

3. Struttura della rete ISDN

Evoluzione della rete telefonica

Integrazione nelle tecniche e nei servizi

Caratteristiche dell'ISDN (Racc. ITU-T I.120)

Servizi forniti dall'ISDN

Classificazione dei reference point (Racc. ITU-T I.411)

Strutture di interfaccia (Racc. ITU-T I.412)

Canali ISDN: B e D (Racc. ITU-T I.412)

Canali ISDN: H (Racc. ITU-T I.412)

Accesso Base e Primario (Racc. ITU-T I.412)

Interfaccia U: codifica e formato della trama

Caratteristiche fisiche al Reference Point S (Racc. ITU-T I.430)¹



Note

Struttura della Rete di TLC

ACCESSO

Rete di accesso: congiunge i clienti ad un centro di raccolta mediante il "Rilegamento d'utente"

COMMUTAZIONE

Centrali di commutazione: punti centralizzati e baricentrici di una o più aree di raccolta dove avviene la commutazione cioè la connessione fra due clienti che devono comunicare

TRASPORTO

Rete di trasporto: congiunge tra loro le centrali di commutazione o eventuali concentratori d'utente alla propria centrale.

2



Una Rete di Telecomunicazione possiamo definirla, in modo funzionale, come un sistema distribuito che permette il trasferimento di informazioni da un capo all'altro della rete stessa consentendo un indirizzamento universale. Quindi una rete di telecomunicazioni deve implementare al proprio interno sia delle funzionalità per il trasporto dell'informazione, sia delle funzionalità per l'indirizzamento e la commutazione (switching).

A partire da tale modello funzionale, un possibile modello fisico per una rete di telecomunicazioni potrebbe essere costituito da dei link (collegamenti) tipicamente punto-punto, interconnessi fra loro tramite dei nodi di commutazione il cui compito è quello di riconoscere le richieste per l'apertura di una connessione e fare in modo che i dati relativi a tale connessione arrivino al nodo di destinazione.

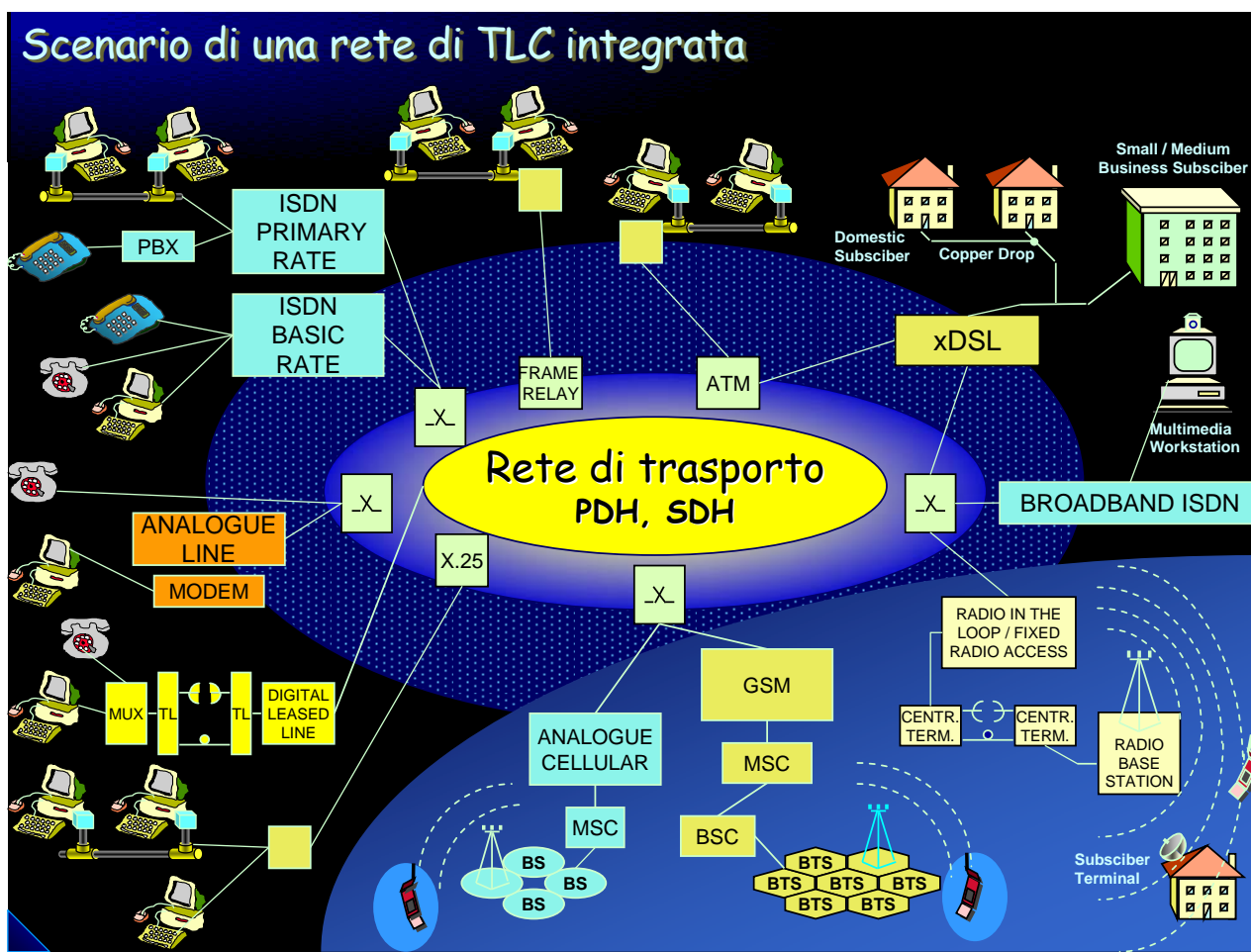
Evoluzione della rete telefonica

Anni	Accesso	Commutazione	Tecnica di Trasporto
1940	Cavi in rame	Elettromeccanica	Cavi in rame (bilanciati)
1950	Cavi in rame	Elettromeccanica	Apparati FDM a valvola
1960	Cavi in rame	Elettromeccanica	Apparati FDM a transistor
1970	Cavi in rame	Elettromeccanica	Primi apparati PCM; apparati FDM cavi coassiali
1975	Cavi in rame	Semielettronica	Primi apparati PCM; apparati FDM cavi coassiali
1980	Cavi in rame	Prime centrali Numeriche	Apparati PCM con tecniche PDH
1985	Primi MUX PCM d'utente	Centrali Numeriche	Introduzione dei Cavi in F.O.
1990	Distribuzione in PCM con rame o F.O.	Centrali Numeriche	Primi apparati PCM con tecniche SDH
1995	Portanti in F.O. Cavi in rame con tecniche xDSL	Centrali Numeriche	Sistemi ottici sincroni
2000	Integrazione		

3



L'integrazione è avvenuta per passi successivi. Inizialmente si è numerizzata la rete di trasmissione, successivamente sono state aggiornate le centrali di commutazione con apparati digitali in grado di interconnettere le reti specializzate nei singoli servizi (PSTN, X.25, ...), infine, si stanno aggiornando gli apparati nella sede d'utente che consentono, a chi lo richiede, l'accesso al servizio ISDN.



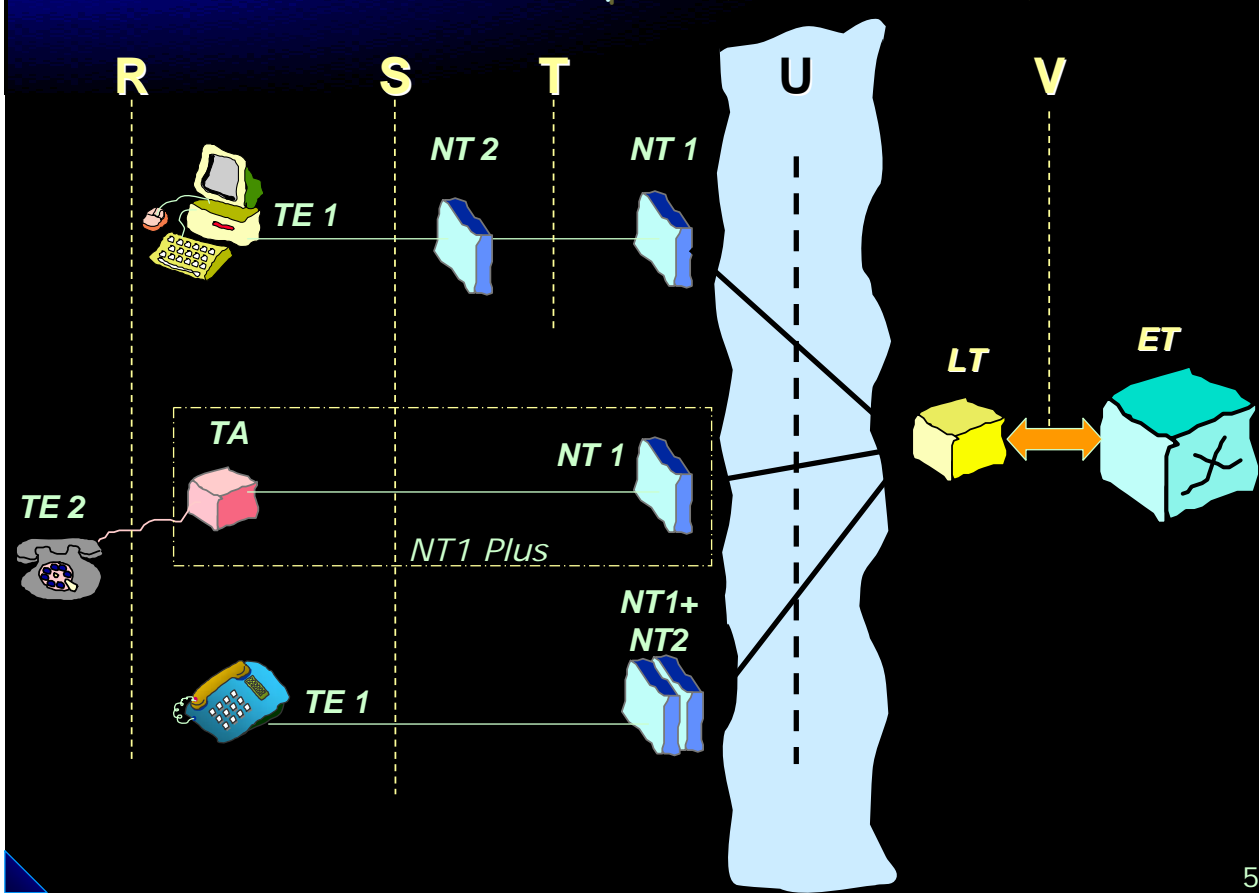
Le reti di telecomunicazione stanno diventando sempre più vaste e complesse. I servizi che vengono richiesti non si limitano alla fonia, ma sono sempre più rivolti alla trasmissione dei dati ad alta velocità e alla multimedialità..

I servizi, orientati ai dati e orientati alla fonia, inizialmente venivano messi a disposizione da reti specializzate come ad esempio la rete X.25 per i dati e la rete telefonica per la fonia; la tendenza attuale è invece quella di integrare le reti in una unica soluzione integrata basata sulle tecniche digitali (ISDN).

Le caratteristiche che ogni rete deve avere sono:

- Permettere l'accesso, attraverso una rete in ambito urbano denominata rete di accesso o, in precedenza, rete di distribuzione.
- Permettere la scelta di un interlocutore, attraverso le funzioni di commutazione. Questo è l'elemento di flessibilità della rete. Gli organi che permettano tali funzioni sono chiamati autocommutatori o nodi.
- Trasportare le informazioni tra i punti di accesso estremi degli interlocutori. Questo compito, assolto dalla rete di trasporto o di giunzione, interessa porzioni geografiche assai vaste, deve quindi poter garantire che le informazioni consegnate siano di "buona" qualità.

Classificazione dei reference point (Racc. ITU-T I.411)



5

l'ISDN, in quanto rete integrata di diverse tecniche e servizi, necessita di dispositivi di interfaccia. Quelli previsti dalla Racc. ITU-T I.4.11 sono i seguenti:

Network termination 1 (NT1), esegue funzioni di livello 1 (fisico) :

Adattamento al mezzo trasmissivo, manutenzione e performance monitoring, sincronismo, alimentazione, moltiplicazione dei canali in un'unica trama,...

Network termination 2 (NT2), esegue funzioni di livello 1 e superiore:

PABX e apparati di interconnessione per LAN sono esempi di NT2;

Protocolli di livello 2 e 3;

Multiplicazione a livello di trame e di pacchetti;

Commutazione, concentrazione.

Terminal equipment (TE), svolgono funzioni di livello 1 e superiori:

Telefoni digitali, PC, apparati terminali, workstation, sono esempi di TE.

Terminal equipment type 1 (TE1):

Sono TE con interfacce compatibili con ISDN.

Terminal equipment type 2 (TE2):

Sono TE con interfacce non utilizzate in ISDN (ad esempio X.25, telefono BCA, ...). Per renderle compatibili servono opportuni dispositivi di adattamento.

Terminal adaptor (TA):

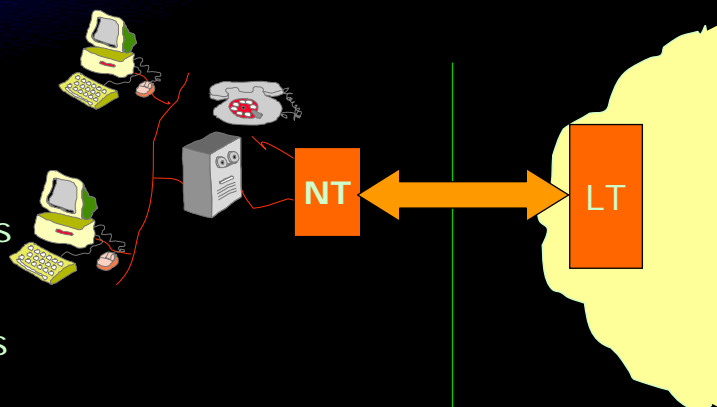
Sono dispositivi di adattamento alle interfacce ISDN. Operano ai reference point R-S e R-T.

Strutture di interfaccia (Racc. ITU-T I.412)

Accesso Base (BRI-Basic Rate Interface)

2 canali B (bearer): $2 \times 64 \text{ kb/s} = 128 \text{ kb/s}$

1 canale D (delivery): 16 kb/s



Accesso Primario (PRI-Primary Rate Interface)

30 canali B (bearer): $30 \times 64 \text{ kb/s} = 1920 \text{ kb/s}$

1 canale D (delivery): 64 kb/s

NT: Network Termination
LT: Line Termination

Tutti i canali sono Full-Duplex

6



La rete ISDN permette di rendere disponibile una connessione digitale realizzata mediante dei "canali" trasportati dall'NT al LT mediante i doppini già installati per la rete telefonica.

Al dispositivo di terminazione di rete (NT) viene collegato il cosiddetto cavo di bus passivo, a cui si collegano fino a otto dispositivi digitali (telefoni digitali, fax digitali, computer, etc.). Se le esigenze di superano le otto unità consentite, è necessario utilizzare un dispositivo denominato ISPBX (ISDN Private Branch eXchange) ovvero un centralino ISDN che governa gli accessi di tutti i dispositivi al canale.

I canali sono fondamentalmente di tipo B e D. Il canale B (Bearer, portante) ha una capacità di 64 Kbps e serve per trasportare sia la voce digitalizzata che i dati.

Il canale di tipo D è invece utilizzato principalmente per le segnalazioni, ha una capacità di 16 o 64 Kbps, il suo scopo primario è quello di dirigere le informazioni che attraversano i canali di tipo B. Mentre i canali B sono End-to-End il canale D ha un ruolo esclusivamente locale infatti termina al primo nodo di commutazione.

La combinazione di canali determina la struttura di interfaccia.

Nella sede di utente è definita una terminazione di accesso (Network Termination) che consente a terminali di tipo diverso (fonia, dati) di collegarsi alla rete pubblica con due modalità di accesso:

- accesso base (Basic Access) denominato anche 2B+D;
- accesso primario (Primary Access) denominato anche 30B+D.

I segnali digitali generati nella sede d'utente condividono l'infrastruttura trasmissiva di accesso (1 o 2 doppini telefonici) con una suddivisione della banda di tipo TDM.

In centrale, un dispositivo denominato Line Termination discriminerà i segnali fonici instradandoli sulla rete a commutazione di circuito, da quelli dati che interessano la rete a commutazione di pacchetto.

Si può constatare quindi, che la rete ISDN interessa fondamentalmente le parti periferiche della rete di telecomunicazioni, rendendo disponibile all'utente, su un'unica interfaccia, diversi servizi che comunque all'interno della rete coinvolgono diverse reti specializzate.

Canali ISDN: B e D (Racc. ITU-T I.412)

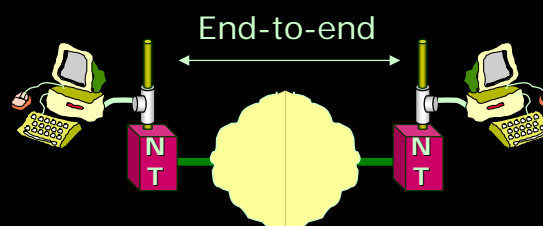
Definizione: rappresenta una porzione della capacità trasmissiva di una interfaccia

Canale B (bearer):

Bit rate=64 kb/s

Utilizzo: Informazioni dell'utente

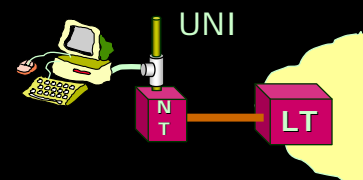
- Voce codificata a 64 kb/s (G.711)
- dati a commutazione di pacchetto o di circuito con bit rate fino a 64 kb/s
- voce codificata a bit rate inferiore di 64 kb/s o combinata con altre informazioni digitali



Canale D (data):

Bit rate: 16 kb/s o 64 kb/s

Utilizzo: segnalazione, trasmissione dati a commutazione di pacchetto, teleservizi



7



La rete ISDN permette di rendere disponibile una connessione digitale realizzata mediante dei "canali" trasportati dall'NT al LT mediante i doppini già installati per la rete telefonica.

Al dispositivo di terminazione di rete (NT) viene collegato il cosiddetto cavo di bus passivo, a cui si collegano fino a otto dispositivi digitali (telefoni digitali, fax digitali, computer, etc.). Se le esigenze di superano le otto unità consentite, è necessario utilizzare un dispositivo denominato ISPBX (ISDN Private Branch eXchange) ovvero un centralino ISDN che governa gli accessi di tutti i dispositivi al canale.

I canali sono fondamentalmente di tipo B e D. Il canale B (Bearer, portante) ha una capacità di 64 Kbps e serve per trasportare sia la voce digitalizzata che i dati.

Il canale di tipo D è invece utilizzato principalmente per le segnalazioni, ha una capacità di 16 o 64 Kbps, il suo scopo primario è quello di dirigere le informazioni che attraversano i canali di tipo B. Mentre i canali B sono End-to-End il canale D ha un ruolo esclusivamente locale infatti termina al primo nodo di commutazione.

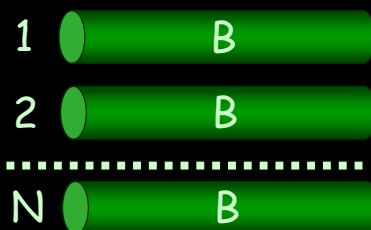
Canali ISDN: H (Racc. ITU-T I.412)

Canali H:

H_0 : 384 kb/s = 6x64 kb/s

H_{11} : 1536 kb/s = 24x64 kb/s

H_{12} : 1920 kb/s = 30x64 kb/s



Utilizzo: Informazioni dell'utente ad elevata capacità

- videoconferenza;
- dati ad alta velocità;
- audio ad alta qualità;
- dati e voce multiplati;
- dati a commutazione di pacchetto

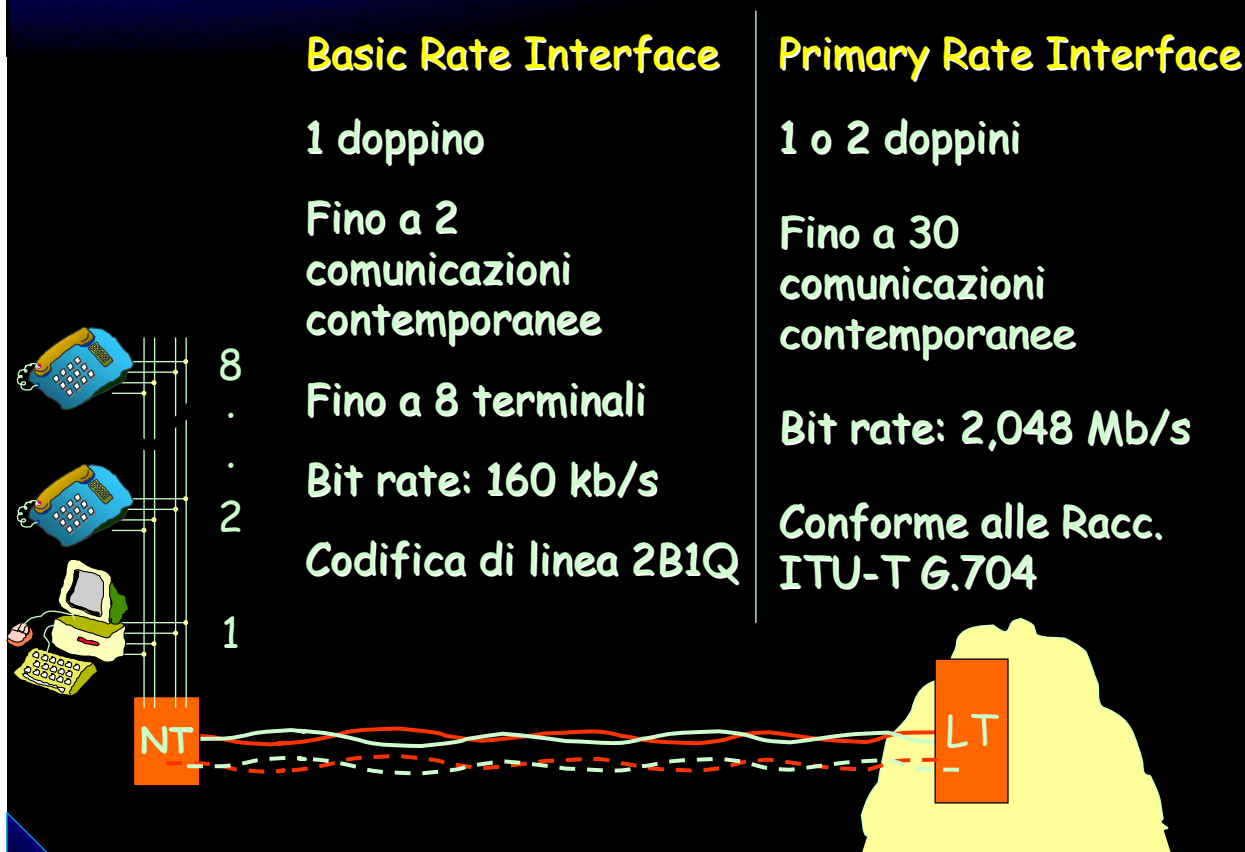
8



Future e interessanti prospettive per ISDN sono rappresentate dai canali H.

Essi sono trasparenti alla stregua dei B, ma offrono prestazioni in termini di velocità più elevate tanto da permettere ad esempio la trasmissione video. Si arriva fino ai 384 Kbps del canale H_0 e 1.536/1920 Kbps del canale H_{11}/H_{12} , entrambi implementabili su doppino telefonico.

Accesso Base e Primario (Racc. ITU-T I.412)



9

L'accesso base è anche denominato 2B+D poiché utilizza due canali B e uno D (a 16 Kbps) per un totale di 144 Kbps, l'interfaccia è definita BRI (Basic Rate Interface).

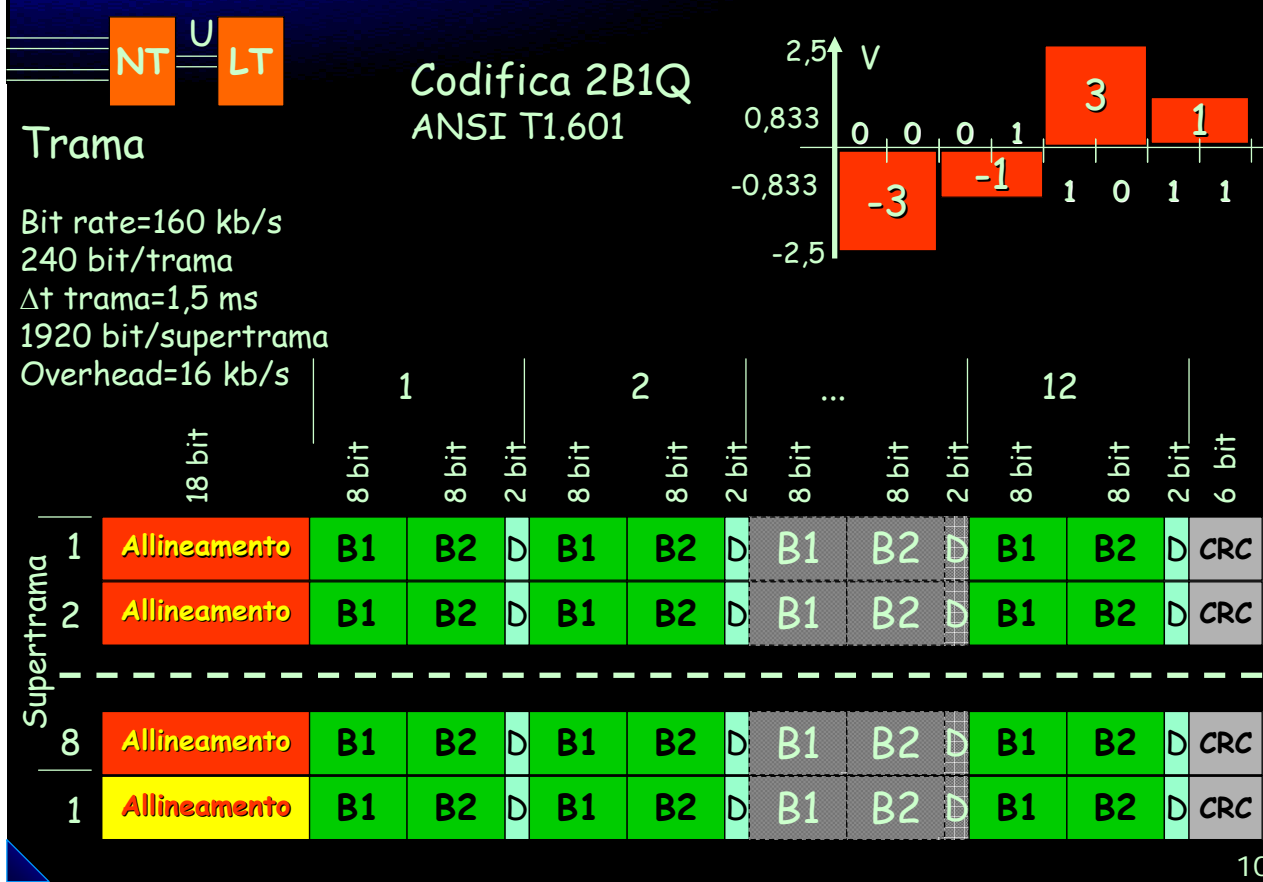
Per utilizzare il doppino telefonico con frequenze di cifra elevate è stato necessario introdurre una particolare codifica che contenesse la banda del segnale trasmesso. Questa necessità deriva dall'aumento dell'attenuazione che è direttamente proporzionale alla radice quadrata della frequenza.

Mediante la 2B1Q si codificano 2 bit (logica binaria) adiacenti in un simbolo con 4 possibili valori (quaternario). In questo modo si dimezza la banda.

Va ricordato che la lunghezza tipica di un collegamento di accesso è di 1,5-2km, ma può arrivare in certi casi anche a 4km. In quest'ultimo caso la frequenza massima non deve superare i 100kHz.

L'accesso PRI (Primary Rate Interface) o primario è detto anche nB+D dove n è pari a 30 nel caso di implementazioni europee e 23 se americane. Il canale D che viene utilizzato per controllare quelli B è in questo caso di 64 Kb/s. La differenza tra le implementazioni americane ed europee è derivata dalla necessità di realizzare un sistema compatibile con le reti di trasmissione già esistenti che sono la E1 in Europa (2.048 Kb/s) e la T1 in America (1.544 Kb/s). L'accesso primario ben si adatta ad utenti che debbano interconnettere dei PBX di buone dimensioni, quello base può essere sufficiente per un piccolo PBX o una LAN.

Interfaccia U: codifica e formato della trama



10

L' ISDN Physical Layer è specificata nelle raccomandazioni ITU-T della serie I e G. L'interfaccia U per il BRI è digitale, a 2 fili, a 160 kb/s.

Per ridurre il rumore viene utilizzata la tecnica della cancellazione dell'eco e per contenere la larghezza di banda del segnale viene codificato con il 2B1Q.

2B1Q (2 Binary 1 Quaternary)

E' un codice definito che fu standardizzato nel 1988 dall'ANSI mediante la specifica T1.601. In sintesi fornisce:

2 bit per baud; 80 kbaud/s; bit rate 160 kbps

4 livelli di tensione: 2,5 (simbolo 3); 0,833 (simbolo 1); -2,5 (simbolo -3); -0,833 (simbolo -1).

Formato della trama

E' composta da 240 bit, alla frequenza di cifra di 160 kb/s ha quindi una durata di 1,5 ms. Ogni trama è composta da:

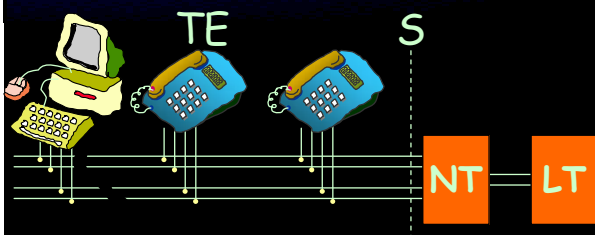
- Parola di allineamento di 18 bit, il suo valore espresso in simboli quaternari corrisponde a +3, +3, -3, -3, -3, +3, -3, +3, -3.

- Successione di 12 Canali B1, B2 e D. I canali B sono composti da 8 bit, mentre il canale D da 2 bit. La successione completa è composta da 216 bit.

- CRC e bit di manutenzione, complessivamente sono 6 per ogni trama.

Le trame sono inoltre, a gruppi di 8, organizzate in multitrime (1920 bit). All'inizio di ogni multitrime la prima parola di allineamento viene invertita (-3 -3 +3 +3 +3 -3 +3 -3 +3).

Caratteristiche fisiche al Reference Point S (Racc. ITU-T I.430)



Codifica: pseudo-ternaria con larghezza dell'impulso al 100%

1 0 1 0 1 1 0 1
0 0 0

4 fili

Bit Rate: 192kb/s

Trama: 48 bit

Gestisce:

- 2 canali B (64kb/s)
- 1 canale D (16kb/s)
- temporizzazione di bit
- temporizzazione ottetti 8kHz/ottetto
- allineamento trama
- alimentazione

11



Il livello fisico dell'interfaccia User-Network relativa ai punti di riferimento S e T, deve poter principalmente garantire le funzionalità di adattamento dei segnali al mezzo fisico, la codifica e la sincronizzazione dei bit.

Interfaccia di utente: formato della trama

Trama

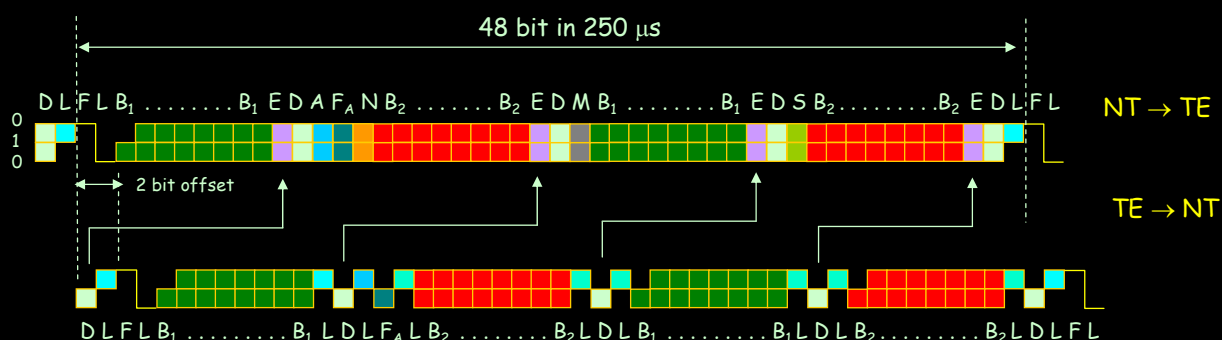
TE1

S/T

NT

F = bit di trama
L = bit di bilanciamento
D = canale D
E = canale di eco di D
 F_A = bit ausiliario
M = bit di multitrama

B_1 = canale B1
 B_2 = canale B2
N = bit posto al valore \bar{F}_A
A = bit di attivazione
S = canale S



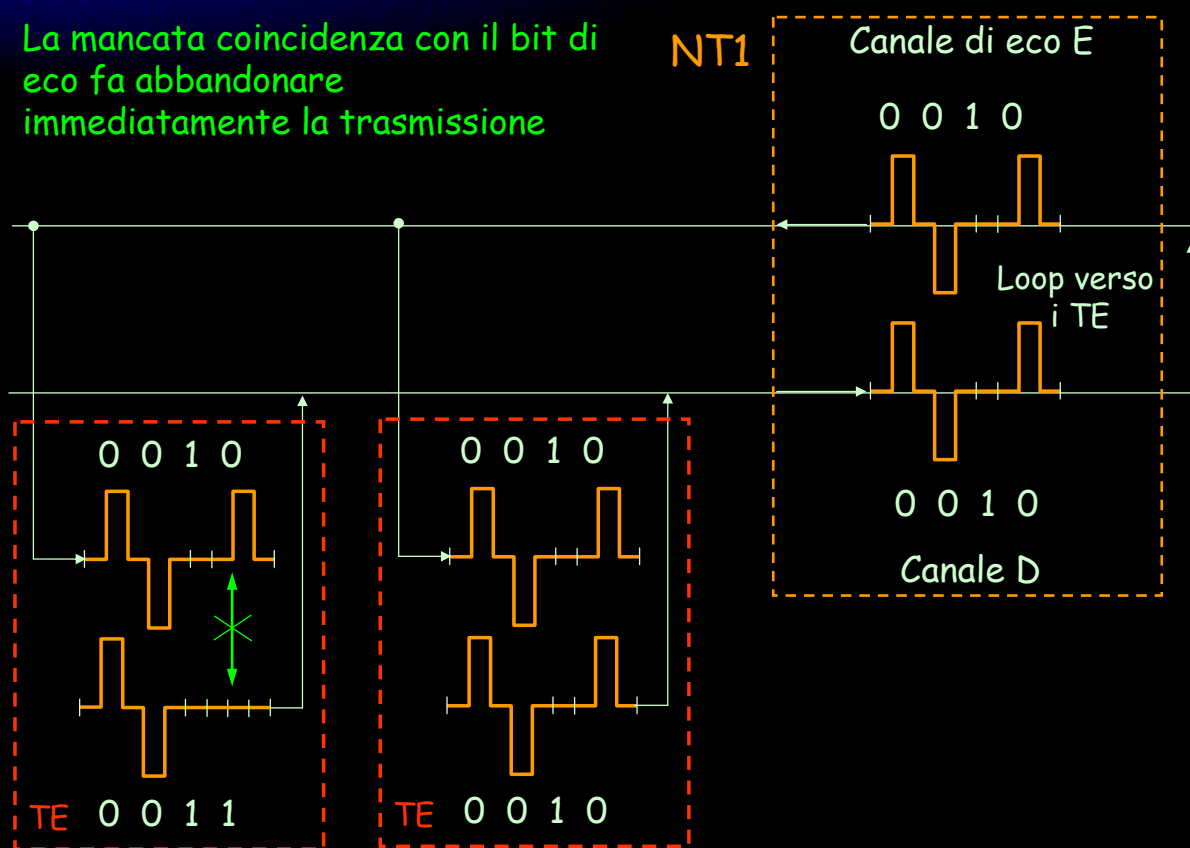
12

Come si può notare, la trama è simmetrica nei due versi (NT1 \rightarrow TE e TE \rightarrow NT1) con riferimento ai bit dei canali B e D. Alcune differenze sono invece riscontrabili sull'uso di alcuni bit. In particolare è da sottolineare come nella direzione TE \rightarrow NT1 i canali siano bilanciati singolarmente (bit L) poiché l'uso di differenti canali B da parte di diversi TE non garantirebbe a priori un giusto bilanciamento in continua del segnale in linea. Viceversa nella direzione NT1 \rightarrow TE il bilanciamento del segnale in linea viene garantito dall'NT1.

Contesa per l'accesso al canale D

La mancata coincidenza con il bit di eco fa abbandonare immediatamente la trasmissione

NT1



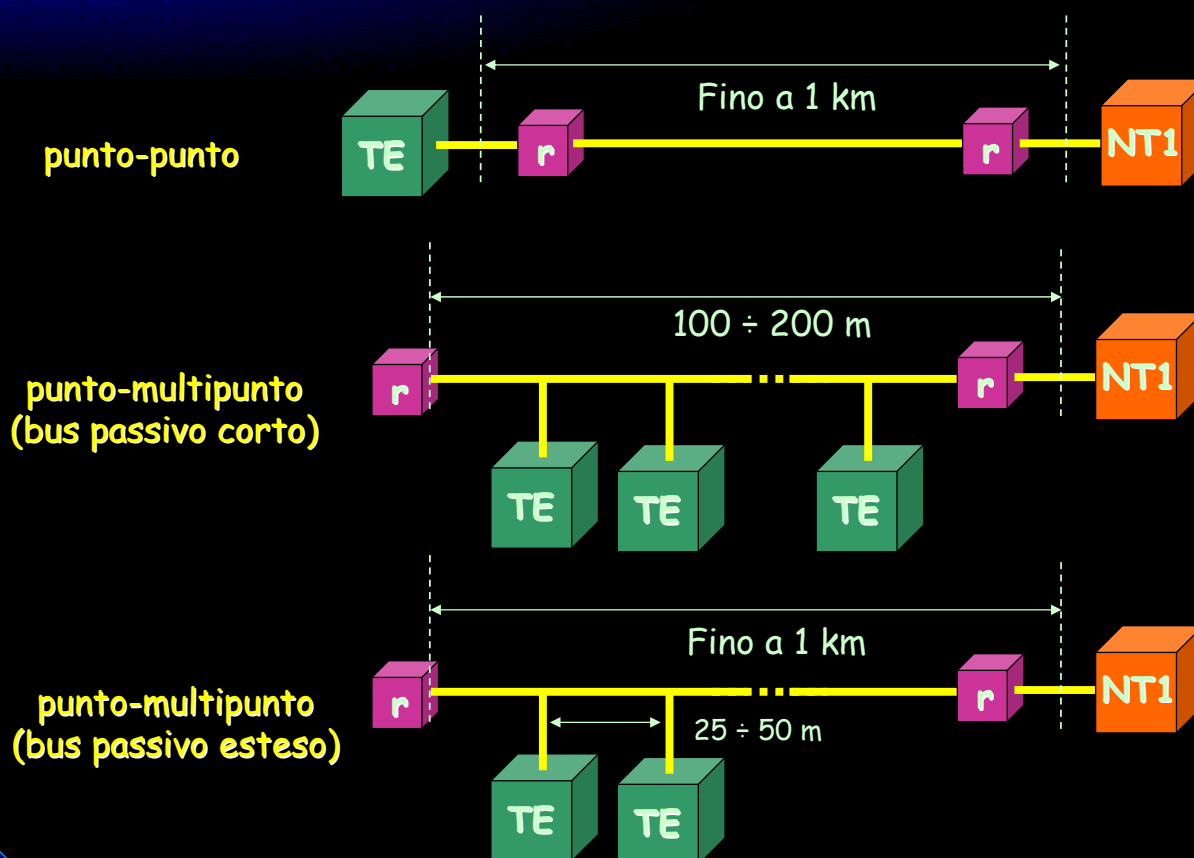
13



Il canale D di segnalazione è una risorsa condivisa tra i terminali connessi all'interfaccia. Un'opportuna procedura garantisce, nel caso di configurazione punto-multipunto, l'accesso ordinato da parte dei TE al canale di segnalazione. Essa assicura inoltre, nel caso di tentativo di accesso simultaneo di più TE al canale di segnalazione, che uno solo completi con successo la segnalazione (risoluzione della contesa). La procedura è applicata anche per la configurazione punto-punto.

Quando un TE non ha trame da trasmettere deve inviare 1 binari (trasmettitore in alta impedenza) sul canale D. La risoluzione della contesa di più TE per l'accesso al canale D è basata sul controllo del canale di eco. Tale canale (bit E nella trama trasmessa dall'NT1 verso i TE) è, bit a bit, l'esatta replica verso i TE dei bit del canale D ricevuti dall'NT1. L'NT1, alla ricezione di un bit di canale D dal/dai TE, trasmette tale valore binario verso il/i TE nel primo bit di eco disponibile. Quando un TE trasmette informazione su un canale D, effettua un continuo monitoraggio del bit di eco, confrontandolo con l'ultimo bit D trasmesso. Se questo confronto è positivo, il TE continua la trasmissione sul canale D, altrimenti cessa immediatamente la trasmissione e torna in uno stato di monitoraggio del canale di eco. Questo meccanismo consente la risoluzione delle contese nell'accesso. Infatti, se più di un TE accede nello stesso istante al canale D, è impossibile che per tutti il suddetto confronto sia sempre positivo. Lo sarà per uno solo di essi, che continuerà con successo la segnalazione.

Configurazioni di accesso per l'interfaccia utente



14



L'interfaccia di utente, nota anche con il nome di interfaccia utente-rete, è quella definita nei punti di riferimento S e T. La differenza tra le due interfacce S e T risiede nel fatto che l'interfaccia T è applicabile solo in configurazione punto-punto, mentre la S può essere applicabile anche in configurazione punto-multipunto.

La prima, punto-punto, prevede un solo terminale di utente (TE) connesso all'interfaccia. L'obiettivo è il raggiungimento di una distanza di funzionamento tra la terminazione di rete (NT1) ed il TE fino ad 1 km o comunque, in funzione delle caratteristiche del cavo, fino ad un'attenuazione massima di linea tra l'NT1 ed LT di 6 dB a 96 kHz. Per il corretto funzionamento dell'interfaccia è necessario definire il ritardo massimo di propagazione andata e ritorno del segnale, da un estremo all'altro di essa. Tale ritardo massimo deve essere compreso tra 10 e 45 μ s. Il valore più basso si riferisce al caso di TE direttamente connesso all'NT1.

La seconda configurazione punto-multipunto è caratterizzata dal bus passivo utilizzato che può essere corto o esteso.

Nella configurazione a bus passivo corto i TE possono essere connessi in modo casuale lungo il bus. In questo caso il ricevitore dell'NT1 deve essere in grado di riconoscere impulsi in arrivo dai TE con ritardi differenti. Ne deriva che la lunghezza massima del bus è funzione del massimo tempo di ritardo e non dell'attenuazione del cavo. Nel caso in cui il ritardo di propagazione andata e ritorno sia compreso tra 10 e 14 μ s, si può usare un NT1 con temporizzazione fissa; questo comporta che la massima estensione del cavo sarà compresa tra 100 e 200 m, rispettivamente con un cavo ad elevato o basso accoppiamento capacitivo.

Nella configurazione a bus passivo esteso, l'estensione del cavo può essere compresa tra 100 e 1000 m, ma i TE devono essere raggruppati all'estremità remota del bus, con distanza reciproca compresa tra 25 e 50 m.

Nelle configurazioni descritte è sempre evidenziata la presenza di resistenze ® di terminazione. Dette resistenze sono necessarie per realizzare una chiusura adattata dell'interfaccia ad entrambe le estremità del cablaggio di utente; il loro valore deve essere di $100 \Omega \pm 5\%$.