

# ***Reti di Telecomunicazioni 1***

***Corso "on-line" - AA2006/07  
Blocco 9 v2***

***Ing. Stefano Salsano  
e-mail: stefano.salsano@uniroma2.it***

1

## **● I Modi di trasferimento**

- » **Modi di trasferimento a circuito**
- » **Modi di trasferimento a pacchetto**

2

## Modo di Trasferimento

E' l'insieme delle modalità operative per trasferire informazione attraverso la rete (→ come vengono trasferite le UI nella rete)

Le prestazioni più significative di un **Modo di Trasferimento** sono:

- ☞ grado di integrità informativa
  - ☞ grado di trasparenza temporale
- } determinano la QUALITÀ del servizio di trasf. (dal lato utente)
- ☞ efficienza di utilizzazione delle risorse → (dal lato del gestore di rete)
  - ☞ flessibilità di accesso

3

## Modo di Trasferimento

Le prestazioni di un **Modo di Trasferimento** dipendono dalle scelte adottate per

- **la strategia di assegnazione delle risorse**

- » assegnazione a domanda
- » pre-assegnazione individuale
- » pre-assegnazione collettiva

- **la risoluzione delle contese di utilizzazione**

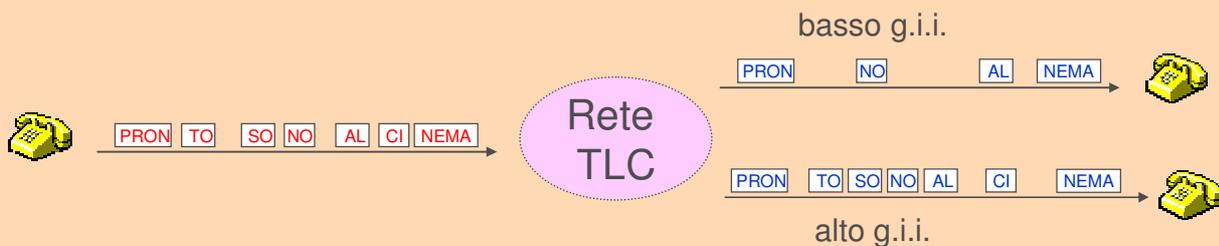
- » orientate al ritardo (→ code lunghe)
- » orientate alla perdita (→ code corte)

4

# Prestazioni di un modo di trasferimento

## 1. Grado di integrità informativa

( quanto l'insieme delle UI ricevute  
è simile **all'insieme delle UI trasmesse** )



- **il valore conseguito dipende dalla scelta del modo di risoluzione delle contese di utilizzazione delle risorse di trasferimento:**
  - » diminuisce per contese risolte a perdita
  - » aumenta per contese risolte al ritardo

5

# Prestazioni di un modo di trasferimento

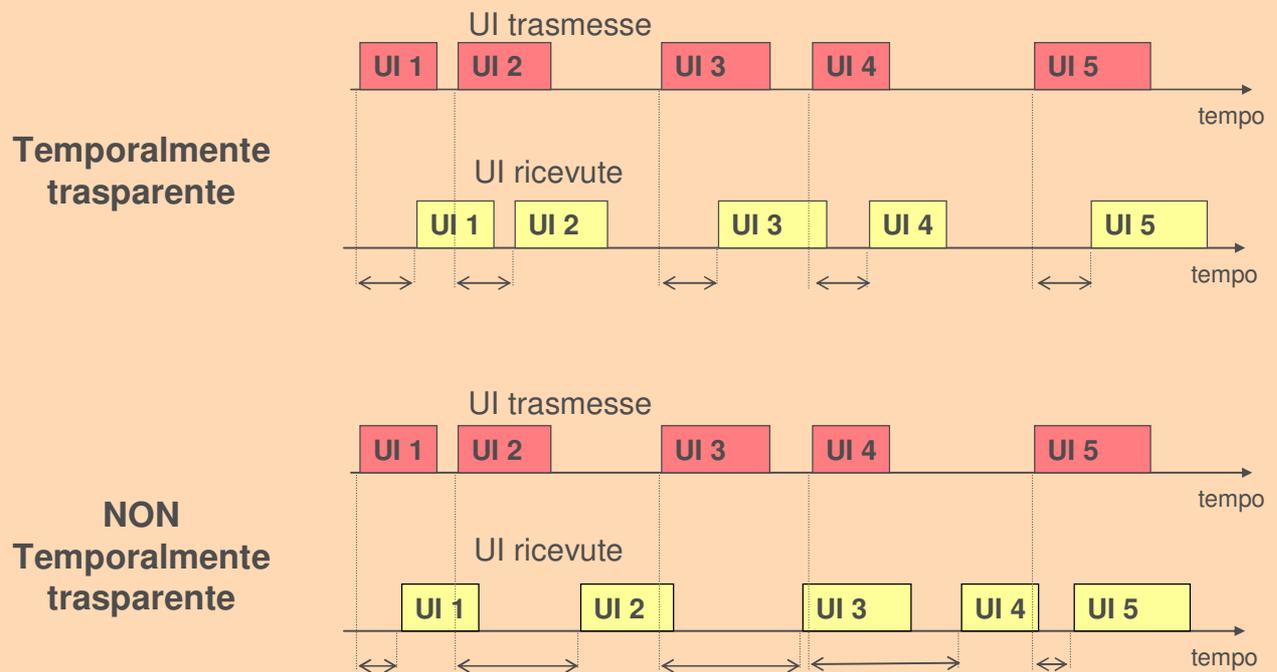
## 2. Grado di trasparenza temporale

(quanto la **sequenza degli intervalli d'interarrivo** delle UI in ricezione è simile alla **sequenza degli intervalli d'interpartenza** delle UI in trasmissione )

- **dipende dalla variabilità del ritardo di transito che le UI subiscono nell'attraversamento della rete**
- **il valore conseguito dipende anche dalla scelta del modo di risoluzione delle contese di utilizzazione delle risorse di trasferimento:**
  - » aumenta per contese risolte a perdita
  - » diminuisce per contese risolte a ritardo

6

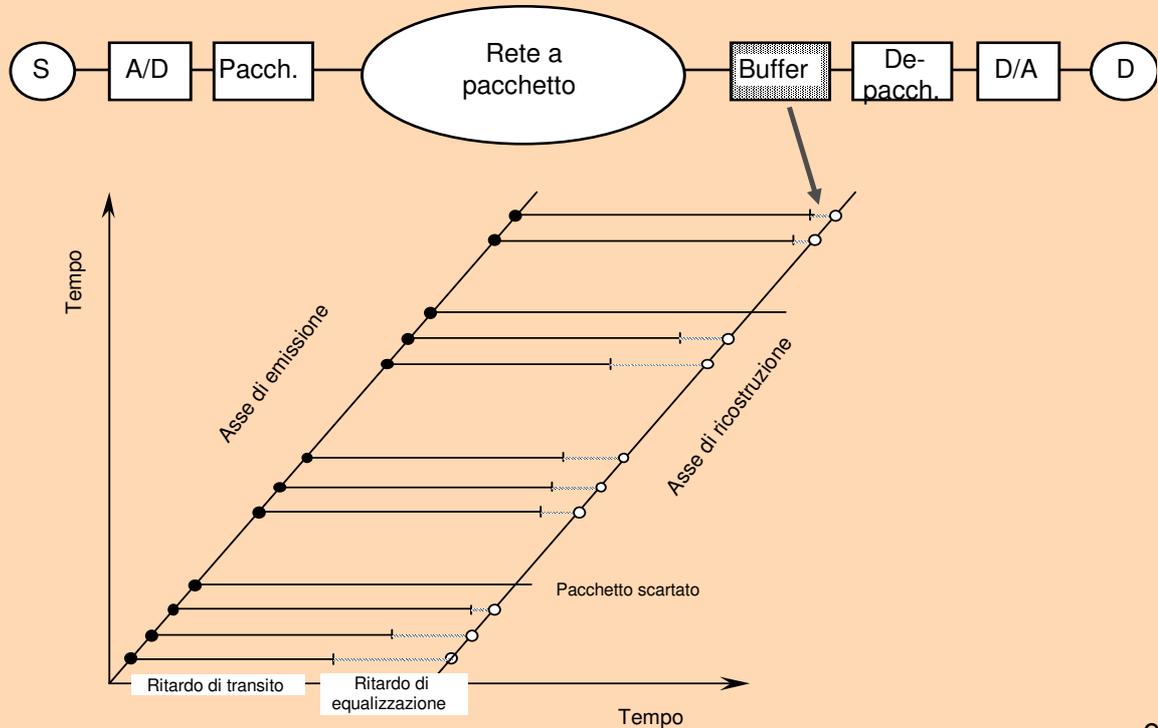
**Un modo di trasferimento è temporalmente trasparente quando la variabilità dei ritardi è nulla (ovvero i ritardi sono costanti)**



**La trasparenza temporale è necessaria nel caso di trattamento di sorgenti di tipo ISOCRONO.**

**In caso di modo di trasferimento non temporalmente trasparente, le deviazioni del ritardo di transito intorno al suo valor medio devono essere compensate in ricezione mediante una EQUALIZZAZIONE DEI RITARDI**

# Equalizzazione dei ritardi



9

# Prestazioni di un modo di trasferimento

## 3. Efficienza di utilizzazione delle risorse

- **consiste nell'assicurare un elevato rendimento di utilizzazione delle risorse condivise :**
  - » in modo quanto più possibile indipendente dalle caratteristiche di emissione dei flussi
  - » soddisfacendo i vincoli in termini di trasparenza temporale e integrità informativa

10

## Prestazioni di un modo di trasferimento

### 4. Grado di flessibilità di accesso

- Misura l'adattabilità del modo di trasferimento nel trattare flussi informativi aventi origine da sorgenti con capacità di emissione e con caratteristiche di attività tra loro anche molto diverse
- Il valore conseguito dipende dalla scelta della strategia di assegnazione delle risorse di trasferimento:
  - » diminuisce per pre-assegnazioni individuali
  - » aumenta per assegnazioni a domanda o per pre-assegnazioni collettive

11

## Le componenti di un modo di trasferimento

- **Lo schema di moltiplicazione:** identifica le modalità logiche adottate per l'utilizzazione della capacità di trasferimento dei rami della rete
- **Il principio di commutazione:** identifica i concetti generali su cui è basato il funzionamento dei nodi di commutazione, ovvero i modi con cui l'informazione è trattata all'interno di un nodo
- **L'architettura protocollare:** individua l'architettura funzionale delle apparecchiature di rete, ovvero le funzioni che un nodo deve svolgere sulle informazioni entranti

**Un modo di trasferimento è completamente definito solo se le tre componenti sono adeguatamente descritte**

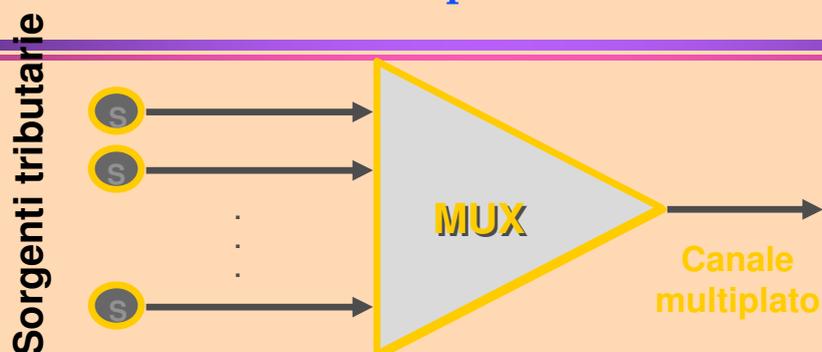
12

# Schema di multiplazione

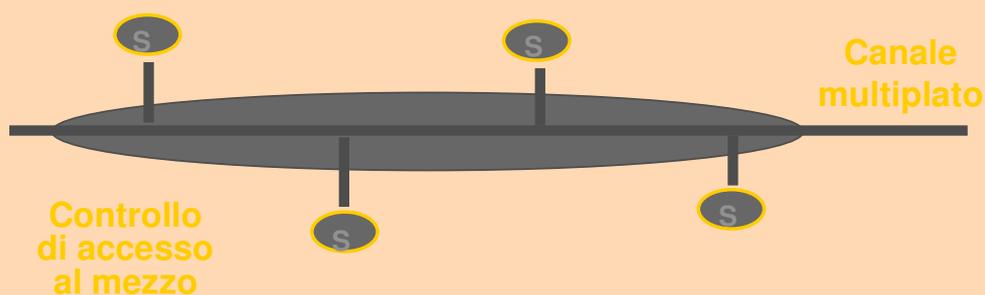
- Per un ramo della rete logica, definisce il modo secondo cui le UI condividono logicamente la capacità di trasferimento di quel ramo
- E' necessario stabilire un criterio di condivisione della risorsa.
- Vanno distinti i casi di:
  - » accesso di tipo centralizzato
  - » accesso di tipo distribuito

13

## Schema di multiplazione centralizzato



## Schema di multiplazione distribuito



14

# Schema di multiplazione

## Modalità di condivisione della risorsa

- **Multiplazione a divisione di frequenza**
  - » es.canali televisivi
- **Multiplazione a divisione di tempo**
  - » L'asse temporale viene segmentato
  - » In ciascun segmento temporale vengono servite le UI provenienti da sorgenti diverse.

15

## Applicazione delle strategie di assegnazione delle risorse

- **Multiplazione statica (Sincrona o Senza etichetta )**: la risorsa trasmissiva è *suddivisa* staticamente in porzioni, ciascuna delle quali è pre-assegnata individualmente ad una sola sorgente tributaria.
  - *Assegnazione Fisica della Ris. Trasm.*
- **Multiplazione dinamica (Asincrona o Con etichetta )**: la risorsa trasmissiva è condivisa dinamicamente da un insieme molteplice di sorgenti tributarie (su preass. collettiva o per ass. a domanda).
  - *Assegnazione Logica della Ris. Trasm.*

16

## Multiplazione statica

- **Modalità di gestione dell'asse dei tempi: SF**
- **Indirizzamento implicito:**  
dalla posizione dell'IT nella trama
- **Adatta per sorgenti a ritmo binario costante (CBR)**
- **Multiplazione di base:**

$$C_s = C_m \frac{L_s}{L_f}$$

$L_s$  n. di bits in un IT (*slot*)  
 $L_f$  n. di bits in una trama (*frame*)  
 $C_m$  capacità della linea  
 $C_s$  capacità del canale di base  
(= 1 IT per ogni trama)

- **Sovra-multiplazione ( $C > C_s$ )**
- **Sotto-multiplazione ( $C < C_s$ )**

17

## Multiplazione dinamica

- **Modalità di gestione dell'asse dei tempi: U, SU, SF**
- **Indirizzamento esplicito**
- **Possibili soluzioni delle contese di pre-assegnazione: orientate alla perdita**
- **Possibili soluzioni delle contese di utilizzazione: orientate al ritardo**
- **Adatta per sorgenti a ritmo binario variabile (VBR)**

18

# Multiplazione dinamica

## ☞ Sorgenti con bassa attività

☞ basso grado di utilizzazione delle risorse. La sorgente è spesso inattiva

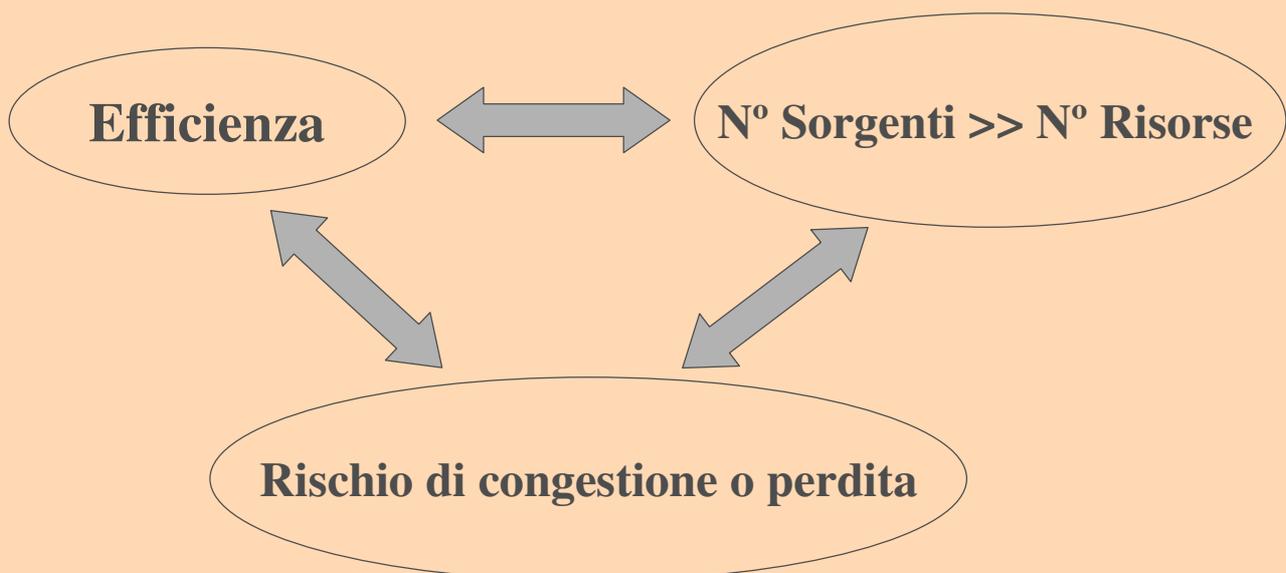
☞ **OBIETTIVO** --> aumentare l'efficienza

☞ **Soluzione:**

☞ Fare condividere la stessa risorsa ad un numero maggiore di utenti

19

# Multiplazione dinamica



20

# Multiplazione dinamica

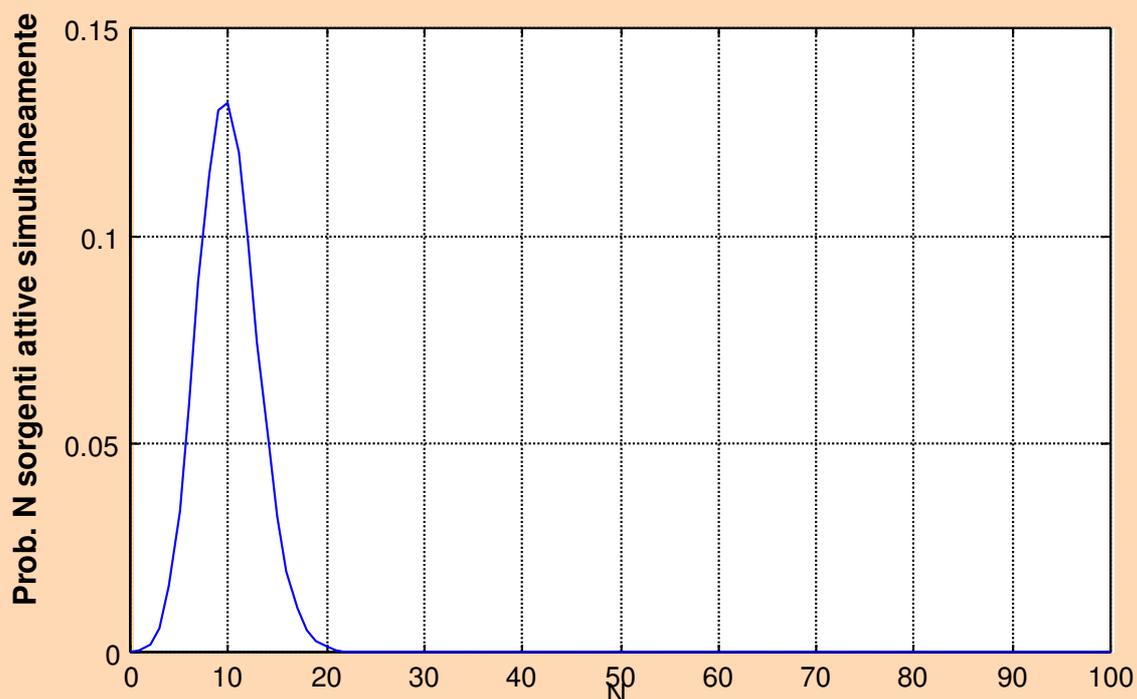
## Dimensionamento delle risorse

- ☞ Per servire  $S$  sorgenti quante risorse  $K$  (capacità del canale) mi occorrono?
- ☞ Posso servire contemporaneamente al massimo  $K$  sorgenti
- ☞ Devo conoscere il *comportamento statistico* delle sorgenti
- ☞ Esistono delle formule matematiche che mi consentono di dimensionare  $K < S$  in maniera tale da avere un ritardo di servizio e/o una prob. di perdita limitati

21

# Multiplazione dinamica

100 sorgenti con attività = 0.1  
distribuzione del numero  $N$  di sorgenti simultaneamente attive



22

## Principio di Commutazione

- Per un nodo della rete logica, definisce il modo secondo cui un qualunque ingresso del nodo (ramo di ingresso) viene associato logicamente con una qualunque uscita (ramo di uscita)



23

## Principio di Commutazione

- Lo scopo è trasferire le UI provenienti dai rami di ingresso agli opportuni rami di uscita del nodo.
- La definizione riguarda comunicazioni punto-punto, ma può essere generalizzata al caso di comunicazioni multipunto

24

# Funzione di Commutazione

E' attuata per mezzo delle funzioni di instradamento e di attraversamento

- ☞ In un nodo della rete logica, l'instradamento è la funzione decisionale, che ha lo scopo di stabilire il ramo di uscita verso cui deve essere inoltrato una UI che perviene da un ramo d'ingresso
- ☞ In un nodo della rete logica, l'attraversamento è la funzione attuativa, che ha lo scopo di trasferire, attraverso quel nodo, una UI da un ramo d'ingresso ad uno di uscita

25

## La funzione di instradamento può essere effettuata:

- 1) durante la fase di instaurazione della chiamata (per servizi di trasferimento orientati alla connessione, associata a strategie di pre-assegnazione individuale o collettiva delle risorse)
  
- 2) per ciascuna UI  
(per servizi di trasferimento senza connessione, associata a strategie di assegnazione a domanda)

26

## L' attraversamento di un nodo può avvenire con due differenti tecniche

- 1) con connessione diretta, associata alla multiplazione senza etichetta: il percorso interno ingresso-uscita è temporalmente trasparente
- 2) con connessione ad immagazzinamento e rilancio, associata alla multiplazione con etichetta: ogni UI attraversante il nodo viene completamente memorizzata prima di essere rilanciata verso l'uscita

27

## Due modi alternativi di attuazione del servizio di trasferimento e conseguenti strategie di assegnazione delle risorse

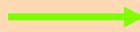
- Con connessione
    - commutata
    - semi-permanente
- Pre-assegnazione individuale o collettiva

In un servizio di trasferimento **ORIENTATO ALLA CONNESSIONE**, l'instradamento delle UI appartenenti ad una chiamata è stabilito, per ogni nodo attraversato, nella fase di instaurazione della chiamata

28

## Due modi alternativi di attuazione del servizio di trasferimento e conseguenti strategie di assegnazione delle risorse

- Senza connessione



**Assegnazione  
a domanda**

In un servizio di trasferimento **SENZA CONNESSIONE**, l'instradamento delle UI in ogni nodo viene determinato in modo indipendente per ogni UI, al momento in cui questa si presenta in ingresso al nodo

29

## Servizio di trasferimento (ST), strategia di assegnazione delle risorse e tecnica di attraversamento

S.T. <u>con</u> connessione	Pre-assegnazione <u>individuale</u>	Attraversamento Connessione Diretta
S.T. <u>orientato alla</u> connessione	Pre-assegnazione <u>collettiva</u>	Attraversamento Immagazzinamento e Rilancio
S.T. <u>senza</u> connessione	Assegnazione a domanda	Attraversamento Immagazzinamento e Rilancio

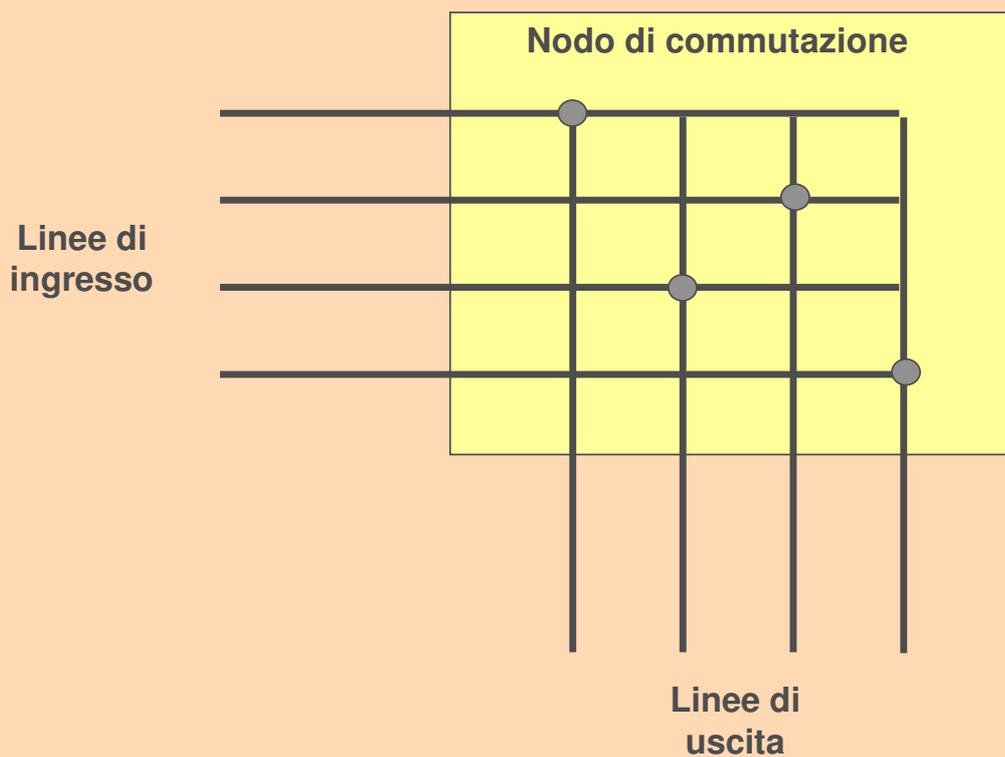
30

## Alternative di attuazione di una connessione diretta

- 1) A divisione di spazio
- 2) A divisione di tempo

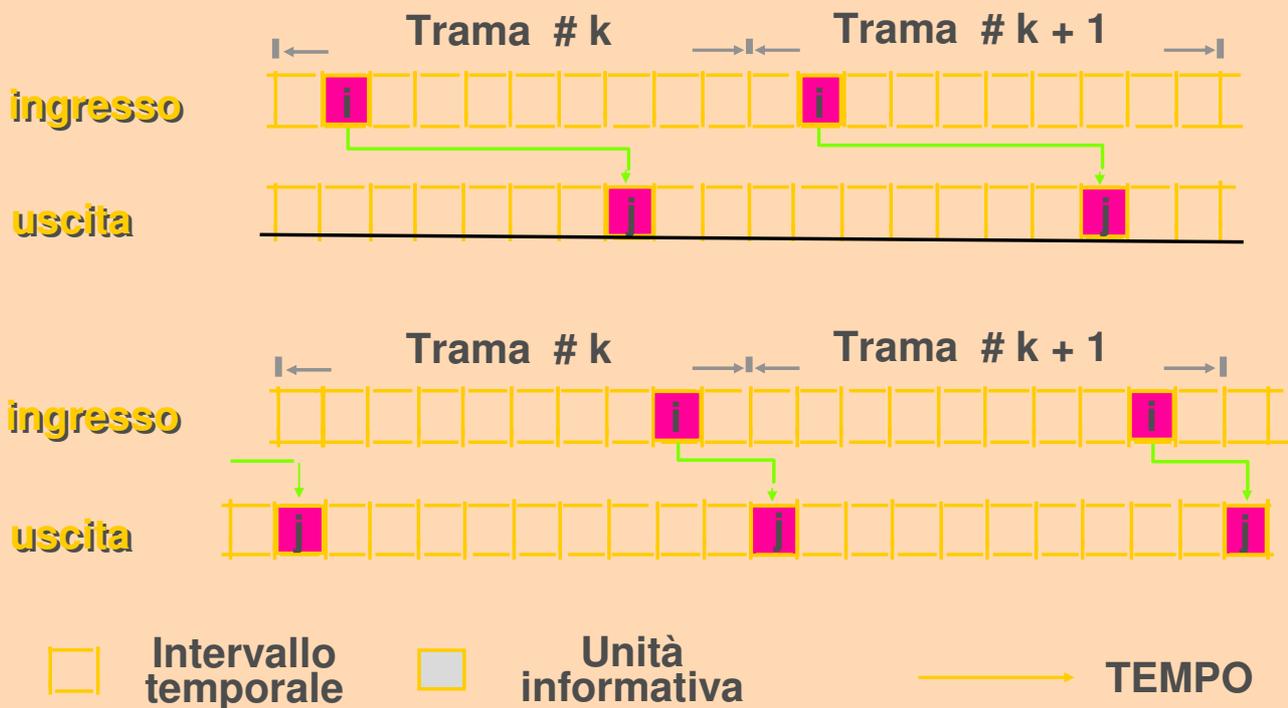
31

## Commutazione a divisione di spazio



32

## Commutazione a divisione di tempo



33

- Caso di attraversamento con connessione diretta

**Esigenza di  
sincronizzazione di rete**

- Caso di attraversamento con connessione ad immagazzinamento e rilancio

**Unità di memorizzazione**

34

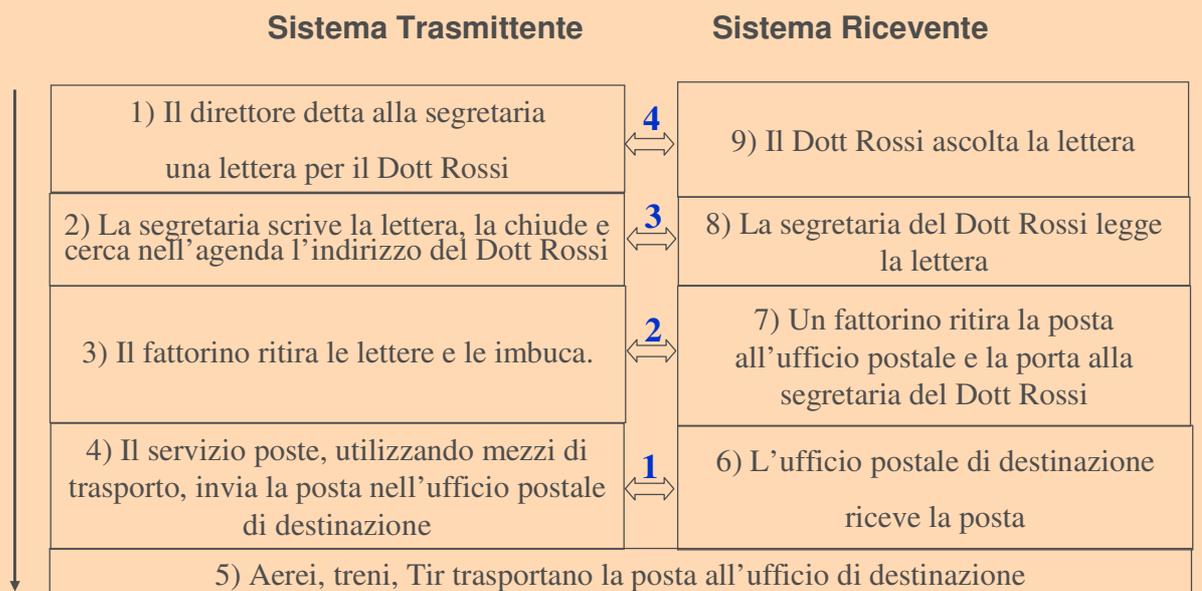
## Architettura Protocollore: Protocollo, Strato

- **Protocollo:** insieme di regole e modalità di attuazione di una funzione o gruppo di funzioni.
- **L'Architettura protocollore** descrive la stratificazione delle funzioni di comunicazione e stabilisce la loro attribuzione alle apparecchiature di rete.



35

## Architettura Protocollore: Principio di stratificazione



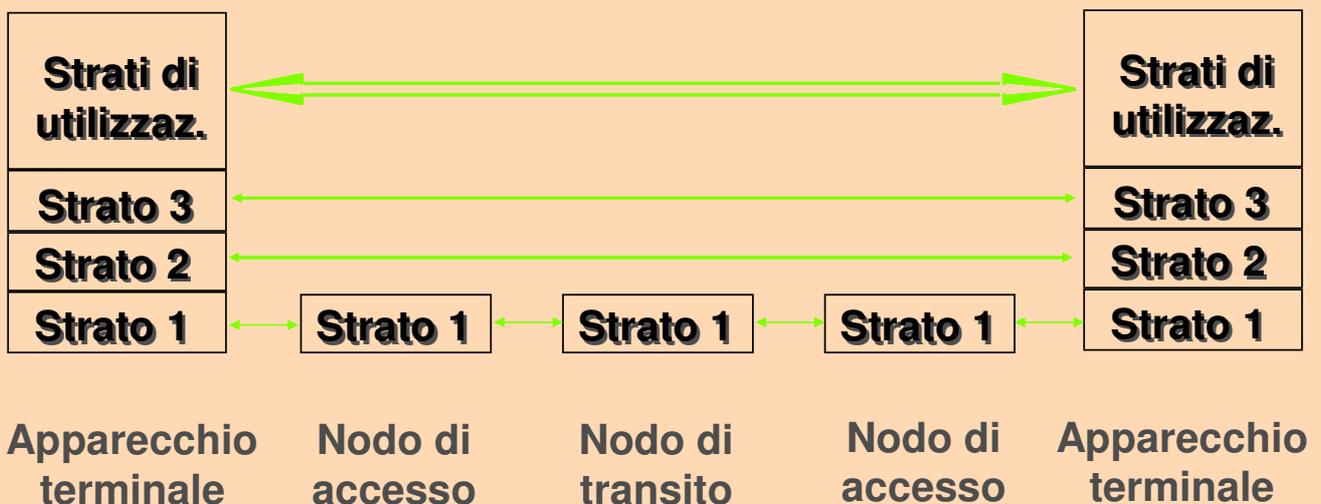
36

## Architettura Protocollore

- ☞ Le funzioni di multiplazione e di commutazione appartengono allo stesso strato tra quelli di trasferimento
- ☞ E' importante stabilire lo strato a cui appartiene la **FUNZIONE DI COMMUTAZIONE**, tenendo presente che le funzioni di uno strato possono essere eseguite solo dopo aver eseguite tutte le funzioni appartenenti agli strati inferiori.
- ☞ La collocazione della funzione di commutazione ha impatto su
  - la **SEMPLICITA'** del trattamento dell'informazione nei nodi;
  - l'**EFFICIENZA** nell'impiego delle risorse;
  - l'**AFFIDABILITA'** del trasferimento informativo
- ☞ La collocazione deve avvenire nello strato più basso possibile con l'obiettivo di mantenere ad un livello soddisfacente l'efficienza e l'affidabilità.

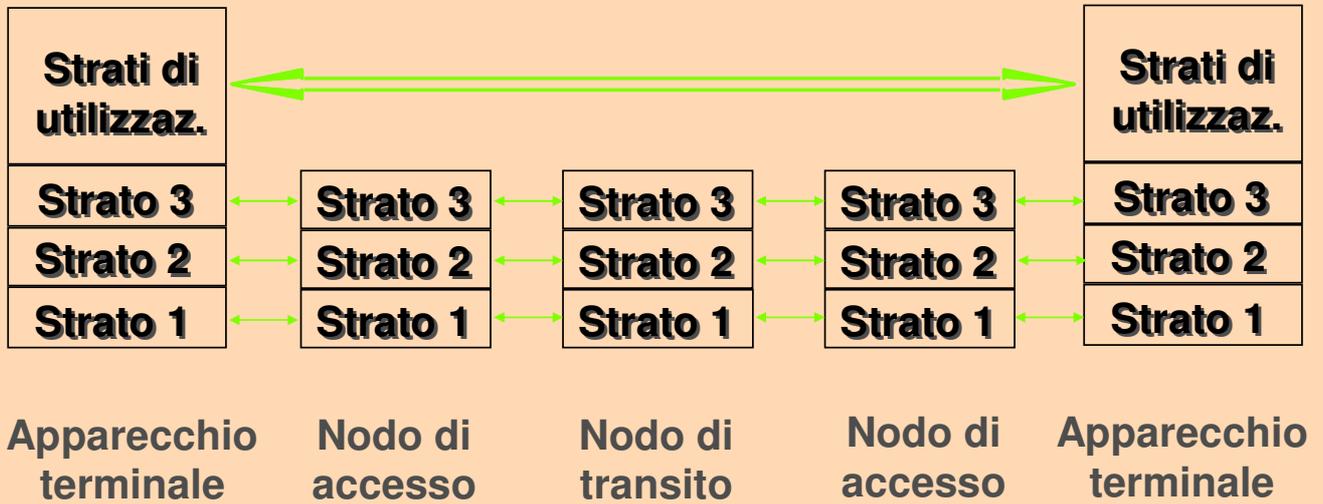
37

## Architettura protocollore del MT a circuito



38

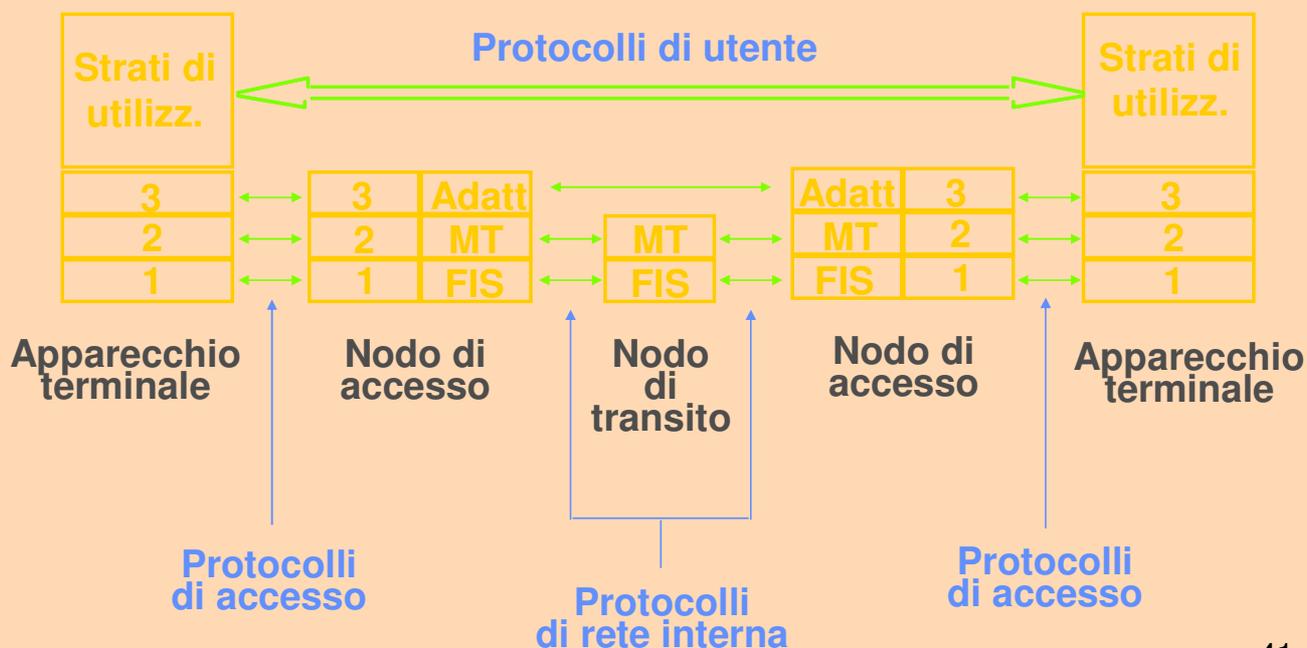
# Architettura protocollare del MT a pacchetto (es. IP)



39

Le due slide seguenti sono per i più curiosi, non fanno parte del programma

## Architettura protocollare del Modo di Trasferimento ATM



41

## Architettura protocollare dei nuovi MT

- Obiettivo: spostare la maggiore complessità funzionale verso i bordi della rete, dove il numero di flussi di traffico è minore, limitandosi a svolgere nella sezione interna le procedure indispensabili e comuni a tutti i servizi (es. instradamento, controllo d'errore sull'intestazione delle UI).
- strato di MODO DI TRASFERIMENTO (strato MT), comune a tutti i servizi e terminato in ogni nodo di rete
- strato di ADATTAMENTO, dipendente dalle caratteristiche del servizio di TLC ed eseguito nei nodi di accesso alla rete (es. svolge funzioni di risequenziamento, recupero di errore).

42

## Esempi di modi di trasferimento

I modi di trasferimento adottate nelle reti dedicate sono:

- Il modo di trasferimento a CIRCUITO
- Il modo di trasferimento a PACCHETTO

Il modo di trasferimento a CIRCUITO fornisce una completa trasparenza temporale, ma un basso rendimento di utilizzazione della banda disponibile, specialmente in presenza di sorgenti non-CBR

Il modo di trasferimento a PACCHETTO fornisce un alto grado di flessibilità d'accesso a spese di un basso grado di trasparenza temporale; risulta quindi inadatto al trattamento di servizi isocroni

43

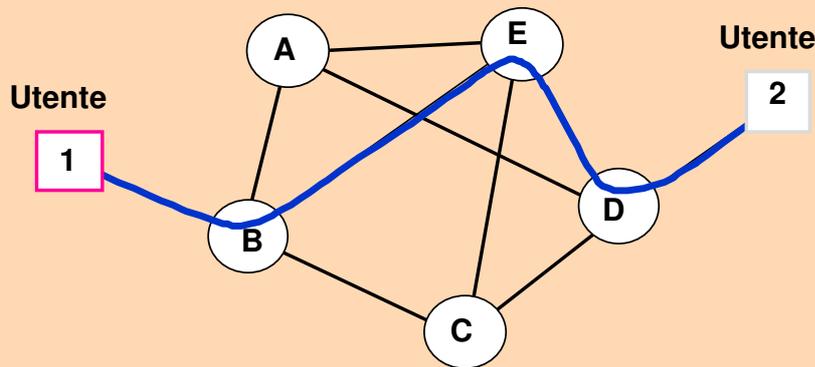
## Modo di trasferimento a circuito

- Servizio di trasferimento:
  - » con connessione
- Multiplazione:
  - » statica
- Commutazione:
  - » attraversamento con connessione diretta
- Architettura protocollare:
  - » strato MT nello strato 1

44

## Modo di trasferimento a circuito

- Una rete che utilizza il modo di trasferimento a circuito mette a disposizione degli utenti impegnati in una chiamata un **CIRCUITO FISICO** che rimane ad essi **DEDICATO** per tutta la durata della comunicazione



45

## Modo di trasferimento a circuito

Un circuito fisico è un **CANALE TRASMISSIVO** la cui capacità è idonea al trasferimento di un flusso informativo di fissato ritmo binario di picco ( $F_p$ )

La capacità complessiva ( $C_m$ ) di un ramo della rete è suddivisa in **SUB-CANALI** di capacità fissata ( $C_s$ )

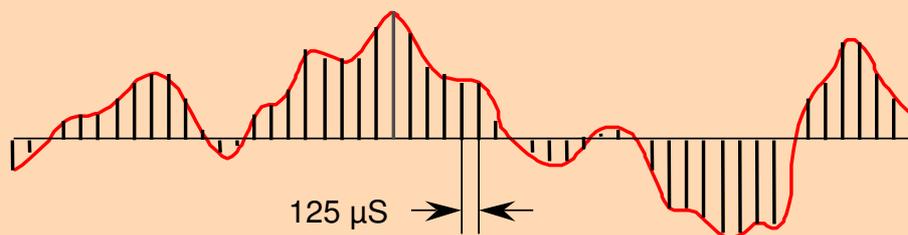
La capacità di un sub-canale è assegnata individualmente ad una chiamata. La durata dell'assegnazione equivale a quella della chiamata

46

## Modo di trasferimento a circuito

Lo schema di moltiplicazione utilizzato è del tipo **SENZA ETICHETTA SINCRONA A DIVISIONE DI TEMPO (S-TDM)**

Il segnale fonico è campionato a frequenza uguale a 8 kHz (8000 campioni al secondo, 1 campione ogni 125  $\mu$ s) ed ogni campione è codificato con 8 bit



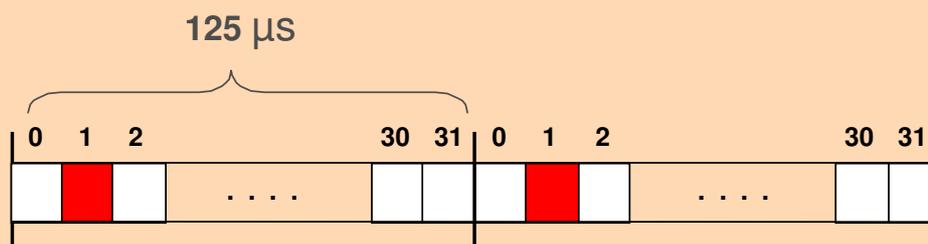
47

## Modo di trasferimento a circuito

Ogni campione è inserito in un intervallo di canale (slot) di una trama multiplex PCM; la durata della trama è uguale a 125  $\mu$ s

Ogni slot ha lunghezza uguale a 8 bit, mentre la banda associata ad ogni slot è uguale a 64 kbit/s

Se si considera un ritmo binario  $C_m$  uguale a 2.048 Mbit/s (Gruppo PCM primario), la trama sarà composta da 32 intervalli di canale



48

## Modo di trasferimento a circuito

Indicati con:

$L_s$  : lunghezza in bit di un intervallo di canale;

$L_f$  : lunghezza in bit di una trama;

$C_s$  : capacità in bit/s di un sub canale;

$C_m$  : capacità in bit/s del canale moltiplo

La capacità  $C_s$  di un sub canale è data da:

$$C_s = \frac{L_s}{L_f} C_m$$

49

## Modo di trasferimento a circuito

Le assegnazioni di slot ad una chiamata possono essere effettuate:

1) **MULTIPLAZIONE DI BASE** ( $C_s = F_p$ )

(a slot singolo )

2) **SOVRA MULTIPLAZIONE** ( $C_s < F_p$ )

(a slot multiplo )

3) **SOTTOMULTIPLAZIONE** ( $C_s \gg F_p$ )

(a frazione di slot o a multitrama)

50

# Modo di trasferimento a circuito

Il modo di trasferimento a circuito offre un servizio di trasferimento orientato alla connessione che applica la strategia di assegnazione fisica delle risorse

In ogni chiamata possono essere distinte tre fasi:

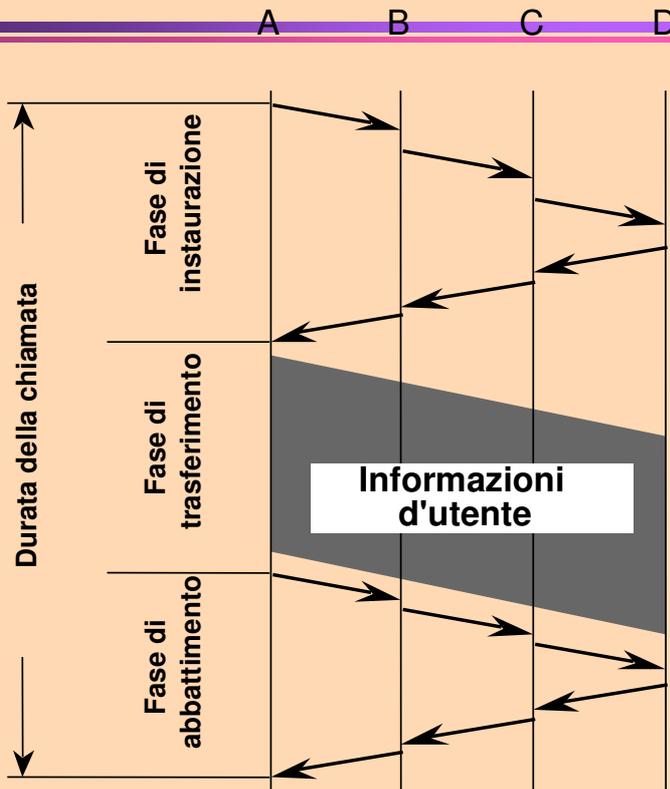
**Fase di INSTAURAZIONE:** in questa fase attraverso lo scambio di messaggi di segnalazione tra utenti e apparati di rete viene creato il circuito fisico in rete.

**Fase di TRASFERIMENTO:** in questa fase viene effettuata lo scambio di informazioni tra gli utenti impegnati nella chiamata; in questa fase la rete è completamente trasparente e non effettua alcuna operazione sulle informazioni in transito

**Fase di ABBATTIMENTO:** in questa fase vengono rilasciate le risorse di rete precedentemente assegnate agli utenti impegnati nella chiamata.

51

# Modo di trasferimento a circuito



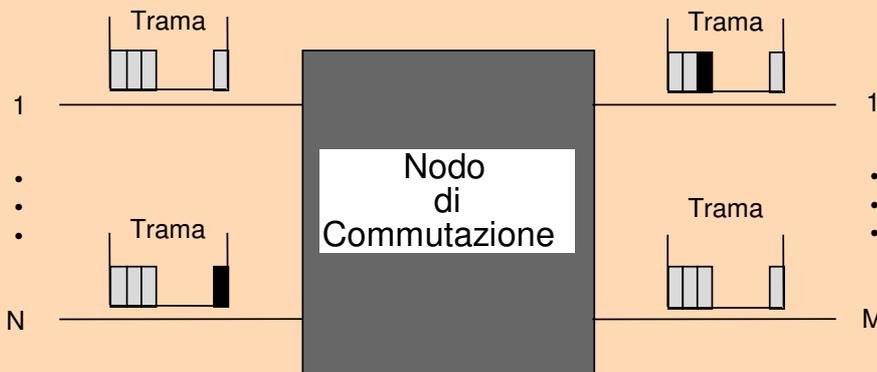
La durata richiesta all'instaurazione della chiamata è detta **RITARDO DI INSTAURAZIONE**.

Il ritardo di instaurazione è dovuto al tempo di elaborazione dei messaggi di segnalazione nei nodi di commutazione e dal tipo di protocollo di segnalazione utilizzato

52

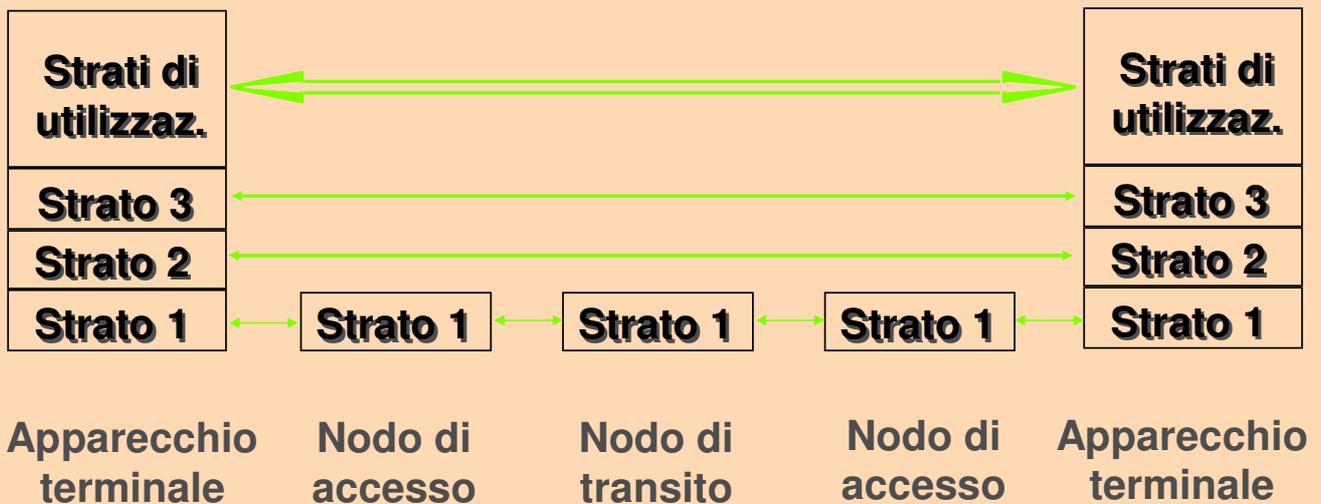
# Modo di trasferimento a circuito

La funzione di commutazione equivale a TRASFERIRE il contenuto di un intervallo di canale di una trama relativa ad una linea entrante, in un altro intervallo di canale di una trama relativa ad una linea uscente (TIME SLOT INTERCHANGE)



Il tempo di commutazione delle informazioni relative ad una stessa chiamata è COSTANTE. Quindi il TEMPO DI TRASFERIMENTO dell'informazione tra sorgente e destinatario è anch'esso COSTANTE

# Architettura protocollare del modo di trasferimento a circuito



## Modo di trasferimento a pacchetto

- **Servizio di trasferimento:**
  - » con o senza connessione
- **Multiplicazione:**
  - » dinamica (con etichetta)
- **Commutazione:**
  - » attraversamento con connessione ad immagazzinamento e rilancio
- **Architettura protocollare:**
  - » strato MT nello strato 3

55

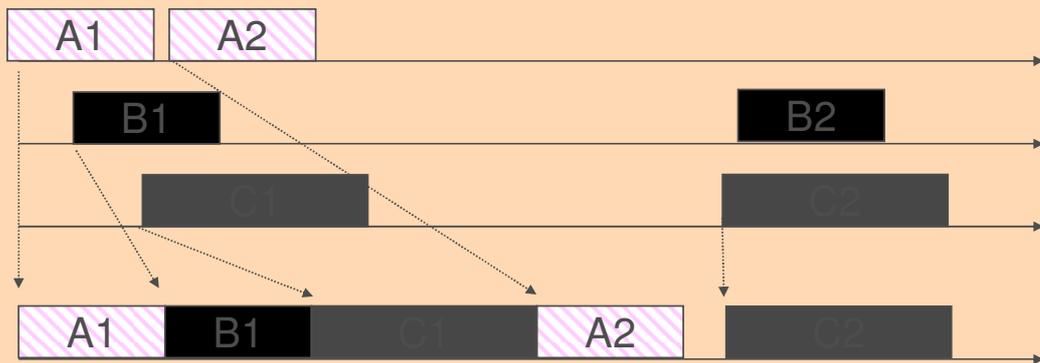
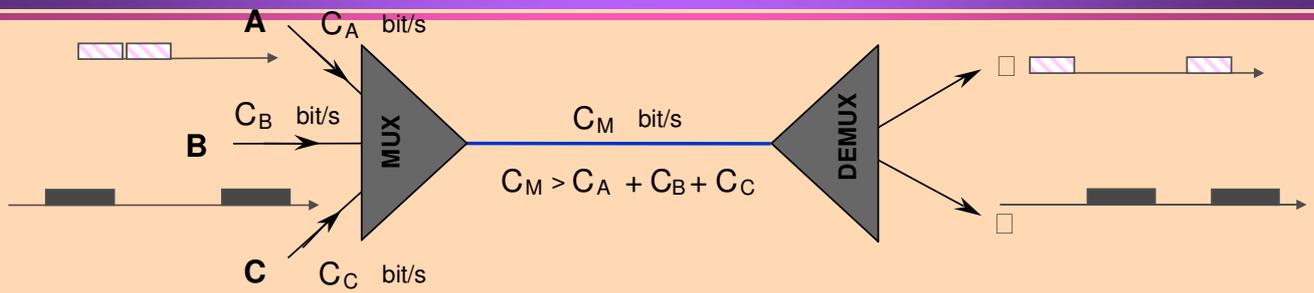
## Modo di trasferimento a pacchetto

Le unità di dati trasferite in rete sono detti **PACCHETTI** e sono composte da un'**INTESTAZIONE**, contenente informazioni di controllo della comunicazione ed avente una lunghezza fissa ( $L_h$ ), e da un **CAMPO INFORMATIVO**, avente lunghezza variabile ( $L_i$ ) e contenente le informazioni d'utente



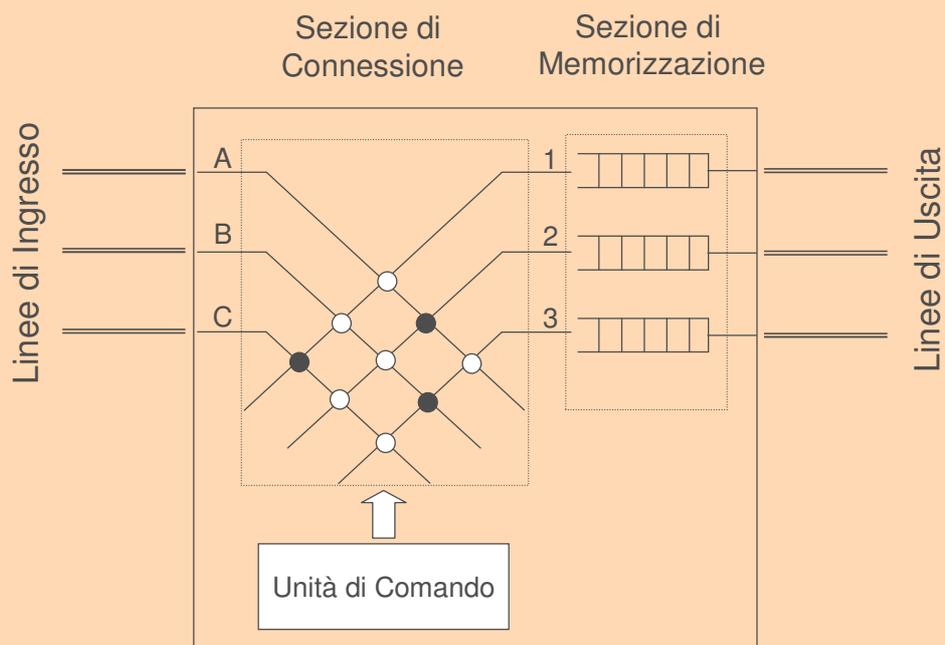
56

# Modo di trasferimento a pacchetto



57

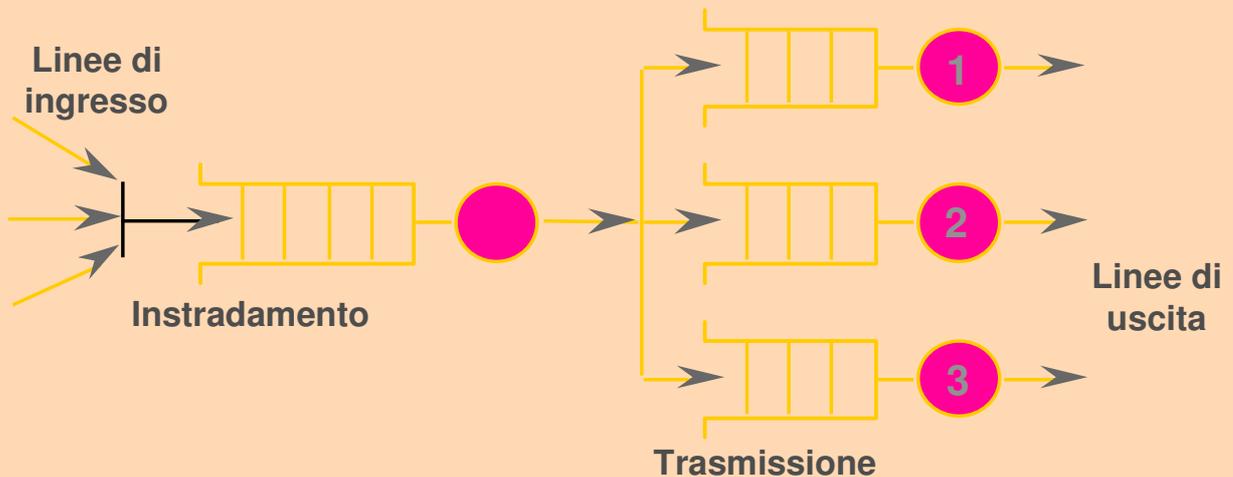
# Schema di un Commutatore a Immagazzinamento e Rilancio



58

## Modo di trasferimento a pacchetto

Un nodo a commutazione di pacchetto esegue la funzione di commutazione in accordo alla tecnica di IMMAGAZINAMENTO e RILANCIO



Il RITARDO DI COMMUTAZIONE è composto da due componenti:

- 1) FISSA composta dai tempi di elaborazione e di propagazione
- 2) VARIABILE composta dal tempo di memorizzazione in uscita

59

## Modo di trasferimento a pacchetto

L'assegnazione della capacità può avvenire in accordo alle strategie:

- a) ASSEGNAZIONE SU DOMANDA
- b) PRE-ASSEGNAZIONE COLLETTIVA SU BASE CHIAMATA

La prima alternativa è caratteristica delle reti a pacchetto con servizio di trasferimento senza connessione (DATAGRAMMA)

La seconda è caratteristica delle reti a pacchetto con servizio di trasferimento con connessione (CIRCUITO VIRTUALE)

60

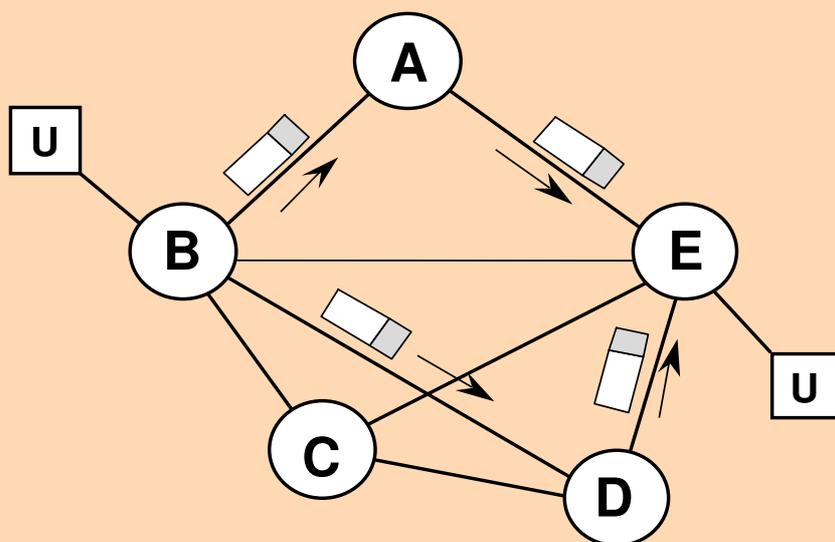
## Modo di trasferimento a pacchetto Datagramma

In una rete a commutazione di pacchetto con servizio di trasferimento di tipo DATAGRAMMA, il trasferimento dei pacchetti avviene senza accertare preventivamente la disponibilità dell'utente chiamato all'effettuazione dello scambio informativo.

Non esistono le fasi di instaurazione e di abbattimento di una chiamata ed ogni pacchetto è gestito dalla rete indipendentemente dagli altri, anche se fanno parte della stessa comunicazione

61

## Modo di trasferimento a pacchetto Datagramma



62

## Modo di trasferimento a pacchetto Circuito virtuale

In una rete a commutazione di pacchetto a CIRCUITO VIRTUALE, il servizio di trasferimento dei pacchetti è orientato alla connessione.

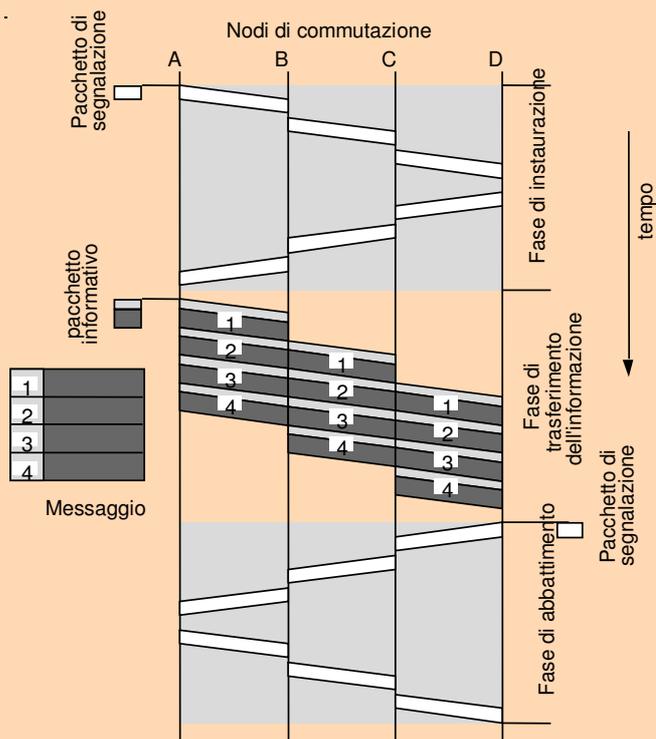
Esistono quindi, oltre alla fase di trasferimento informativo, anche le fasi di instaurazione ed abbattimento del CIRCUITO VIRTUALE.

Durante la fase di instaurazione viene:

- identificato il cammino fisico che i pacchetti seguiranno in rete (Funzione di INSTRADAMENTO);
- accertata la possibilità di instaurare la connessione (funzione di CONTROLLO DI ACCETTAZIONE DI CHIAMATA)
- effettuata un'ASSEGNAZIONE LOGICA delle risorse di rete;
- assegnati opportuni IDENTIFICATORI della chiamata che saranno trasportati da tutti i pacchetti appartenenti alla chiamata stessa

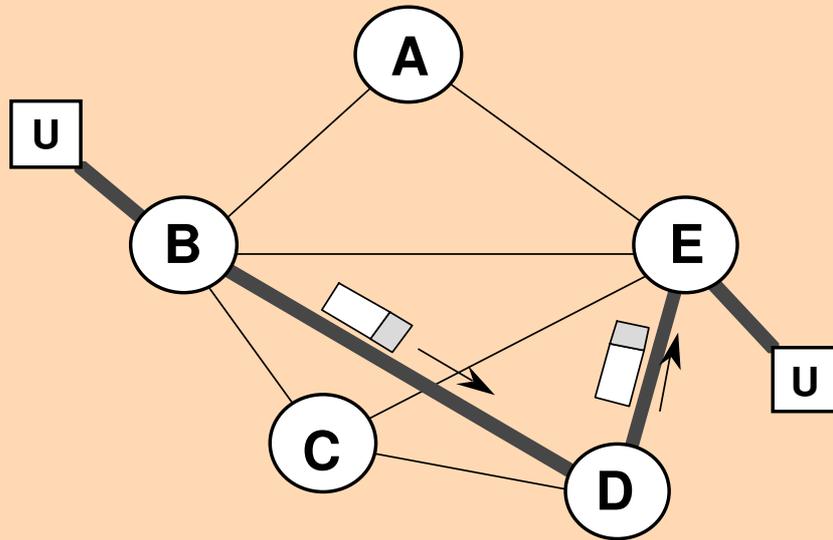
63

## Modo di trasferimento a pacchetto Circuito virtuale



64

## Modo di trasferimento a pacchetto Circuito virtuale



65

## Modo di trasferimento a pacchetto Circuito virtuale

In una rete a commutazione di pacchetto a circuito virtuale una chiamata è identificata su ogni ramo della rete da un identificatore detto NUMERO DI CANALE LOGICO

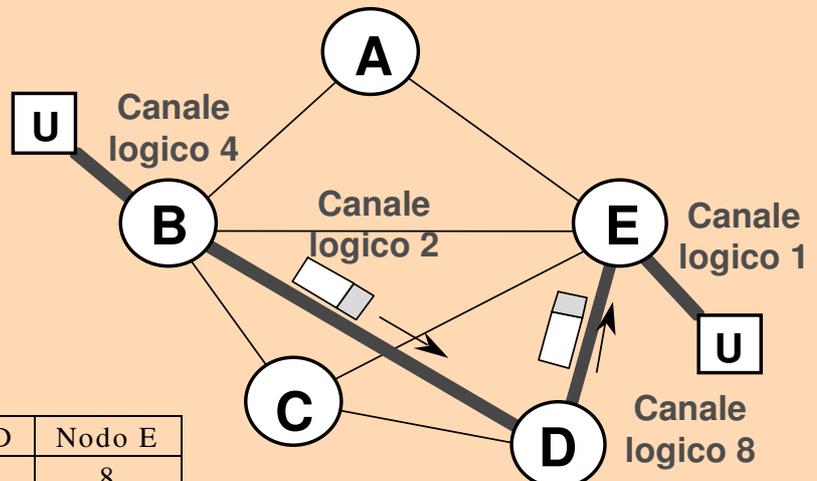
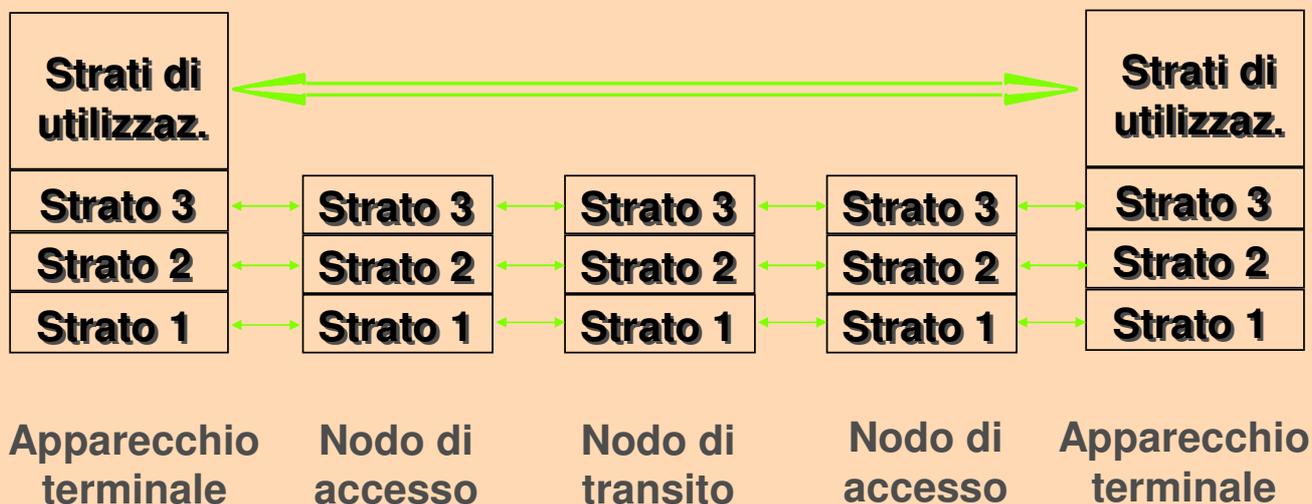


Tabella di attraversamento

Ramo	Nodo B	Nodo D	Nodo E
Entrante	4	2	8
Uscite	2	8	1

66

## Architettura protocollare del modo di trasferimento a pacchetto



67

## Architettura protocollare del modo di trasferimento a pacchetto

Lo STRATO FISICO esegue le funzioni di gestione dei mezzi fisici di trasmissione

Lo STRATO di COLLEGAMENTO esegue le funzioni necessarie al trasferimento affidabile delle informazioni (es. funzione di controllo d'errore)

Lo STRATO di RETE esegue le funzioni necessarie al corretto funzionamento della rete (es. funzione di instradamento dei pacchetti e di controllo di flusso)

68

## Confronto tra modi di trasferimento

	Circuito	Pacchetto Circuito Virtuale	Pacchetto Datagramma
Servizio di trasferimento	Con connessione	Con connessione	Senza connessione
Assegnazione delle risorse	Pre-ass. individuale	Pre-ass. collettiva	A domanda
Allocazione di banda	Picco	Media	-
Efficienza	Bassa (Alta per CBR)	Intermedia	Alta
Trasparenza temporale	O. alla perdita per la preassegnazione	O. alla perdita per la preass. O. al ritardo per la utilizzazione	O. al ritardo per la utilizzazione
Risoluzione delle contese	Alta	Intermedia	Bassa
Integrità informativa	Alta	Intermedia	Bassa

69

### ● I Modi di trasferimento

» **Modi di trasferimento a circuito**

» **Modi di trasferimento a pacchetto**

70

## ● I Modi di trasferimento

- » Modi di trasferimento a circuito
- » Modi di trasferimento a pacchetto

71

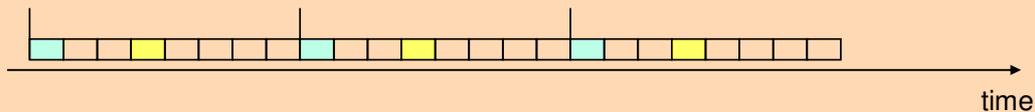
## Modi di trasferimento

- MT a circuito
  - » PCM, rete telefonica
- MT a pacchetto a circuito virtuale (*connection-oriented*)
  - » X.25, Frame Relay, ATM
- MT a pacchetto a datagramma (*connectionless*)
  - » IP

72

# Modo di trasferimento a circuito

- **Multiplicazione sincrona con struttura di trama e senza etichetta (PCM)**
- **Commutazione**
  - » con connessione
  - » attraversamento diretto effettuato in hardware dalla rete di connessione
- **Nei nodi solo funzioni protocollari di livello 1 senza alcuna manipolazione dei flussi informativi**
- **Allocazione di banda statica**
- **Quantum di banda pari a 64 kbit/s**
- **Tempi di attraversamento della rete bassi e costanti durante la comunicazione**
- **Adatto per servizi isocroni a bit rate costante**



73

# Modo di trasferimento a pacchetto

- **Multiplicazione asincrona**
  - » con/senza struttura di trama (dipende dal sistema trasmissivo)
  - » con etichetta
  - » con/senza delimitazione esplicita delle UI
- **Commutazione**
  - » con/senza connessione
  - » attraversamento ad immagazzinamento e rilancio effettuato in software da processori di pacchetto.
- **Nei nodi funzioni protocollari di livello 1,2 e 3**
  - » analisi delle etichette
  - » controllo e recupero degli errori (tratta per tratta), controllo di flusso e di sequenza solo nella modalità con connessione
- **Allocazione di banda dinamica (→ guadagno statistico)**
- **Assegnazione di banda flessibile non quantizzata**
- **Tempi di attraversamento della rete variabili (queuing delay)**
- **Adatto per servizi non-isocroni a bit rate variabile (bursty sources)**

74

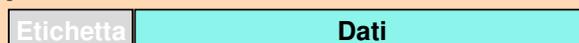
## Multiploazione sincrona

- flussi informativi sul multiplo strutturati in trame
- identificazione implicita basata sulla posizione delle Unità Informative (UI) sulla trama (senza etichetta)
- delimitazione implicita delle UI (slotted time)
- **allocazione di banda statica**
- **tempi di attraversamento del multiplo minore del periodo di trama e costanti**
- **esempio: PCM**
  - » trame di 32 canali (1 otetto per slot)
  - » di cui due impiegati per il sincronismo (n. 1) e uno per la segnalazione (n. 16)
  - » 30 canali di utente
  - »  $T_{trama} = 125 \mu s$

75

## Multiploazione asincrona

- È basato sull'identificazione con etichetta e prevede due opzioni rispetto alla suddivisione del flusso



- **slotted time**

- delimitazione esplicita/implicita delle UI



- **unslotted time**

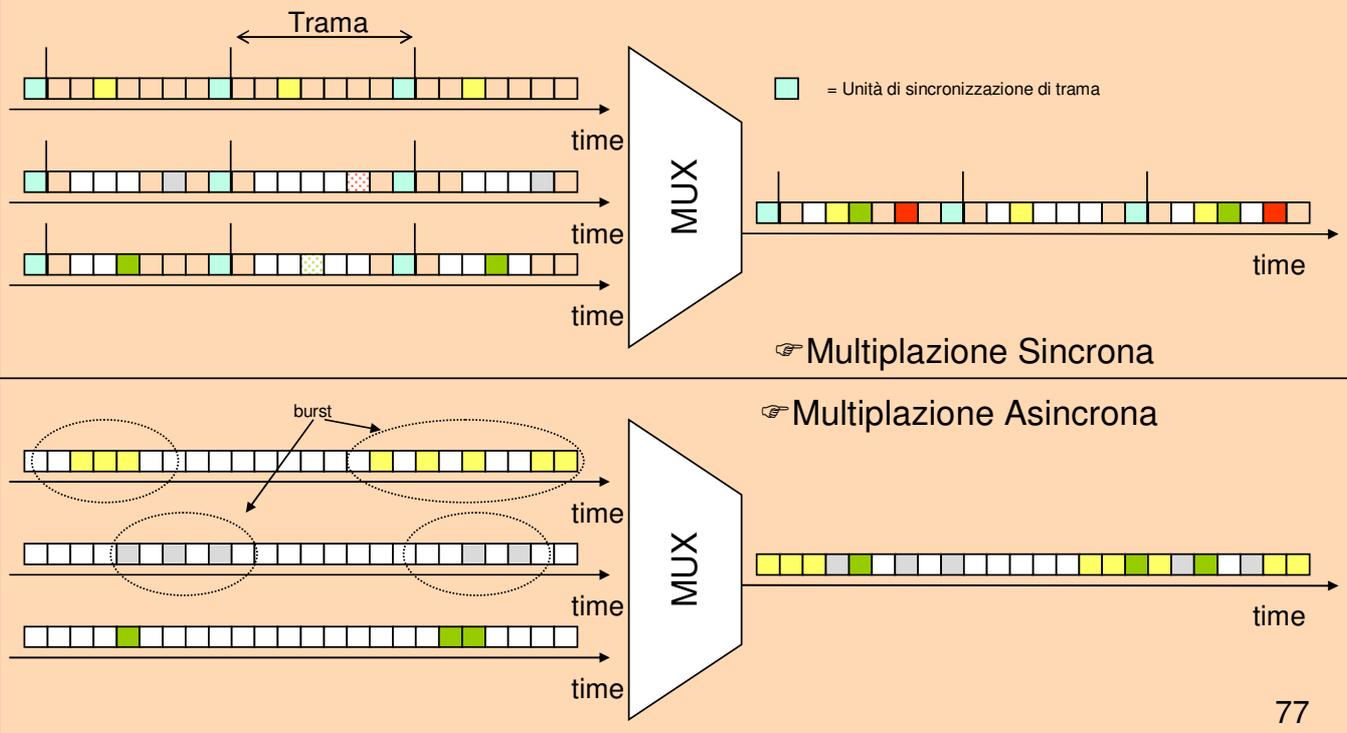
- delimitazione esplicita delle UI



- **Prestazioni ottenute:**
  - **allocazione di banda dinamica**
  - **tempi di attraversamento variabili (accodamento dei messaggi in uscita dal multiplo)**

76

## Multiplazione a divisione di tempo Sincrona e Asincrona



## Reti a commutazione di pacchetto a datagramma (connectionless)

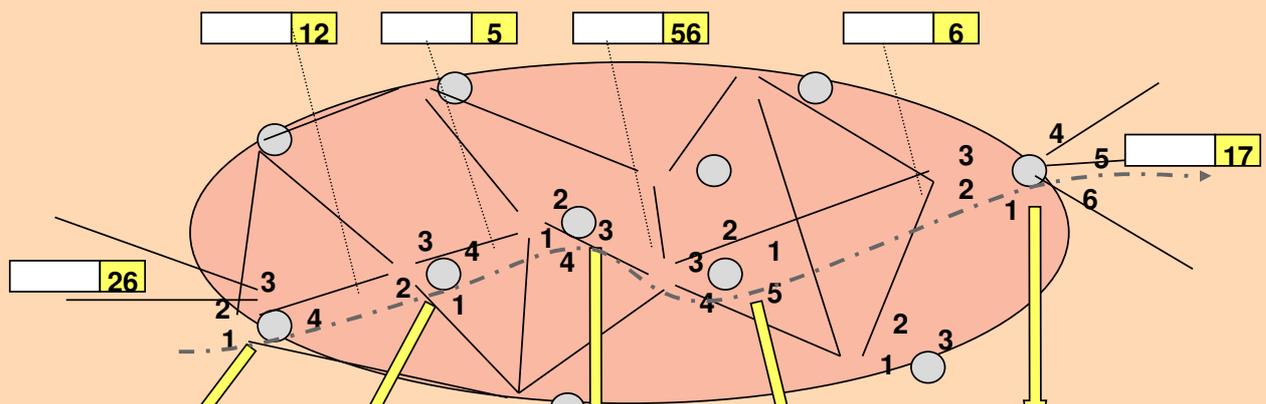
- non c'è una fase iniziale di instaurazione della connessione
- ogni pacchetto ha nell'intestazione l'indirizzo del destinatario finale
- ogni pacchetto è trattato dagli elementi della rete in modo indipendente dagli altri pacchetti (compresi quelli scambiati nell'ambito della stessa relazione di comunicazione, i quali potrebbero addirittura seguire percorsi differenti e quindi arrivare fuori sequenza)

## Reti a commutazione di pacchetto a CV (connection-oriented)

- c'è una fase iniziale di instaurazione della connessione (= associazione logica srg.-dst.) e una fase finale di abbattimento
- ogni pacchetto ha nell'intestazione un valore identificativo (etichetta, *label*) sulla base del quale viene instradato
- il valore della label è locale ad ogni tratta, e stabilito per ogni connessione (e per ogni tratta) nella fase iniziale di instaurazione
- tutti i pacchetti appartenenti alla stessa relazione di traffico un flusso

79

## Circuito virtuale (label switching)



IN	OUT
...	...
1-25	4-43
1-26	4-12
1-27	3-43
Link_ID - VC_ID	

IN	OUT
...	...
2-12	4-5
2-13	1-44
2-14	1-98
...	...

IN	OUT
...	...
1-3	2-11
1-4	4-11
1-5	3-56
...	...

IN	OUT
...	...
3-55	2-78
3-56	1-6
3-57	5-13
...	...

IN	OUT
...	...
2-4	4-93
2-5	3-10
2-6	5-17
...	...

80

# Circuito virtuale

