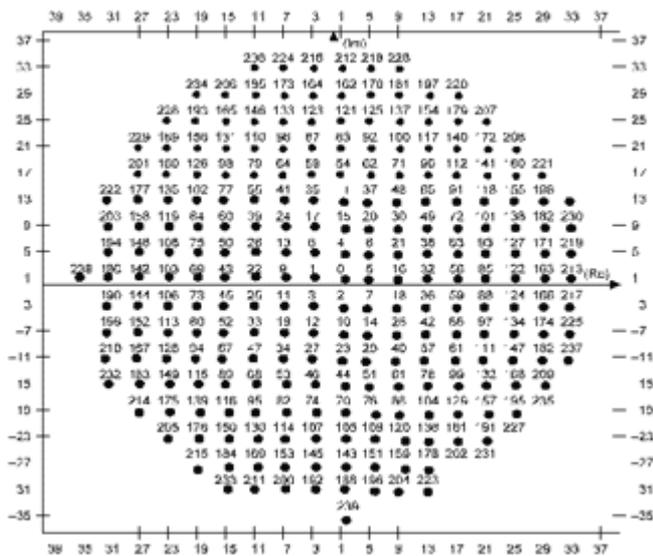
Lo schema di modulazione utilizzato da questo modem consente velocità di trasmissione di 1200 e 2400 bit/s, impiegando una portante 1200 Hz (ricezione) o 2400 Hz (trasmissione).

La modulazione è di tipo **Quadratura Amplitude Modulation** ed equivale ad una combinazione di modulazione in ampiezza e fase. In figura è riportata la costellazione che caratterizza questa modulazione, per la quale, ciascun simbolo di un alfabeto di 16 valori codifica 4 bit. La velocità di segnalazione è di 600 baud e a seconda del modo di funzionamento è possibile associare 2 o 4 bit a ciascun simbolo, ottenendo velocità trasmissive di 1200 o 2400 bit/s.

Nel caso di velocità 2400 bit/s, i primi due bit di ciascun gruppo di 4 determinano il cambiamento del quadrante e gli altri due identificano uno dei 4 punti di modulazione associati a ciascun quadrante.

Alla velocità di 1200 bit/s ciascuna coppia di bit determina il cambiamento di fase rispetto al quadrante occupato dalla coppia di bit precedente. In tal modo si garantisce la compatibilità con il precedente modem V.22.

ITU-T V.34



Questo modem opera alla velocità di 28.800 bps su rete commutata o diretta a due fili (1994).

Il modem consente la trasmissione *full-duplex* impiegando la tecnica della cancellazione di eco per la separazione dei versi trasmissivi sul circuito a 2 fili.

La modulazione utilizzata da questo apparato è di tipo **QAM** (*Quadrature Amplitude Modulation*) per ogni canale con trasmissione sincrona a frequenza di simbolo selezionabile tra i valori obbligatori 2400, 3000 e 3200 simboli/s e quelli opzionali, 2743, 2800 e 3429 simboli/s.

Il bit *rate* del canale sincrono primario in bit/s corrispondente è 28800, 26400, 24000, 21600, 19200, 16800, 14400, 12000, 9600, 7200, 4800, 2400; è disponibile un canale ausiliario opzionale a 200 bit/s.

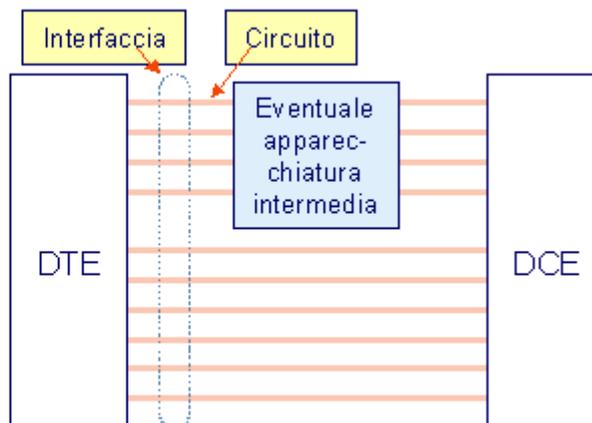
Prima della modulazione viene attuata sulla sequenza di cifre binarie una codifica *Trellis* (traliccio). Tale codifica prevede una protezione dagli errori e un contenimento dello spettro di frequenze del segnale modulato. In pratica l'emissione dei segnali non è combinatoria ma correlata attraverso una memoria del sistema, secondo una regola precisa e reversibile. Il modulatore è considerabile come una macchina a stati finiti che evolve nel tempo e associa ad ogni stato un insieme di segnali possibili. Ogni stato corrisponde ad una scelta del sottoinsieme di segnali e la scelta dei segnali appartenenti alla sottocostellazione è legata ai bit informativi che non contribuiscono all'evoluzione dello stato.

La velocità di segnalazione è negoziata tra i due modem in relazione alle caratteristiche del collegamento telefonico con tecniche adattative che consentono di ottimizzare la velocità in rapporto al segnale/rumore.

La costellazione è costituita da 960 punti, un quarto dei quali è mostrato nella figura. La costellazione completa è ottenibile sovrapponendo le quattro ottenute ruotando la costellazione di 0, 90, 180 e 270 gradi.

Interfaccia DTE-modem

- La connessione tra MODEM-DCE e DTE è realizzata per mezzo di criteri elettrici, denominati circuiti che, nel loro insieme, costituiscono l'interfaccia come illustrato nella figura seguente.
- I circuiti di interfaccia servono al transito:
 - dei dati;
 - dei segnali di comando;
 - dei segnali di temporizzazione.



Il livello più basso di un'architettura di comunicazione è lo strato fisico che costituisce la frontiera tra rete di comunicazione e apparati di elaborazione. Il suo compito è di rendere indipendenti i livelli superiori dal particolare mezzo fisico di trasmissione (linea bifilare, coppie simmetriche, cavi coassiali, fibre ottiche, ponti radio). Questo obiettivo è realizzato demandando il controllo e la gestione del portante fisico alle unità denominate **Data Circuit-terminating Equipment (DCE)** e definendo attraverso delle normative i segnali che permettono al **Data Terminal Equipment (DTE)** di attivare, mantenere e disattivare le connessioni fisiche, oltre che per trasmettere cifre binarie.

I servizi forniti dallo strato fisico a quello di collegamento (livello 2) sono:

- gestione delle connessioni fisiche: una connessione fisica può essere costituita da una o più connessioni in cascata;
- identificazione delle connessioni fisiche;
- trasmissione delle unità dati: la trasmissione può essere seriale o parallela ed eseguita in modalità *simplex*, *half-duplex*, *full-duplex*;
- notifica di malfunzionamenti.

Interfaccia DTE-DCE

	V.24/V.28	V.35	V36
meccaniche	ISO 2110 o 4902	ISO 2593	ISO 4902
elettriche	V.28	V.10 e V.11.	V.10 e V.11
funzionali	V.24	V.24	V.24
procedurali	V.24, V.25 o V.25 bis		

	X.20	X.20bis	X.21	X.21 bis
meccaniche	ISO 4903	ISO 2110	ISO 4903	ISO 2110
elettriche	X.26 o X.27	V.28	X.26 o X.27	V.28
funzionali	X.24	V.24	X.24	V.24
procedurali	X.20	X.20bis	X.21	X.21 bis

Le raccomandazioni inerenti lo strato fisico definiscono l'interfaccia specificando le caratteristiche:

- meccaniche: tipo di connettore, numero di pin ed assegnazione di ogni circuito ad un pin;
- elettriche: polarità e valori massimi e minimi delle tensioni e delle correnti; bilanciamento dei circuiti elettrici;
- funzionali: funzione di ogni circuito e numero di segnali necessari al funzionamento dell'interfaccia;
- procedurali: temporizzazione dei segnali di controllo.

La tabella riporta le caratteristiche fondamentali relative ai diversi standard utilizzati per l'interfacciamento di terminali/*host* alle reti di telecomunicazioni pubbliche a circuito e a pacchetto.

La comunicazione tra due computer su collegamento telefonico commutato avviene seguendo alcuni passi:

- si sceglie un programma (*terminal* o *hyperterminal* di *windows*, o altro) di comunicazione per PC;
- si inizializza il modem (inviando da programma, attraverso la porta seriale del PC una stringa di inizializzazione del modem che è fornita dal costruttore, reperibile dal manuale, o disponibile sul sito internet del costruttore);
- si programma il protocollo di comunicazione (sincrono, asincrono, bit di start, bit di stop, parità, ecc) che deve essere compatibile con il computer corrispondente;
- si imposta il numero telefonico del computer da chiamare, la modalità di selezione (decadica o multifrequenza), eccetera;
- si avvia il programma (nel caso più semplice è un semplice emulatore di terminale) con le impostazioni fornite;
- eventualmente è possibile programmare direttamente il modem (difficilmente se ne ravvede la necessità), attraverso la porta seriale inviando comandi diretti con l'emulatore di terminale, per impostare la configurazione del modem (comandi AT).

Modem con caratteristiche avanzate

Limiti alle prestazioni dei modem sono imposti dalle caratteristiche del collegamento telefonico (rumore, attenuazione, diafonia, ecc.) per le tratte analogiche (code di accesso di utente).

Il modem a standard **V.34** supporta anche la velocità 33.6 kbit/s nella versione **V.34+**. Originariamente la raccomandazione prevedeva 28800 bit/s come massima velocità; successivamente alcuni costruttori hanno prodotto modem in grado di elevare tale limite e la norma V.34 è stata quindi revisionata dall'**ITU** per prevedere anche la velocità 33600 bit/s.

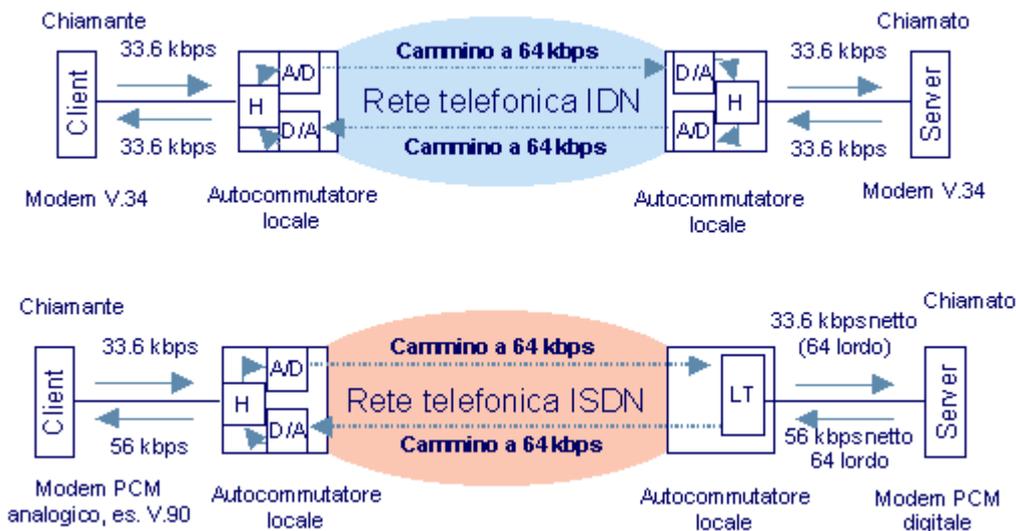
Il modem V.34 attualmente è compatibile con le seguenti velocità:

28800, 26400, 24000, 21600, 19200, 16800, 14400, 12000, 9600, 7200, 4800, 2400 e 33,6 kbps, con 1664 simboli al secondo, 10,7 bit per simbolo.

Di più recente definizione è lo standard **V.90** per modem a 56 kbit/s. È caratterizzato da un bit *rate* asimmetrico:

- 56 kbit/s in ricezione (una terminazione del collegamento deve essere numerica, eg. ISDN);
- 33.6 kbit/s in trasmissione.

Trasmissione dati su rete telefonica



Un'infrastruttura IDN (*Integrated Digital Network*) è una rete in cui le funzioni di trasmissione fra nodi e di commutazione nei nodi, operano su segnali digitali. In particolare i nodi telefonici effettuano il trattamento delle chiamate utilizzando un sistema di elaborazione basato su *software* e trattano il segnale telefonico in commutazione in maniera numerica. In tale struttura le parti interessate da segnali analogici sono i rilegamenti di utenti. La principale prestazione offerta da una tale rete, consiste nel rendere la qualità della conversazione (in ambiti geografici nazionali) indipendente dalla distanza tra i nodi a cui gli utenti risultano attestati. La qualità della comunicazione è fortemente influenzata dalle caratteristiche delle linee analogiche di accesso che collegano gli utilizzatori ai nodi di competenza.

Un'infrastruttura ISDN, rispetto alla precedente, utilizzando opportuni apparati (sia lato utente che nel nodo) utilizza la linea di accesso per trasmettere le informazioni in maniera numerica, per cui la qualità della comunicazione non dipende più neanche dalla distanza tra l'utente ed il nodo di appartenenza. I vantaggi della ISDN sono anche altri, e vengono descritti successivamente.

Raccomandazione V.90

A differenza delle altre raccomandazioni sui modem, la **V.90** (rilasciata in forma definitiva in settembre 1998) specifica un metodo per trasmettere dati fra un modem analogico connesso ad una linea telefonica analogica ed un modem digitale collegato ad una linea numerica (**ISDN: BRA o PRA**).

Utilizza modalità di trasmissione *full duplex* su doppino telefonico e tecniche di cancellazione di eco.

Lo schema di modulazione utilizza la banda di frequenze del canale telefonico (0 - 4000 Hz). Le prestazioni ottenibili in senso *downstream* sono possibili per effetto di elaborazione numerica del segnale e per la mancanza di una conversione A/D (lato modem digitale). La conversione A/D introduce come è noto un rumore di quantizzazione che limita il bit *rate* della trasmissione, a parità di banda del canale telefonico.

Il bit *rate downstream* varia da 28000 bit/s a 56000 bit/s con incrementi di 8000/6 bit/s.

In senso *upstream* la trasmissione avviene con tecniche identiche a quelle specificate dalla norma V.34.

Il bit *rate upstream* varia da 4800 bit/s a 28800 bit/s con incrementi di 2400 bit/s; opzionalmente è previsto il supporto delle velocità 31200 e 33600 bit/s.

In senso *downstream* la velocità massima di 56 kbit/s è condizionata alla qualità del *local loop* cioè della linea di accesso telefonica di utente.

Fornisce un controllo adattativo delle caratteristiche del collegamento per ottimizzare la velocità trasmissiva.

In caso di impossibilità a supportare la modalità V.90, si adatta automaticamente alla modalità V.34.