

4. Concetti fondamentali sul trasferimento delle informazioni

Concetto di connessione

Transfer mode

Multiplicazione a divisione di tempo

Multiplicazione statistica

Protocol Data Unit

Pacchettizzazione di un bit stream

Pacchettizzazione di unità dati

Commutazione di circuito

Autocommutatore numerico ad uno stadio T

Unità di traffico: Erlang

Commutazione di pacchetto

Svantaggi della moltiplicazione a divisione di tempo

Metodologie di connessione

Concetto di connessione virtuale

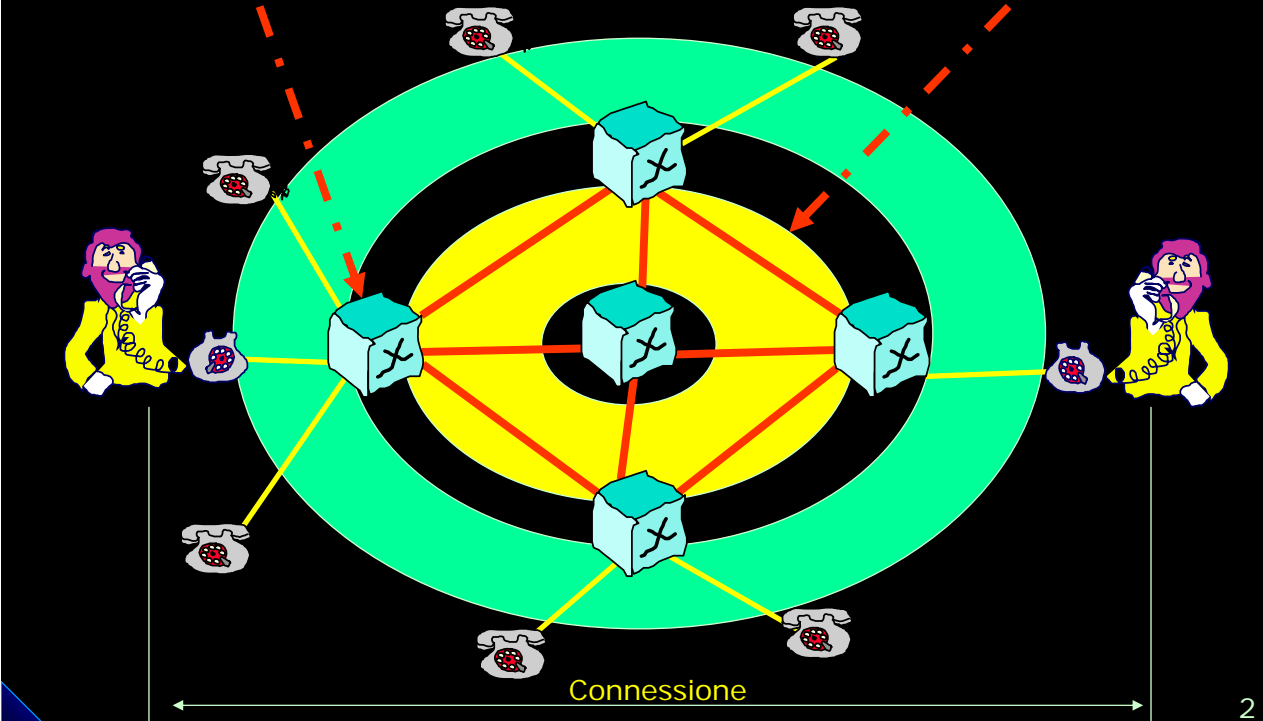
1



Concetto di connessione

Aspetti di commutazione
numerica (*incroci!*)

Aspetti di trasmissione
numerica (*autostrade!*)



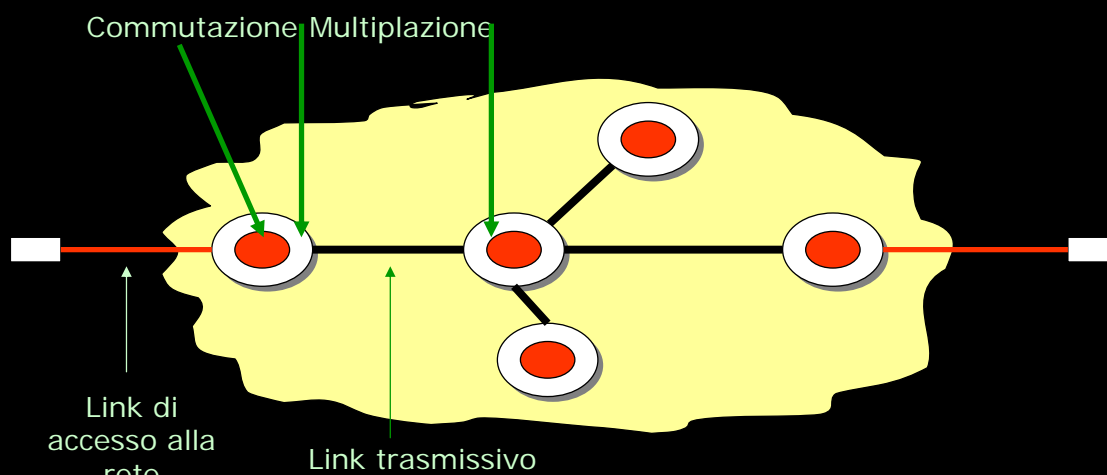
2



La connessione è quell'entità logica che permette di supportare il trasferimento delle informazioni. Successivamente verranno affrontati gli elementi che concorrono alla realizzazione della connessione (commutazione, trasporto,...) inoltre verranno definite le diverse tipologie di connessione (virtuale, fisica). Si chiariranno anche i concetti dei servizi connection-less e connection-oriented.

Transfer mode

Transfer Mode: modalità di trasmissione, multiplazione e commutazione delle informazioni



Trasmissione: superamento delle distanze, ottimizzazione dei link mediante la multiplazione

Commutazione: elemento di flessibilità del trasferimento

3



Le reti di telecomunicazioni mettono a disposizione, fondamentalmente, due tipi di risorse:

Risorse trasmissive, intese come banda a disposizione nei link.

Risorse elaborative, necessarie per le operazioni di commutazione e di indirizzamento. Nei nodi interni alla rete sono infatti necessari degli elaboratori che processano delle informazioni fornite dall'utente per inviare i dati correttamente.

I gestori di rete hanno come obiettivo quello di ottimizzare le risorse, in modo da essere competitivi nel dinamico mondo delle TLC. Questo si traduce nel cercare di utilizzare tali risorse più vicino possibile alla saturazione, fermo restando l'obiettivo di garantire una appropriata qualità di servizio (QoS).

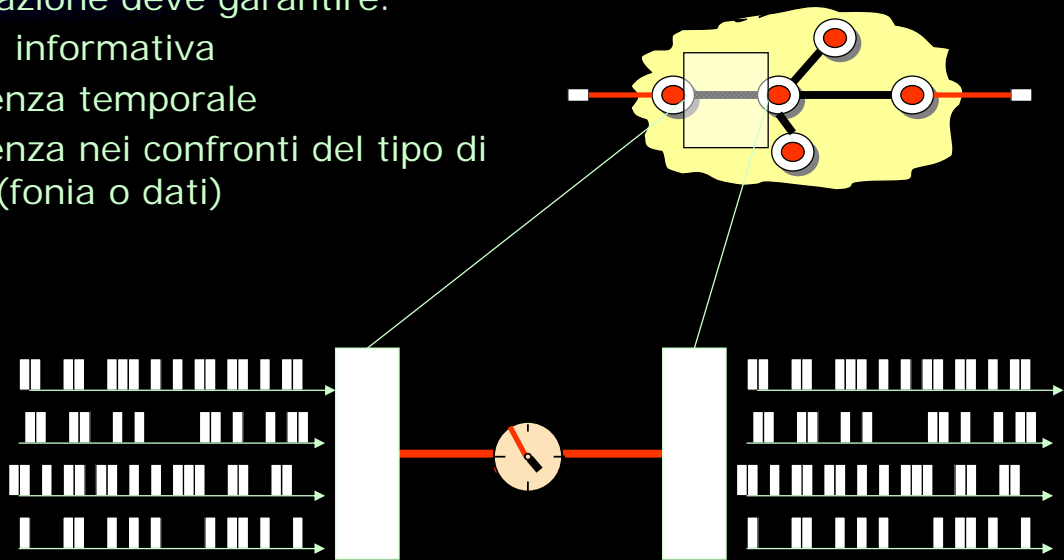
Pensare di strutturare la rete secondo una topologia a maglia completa non è pensabile, di conseguenza sono necessarie delle tecniche per la condivisione delle risorse trasmissive.

L'evoluzione tecnologica e le opportunità conseguentemente presentatesi hanno indotto l'utente a desiderare sistemi di telecomunicazioni integrati in cui sia possibili trasmettere ad alte velocità (in modo ad esempio da poter scambiare immagini ad alta definizione fisse a in movimento, o anche in modo da poter interconnettere, in maniera funzionale, reti LAN remote). Le esigenze di alta velocità e di multiservizio hanno mostrato subito la necessità di nuovi modi di trasferimento orientati ai dati che utilizzano tecniche di multiplazione a base statistica: Packet Transfer Mode.

Multiplazione deterministica

La multiplazione deve garantire:

- Integrità informativa
- Trasparenza temporale
- Trasparenza nei confronti del tipo di servizio (fonia o dati)



Le tecniche di multiplazione possono essere:

- a divisione di spazio
- a divisione di frequenza
- **a divisione di tempo**
- a divisione di lunghezza d'onda

4



Lo scopo della multiplazione è quello di rendere efficiente l'uso della connessione fisica rispettando i requisiti prestazionali che caratterizzano la Qualità del Servizio (QoS). In particolar modo:

- l'integrità informativa;
- la trasparenza temporale.

L'integrità informativa si riferisce alla possibilità che, durante la trasmissione vengano corrotti e/o persi alcuni bit. Un elevato grado di integrità informativa è molto importante nel caso di comunicazione di dati.

La trasparenza temporale si riferisce ai ritardi di trasferimento dei bit. Esistono dei servizi detti isocroni (real-time) in cui per una corretta interpretazione dell'informazione a destinazione, è necessario che il trasferimento sia temporalmente trasparente. Ad esempio nella codifica numerica della voce PCM è necessario che ogni 125 μ s un campione vocale venga messo in rete, e che ogni 125 μ s tale campione vocale venga prelevato dal destinatario e utilizzato per ricostruire il segnale analogico. Nel caso in cui il campione arriva con un po' di ritardo si avrà una imperfezione nel segnale ricostruito. Sono invece detti anisocroni (not real-time) i servizi che non richiedono un'elevata trasparenza temporale nel trasferimento.

Per ogni link della rete si hanno a disposizione diversi canali di comunicazione. Tali possono essere realizzati tramite:

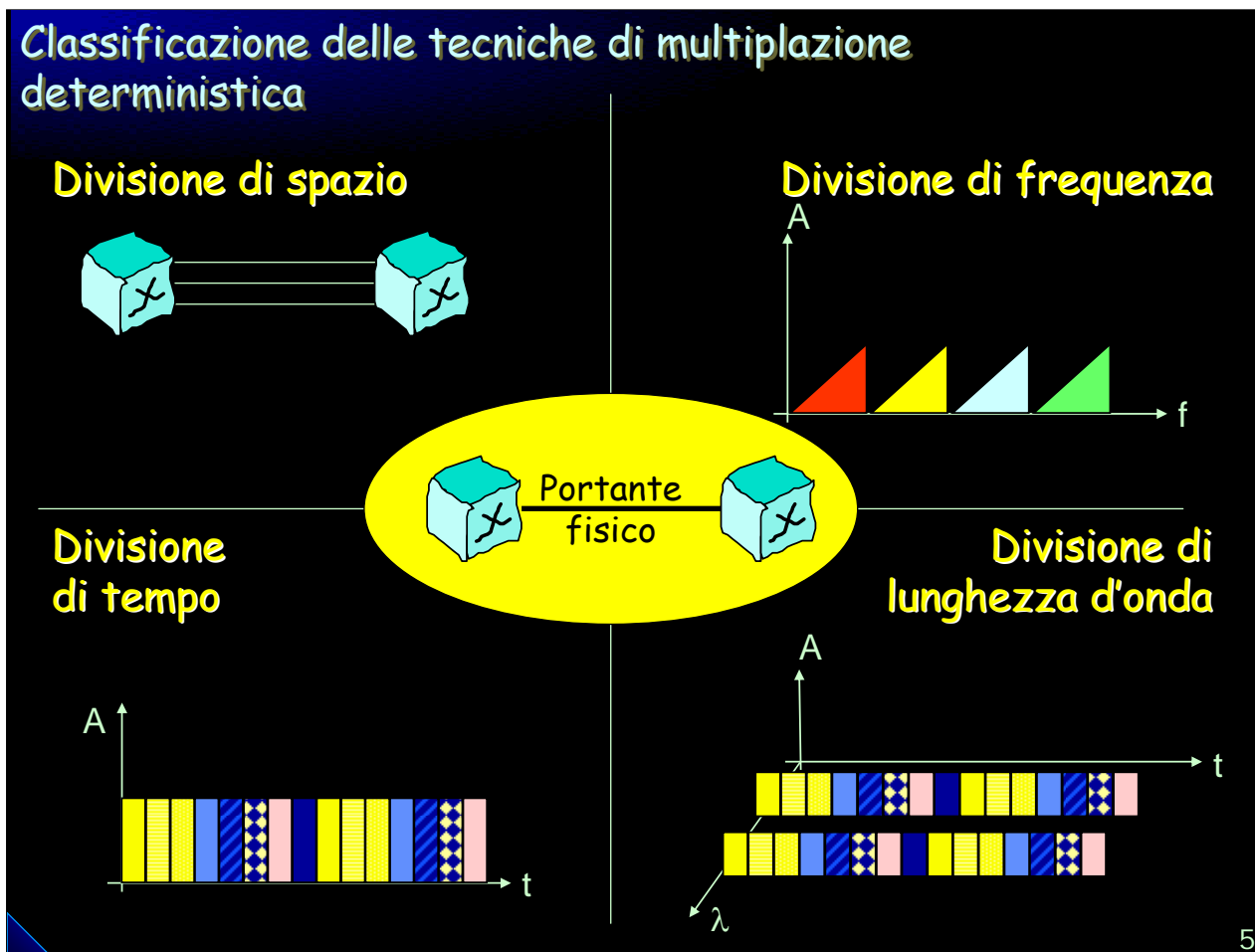
Multiplexing a divisione di spazio

Multiplexing a divisione di frequenza

Multiplexing a divisione di tempo

Multiplexing a divisione di lunghezza d'onda

Il multiplexing spaziale è stata la prima tecnica, ormai non più usata che consiste nel realizzare i canali logici di comunicazione tramite collegamenti fisici. Il link si presentava, dunque, come un fascio di cavi e i canali erano spazialmente divisi l'uno dall'altro. Il multiplexing a divisione di frequenza, in cui i vari canali logici condividono lo stesso mezzo fisico ma sono caratterizzati da spettri di frequenza che non si sovrappongono. Nelle reti per dati, lo schema di multiplexing usato è quello a divisione di tempo.



Nella trasmissione un ruolo importante lo occupa la moltiplicazione.

La moltiplicazione è quella funzione che permette di far condividere le risorse trasmissive, notoriamente costose, fra più utilizzatori contemporaneamente. Le tecniche utilizzate dai gestori di reti telefoniche sono sotto riportate.

Moltiplicazione a divisione di spazio:

è la più immediata, prevede di attribuire un numero di circuiti fisici pari al numero di sorgenti contemporanee. Non è conveniente economicamente per un gestore.

Moltiplicazione nel dominio delle frequenze (FDM):

consiste nello sfruttamento multiplo di uno unico mezzo fisico (coppia di cavo, linea coassiale, ponte radio), suddividendo logicamente i canali mediante porzioni distinte di frequenza. Viene utilizzato per il trattamento dei segnali analogici.

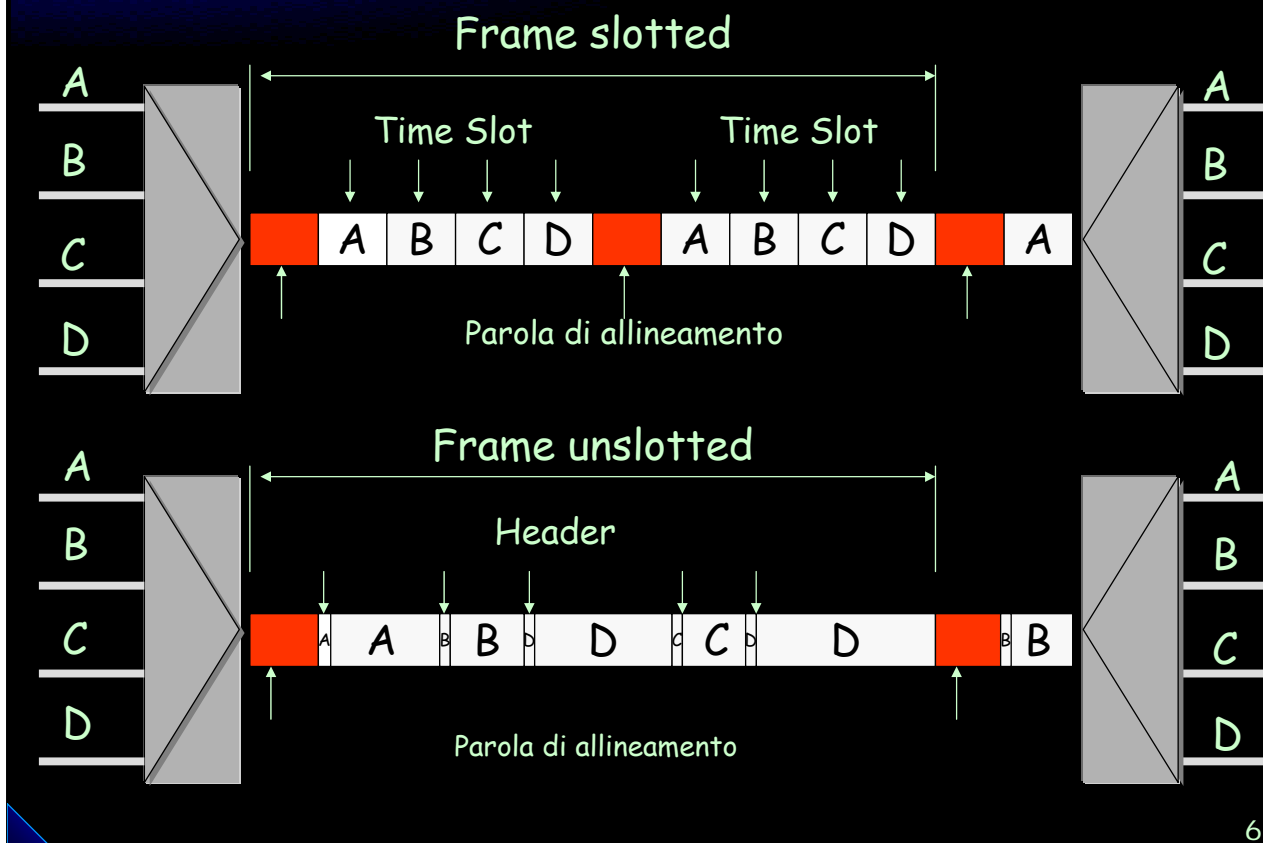
Moltiplicazione a divisione di tempo (TDM):

consiste nello sfruttamento multiplo di uno unico mezzo fisico (coppia di cavo, linea coassiale, ponte radio, fibra ottica), suddividendo logicamente i canali in intervalli di tempo. Viene generalmente utilizzato per il trattamento dei segnali digitali.

Moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda (WDM):

consiste nello sfruttamento multiplo di una unica fibra ottica, suddividendo logicamente i canali su lunghezze d'onda diverse della luce modulata trasmessa. Viene generalmente utilizzato per il trattamento dei segnali digitali.

Multiplazione a divisione di tempo: classificazioni



6



Un primo problema che insorge al demultiplicatore è quello di individuare ogni singolo tributario nel flusso di bit ricevuto. È necessaria dunque organizzare i bit in trame delimitate da una sequenza di bit nota come parola di allineamento. Questa tecnica introduce necessariamente un overhead poiché è necessario trasferire dei bit aggiuntivi per il riconoscimento dell'allineamento delle trame tra terminale trasmettitore e terminale ricevitore. Ogni tributario inoltre può essere riconosciuto implicitamente mediante la sua posizione all'interno della trama (time slot), oppure esplicitamente mediante un'altra ridondanza denominata header che informa il ricevitore dell'inizio del canale tributario.

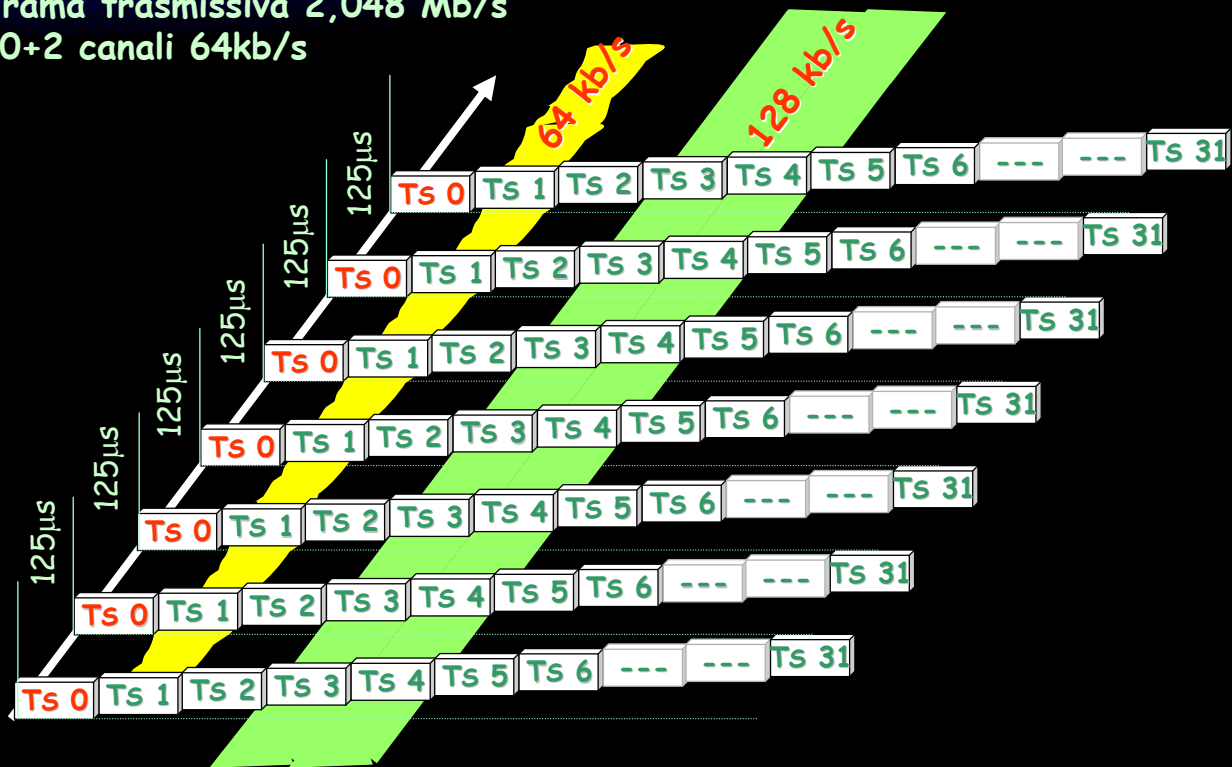
In base a quanto detto, una prima classificazione degli schemi di multiplexing a divisione di tempo può essere effettuata in base all'organizzazione dei tributari nell'asse dei tempi. Due possibili alternative sono:

Asse temporale indiviso (U - Unslotted).

Asse dei tempi suddiviso in Slot (IT - intervalli temporali) di lunghezza fissa.

Esempio di multiplazione TDM "frame slotted"

Trama trasmissiva 2,048 Mb/s
30+2 canali 64kb/s



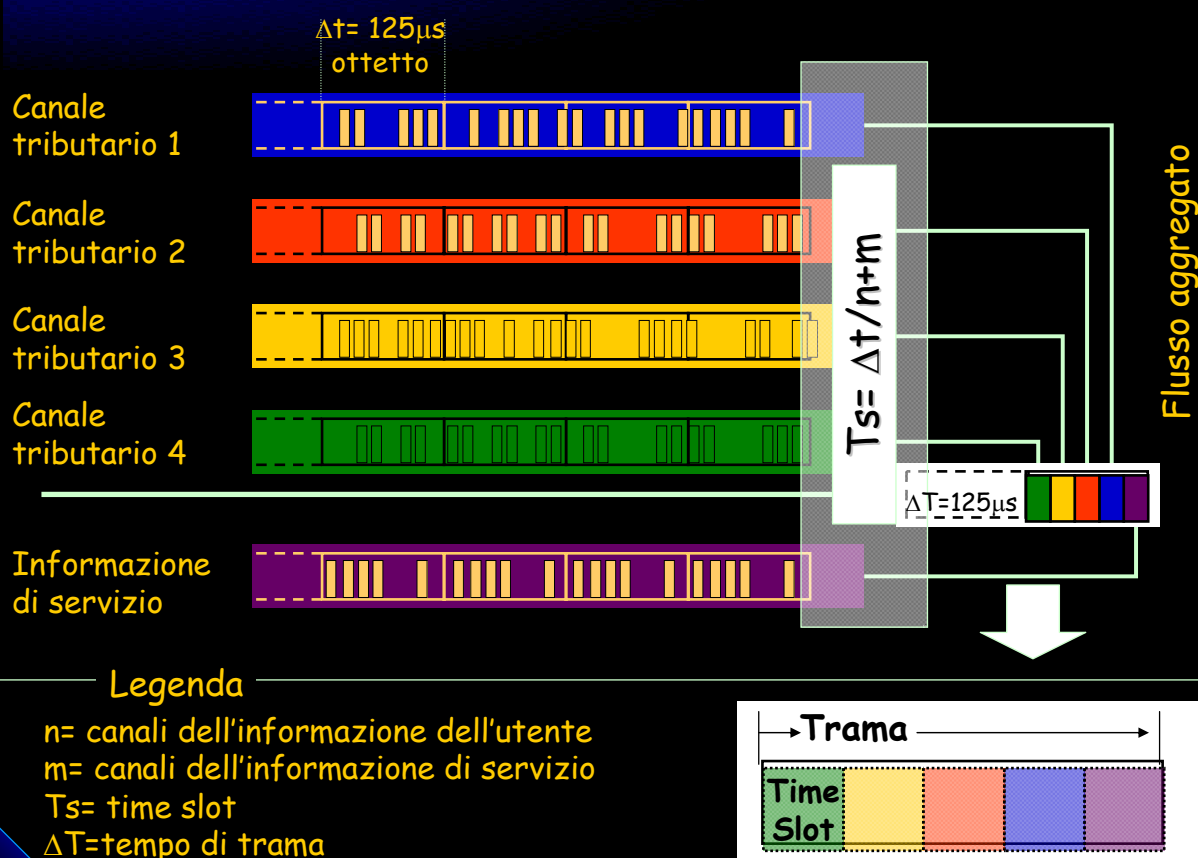
7



La multiplazione a divisione di tempo (TDM) suddivide la banda trasmissiva in time slot di lunghezza fissa. Ciascun dispositivo attestato sulla rete ha assegnato uno o più time slot a seconda della velocità. Quando un dispositivo sta trasmettendo dei dati, i bit di vengono semplicemente allocati in un time slot senza alcuna elaborazione. In tal modo la tecnica TDM risulta trasparente al protocollo di traffico. Nella terminologia del modello riferimento OSI, la commutazione di circuito opera a livello 1 (fisico). Quando il dispositivo terminale non trasmette dati, i time slot restano vuoti, ma comunque dedicati per un eventuale utilizzo. In questo modo la banda corrispondente a quei time slot viene "sprecata".

La commutazione di circuito TDM, è particolarmente adatta alle applicazioni che richiedono alta velocità e bassi ritardi, come ad esempio la trasmissione della fonia e del video.

Concetto della moltiplicazione TDM



8



La moltiplicazione a divisione di tempo consiste nel ridurre il tempo associato ad ogni parola proveniente dai vari canali in modo da affiancare in modo ordinato tali parole. Così facendo si ottiene un segnale multiplo dove ogni canale occupa un preciso spazio temporale (time Slot) all'interno della struttura numerica denominata trama.

Il segnale PCM codificato a 64 kbit/s viene utilizzato da sistemi PCM per realizzare un segnale multiplo in cui si affasciano 30 canali, più 2 di servizio, che vengono trasmessi su un'unica linea numerica in conformità alla raccomandazione G.704 dell'ITU-T.

Principali definizioni per la multiplazione

Multiplo o aggregato

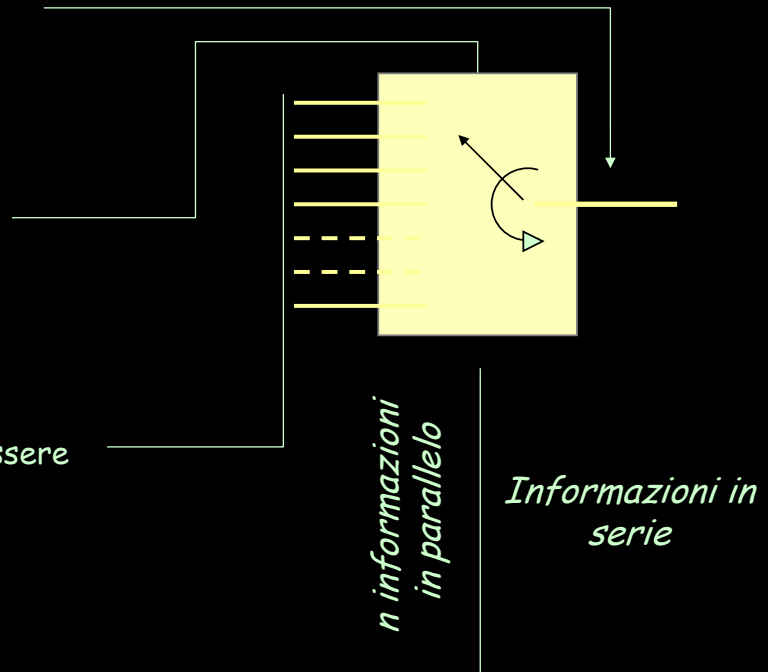
Segnale multiplato

Multiplatore

Apparato che esegue la multiplazione degli n segnali tributari in un segnale aggregato

Tributari

Segnali numerici che devono essere multiplati



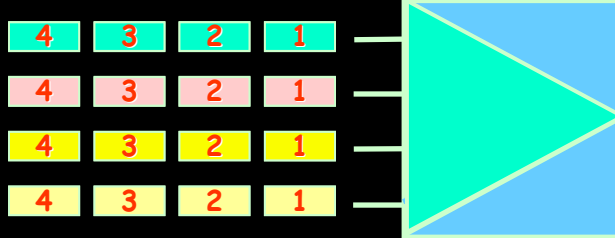
9

Note

Multiplazione TDM bit per bit

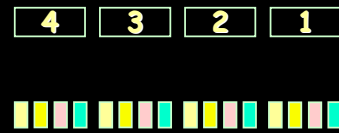
Tributari:

n unità a freq. F_1



Multiplo:

1 unità a freq. $F_0 \geq n \cdot F_1$



La **multiplazione bit per bit** avviene moltiplicando nell'ordine i singoli bit dei tributari adiacenti.

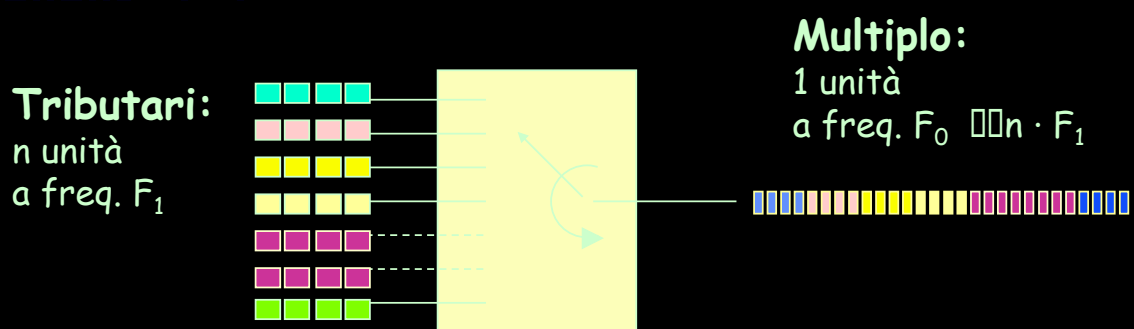
Caratteristiche:

- flessibile;
- economica dal punto di vista dell'apparecchiatura terminale;
- prescinde dall'organizzazione di trama;
- utilizzata nella multiplazione ad alta capacità nei sistemi asincroni.

10

Note

Multiplazione TDM parola per parola



La **multiplazione parola per parola** avviene moltiplicando nell'ordine le parole (generalmente organizzate in ottetti o byte) dei tributari adiacenti.

Caratteristiche:

- meno flessibile, deve tener conto dell'organizzazione di trama;
- meno economica dal punto di vista dell'apparecchiatura terminale;
- utilizzata nella moltiplicazione a bassa capacità;
- utilizzata soprattutto nella moltiplicazione dei sistemi sincroni.

11



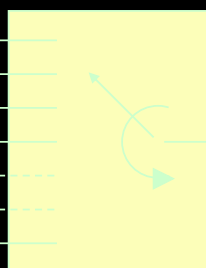
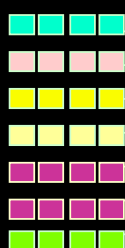
Note

[illegible]

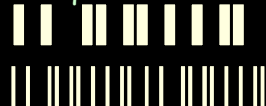
Classificazione dei tributari

Tributari:

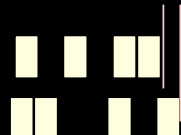
n unità
a freq. F_1



Frequenza



Fase



I tributari, in funzione della loro relazione di fase e frequenza, si possono classificare in:

- **plesiocroni** (asincroni) quando hanno mediamente la stessa frequenza nominale, ma con possibili variazioni entro limiti definiti dalle tolleranze;
- **mesocroni** (sincroni) quando hanno la stessa frequenza, ma non la stessa fase;
- **isocroni** (allineati) quando hanno la stessa frequenza e la stessa fase. Quest'ultimo caso ha interesse solo dal punto di vista teorico.

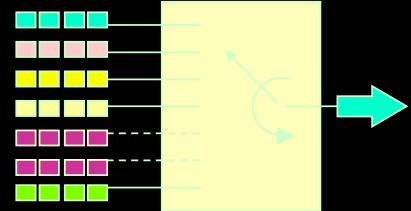
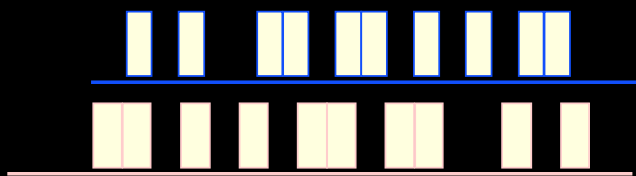
12



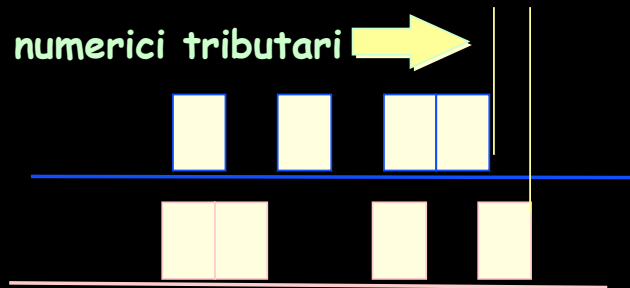
Note

Requisiti base per la moltiplicazione numerica

1 Portare i segnali numerici tributari alla stessa frequenza



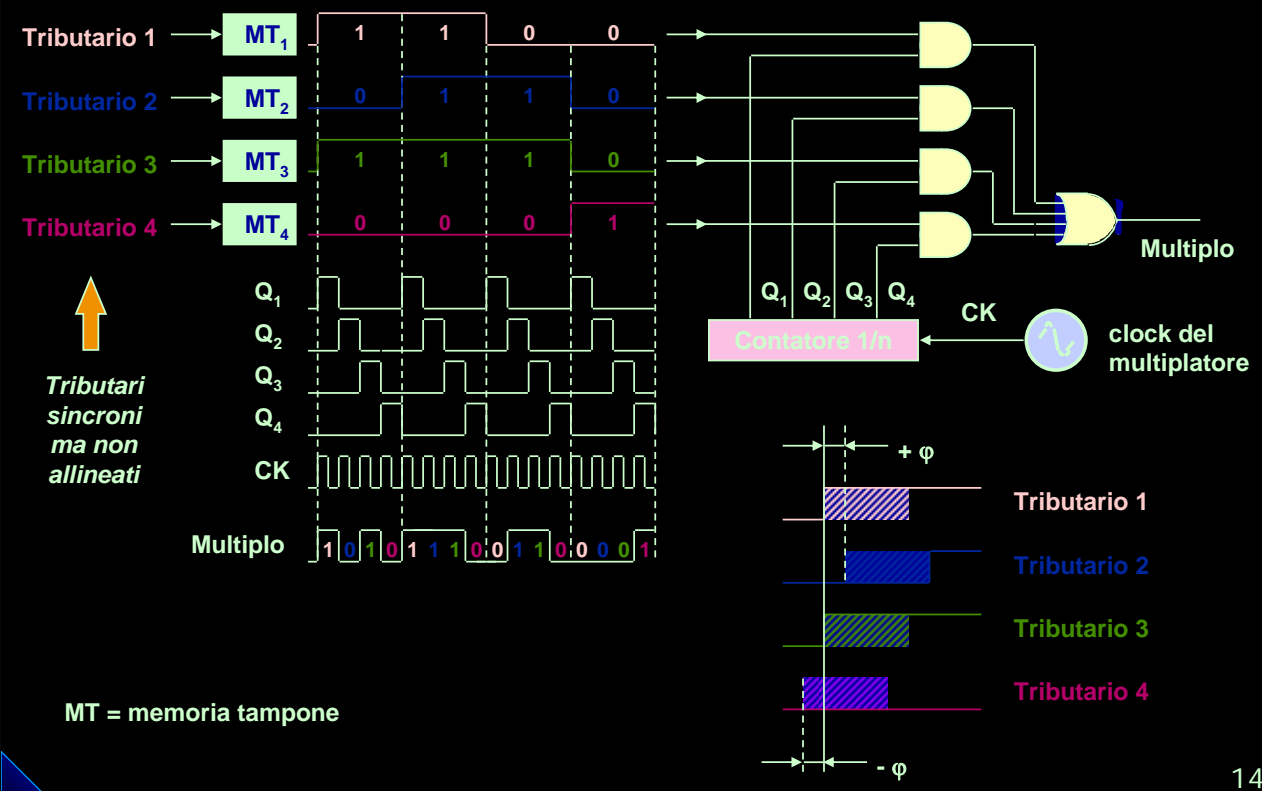
2 Portare i segnali numerici tributari in fase tra loro



13

Note

Principio di funzionamento del Multiplexer

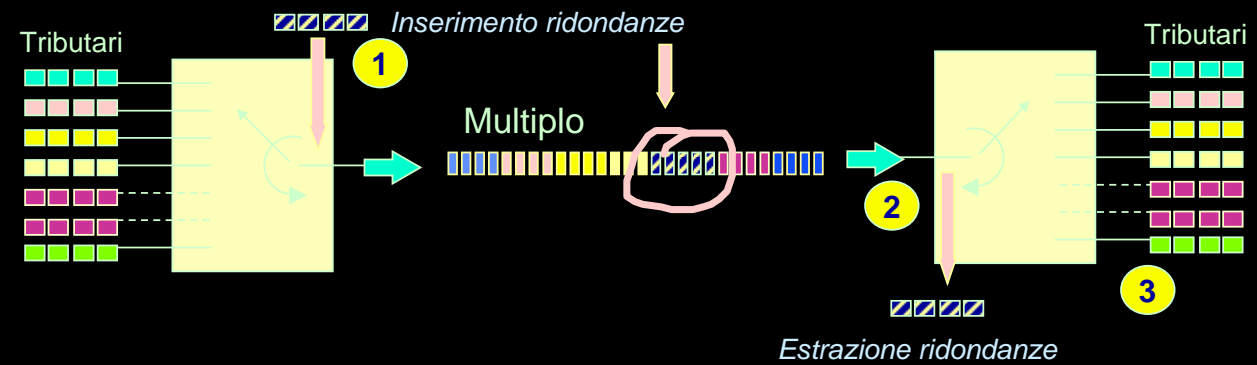


14



La memoria tampone (MT) è un adattatore che serve a sincronizzare i tributari (introducendo un ritardo) in modo che essi si presentino all'ingresso del multiplexer con la stessa relazione di fase (allineati).

Requisiti funzionali per il mantenimento e ripristino del sincronismo della rete



L'inserimento di **bit ridondanti** ① permette al moltiplicatore in ricezione:

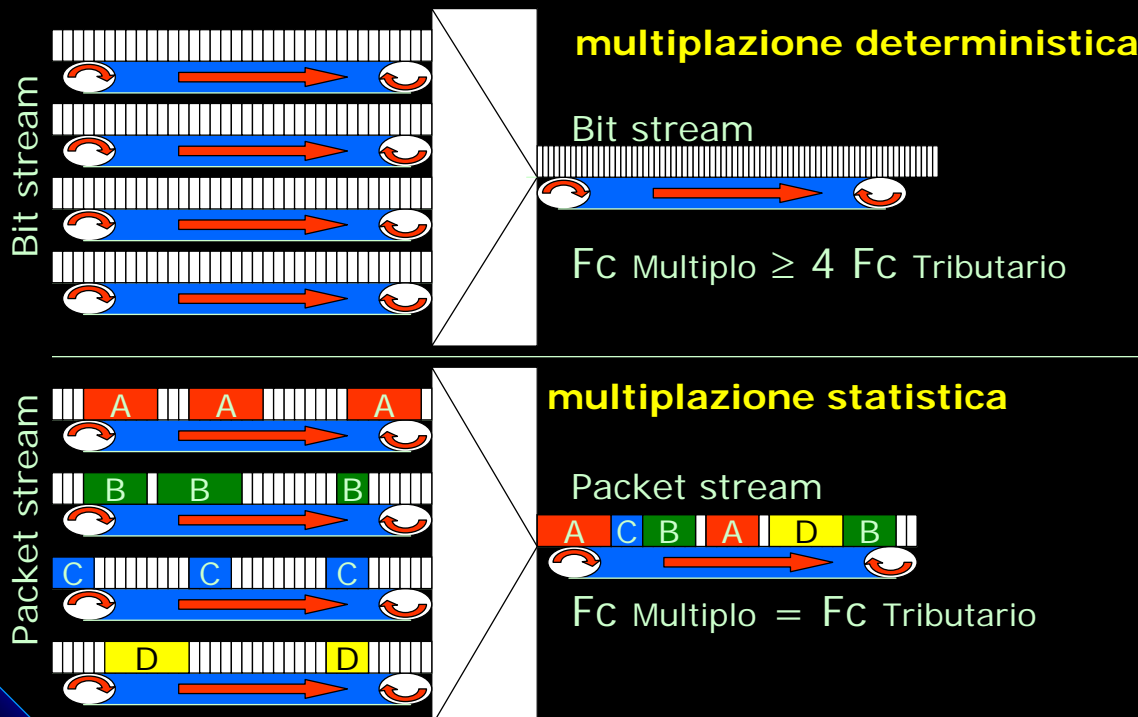
- il riconoscimento del segnale multiplo; ②
- il riconoscimento dei singoli tributari. ③

15

Note

Multiplicazione statistica

- Esige opportuni meccanismi per la gestione del traffico
- Permette di ottimizzare l'occupazione di banda.
- Non esiste nessuna relazione temporale fissa; le singole informazioni possono avere in linea di principio qualunque valore di banda.



16



La moltiplicazione Statistica risulta a divisione di tempo asincrona (in passato è stata nominata ATD: Asynchronous Time Division Multiplexing). Non esiste quindi nessuna relazione temporale fissa per l'allocazione sul multiplex delle singole informazioni, che possono avere in linea di principio qualunque valore di banda (entro i limiti del multiplex).

La moltiplicazione a divisione di tempo utilizzata dalle tecniche PDH e SDH agisce a livello fisico trasportando trasparentemente sul segnale multiplexato tutti i bit dei tributari.

La moltiplicazione statistica invece, necessita di un'organizzazione dei dati a pacchetto (header, campo dati, ...) ed esegue una prima elaborazione individuandone i confini. Di conseguenza non trasmette i bit che non appartengono al pacchetto ottimizzando l'occupazione in banda del flusso aggregato.

Notoriamente nella trasmissione dei dati i pacchetti vengono generati in modo random, questo significa che il reale utilizzo della banda è mediamente molto inferiore alla capacità massima disponibile. Con la moltiplicazione statistica è quindi possibile, ad esempio, moltiplicare 4 tributari a 2 Mb/s su un segnale aggregato di 2 Mb/s.

Nelle ore di punta potranno esserci dei problemi dovuti all'eccessivo traffico (congestione). In questo caso servirà la presenza di un meccanismo di controllo (vigile) che, come si vedrà più dettagliatamente in seguito, lo regolerà tramite un'opportuna gestione (policing).

Con la tecnica della moltiplicazione statistica è possibile ottimizzare l'utilizzo dei portanti trasmissivi sbloccando le suddivisioni temporali imposte dai Time Slot.

Per differenziare le sorgenti di dati, vengono introdotti degli overhead di servizio che delimitano tali dati. In questo modo si riduce la banda totale disponibile, ma si rende elastico il suo utilizzo. Per un traffico di tipo variabile, questa soluzione è nettamente vantaggiosa.

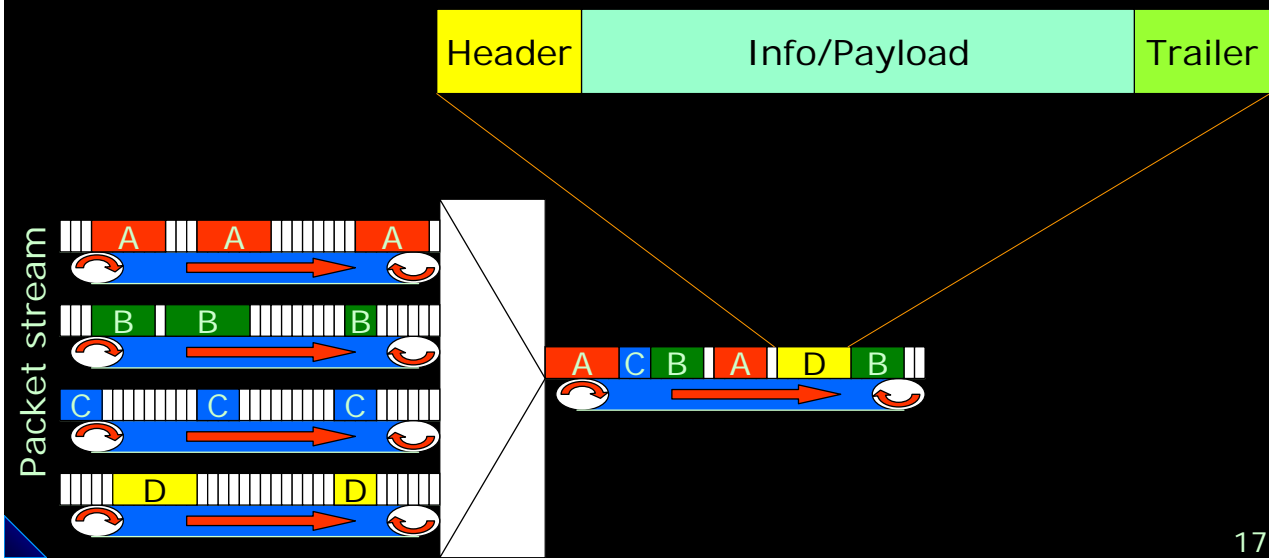
Protocol Data Unit

La PDU è strutturata generalmente in 3 campi:

Header: Indirizzo e controllo

Info/Payload: Dati da trasferire

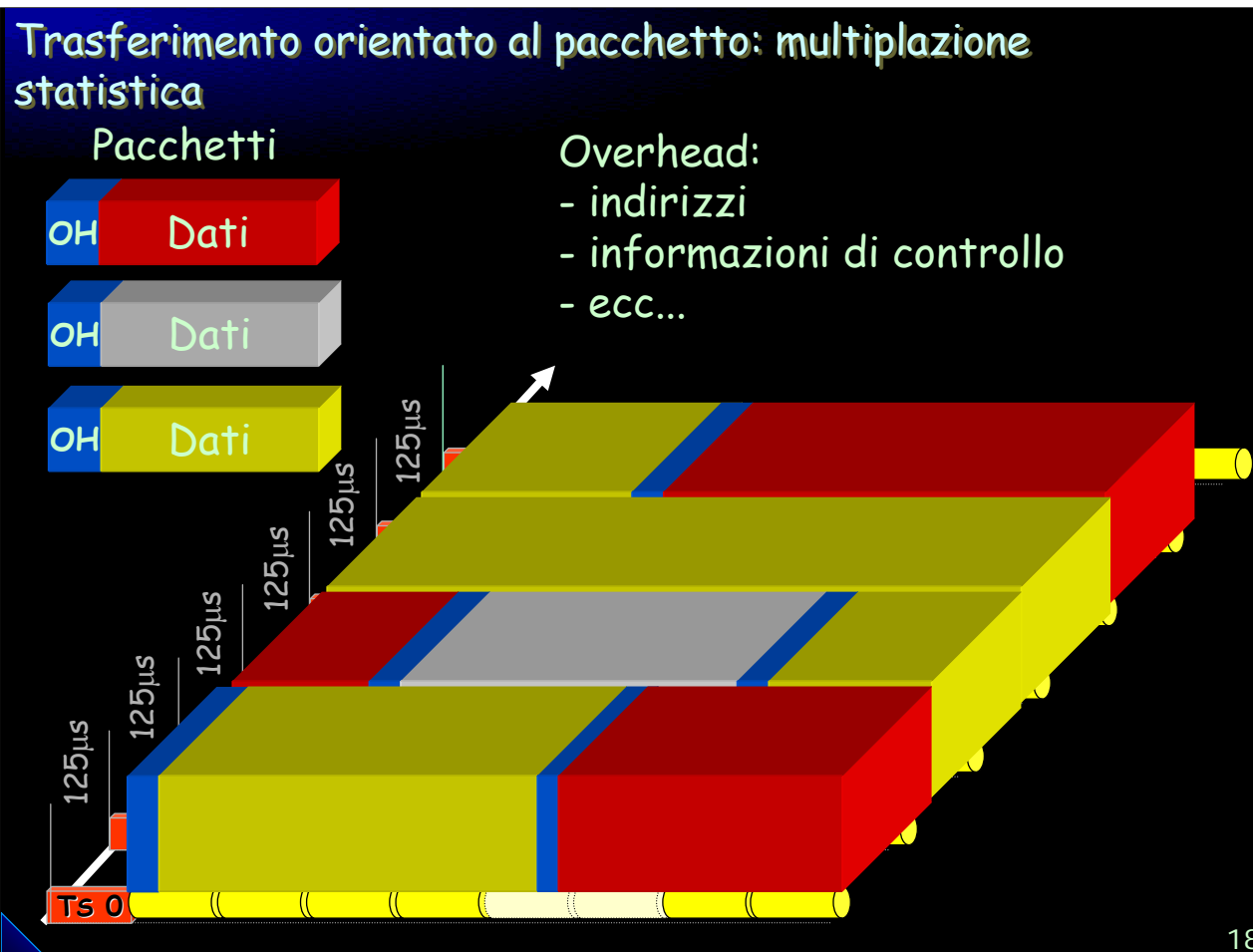
Trailer: Controllo d'errore



La multiplazione statistica per poter discriminare i dati “utili” da quelli che si possono scartare deve essere supportata da un’organizzazione dei bit in strutture definite Protocol Data Unit. Le PDU sono dipendenti dai protocolli di linea (ATM, Frame Relay, X.25, SMDS, PPP, IEEE 802.3, ...) ma hanno una struttura che li accomuna costituita generalmente da 3 campi (fatta eccezione per l’ATM): l’header, l’info/payload e il trailer.

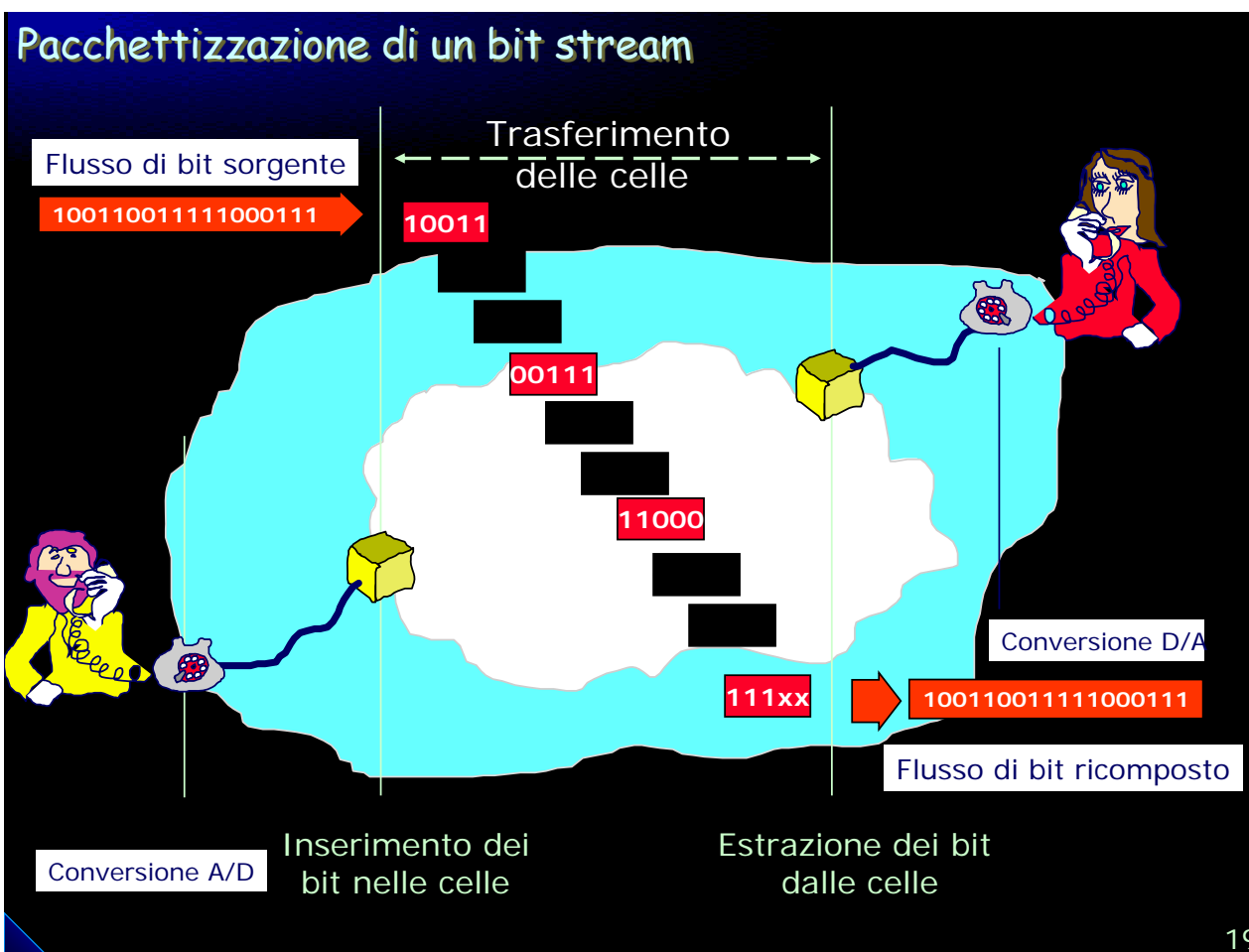
Nell’header è contenuto sia l’indirizzo che alcune informazioni di controllo, nell’info/payload sono contenuti i dati da trasferire e nel trailer l’eventuale controllo dell’errore.

I campi header e trailer costituiscono l’overhead, cioè l’informazione di servizio aggiuntiva che si somma a quella utile dell’utente.



Con la tecnica della multiplazione statistica è possibile ottimizzare l'utilizzo dei portanti trasmissivi sbloccando le suddivisioni temporali imposte dai Time Slot.

Per differenziare le sorgenti di dati, vengono introdotti degli overhead di servizio che delimitano tali dati. In questo modo si riduce la banda totale disponibile, ma si rende elastico il suo utilizzo. Per un traffico di tipo variabile, questa soluzione è nettamente vantaggiosa.

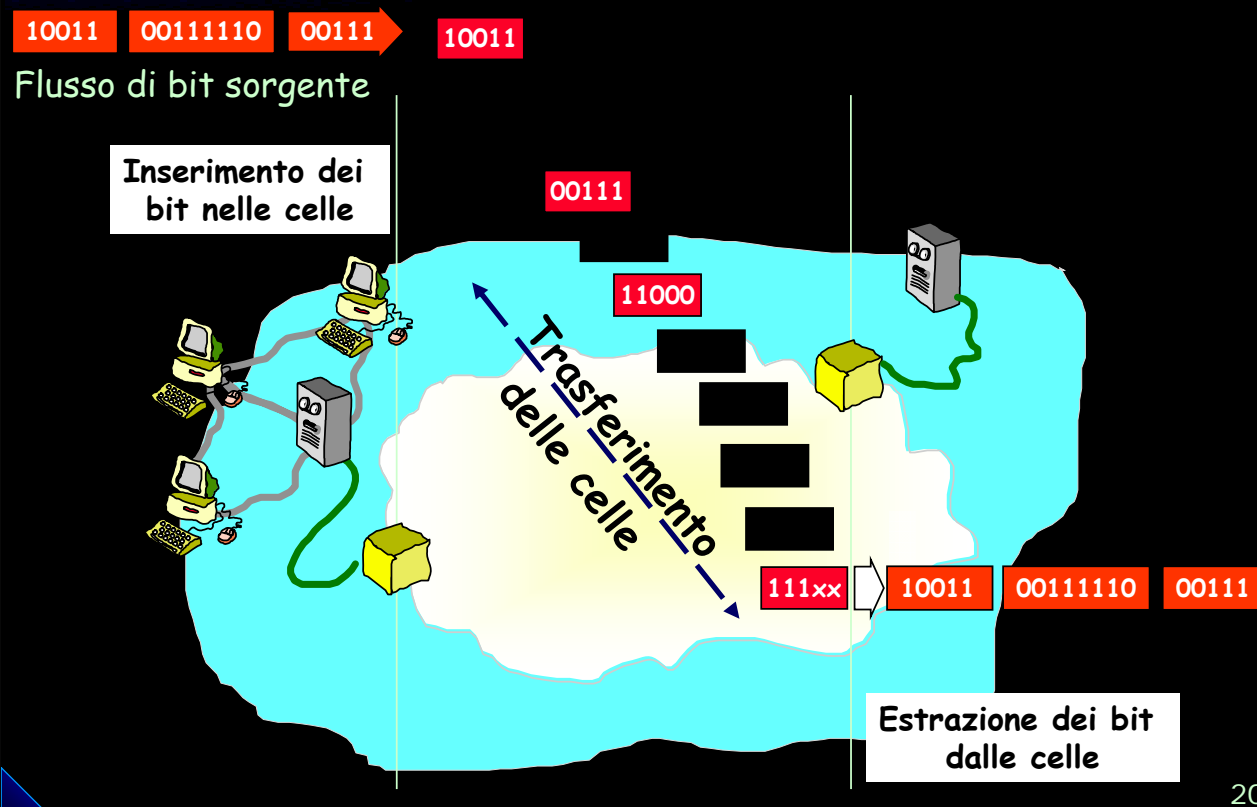


19



Consideriamo le funzioni degli apparati che convertono le informazioni native in pacchetti. Sebbene l'energia acustica prodotta dalla voce sia a burst, tutte le tecnologie standard di codifica utilizzano oggi una sequenza continua di bit (ad esempio 64 kb/s). Questo flusso continuo di informazioni, per essere trasferito deve essere convertito in pacchetti. In questo modo il dispositivo al lato ricevente può prendere il flusso sorgente di celle e ricreare il flusso dei bit originali.

Pacchettizzazione di unità dati: Cell Rate variabile



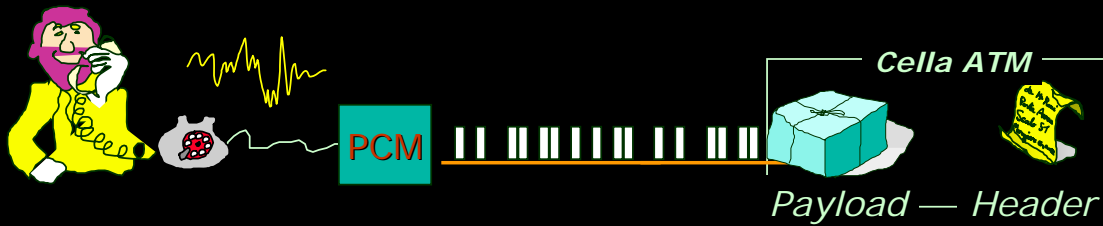
20



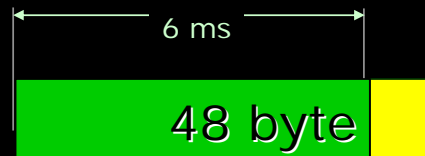
Anche per la trasmissione dati, dove probabilmente si tratta già di pacchetti, il processo è molto simile al precedente.

Il processo di formazione dei pacchetti tende però a creare sequenze abbastanza lunghe di celle adiacenti, piuttosto che equidistanti come nel caso di flussi continui di bit; questo a causa dell'organizzazione a burst ad alta velocità dei dati.

Vantaggio delle PDU piccole nei riguardi del ritardo di pacchettizzazione



- Dimensioni ridotte delle PDU, adatto per servizi real-time, overhead elevato



- ritardi percettibili nelle comunicazioni real-time, overhead contenuto.



- PDU di grandi dimensioni, adatto per la comunicazione dati, overhead basso.



21



La tecnica ATM è caratterizzata da un'unità dati piuttosto piccola, di soli 53 byte. Un motivo di questa scelta è legato al ritardo di pacchettizzazione (Packetization Delay).

Si consideri il caso della digitalizzazione della voce con la tecnica PCM dove ciascuna conversazione individuale usa un flusso continuo di bit. La voce è codificata con 8.000 campioni per secondo ed il singolo campione è costituito da 8 bit. Complessivamente ogni campione viene trasmesso alla velocità di 64 kb/s.

Si consideri il compito di riempire una cella. Se una cella ha 48 byte di payload, potrà ospitare 48 campioni "fonici" e poi sarà inviata in rete. Per il riempimento completo della cella si dovrà quindi attendere 6 millisecondi.

Questo è chiamato ritardo di pacchettizzazione ed è molto importante per il traffico real-time come la voce.

Switching: commutazione di circuito

1. Fase di set up: instaurazione del circuito
2. Utilizzo del circuito, la rete mette a disposizione una risorsa esclusiva



22

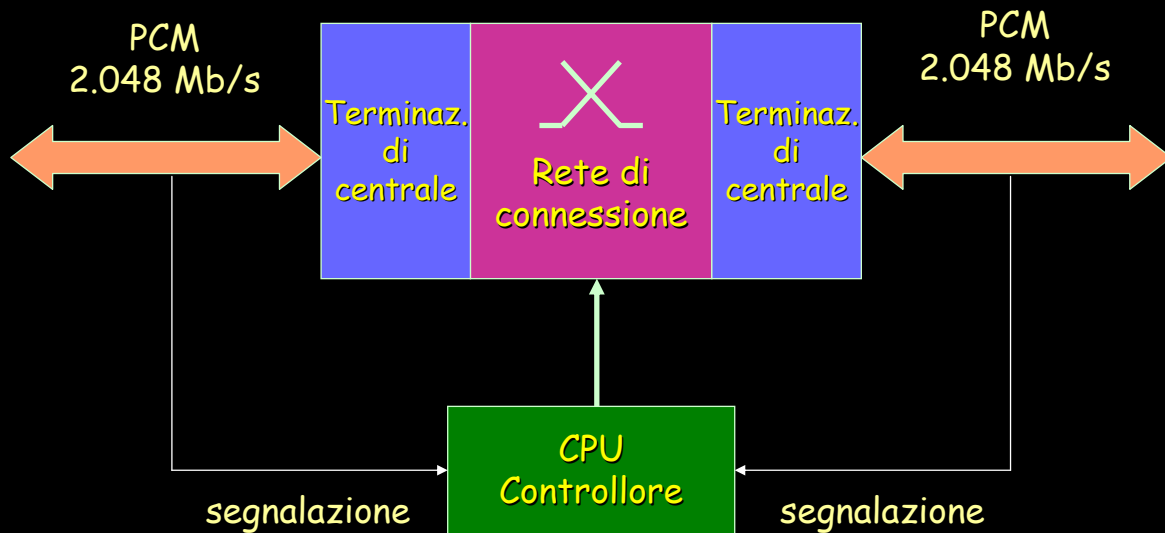


La commutazione si occupa di realizzare una modalità di connessione tra gli utenti finali in funzione delle risorse messe a disposizione dalla rete. Le principali tecniche di commutazione sono:

- Commutazione di circuito (Circuit Switching), principalmente utilizzata per la fonia;
- Commutazione di pacchetto (Packet Switching), principalmente utilizzata per i dati.

Il circuit switching consiste nel creare un percorso tra il chiamante e il chiamato in una fase preliminare alla comunicazione vera e propria (tale fase è chiamata set-up del circuito). Una volta costruito il percorso le risorse usate vengono mantenute per tutta la durata della comunicazione. I nodi interni alla rete sono semplicemente degli autocommutatori che cortocircuitano una porta di ingresso con una porta di uscita. Se la fase di set-up va a buon fine, la rete è "trasparente", nel senso che gli utenti è come se fossero collegati tramite un link esteso punto-punto fra l'utente chiamante e l'utente chiamato.

Schema a blocchi di un autocommutatore numerico per la commutazione di circuito



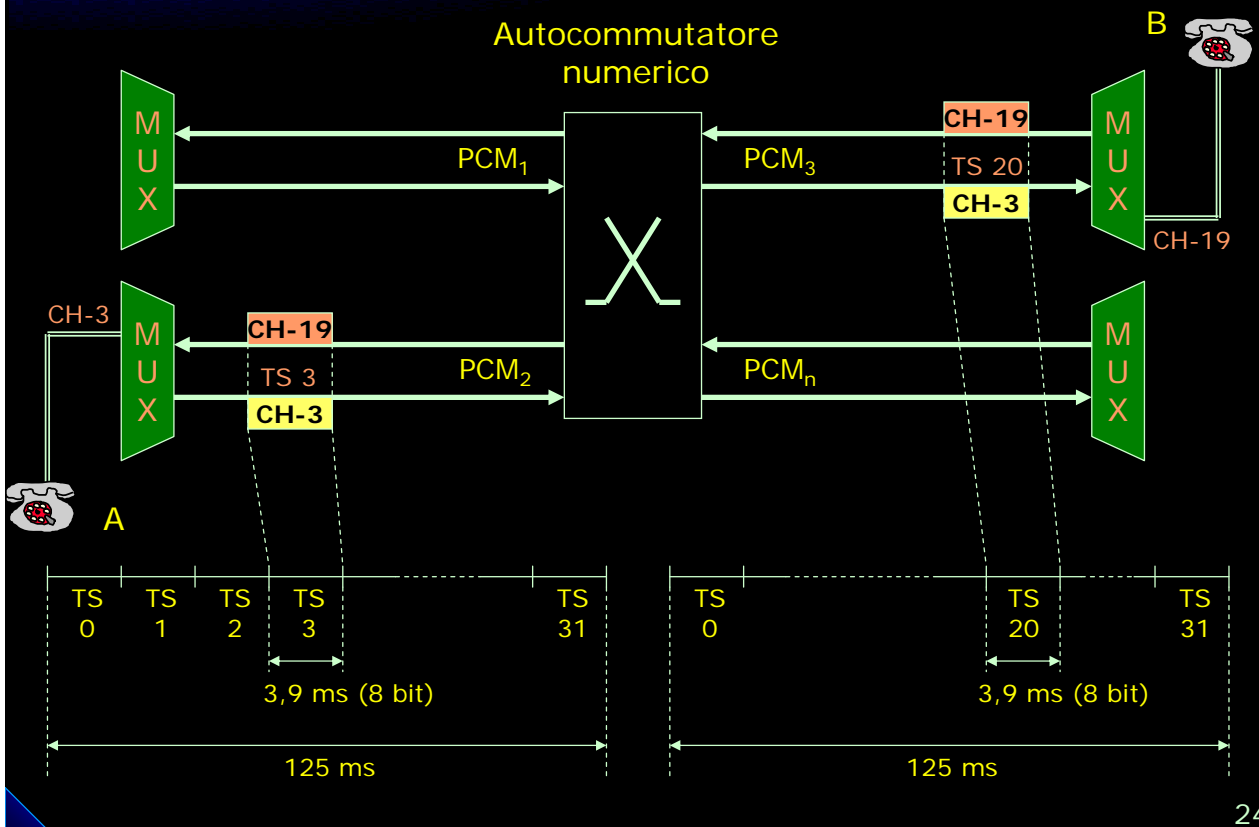
23



La rete di commutazione di tipo numerico permette l'interconnessione fra 2 canali di due fasci PCM, sulla base di istruzioni provenienti dal sistema di controllo, senza decodifica dei campioni PCM dalla forma numerica a quella analogica e successiva ricodifica.

L'operazione che l'autocommutatore numerico deve quindi svolgere è quella di trasferire gli ottetti da un intervallo di tempo ad un altro di due trame PCM distinte.

Autocommutatore numerico ad uno stadio T



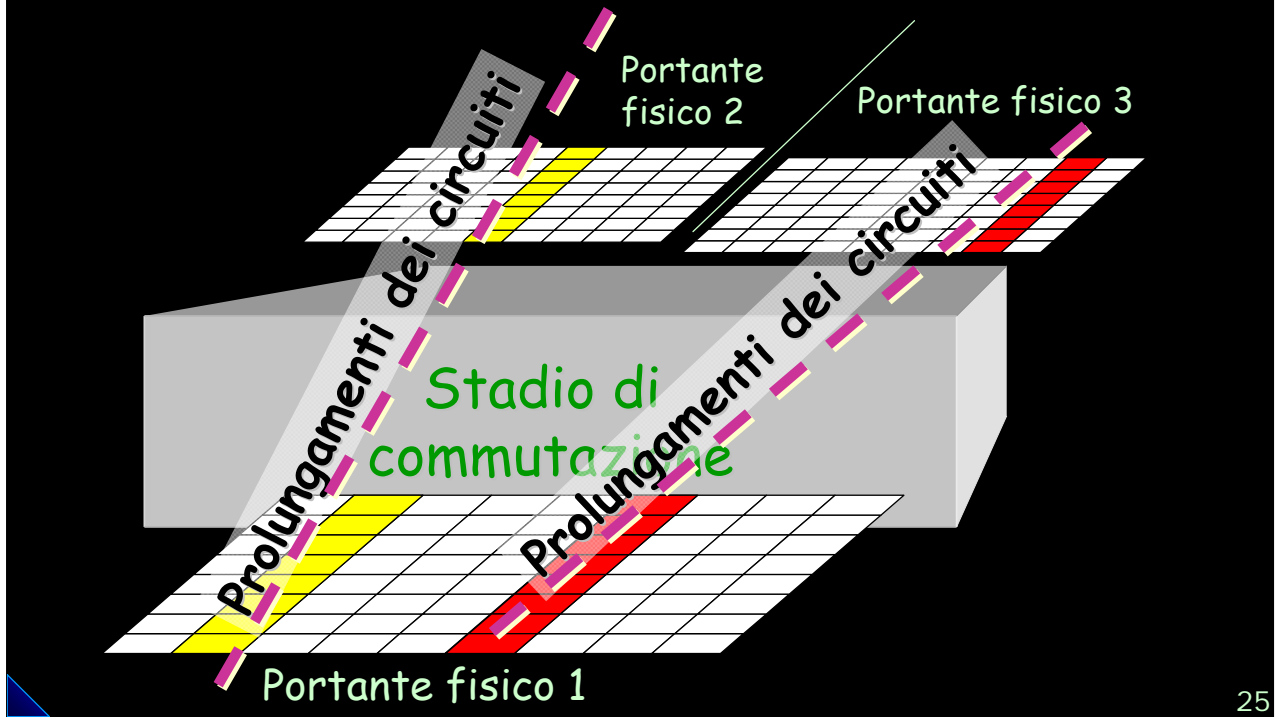
24



Come noto in un segnale PCM a ciascun canale è associato, nell'ambito della trama, un determinato intervallo di tempo (Time Slot) e l'azione che determina la conversazione tra due utenti consisterà nello scambio reciproco dei valori binari contenuti nei rispettivi intervalli di tempo.

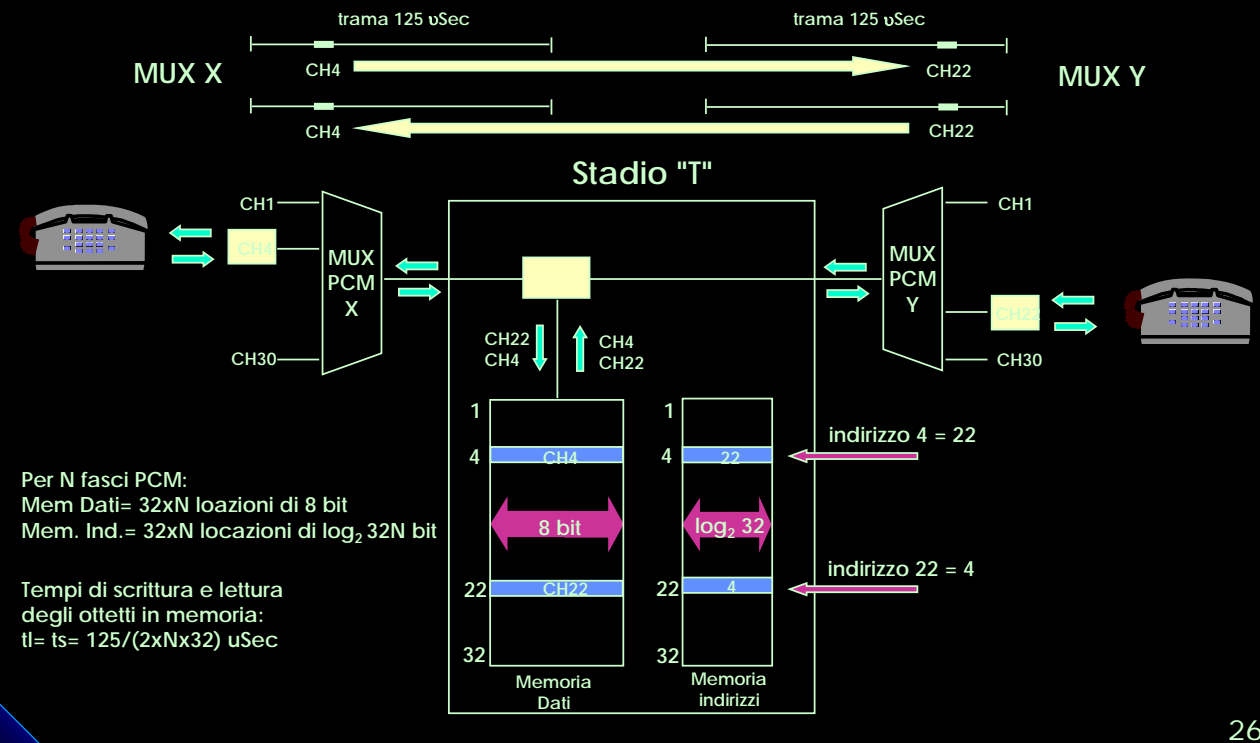
Stadio di commutazione

Instradamento del circuito in base ad una precisa collocazione temporale del Time Slot.



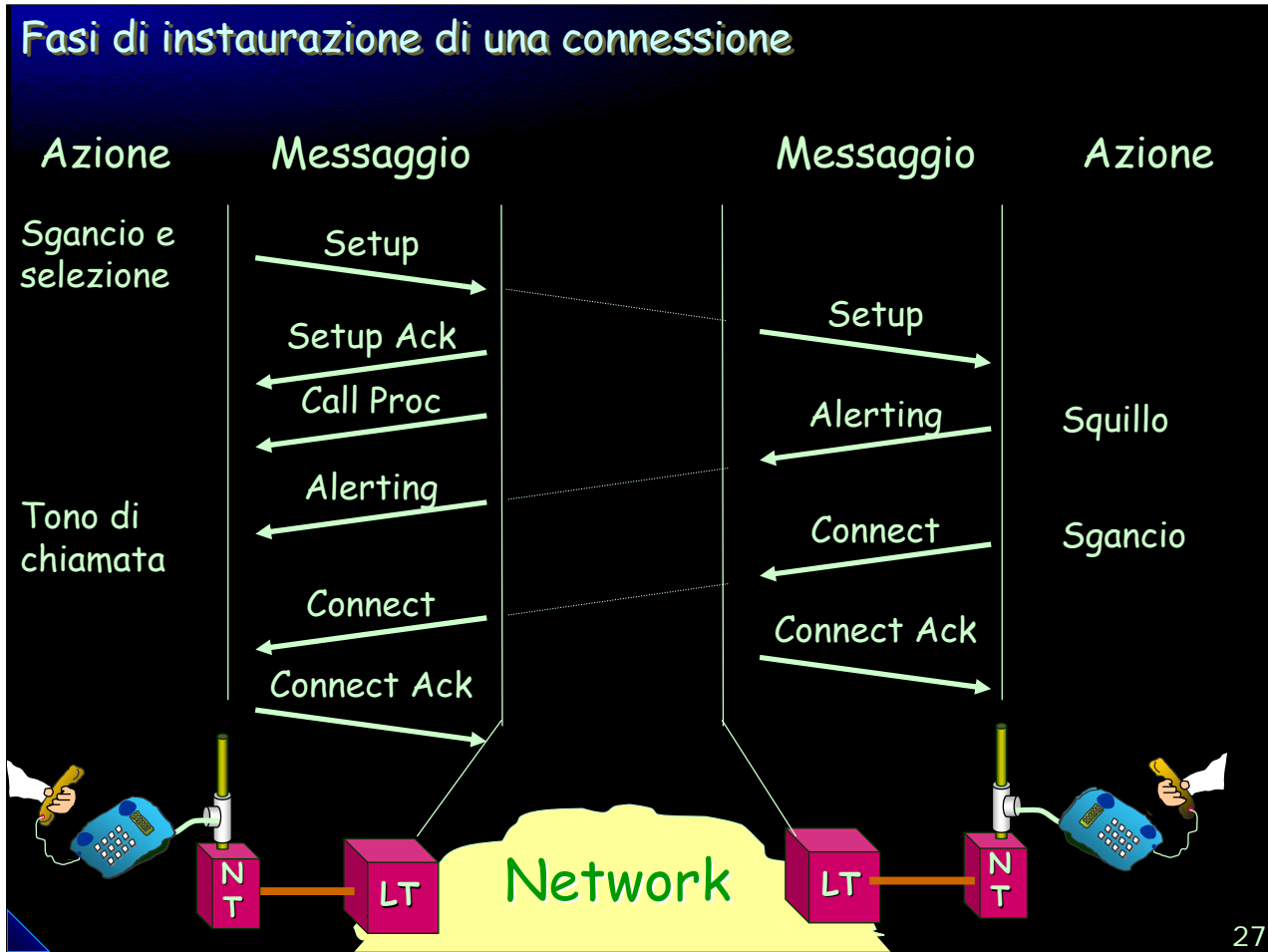
Le connessioni tra gli utenti finali vengono realizzate mediante la commutazione di circuito, la quale prolunga i collegamenti punto-punto tra le centrali.

Schema di principi di un commutatore numerico elementare



26

Note



27

Durante l'instaurazione di una chiamata occorrono una serie di messaggi che vengono scambiati fra il chiamato, la rete e il chiamante.

Significato dei messaggi:

SETUP: inviato dall'utente chiamante alla rete per chiedere la connessione con il chiamato. Il messaggio "attraversa" la rete e viene consegnato al chiamato.

SETUP ACKNOWLEDGE: inviato dalla rete al chiamante. Indica che la richiesta di connessione è stata inoltrata verso il chiamato, ma mancano ancora delle informazioni per il completamento della segnalazione.

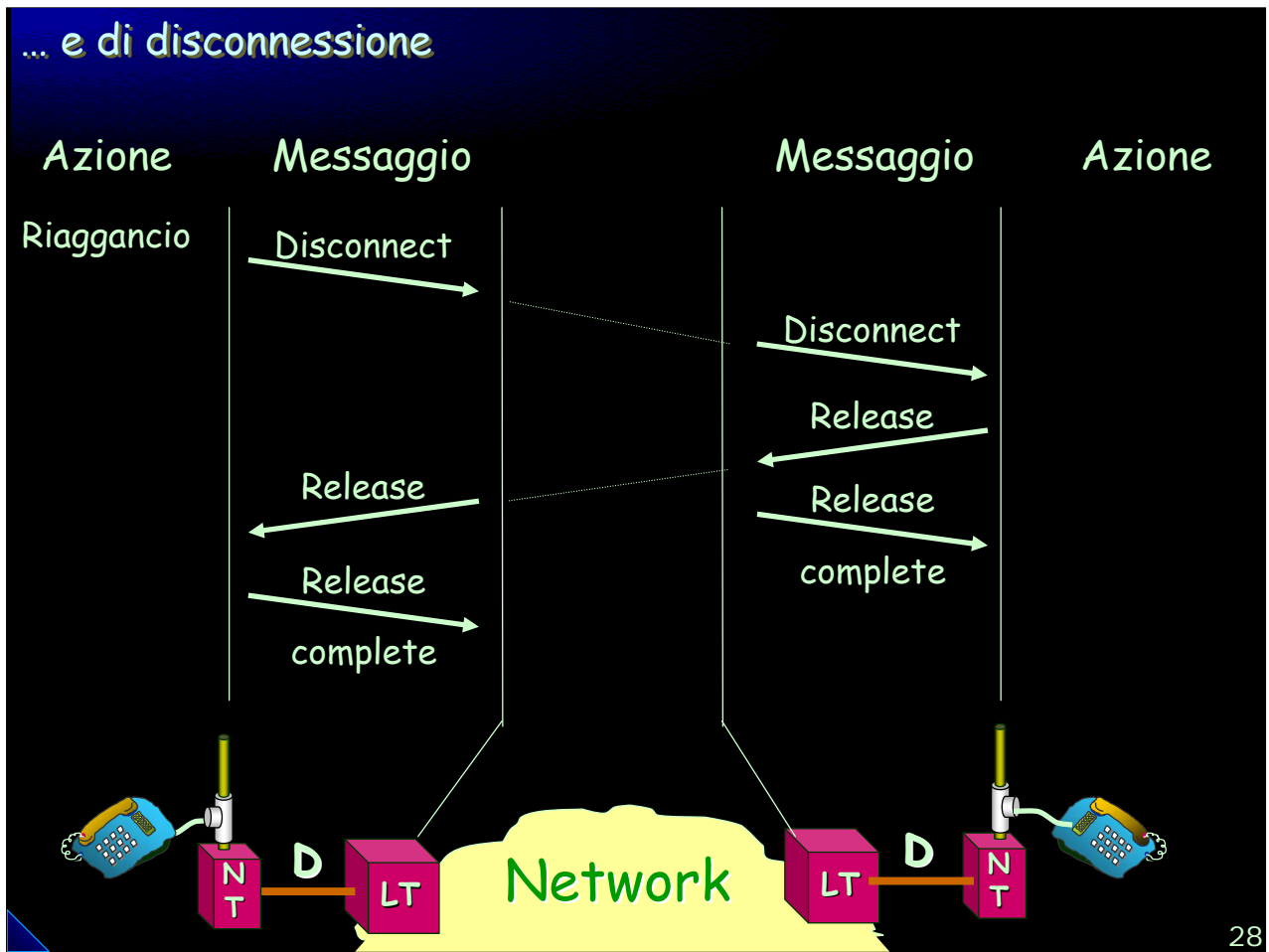
CALL PROCEEDING: inviato dalla rete al chiamante. Indica che la richiesta di connessione è stata inoltrata verso il chiamato e che le informazioni sono sufficienti. Dopo questa operazione la connessione è già realizzata.

ALERTING: inviato dal chiamato alla rete e dalla rete al chiamante. Informa della disponibilità potenziale del chiamato a rispondere (squillo del telefono del chiamato, tono sull'apparecchio del chiamante).

CONNECT: inviato dal chiamato alla rete e dalla rete al chiamante quando il chiamato risponde.

CONNECT ACKNOWLEDGE: ultimo messaggio inviato dalla rete al chiamato e successivamente dal chiamante alla rete per notificare che la chiamata è stata correttamente eseguita.

Dopo questa procedura, il canale B (o i canali B) viene reso disponibile per la "conversazione pagante".

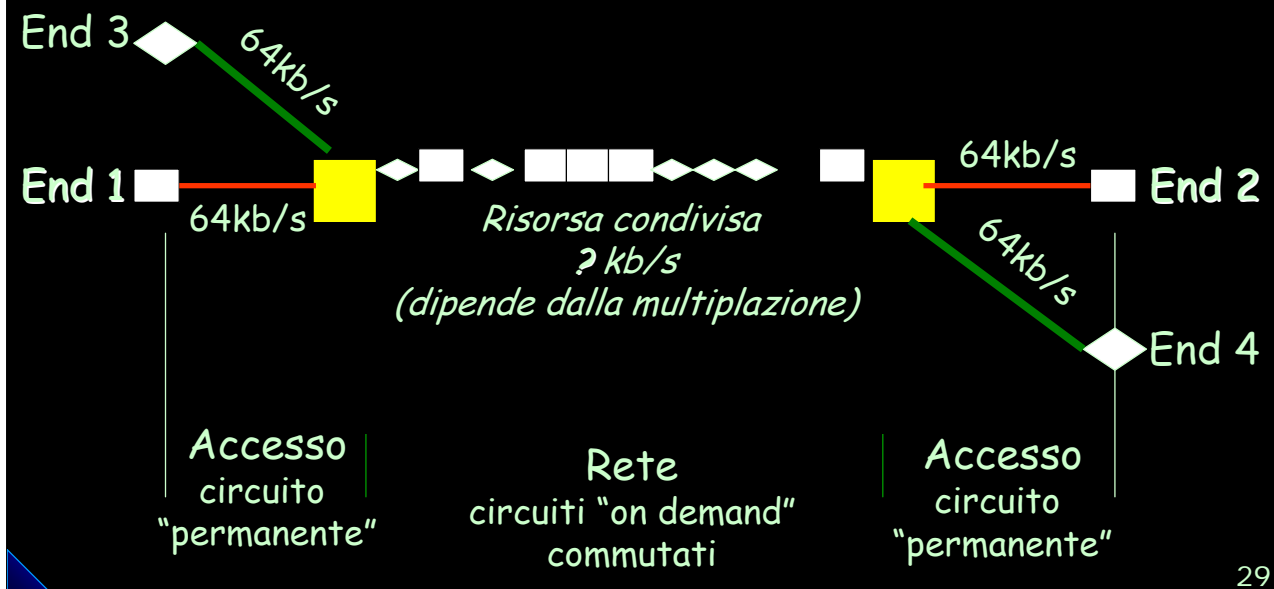


Note

Switching: commutazione di pacchetto

1. La fase di set up è opzionale

2. Utilizzo del circuito, la rete mette a disposizione una risorsa condivisa

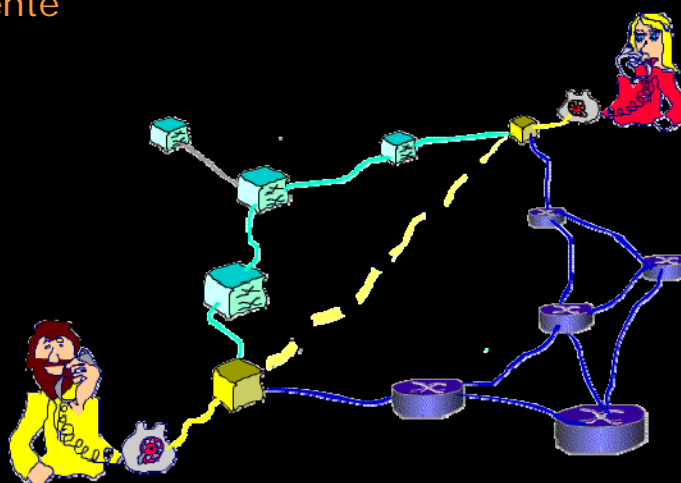


Nella tecnica packet switching l'informazione sorgente viene suddivisa in pacchetti e trattati dalla rete come se fossero tante entità autonome. I pacchetti seguono un "percorso logico o virtuale" che viene chiamato instradamento; è compito dei nodi di commutazione realizzare e mantenere tale condizione.

I nodi interni alla rete, immagazzineranno i pacchetti provenienti dalle porte di ingresso inserendoli in un'opportuna coda. Processeranno il primo elemento della coda e in base al nodo di destinazione e a delle tecniche di routing rilanceranno il pacchetto in una particolare porta di uscita. Una rete che usa questo schema è anche detta di **store and forward** (memorizza e rilancia). La tecnica di multiplexing usata con tale schema è ovviamente di tipo statistico.

Switching: commutazione di pacchetto

1. La fase di set up è opzionale
2. la rete mette a disposizione una risorsa condivisa
3. sullo stesso circuito possono coesistere diverse comunicazioni contemporaneamente



30

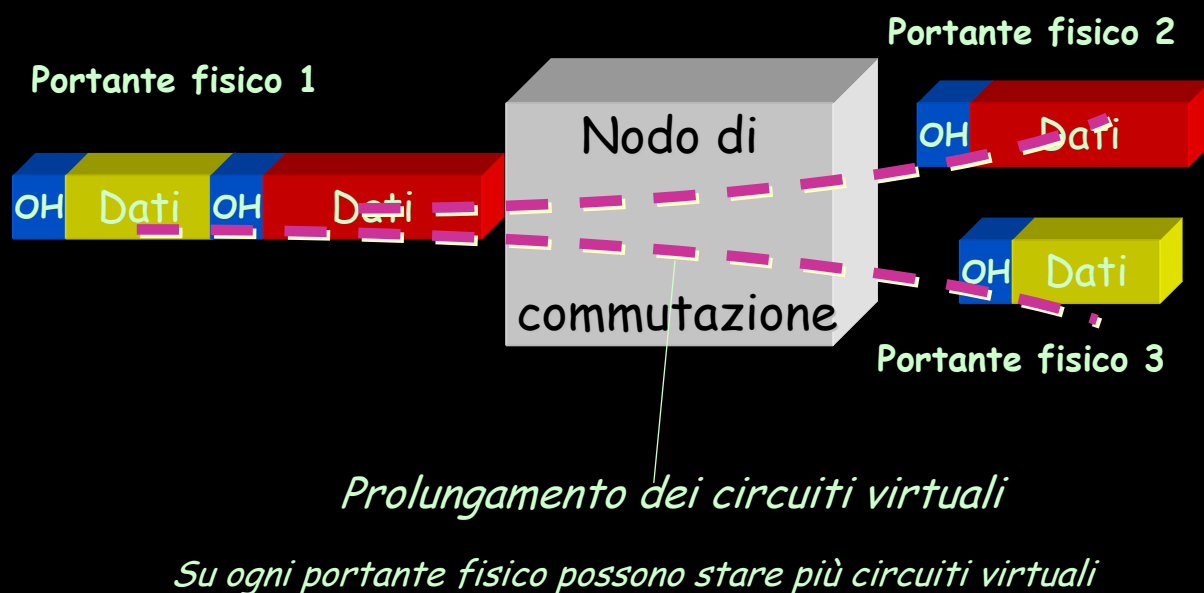


Nella tecnica packet switching l'informazione sorgente viene suddivisa in pacchetti e trattati dalla rete come se fossero tante entità autonome. I pacchetti seguono un "percorso logico o virtuale" che viene chiamato instradamento; è compito dei nodi di commutazione realizzare e mantenere tale condizione.

I nodi interni alla rete, immagazzineranno i pacchetti provenienti dalle porte di ingresso inserendoli in un'opportuna coda. Processeranno il primo elemento della coda e in base al nodo di destinazione e a delle tecniche di routing rilanceranno il pacchetto in una particolare porta di uscita. Una rete che usa questo schema è anche detta di **store and forward** (memorizza e rilancia). La tecnica di multiplexing usata con tale schema è ovviamente di tipo statistico.

Commutazione di pacchetto

Instradamento del circuito virtuale in base alle informazioni riportate sull'Overhead

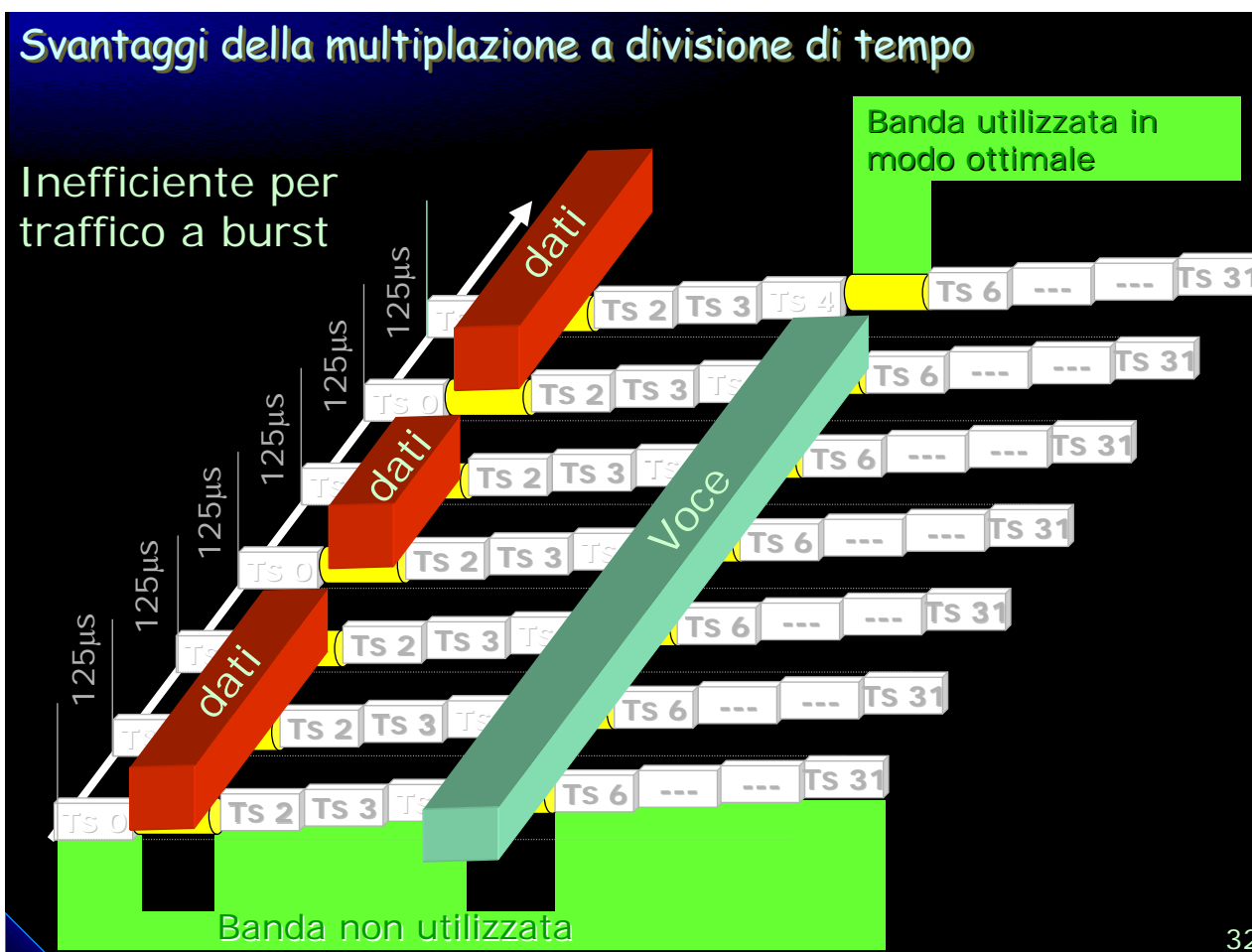


31



Quando un utente sta trasmettendo un burst di dati, i pacchetti relativi vengono trasmessi ed instradati dalla rete, sulla base della informazione di indirizzamento contenuta negli stessi pacchetti.

La rete stabilisce un circuito virtuale da ciascuna sorgente verso ciascuna destinazione sul quale immettere il flusso di pacchetti. Lungo una stessa linea di trasmissione possono coesistere più circuiti virtuali.



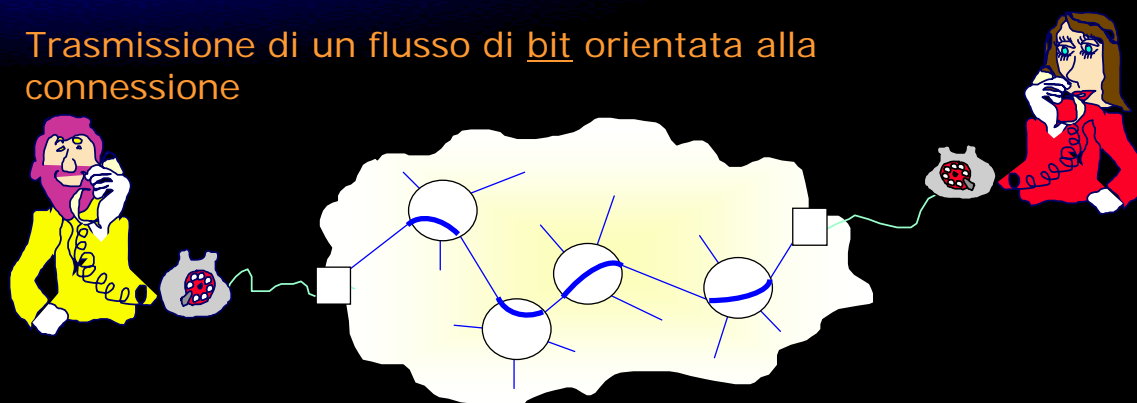
Lo svantaggio principale della moltiplicazione a divisione di tempo consiste nell'inefficiente utilizzo della banda quando il traffico è variabile (bursty), in quanto riserva sempre una banda costante indipendentemente dalla quantità di traffico.

Il traffico LAN è di tipo bursty e la sua incidenza sul traffico totale in una rete di telecomunicazione sta sempre più aumentando, per questo motivo la suddivisione a divisione di tempo si dimostra non adatta.

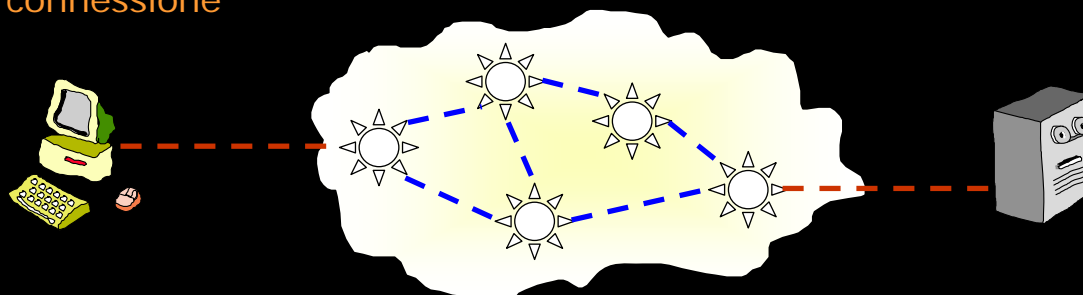
Molto più efficiente è la moltiplicazione statistica che alloca in maniera dinamica le risorse in base alle esigenze di traffico.

Si può trasmettere senza connessione?

Trasmissione di un flusso di bit orientata alla connessione



Trasmissione di un flusso di pacchetti non orientata alla connessione



33



Tradizionalmente la comunicazione avveniva mediante l'instaurazione di un "circuit" tra gli interlocutori in modo da garantire la continuità elettrica. In questo modo viene sempre instaurata una connessione prima della conversazione.

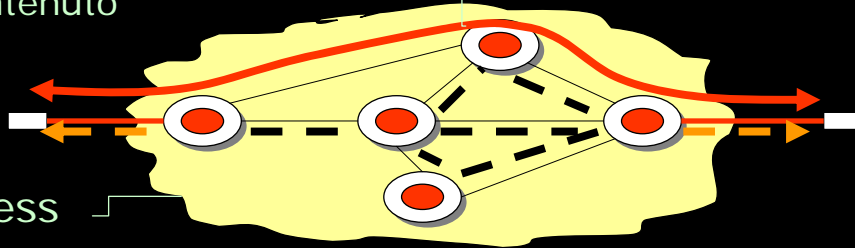
Nel 1962 l'U.S. Air Force commissionò alla RAND Corporation lo studio di una rete distribuita in tutto il mondo in grado di "sopravvivere" dopo un attacco nucleare. La soluzione fu quella di adottare una modalità di trasferimento basata su dei pacchetti di bit che contenessero oltre ai dati anche l'indirizzo del destinatario.

Questa soluzione permette di non instaurare una connessione precedentemente al trasferimento dei pacchetti, ma di valutare via via il percorso più conveniente.

Metodologie di connessione

Connection Oriented

Fase di set up
Stesso percorso
Bit stream, Packet stream
Ritardi di trasferimento contenuti
Over head contenuto



Connection Less

Nessuna fase di set up
Percorsi variabili in funzione del traffico
Solo Packet stream
Ritardi di trasferimento alti
Alto over head

34



Le reti a commutazione di pacchetto possono instaurare delle connessioni mediante due metodologie diverse che si distinguono per il diverso tipo di instradamento: Connection Oriented e Connection Less

Nel caso Connection Oriented, prima che possa avvenire lo scambio di informazioni vi è una fase di **set-up** del circuito virtuale in cui viene scelto un percorso che collega la sorgente con la destinazione. Questo percorso verrà usato da tutti i pacchetti inoltrati in rete, garantendone così l'ordine di arrivo. È importante sottolineare che tale circuito è virtuale, e cioè non è dedicato solo a questa connessione, come avviene nel circuit switching, quindi le risorse trasmissive vengono utilizzate solo quando se ne ha realmente bisogno (Multiplexing Statistico).

Nella tecnica Connection Less, ogni pacchetto è instradato indipendentemente dagli altri, quindi in generale l'ordine di arrivo dei pacchetti potrebbe essere differente rispetto all'ordine con cui essi sono stati immessi nella rete dalla sorgente.

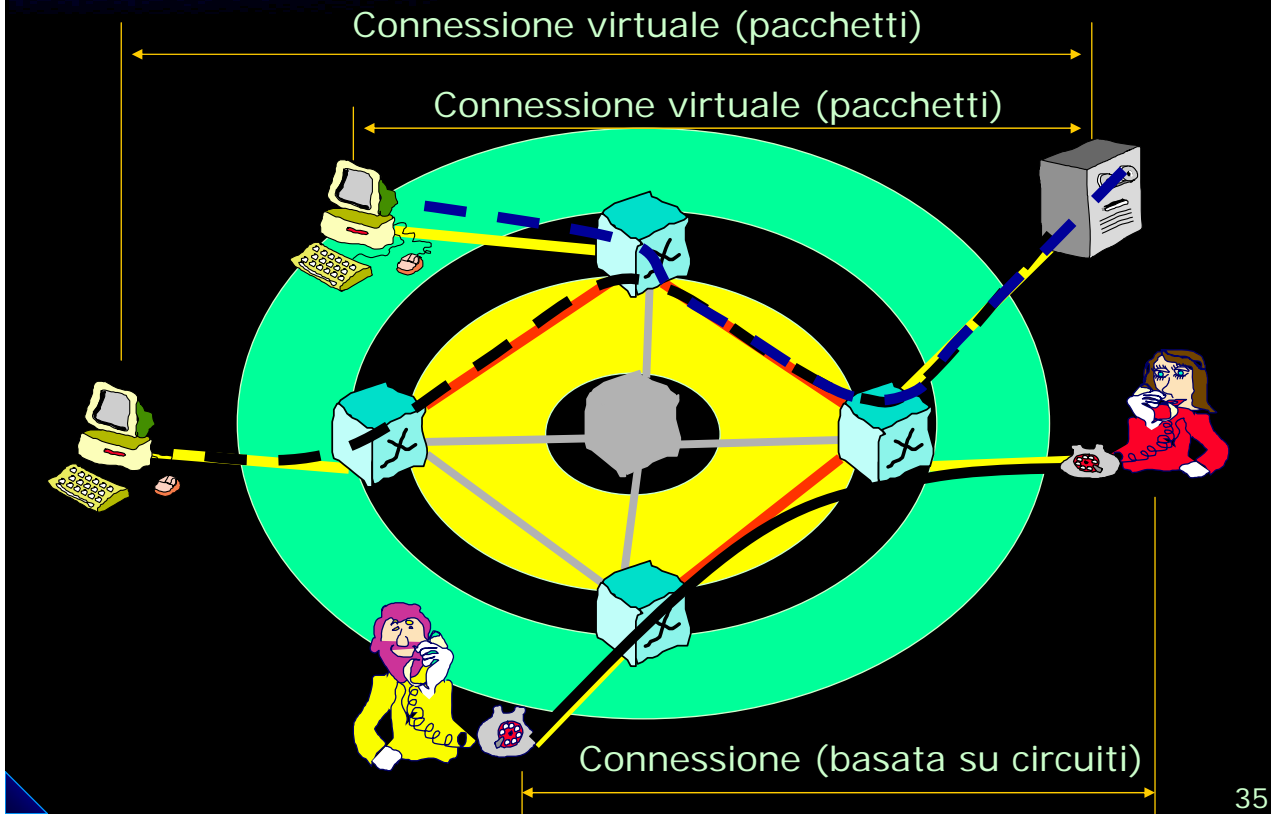
La tecnica Connection Less presenta comunque alcuni vantaggi rispetto al circuito virtuale:

- non è necessario il set-up del circuito, quindi per brevi comunicazioni che richiedono la spedizione di pochi pacchetti questa tecnica è preferita;
- è più robusta poiché se un nodo intermedio va fuori servizio i pacchetti possono seguire percorsi alternativi;
- il routing (instradamento) dei pacchetti può tenere conto del traffico sulla rete scegliendo il percorso più conveniente secondo dei criteri configurabili.

D'altro canto, per ogni pacchetto inviato è necessario inserire l'indirizzo completo del nodo di destinazione (nel circuito virtuale basta solamente il numero di circuito virtuale) per chi si ha un overhead introdotto da questo campo che è maggiore all'aumentare del numero di pacchetti trasferiti.

Le reti telefoniche sono tipicamente connection oriented, mentre le LAN sono generalmente connection less.

Concetto di connessione virtuale



35



Per distinguere le connessioni basate sulla commutazione di circuito da quelle basate sulla commutazione di pacchetto, è stata coniata la definizione "Connessione Virtuale".

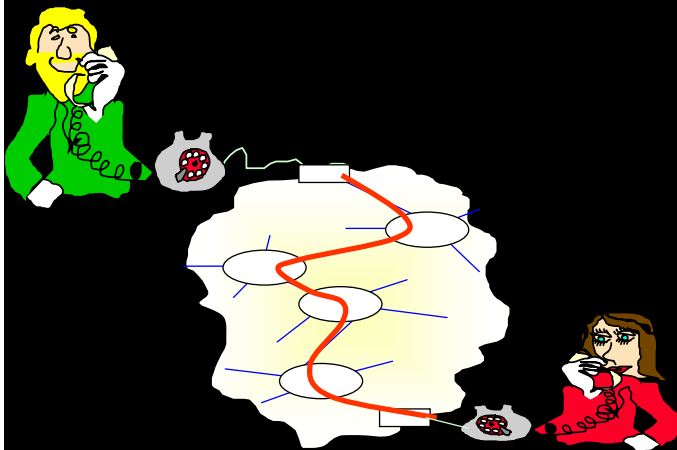
La connessione virtuale è quella realizzata mediante la commutazione di pacchetto. Il termine virtuale sta ad indicare che nel caso di mancanza di traffico di pacchetti sulla connessione, la banda che viene resa disponibile (anche istantaneamente) è utilizzabile da altri utenti nelle modalità precedentemente descritte.

Passato: Servizi e tecniche di TLC

Servizio Telefonico

Tecnica:

- commutazione di circuito;
- bassissimi ritardi di trasmissione;
- trasparenza delle informazioni.

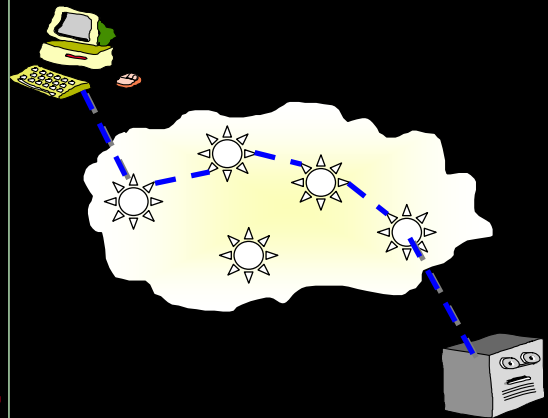


Sono adatte a trasportare anche i dati, ma non sono ottimali

Servizio dati

Tecnica:

- commutazione di pacchetto
- introduzione di ritardi
- elaborazione delle informazioni



Non erano adatte a trasportare la fonia "tradizionale"

36

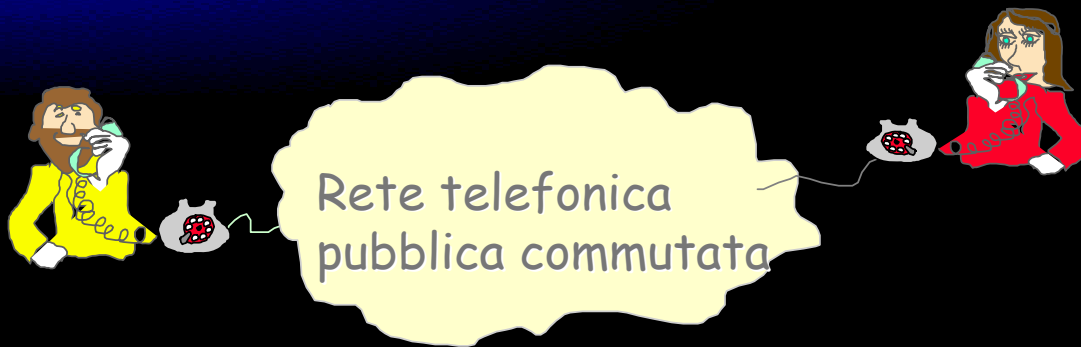


Inizialmente le reti venivano realizzate per svolgere un servizio di trasporto della fonia. I modi di trasferimento usati dalle varie società di telefonia si sono via via evoluti, convergendo verso quello noto attualmente come modo di trasferimento a circuito (CTM: Circuit Transfer Mode), con il quale è oggi possibile trasportare oltre alla fonia anche i dati. Le sue caratteristiche hanno fatto sì che il CTM sia stato universalmente adottato sia nelle reti telefoniche pubbliche, che nelle reti private per quelle applicazioni che presentavano vincoli di ritardo e trasparenza e non avevano esigenze di dinamicità nella allocazione di banda e di commutazione su base chiamata.

Negli anni '60 le reti telefoniche pubbliche hanno cominciato a rivelare i propri limiti in termini di velocità, di tasso d'errore e di allocazione di banda, nelle applicazioni allora emergenti, quali le interconnessioni di terminali asincroni a risorse remote d'elaborazione. Nacquero così in quegli anni nuovi modi di trasferimento alternativi al CTM: "i modi di trasferimento a pacchetto (PTM: Packet Transfer Mode)".

Oggi esistono molte reti con funzionamento PTM in diverse versioni: alcune proprietarie, alcune conformi agli standard ITU-T (X.25 per l'accesso, X.75 internodo). Le caratteristiche del PTM, ottime per i dati, fanno sì che esso venga tuttora diffusamente impiegato in reti pubbliche per il trasferimento dati, e in reti private, in cui le applicazioni presentano vincoli di dinamicità nell'allocazione di banda e di contenimento del tasso d'errore, ma non di ritardo.

Il telefono ...



Gli interlocutori si danno autonomamente delle regole per la comunicazione:

- ☺ il chiamante formula il numero;
- ☺ il chiamante capisce dal tono di centrale se il chiamato è occupato o libero;
- ☺ il chiamato risponde "pronto!", oppure "hello!", oppure...
- ☺ gli interlocutori parlano una lingua comune
- ☺ gli interlocutori parlano uno alla volta, quando non capiscono chiedono di ripetere
- ☺ ecc...

37



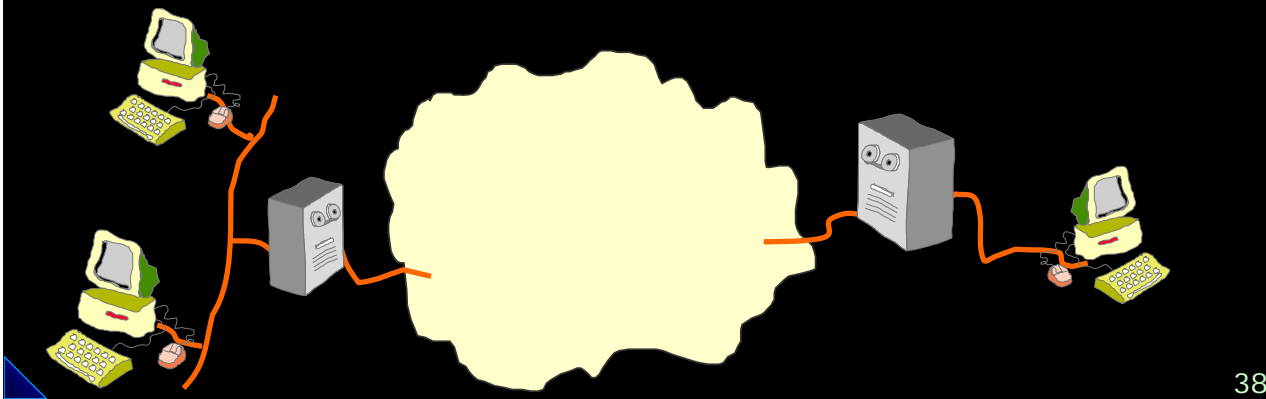
Nella normale conversazione telefonica si svolgono implicitamente una serie di operazioni che ci permettono di comunicare. Ad esempio, nel momento in cui si solleva il microtelefono si ascolta il "tono di centrale". In base a questo si capisce se c'è la "linea". Successivamente dopo aver selezionato l'interlocutore mediante il numero d'abbonato, si capisce se il telefono squilla o è occupato. Se il chiamato risponde, generalmente risponde "Pronto!". Successivamente chi ha chiamato si presenta e la conversazione procede parlando alternativamente.

Tutte queste operazioni per un colloquio tra "elaboratori" non sono implicite, ma vanno regolamentate secondo una modalità comune, soprattutto quando gli elaboratori non sono della stessa ditta costruttrice.

In seguito si vedranno nel dettaglio gli aspetti di comunicazione tra "processi" elaborativi.

... e la trasmissione dei dati

- ❑ Gli interlocutori sono elaboratori, molto veloci ma poco "elastici" necessitano di regole comuni di comunicazione
- ❑ Un modo per comunicare è stato descritto prima dall'ISO/IEC nello standard 7498-1, poi adottato anche dall'ITU-T con la Racc. X.200



38



Modello ISO/OSI

Nel 1988, l'ISO (International Organization for Standardization) ha per prima formulato un modello di riferimento affinché i sottosistemi di rete siano aperti e successivamente ha emesso una serie di protocolli standard da usare in un ambiente universale (detto anche aperto).

L'interesse e l'attività nel campo dei sistemi aperti si sono poi diffusi ad altre realtà. Per esempio

- IBM e DEC con OSF (Open Software Foundation)
- X/Open (consorzio europeo)

Il modello ISO/OSI è un modello di riferimento per lo sviluppo di standard di tipo aperto. Questo modello deve essere inteso come riferimento per la realizzazione di protocolli standard, per metterli in relazione e per fornire una descrizione e una terminologia comune. Esso suddivide le funzioni in 2 gruppi:

- funzioni orientate alla rete, o di comunicazione;
- funzioni orientate alle applicazioni o di elaborazione.

Ciascun gruppo funzionale è composto da un certo numero di protocolli: ciascun protocollo realizza funzioni tra loro complementari ai fini della comunicazione.

Reti deterministiche e reti statistiche a confronto

	Rete Deterministica	Rete Statistica
Servizio	fonia	dati
Connessione	mediante circuiti	mediante canali logici o circuiti virtuali
Interazione fra gli utenti	in tempo reale	con ritardo
Commutazione	di circuito	di pacchetto
Organi di commutazione:	Autocommutatori numerici	Nodi di rete (mappe di routing)
	Non c'è congestione	Può avvenire la congestione
	Non c'è processamento delle informazioni	Servono buffer grandi per memorizzare le informazioni
	La banda è fissa esempre disponibile	La banda è disponibile in modo variabile in base al traffico

39



In conclusione, in base al servizio che forniscono, le reti di telecomunicazione si possono classificare in: Reti deterministiche e reti statistiche.

In seguito si metteranno a confronto le caratteristiche e se ne valuteranno i pro e i contro.