

INDICE di Reti telefoniche

ATTENZIONE: File provvisorio scritto nel 2000, da rivedere e aggiornare al 2014

Introduz. alla rete telefonica	*4'	?
Evoluzione d. autocommutatori		
Rete telefonica nazionale	*4'	?
Comm. di circuito/di pacchetto		?
IDN e modem		
Symbol rate e bit rate		
PSTN+RFD+ITAPAC=>ISDN	*4'	?
ISDN: accesso base e primario	*6'	
DSL: le nuove codifiche	*5'	

Introduz. alla rete telefonica	*4'	?
Evoluzione d. autocommutatori		
Rete telefonica nazionale	*4'	?
Comm. di circuito/di pacchetto		?
IDN e modem		
Symbol rate e bit rate		
PSTN+RFD+ITAPAC=>ISDN	*4'	?
ISDN: accesso base e primario	*6'	
DSL: le nuove codifiche	*5'	



Introduzione alla rete telefonica

(*4)

All'inizio della telefonia (il brevetto di Bell è del 1876) i telefoni si vendevano a coppie, e gli acquirenti si preoccupavano di stendere il cavo (uno solo, con ritorno via terra) per collegarli.

Le città divennero ben presto un groviglio di cavi, e quindi nacquero le società telefoniche (la prima fu la Bell) che aprirono uffici di commutazione nei quali un operatore smistava le chiamate fra i vari apparecchi. Questi non erano più collegati direttamente fra loro ma erano tutti connessi a un ufficio di commutazione.

Poiché gli uffici di commutazione nascevano come funghi, si ripropose lo stesso problema per il loro collegamento. Quindi vennero creati gli uffici di commutazione di secondo livello, e poi di terzo; alla fine la gerarchia si arrestò su cinque livelli (1890).

Tale struttura gerarchica è anche oggi alla base dei sistemi telefonici

Linee utente (rete di accesso o di distribuzione) + nodi di commutazione + collegamenti tra i nodi o link (rete di trasporto) = **RETE DI TELECOMUNICAZIONE**

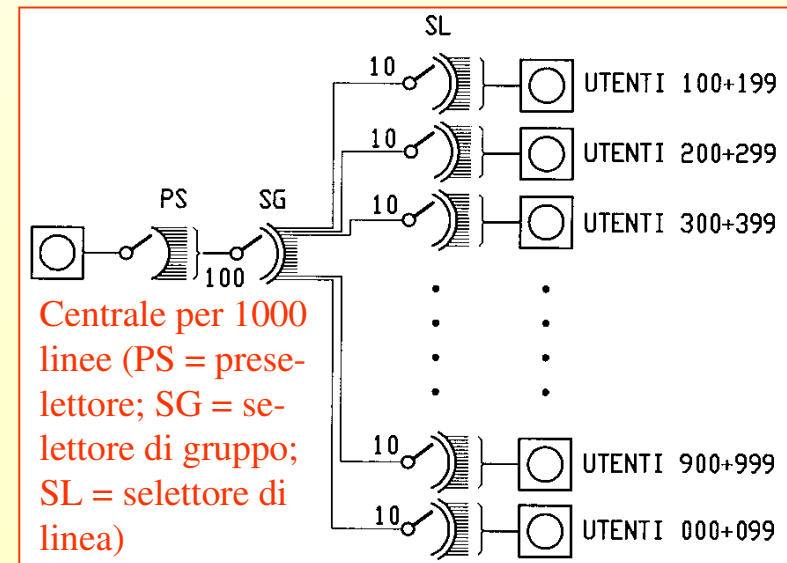
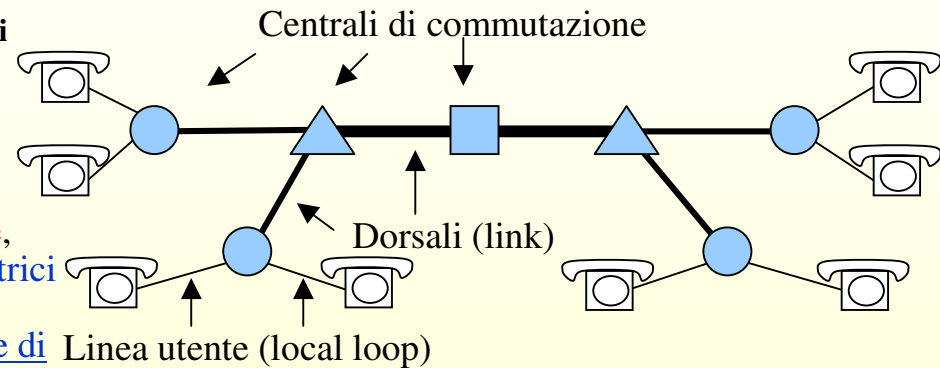
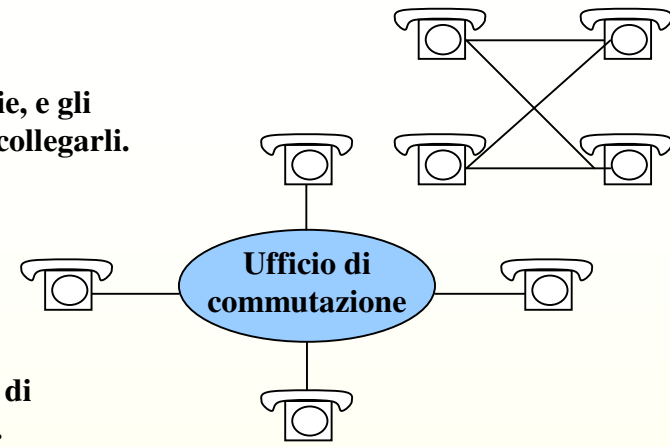
Al posto degli operatori vi sono centrali di **autocommutazione**, prima elettromeccaniche (**selettori**), poi semi elettroniche (**matrici di relè comandate da computer**), poi a matrice elettronica analogica (**transistor usati come interruttori => Commutazione di circuito, che collegano due linee**), infine a matrice elettronica digitale (**in grado di commutare direttamente un segnale digitale, => Evoluzione autocommutatori**)

Il local loop, cioè il collegamento dal telefono alla più vicina centrale di commutazione, è ancora oggi su **doppino telefonico** e può avere una lunghezza da 1 a 10 km. Trasporta un segnale **analogico** dotato con una banda di **3 kHz**

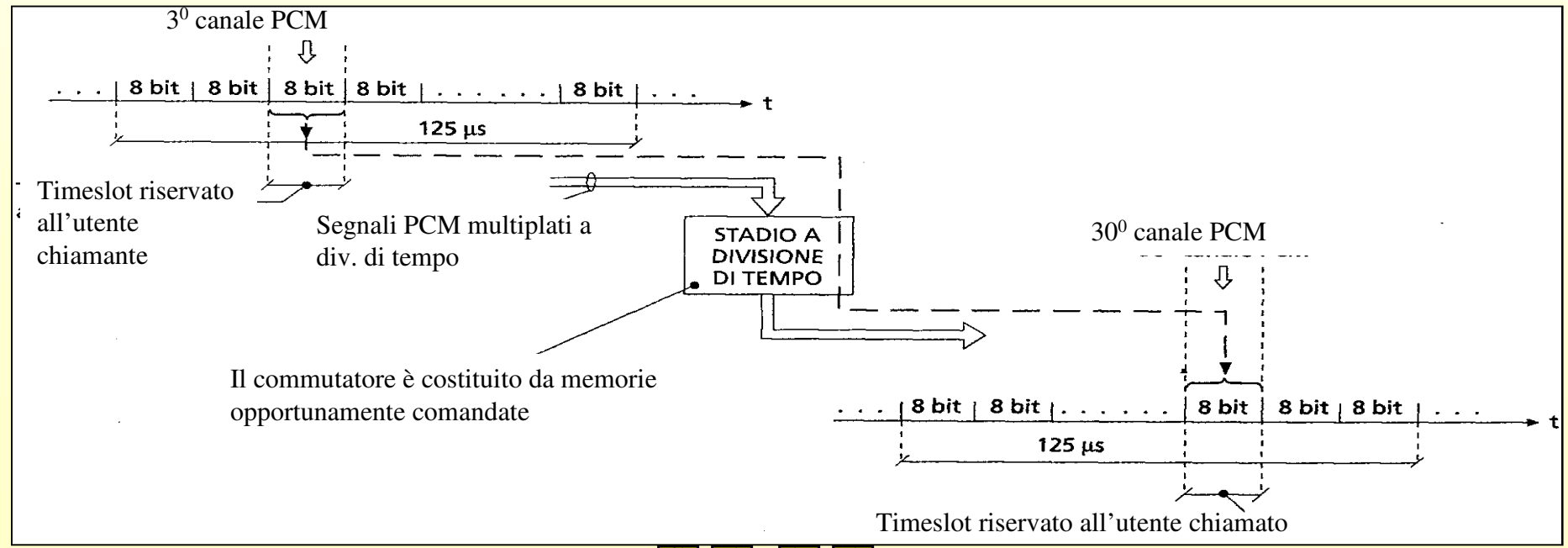
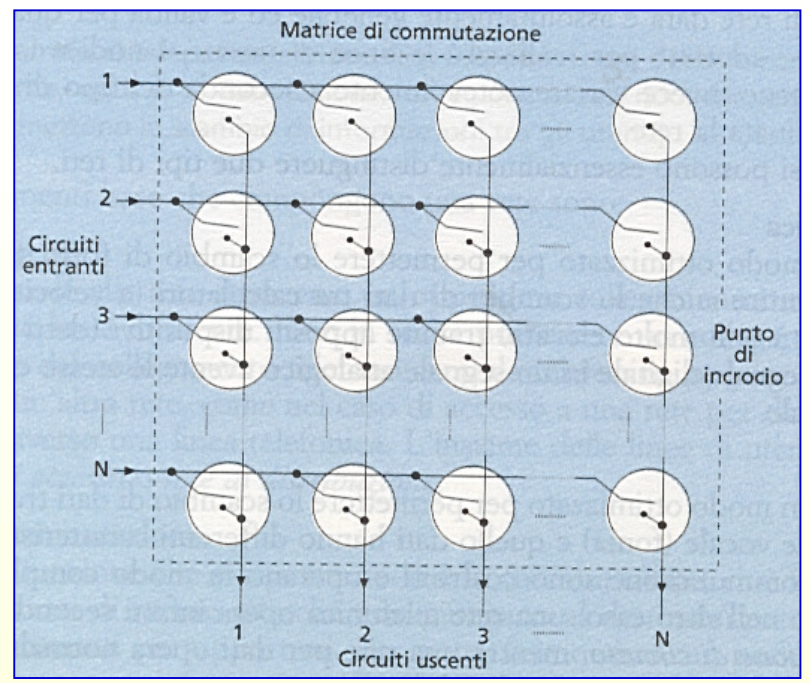
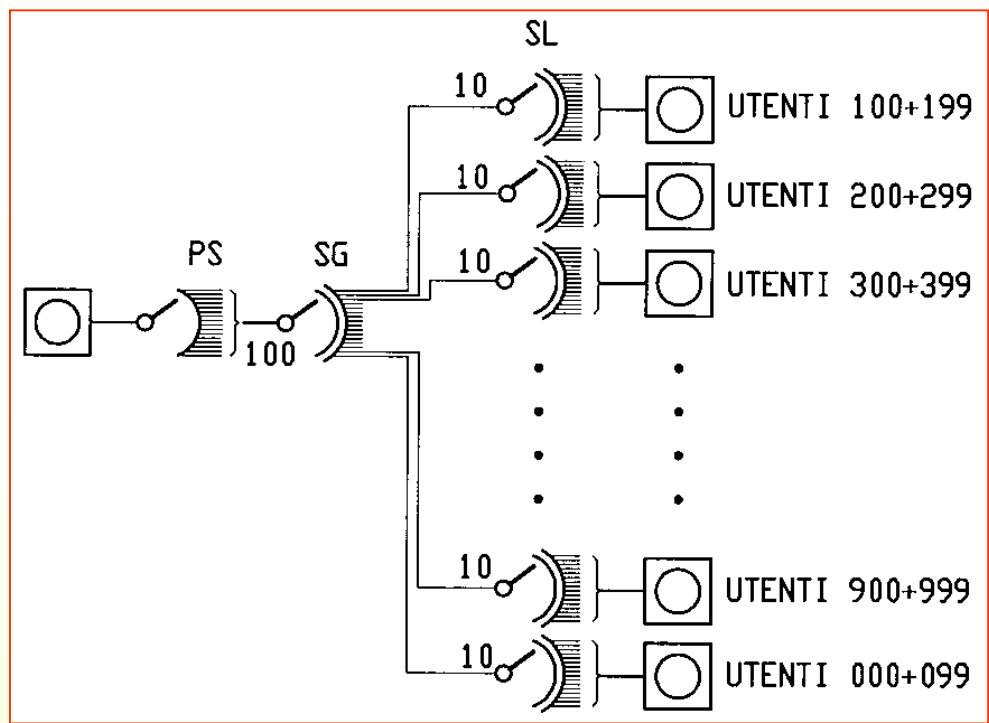
Per le altre connessioni si usavano i coassiali; ora sono in **fibre ottica**

Ormai quasi ovunque le centrali di commutazioni sono **digitali** e i link trasportano **segnali digitali PCM**: il canale trasmissivo è un intervallo di tempo di **125 μs** (timeslot) che trasporta gli **8 bit** del campione (**velocità $8 \times 8 \text{KHz} = 64 \text{Kbps}$**)

Una rete che trasporta (1) segnali vocali, (2) dati e (3) altri servizi come la videoconferenza dicesi **rete digitale integrata nei servizi (ISDN)**



Evoluzione degli autocommutatori



Domande di controllo sull'introduzione

Cosa permette di fare una rete telefonica?

Permette a due utenti di dialogare

Cosa permette di fare una rete di telecomunicazione?

Permette a due utenti di scambiarsi informazioni, che possono essere parole o dati numerici o anche immagini

Quali sono i tre componenti di una rete di telecomunicazione e a cosa serve ognuno di essi

1) Le linee di utente permettono di accedere alla rete di trasporto (per questo si chiama anche rete di accesso) e di distribuire agli utilizzatori le informazioni trasportate (per questo si chiama anche rete di distribuzione). Gli accessi possono usare linee dedicate (cioè usate solo da quell'utente) o linee pubbliche (come quando un utente si collega a Internet tramite una linea telefonica)

2) I nodi di commutazione instradano le informazioni di un utente verso un altro utente (o destinatario) realizzando o un collegamento fisico tra i due o qualcosa che appare tale agli utenti

3) I collegamenti (link) tra i nodi è una rete utilizzata da più utenti che trasporta informazioni

Le tappe dell'evoluzione della commutazione

- *Centrali elettromeccaniche*: prima c'erano i selettori, che si posizionavano su una delle dieci uscite a secondo del numero composto

- Poi vennero relè comandati dai computer (*centrale semi elettronica*)

- I relè furono sostituiti da transistor-interruttori, molto più veloci (*centrali elettroniche analogiche*)

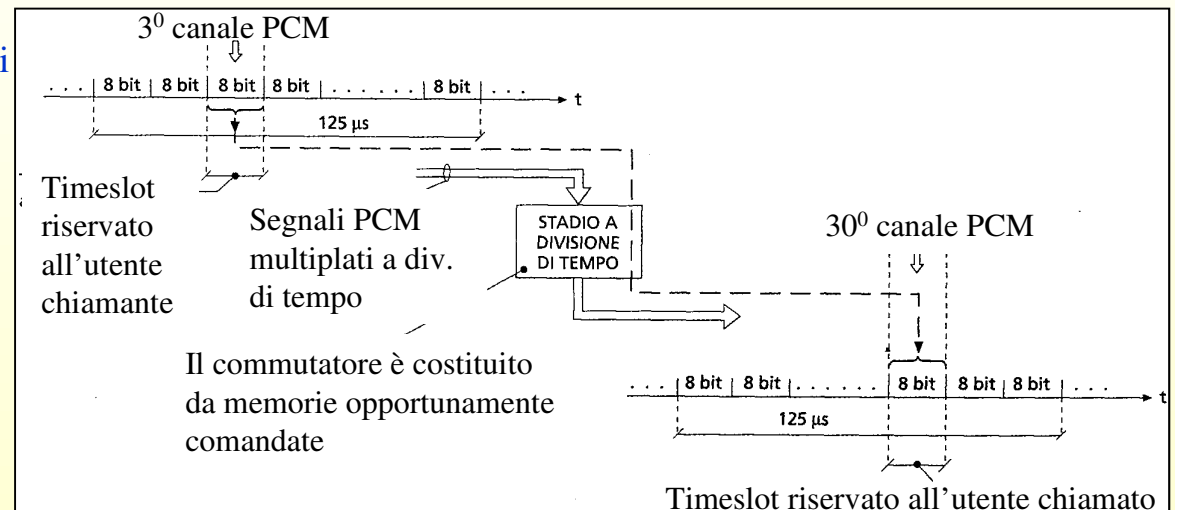
- Oggi si usano commutatori *elettronici digitali* che non solo smistano i dati da un ingresso ad una uscita (commutazione di circuito) ma devono anche piazzarli in una data nicchia temporale (commutazione temporale)

- Che cosa è una rete ISDN?

- E' una rete (N) digitale (D), quindi in grado di portare dati o comunicazioni vocali digitalizzate, integrata nei servizi (IS), cioè in grado di offrire ogni altro servizio che l'utente può chiedere al gestore della linea telefonica (videoconferenza, numero verde, passaggio di una comunicazione ad un altro numero, etc)

- Quanti fili servono per collegare 5 telefoni tra loro se ogni telefono è collegato con ogni altro?

- Facendo una figura si vede che servono 10 fili. In generale per collegare N utenti servono $N*(N-1)/2$ fili. Tanti!

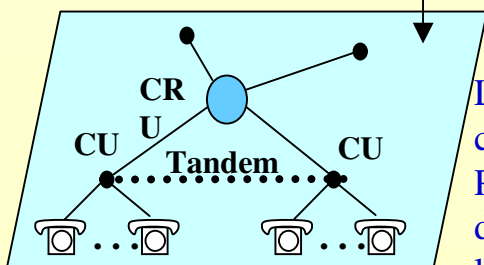
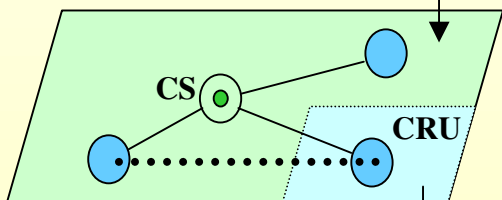
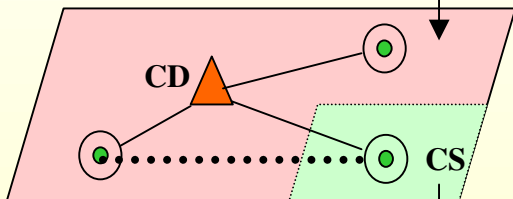
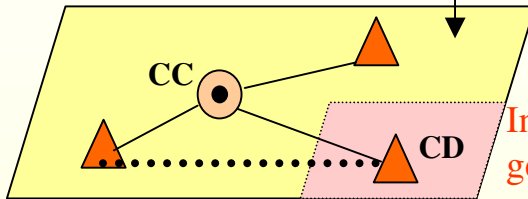
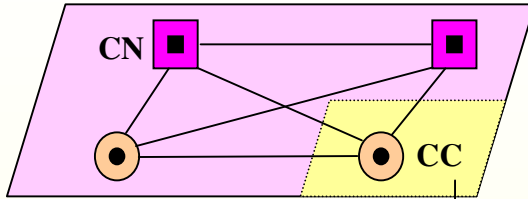




Rete telefonica nazionale (RTN)

(*4')

I CC sono connessi **a maglia** (cioè sono collegati a due a due e vi sono vie alternative in caso d'interruzione)



I compartimenti sono composti da **distretti** (circa uno per provincia, col relativo prefisso) coi centri distrettuali (CD) collegati **a stella** al CC

I distretti sono composti da **settori** coi centri di settore (CS) collegati a stella al CD

I settori sono composti da **reti urbane**, coi centri di rete urbana che sono collegati a stella al CS

Una rete urbana è composta di regola da più centrali urbane. Una di esse è il centro della rete urbana e si collega ai livelli superiori (**settore, distretto provinciale, compartimento regionale**)

Instradamento (routing) gerarchico: si risale nella gerarchia fino a trovare un centro comune, poi si scende.

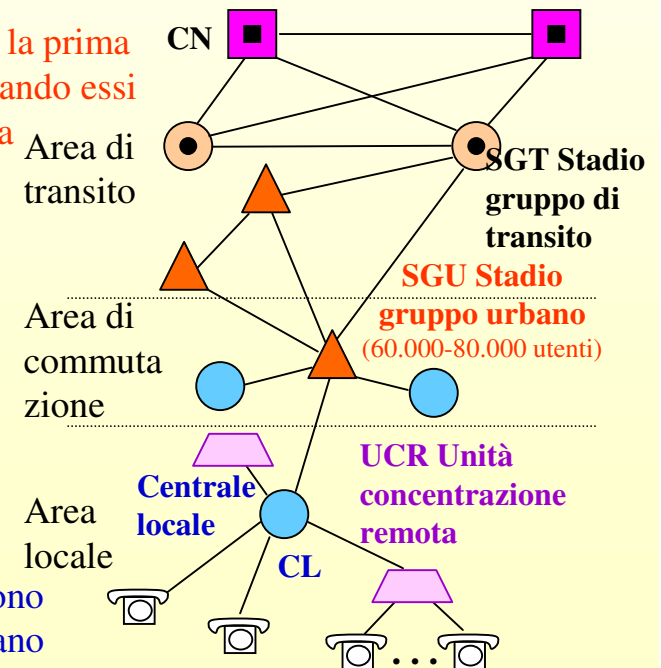
Nelle ore di punta c'è affollamento nei livelli alti della gerarchia: per evitare ciò si aggiungono **collegamenti trasversali**

Si passa così al **routing gerarchico alternativo:** la prima scelta è usare i collegamenti trasversali e solo quando essi sono saturi o indisponibili si risale nella gerarchia

Il salto di qualità, però, si ha col routing dinamico: 1) i nodi usano **tabelle di routing diverse in momenti diversi;** 2) le tabelle si **modificano in base al traffico rilevato**

Per il routing dinamico serve una rete non gerarchica o poco gerarchica come quella prevista dal nuovo piano telefonico nazionale

La nuova rete dimezza il numero dei nodi di commutazione perché (1) il numero base dei canali PCM è 30 contro i 12 della moltiplicazione di f; (2) sono disponibili commutatori a grande capacità; (3) si usano le fibre ottiche



Nuovo piano regolatore telefonico nazionale (PRTN)

Domande sulla RTN e notizie sulla numerazione

Cosa vuol dire rete gerarchica?

Che più nodi di ordine gerarchico inferiore confluiscono su un nodo di ordine superiore (collegamento a stella)

Come sono collegate le reti a maglia?

Ogni nodo si collega con ogni altro (in teoria, poi in pratica si collega solo a quelli vicini). Una rete a maglia pura non è gerarchica. Vi sono più vie per giungere a destinazione e questo la rende meno sensibile alle interruzioni

Cosa è il routing? Che pregi ha quello dinamico e come funziona?

Routing significa scegliere una strada per arrivare a destinazione (se ve ne è una sola, come nelle reti gerarchiche, in pratica non c'è routing. Quello dinamico ottimizza l'uso della rete evitando che una parte abbia un superlavoro mentre un'altra ha poco traffico. Per farlo misura il traffico e adatta ad esso le tabelle di routing

Quali sono le due principali differenze tra la rete nazionale attuale e quella futura?

1) C'è minore gerarchia (quindi più strade alternative); 2) C'è più connessione e meno commutazione (metà nodi)

Il numero di una chiamata nazionale attuale (es. 0588-20349) ha tre campi. Quali sono?

Il numero diviso in campi sarebbe: 0 - 588 - 20349 e può avere **al massimo 10 cifre**

Il primo campo (0) si chiama **prefisso interurbano** e indirizza la telefonata verso uno dei 231 centri di distretto

Il secondo campo (588) è l'**indicativo interurbano** e identifica il distretto del destinatario. Può avere **da 1 a 3 cifre**

Il terzo campo (20349) è il **numero utente** e può avere **al massimo 8 cifre**

La lunghezza del numero attuale è fissa?

La lunghezza del numero è variabile e, per questo, la numerazione si dice **aperta**

In futuro si passerà ad una numerazione a **lunghezza fissa (numerazione chiusa)**. Lo zero iniziale non ci sarà più e il 4 come primo numero indirizzerà alla rete fissa, mentre il 3 a quella mobile

Anche in Italia è diventato obbligatorio il prefisso. A cosa serve se la telefonata non esce dal distretto di partenza?

Oggi sono attivi più gestori di telefonia pubblica e *il prefisso permette di capire a quale gestore si rivolge l'utente*

Quali campi ci sono nel numero di una chiamata internazionale (es. 003958820349)

Ci sono 4 campi: 00 - 39 - 588 - 20349

Il primo campo 00 instrada la chiamata verso l'estero, mandando ad un centro nazionale

Il campo 39 è il **Country Code** e identifica il paese di destinazione (39 = Italia, 33 = Francia, 44 = Gran Bretagna, ...)

Il campo 588 è il l'**Area Code** (o **NDC = National Destination Code**). In Italia è il prefisso senza lo 0 cioè un distretto

Il quarto campo 20349 è il numero utente (**Subscriber Number**)



Commutazione di circuito

La commutazione di circuito nasce per lo scambio di messaggi vocali e consiste nel creare una **connessione fisica temporanea** tra chiamante e chiamato

1) **Instaurazione della connessione.** Alzando la cornetta l'utente chiede la connessione che poi specifica tramite il numero che compone

- Nel vecchio comando diretto, ogni numero comandava un selettore ad andare in una posizione, collegando l'utente al telefono voluto

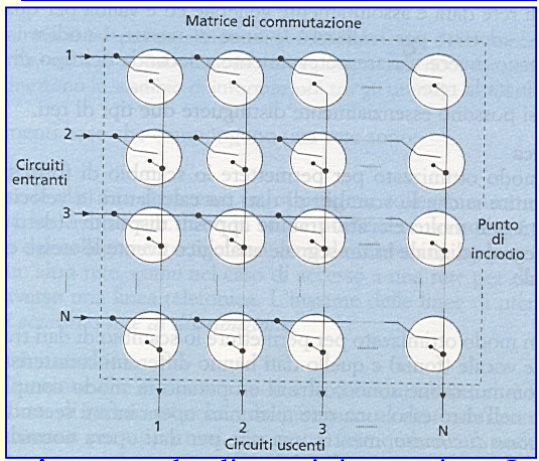
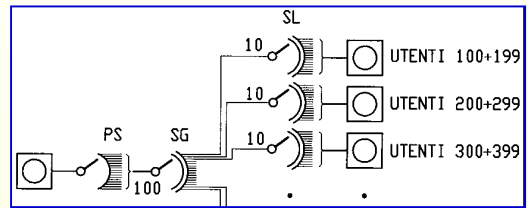
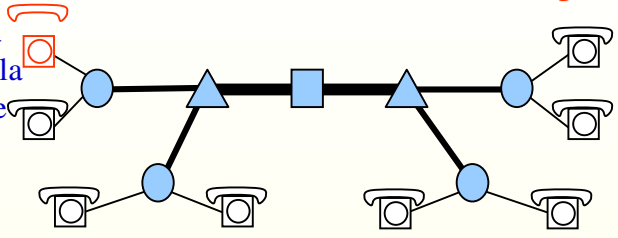
- Nel comando indiretto, il numero viene memorizzato in un registro, che poi comanda la matrice di commutazione elettronica di ogni nodo (centrale) a collegare una data linea in ingresso con una data linea di uscita

2) **Mantenimento della connessione** per tutto il tempo della conversazione

3) **Abbattimento della connessione** quando gli utenti riagganciano. I fili usati da loro diventano ora disponibili per altre connessioni

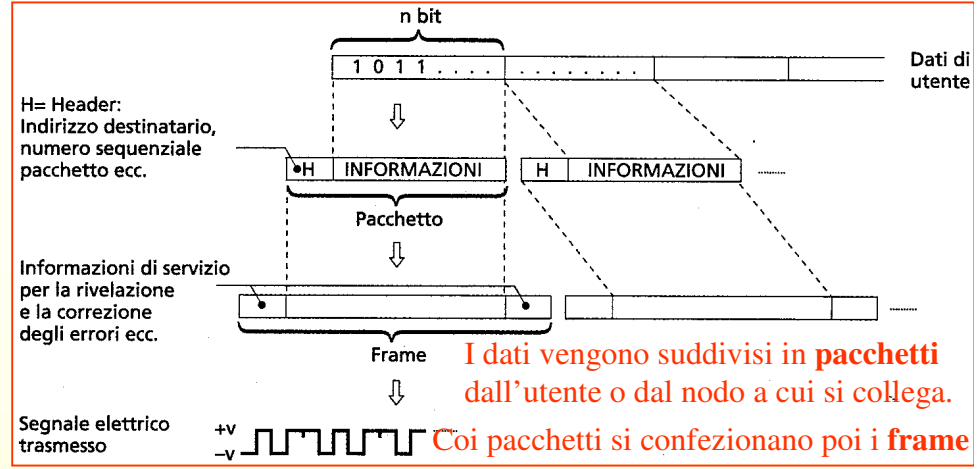
Le informazioni necessarie per instaurare, mantenere e abbattere la connessione sono chiamate **segnalazioni** e possono viaggiare

1) **insieme al segnale** (con un tono fuori banda a 3850 Hz) o 2) su una rete a parte che collega i computer delle diverse centrali (CCSS = sistema di segnalazione a canale comune)



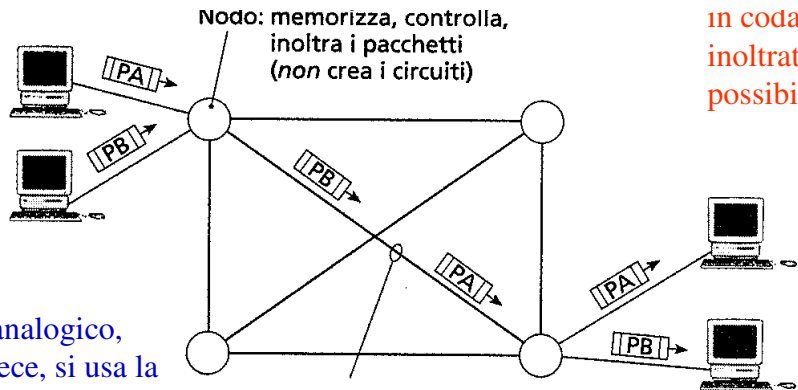
Commutazione di pacchetto

La commutazione di pacchetto è adatta per trasmettere dati digitali (o voce digitalizzata) e consiste nel frazionare il segnale in pacchetti, spedirli ognuno per conto suo e poi ricostruire il segnale in ricezione



I dati vengono suddivisi in **pacchetti** dall'utente o dal nodo a cui si collega. Coi pacchetti si confezionano poi i **frame**

Un nodo riceve il frame, lo **memorizza**, lo **controlla** (chiedendone la ritrasmissione se errato); in base alla destinazione lo **inoltra** (o lo mette in coda per essere inoltrato appena possibile)



Su ogni filo viaggiano contemporaneamente pacchetti di utenti diversi (**multiplazione a divisione di tempo**)

Ora si cominciano ad usare pacchetti piccoli (**celle**) di **53 byte** trasmessi con tecnica ATM

Domande sulla commutazione di circuito e di pacchetto

Quali sono i tre sistemi che compongono una rete di telecomunicazione, oltre alle linee di collegamento?

C'è (1) un sistema di trasmissione (che invia le informazioni), (2) un sistema di segnalazione (che permette di stabilire la connessione con l'utente desiderato) e (3) un sistema di commutazione (di circuito o di pacchetto)

Che sistema di trasmissione usano le reti telefoniche moderne?

I segnali fonici sono **campionati** (un campione ogni 125 μ s cioè campionando a 8 kHz, velocità adeguata per un segnale telefonico di 3400 Hz) poi convertiti in un numero (o, come si dice, **codificati**, da cui il nome **PCM** = Pulse Code Modulation). Gli 8 bit del numero viaggiano in uno spazio temporale (**timeslot**) riservato ad un utente (multiplexazione a divisione di tempo o TDM) (nella multiplexazione a divisione di frequenza o FDM, invece, ad ogni utente è riservata una porzione di frequenze)

Quale sistema di segnalazione consente di offrire servizi oltre che supporto per stabilire la connessione richiesta?

Il sistema di segnalazione a canale comune (CCSS), codificato dalle specifiche CCITT n. 7 (e perciò chiamato **CCSS 7** o anche **SS7**) è il sistema usato oggi, proprio perché consente anche di offrire servizi supplementari. Essendo una connessione tra i computer delle centrali (su una rete separata da quella dove passano i messaggi), infatti, è facile renderla "intelligente" e affidargli operazioni anche complesse richieste dall'utenza

Cosa si intende per commutazione di circuito e in quali reti si usa?

Tra i due utenti viene stabilita una connessione fisica (una coppia di fili), anche se temporanea. Si usa per la telefonia analogica

Cosa si intende per commutazione di pacchetto e in quali reti si usa?

Si usa per trasferire dati numerici. Il file da trasmettere viene frazionato in tanti pacchetti e i pacchetti vengono inviati all'indirizzo riportato nell'intestazione del pacchetto. Qui vengono riassembleti, usando il numero d'ordine anch'esso riportato nell'intestazione. All'utente sembra che ci sia una via di comunicazione, ma essa è virtuale, perché i pacchetti possono passare anche in strade diverse mentre vanno a destinazione

Si può inviare la voce a commutazione di pacchetto?

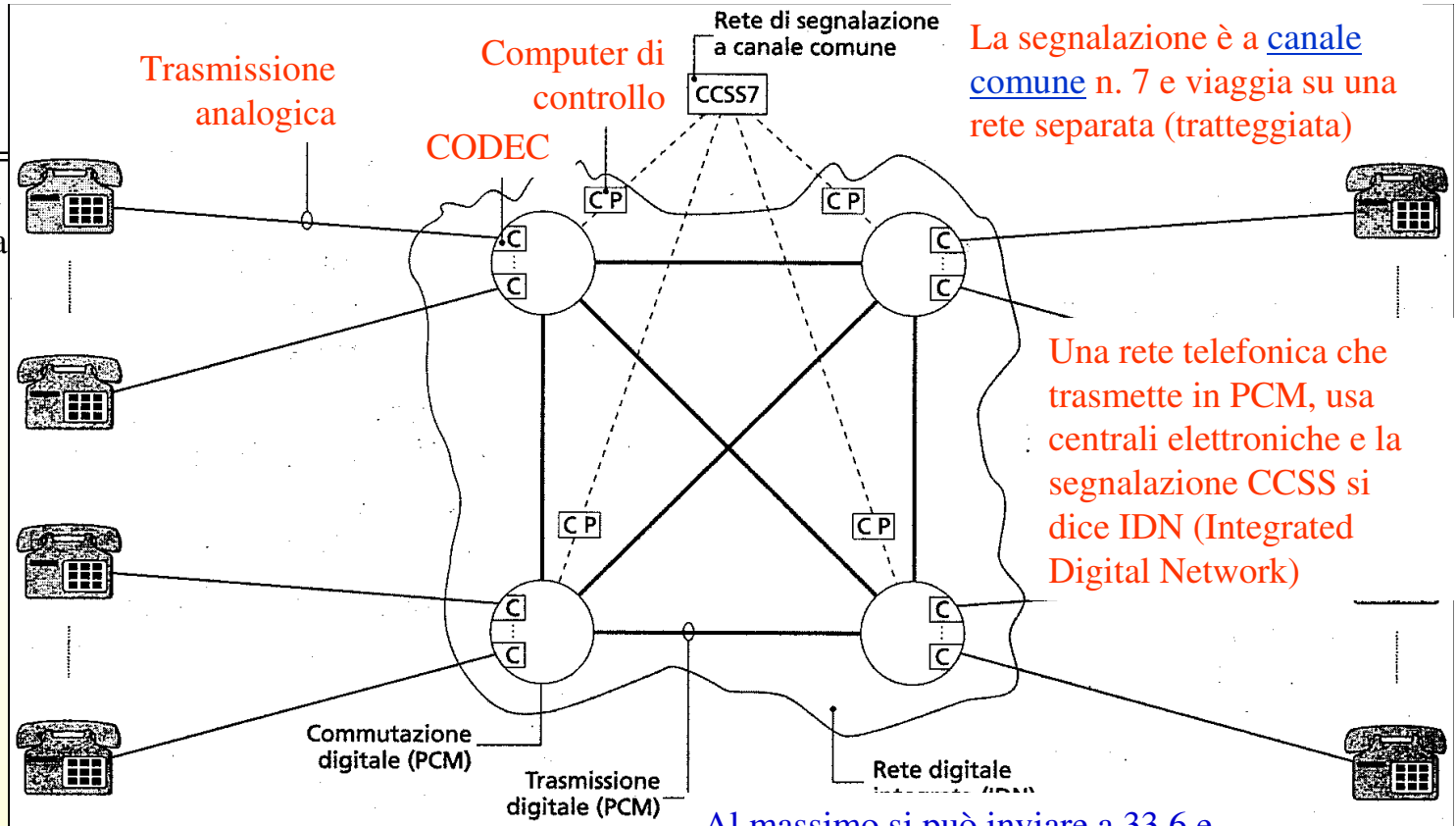
La voce si può rendere numerica, campionando il segnale e codificandolo. In questo caso, però, i pacchetti vanno inviati tutti su una via e con regolarità, perché non è ammesso che uno di essi arrivi in ritardo (coi dati, invece, è ammesso che i pacchetti abbiano ritardi variabili)

Cosa è un frame? Un pacchetto a cui sono state aggiunte informazioni per controllare la correttezza dei dati arrivati



IDN e modem

Fino agli anni 60 la rete telefonica pubblica (PSTN = Public Switched Telephone Network) era tutta analogica. Nel '62 è cominciata la digitalizzazione dei collegamenti tra le centrali (che ora trasmettevano con tecnica PCM = Pulse Code Modulation, ovvero trasmettendo numeri binari). Agli inizi degli anni '80, le centrali elettromeccaniche sono state sostituite dalle centrali elettroniche a matrice di commutazione. Ora la rete si presenta così:

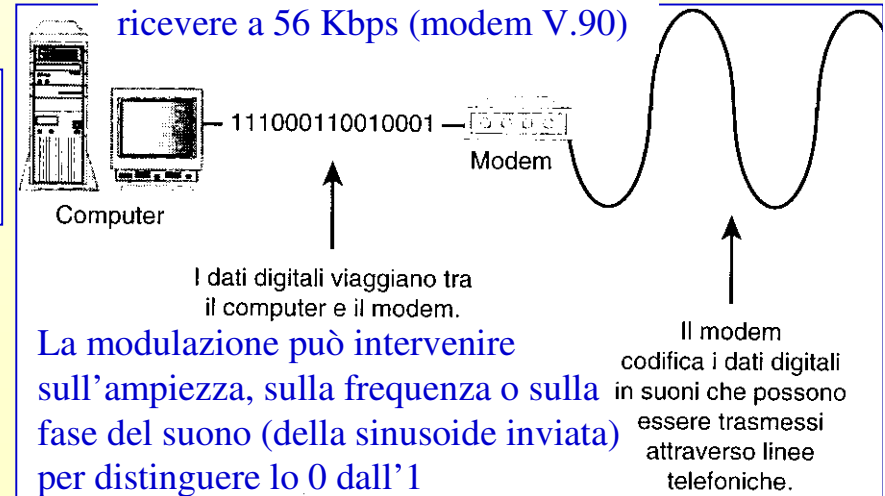


Un codec (codificatore-decodificatore) la digitalizza all'arrivo in centrale e la riporta ad analogica all'uscita

Costretto a trasmettere in analogico, l'utente che deve spedire dei numeri deve usare un **modem** (modulatore -demodulatore) che li trasformi in suoni (**modem fonico**)

Poiché la banda passante telefonica è limitata a **3 KHz**, Nyquist ci dice che usando due soli valori (alto/basso) si può trasmettere al massimo a **6 Kbps = 6 Kbaud** (baud = simboli al secondo). Modulando sia in ampiezza che in fase (**4 bit per baud**), su una linea utente a **2400 baud** si può trasmettere a **9600 bps**. Aumentando il numero dei livelli si può arrivare a 28.8 kbps e, su linee molto buone, a 33.6 kbps. **Oltre non si può andare, secondo il teorema di Shannon sui canali rumorosi**

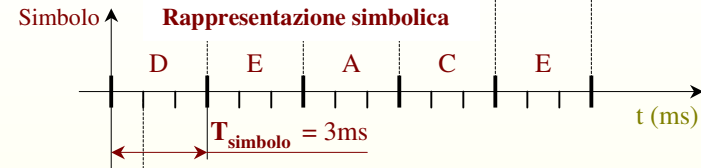
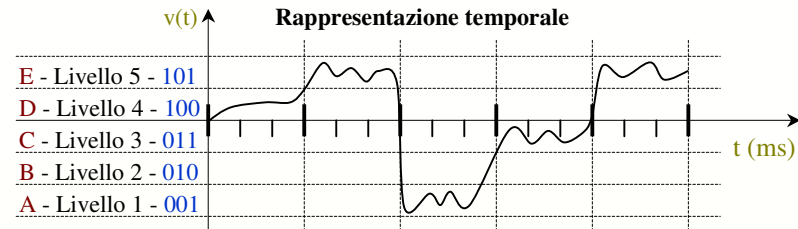
Al massimo si può inviare a 33.6 e ricevere a 56 Kbps (modem V.90)



La modulazione può intervenire sull'ampiezza, sulla frequenza o sulla fase del suono (della sinusoide inviata) per distinguere lo 0 dall'1



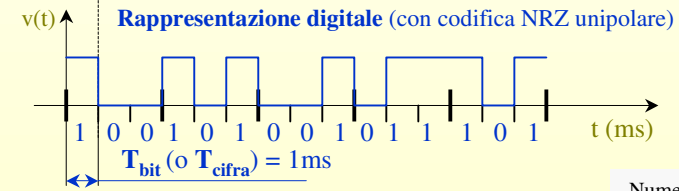
Symbol rate e bit rate



symbol rate (simboli al secondo emessi/ricevuti) $V = \frac{1}{T_{\text{simbolo}}} = \frac{1}{3\text{m}} = 333$ baud (livelli/sec)

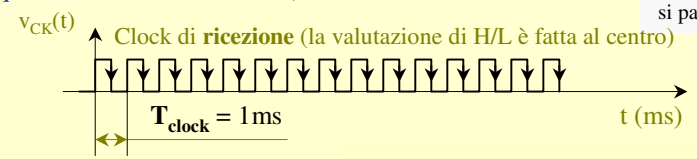


frequenza (cicli al secondo) $f = \frac{1}{T_{\text{clock}}} = \frac{1}{1\text{m}} = 1000$ Hertz (Hz)



bit rate (bit al secondo) $R = \frac{1}{T_{\text{bit}}} = \frac{1}{1\text{m}} = 1000$ bit/sec (bps)

Numericamente coincide con gli Hz del clock ma non si può parlare di cicli al sec. per un segnale che non è periodico, per cui si parla di bit al secondo



$R \text{ (b/sec)} \geq V \text{ (symb/sec)}$

$N_{\text{bit_a_liv}} = \log_2 N_{\text{liv}} = \log_2 5 = \frac{\log_{10} 5}{\log_{10} 2} = 2.3 = 3$

$2\text{livelli} \Rightarrow N_{\text{bit_a_liv}} = \log_2 2 = 1$



\Rightarrow b/sec = 3 baud

\Rightarrow b/sec = baud



Da PSTN + RFD + ITAPAC a ISDN

(*4')

Fino al '94, per poter accedere a tutti i servizi offerti dalla telefonia, un'azienda doveva sottoscrivere 3 diversi abbonamenti. Le 3 reti avevano dei tratti in comune, ma ognuna richiedeva un accesso particolare



Caratteristiche di ISDN:

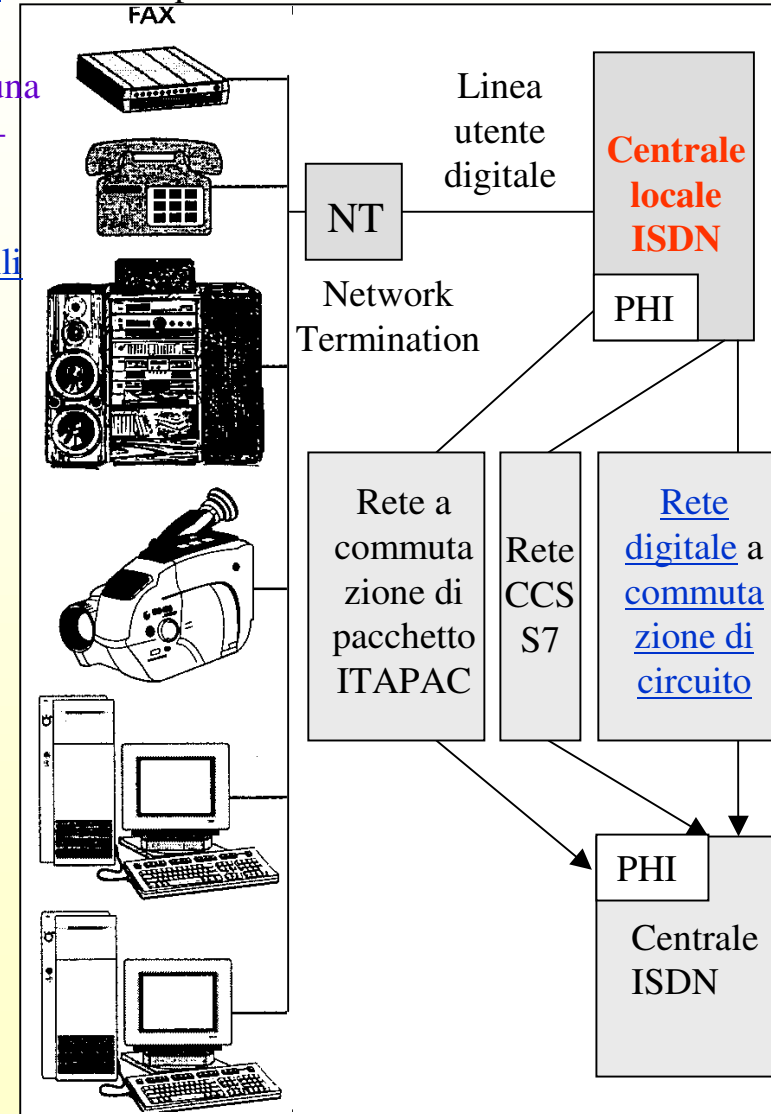
- 1) (I) L'interfaccia verso la rete è una sola (sarà poi la centrale ISDN a riconoscere il tipo di accesso e a instradare comunicazioni diverse su vie diverse)
- 2) (S) Offre tutti i servizi disponibili
- 3) (D) Tutta la strada da un utente all'altro è digitale

Inoltre:

- fa largo uso di computer, che possono fornire servizi sempre più intelligenti agli utenti
- la rete ISDN attuale si basa su canali a 64 Kbps e si chiama ISDN a banda stretta (N-ISDN). E' infatti prevista una ISDN futura a commutazione di cella basata su ATM che offrirà una velocità molto maggiore (B-ISDN ovvero a banda larga)
- per aumentare la velocità nella ISDN attuale si ricorre all'accorpamento di più canali a 64 Kbps =>

ISDN: introduzione

Nel '94 entrò in servizio in Italia la rete ad accesso unico e fu chiamata rete digitale IS perché Integrava tutti i Servizi messi a disposizione dalla telefonia



Domande su ISDN

Cosa si intende per rete IDN?

E' una rete completamente digitale (D), cioè che (1) trasmette in digitale e (2) usa commutatori digitali e che inoltre (3) usa la segnalazione a canale comune CCSS7

Indicare due reti specializzate che si sono affiancate alla rete normale prima di ISDN, indicando il loro uso

- 1) La rete ITAPAC, usata per collegare tra loro due computer piccoli o grandi, in pratica per fare una WAN (sulla rete normale serve un modem fonico e le velocità sono modeste)
- 2) La rete fonia-dati (RFD), una rete IDN arricchita da computer in grado di offrire nuove funzioni, come la teleconferenza o il gruppo chiuso di utenti.

Cosa è ISDN?

La definizione ufficiale è questa: è una rete, evoluzione di una rete IDN, che realizza un collegamento digitale da utente ad utente, che offre moltissimi servizi e usa poche interfacce utente standard (la NT1, adatta a collegare fino a 8 apparecchi ISDN e e usa poche interfacce utente standard (oltre alla NT adatta a collegare fino



ISDN: accesso base e accesso primario

(*6)

L'**accesso base** (BR = Basic Rate) è in ISDN quello che una linea telefonica è nella vecchia telefonia

Mentre una linea telefonica forniva 1 canale da 4 KHz, un accesso base ISDN fornisce:

2 canali B (B = Bearer = trasporto) da 64 Kbps

1 canale D (D = Dati a pacchetto e/o segnalazioni) da 16 Kbps

equivalente digitale dei 4 KHz analogici

tot 144 Kbps (nominale 192 Kbps)

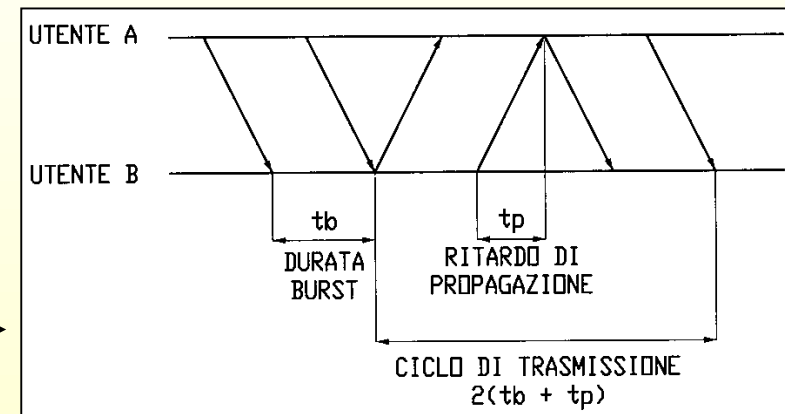
Un altro possibile accesso è quello **primario** (PR = Primary Rate) che fornisce 30B + 1D tutti a 64 Kbps (anche il D è a 64 e non a 16) tot 1.984 Mbps (nominale 2.048 Mbps)

Un accesso primario vale 12 accessi base (anche se $12 \times 144 = 1728$) e per tale motivo si chiama anche **H12** (H = High bit rate).

C'è anche l'accesso **H0** (5B + D a 64k) (negli USA anche l'H11 = 23B + D)

La bidirezionalità (full duplex) sulla linea utente:

- potrebbe essere realizzata a **divisione di frequenza**, usando mezza banda per ogni direzione, ma *costa troppo l'apparato*
- potrebbe essere ottenuta usando la **divisione di tempo**, inviando i pacchetti di dati (burst) alternativamente nelle due direzioni (tecnica a ping-pong) Per avere 192 Kbps con $t_p = 50$ ms bisogna trasmettere a 500 Kbps e non è possibile su tutte le linee
- in attesa di linee più veloci si preferisce trasmettere contemporaneamente nelle due direzioni, usando una



forchetta e un cancellatore d'eco

Il cancellatore d'eco serve perché la forchetta separa i due flussi solo se è perfettamente adattata. Non essendolo, la si affianca ad un circuito che, dopo un breve apprendimento, cancella i ritorni indesiderati

