

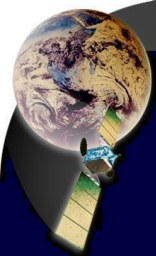


FONDAMENTI DI TELECOMUNICAZIONI

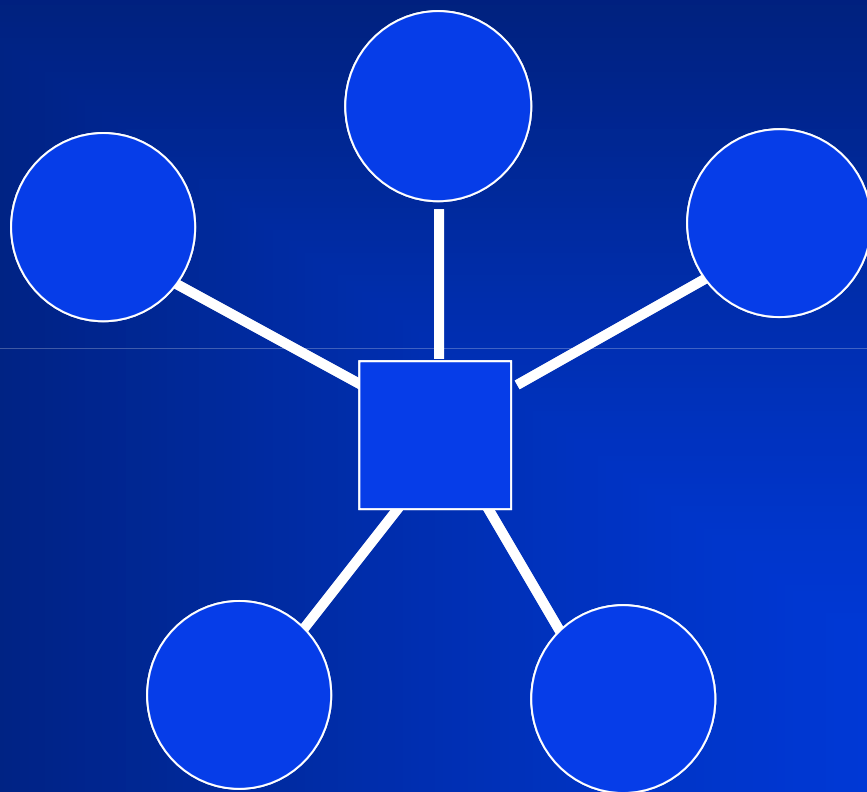
Prof. S. Marano

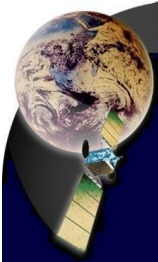
Università della Calabria

A.A. 2009-2010

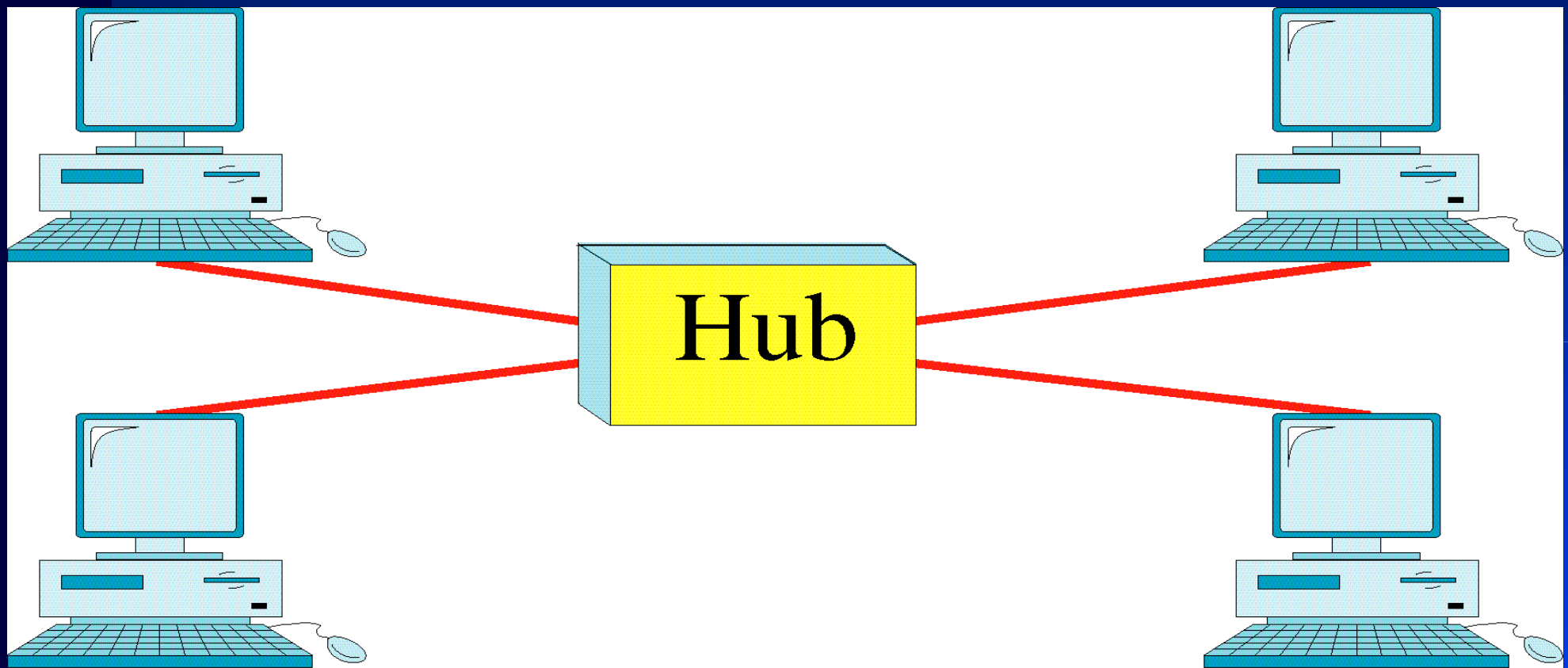


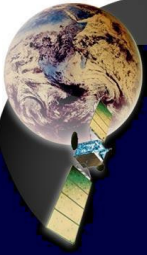
Topologia a stella



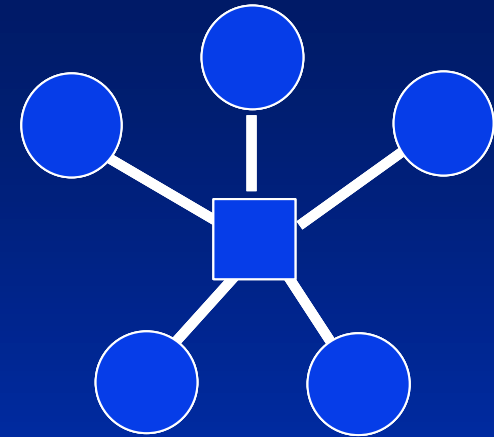


Stella





$$C=N$$

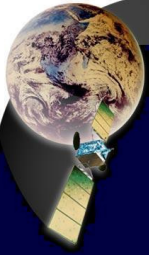


Svantaggio: vulnerabilità ai guasti del nodo centrale (attivo o passivo)

Vantaggi: - basso numero di canali
- commutazione semplice dal punto di vista dei nodi (tutto il traffico va al centro stella)

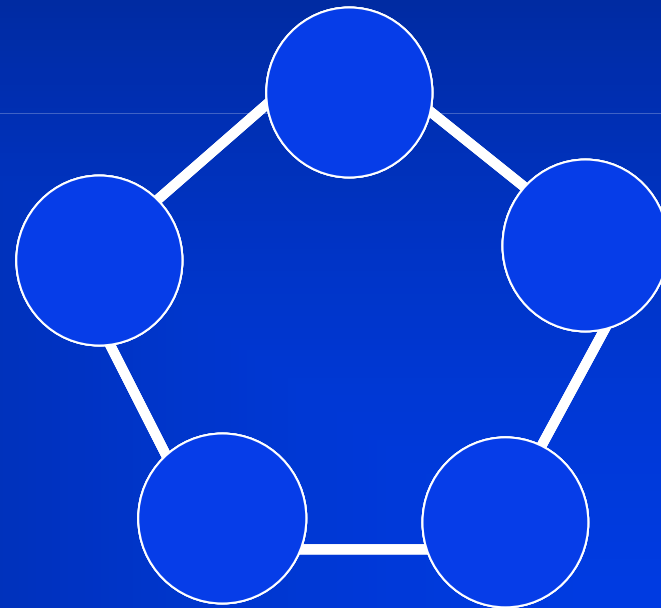
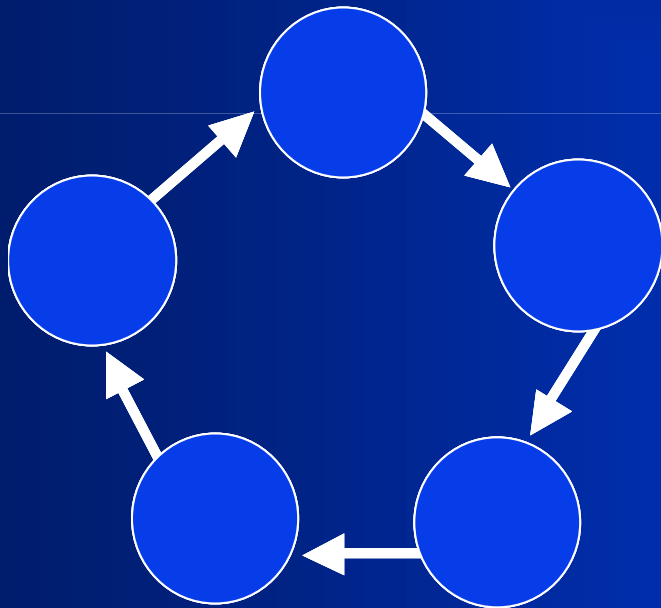
E' usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei canali

es. reti telefoniche tradizionali, reti radio e satellitari

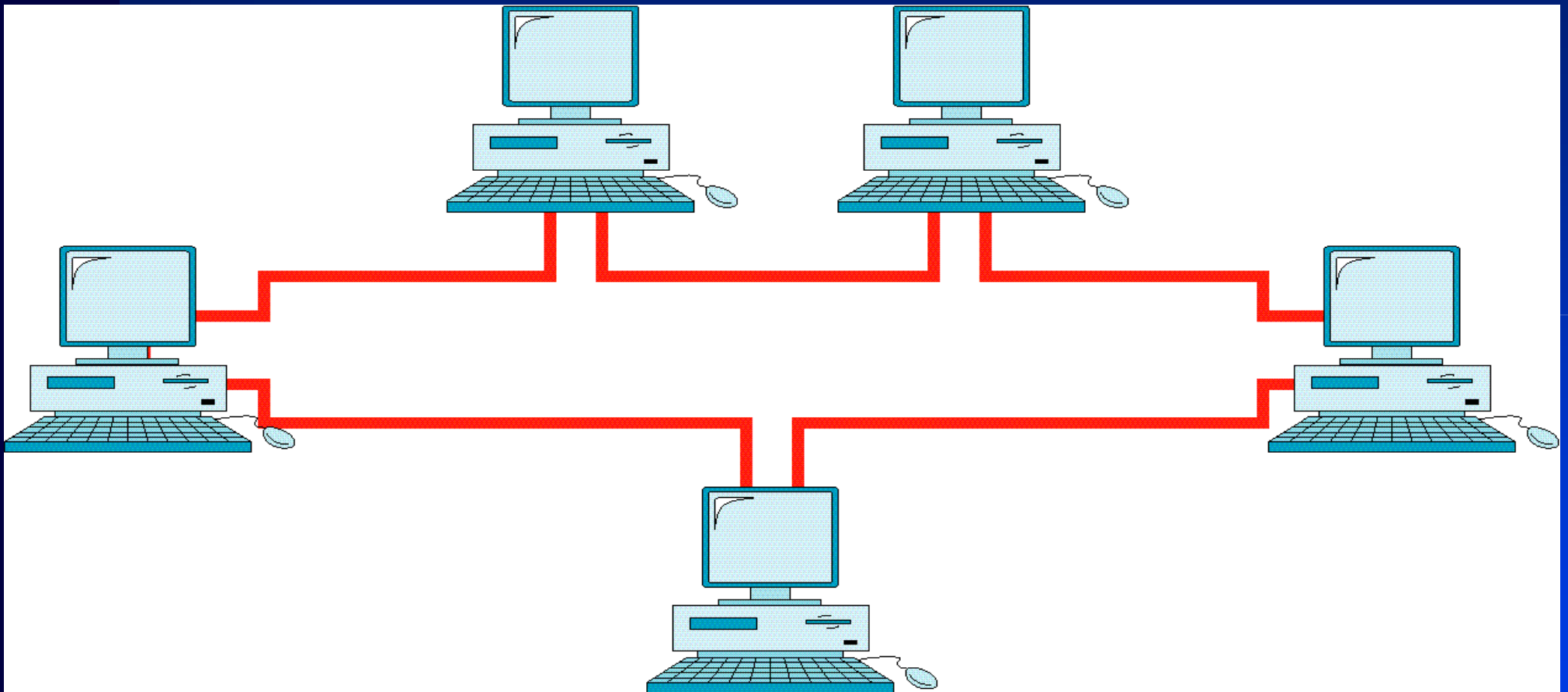


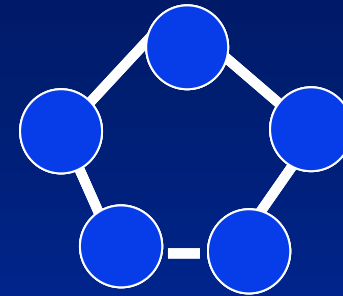
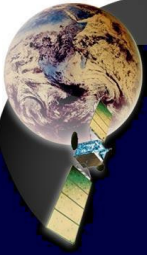
Topologia ad anello

Può essere unidirezionale o bidirezionale



Anello



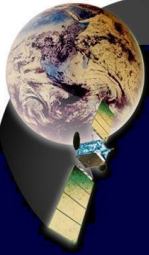


$$C = N$$

Svantaggio: vulnerabilità ai guasti (caso unidirezionale si interrompe la rete, caso bidirezionale si riconfigura)

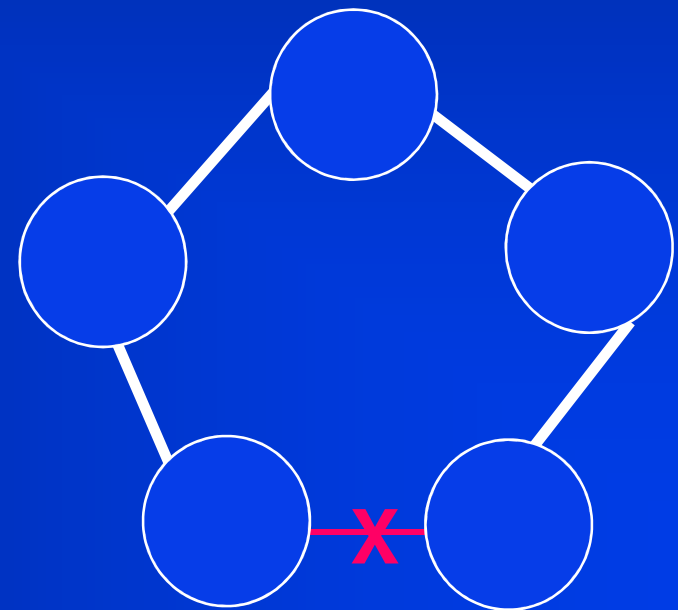
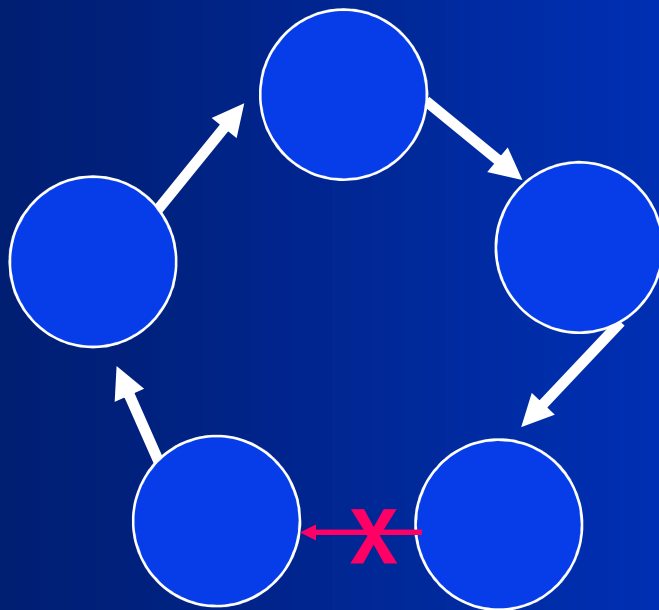
Vantaggio: commutazione semplice

Molto usata in reti locali e metropolitane



Topologia ad anello

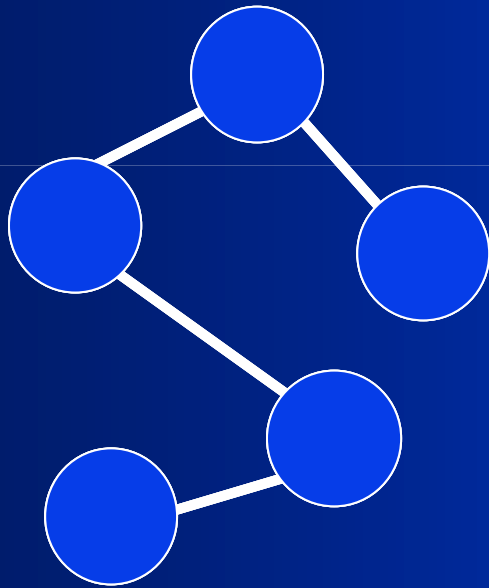
In caso di guasto l'anello bidirezionale assicura la sopravvivenza della rete (a capacità dimezzata): l'anello bidirezionale è la più semplice topologia che consente un instradamento alternativo in caso di guasto.



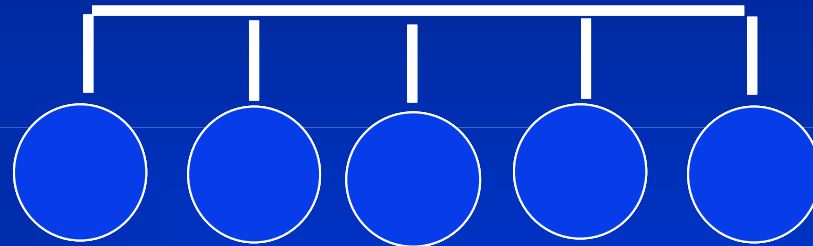


Topologia a bus

Il bus (broadcast) può essere attivo o passivo



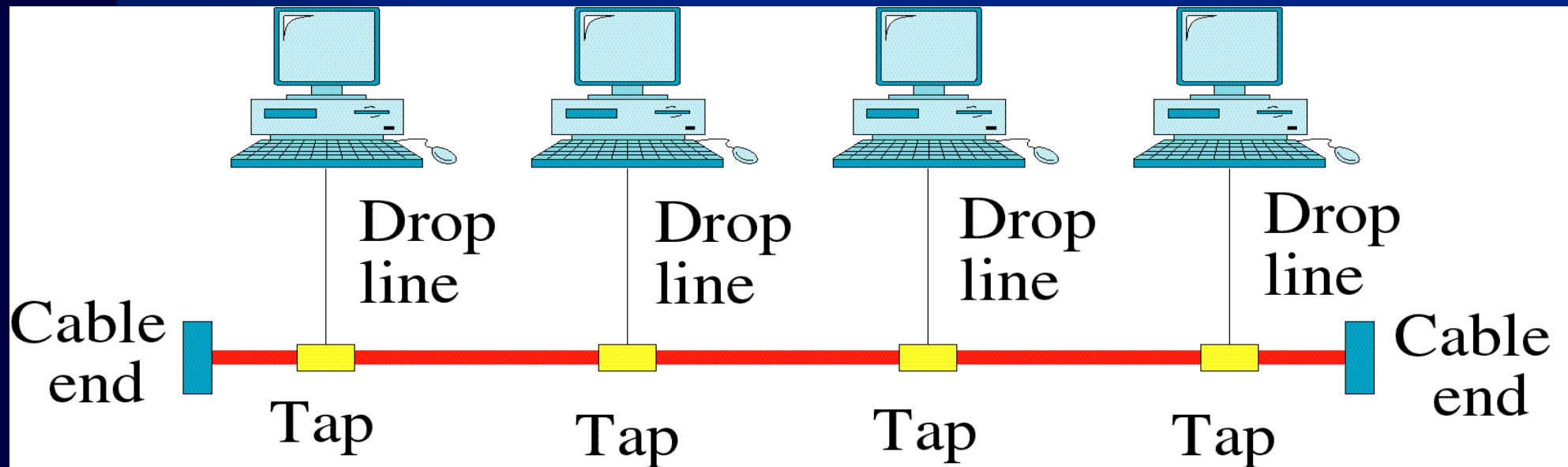
attivo

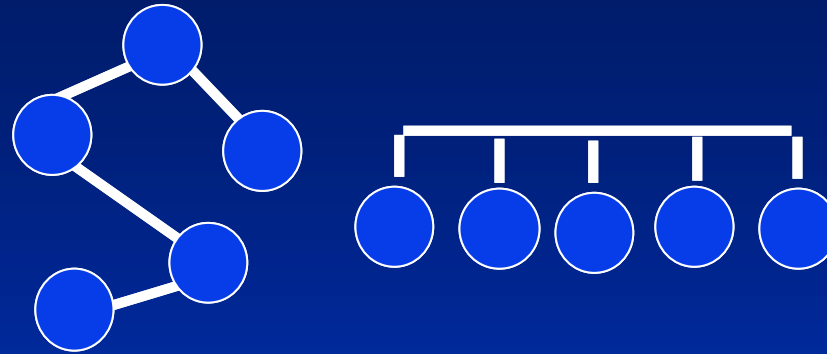


passivo



Bus



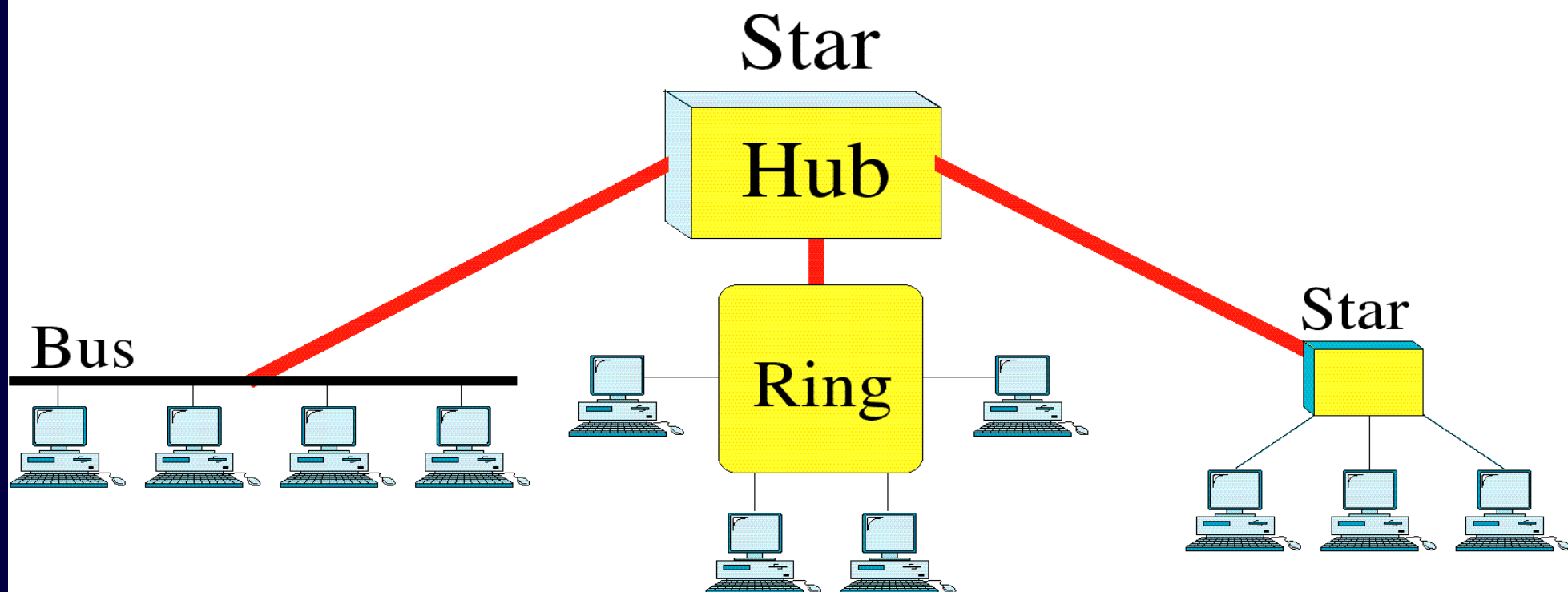


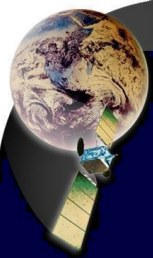
$C = N - 1$ per il bus attivo

$C = 1$ per il bus passivo

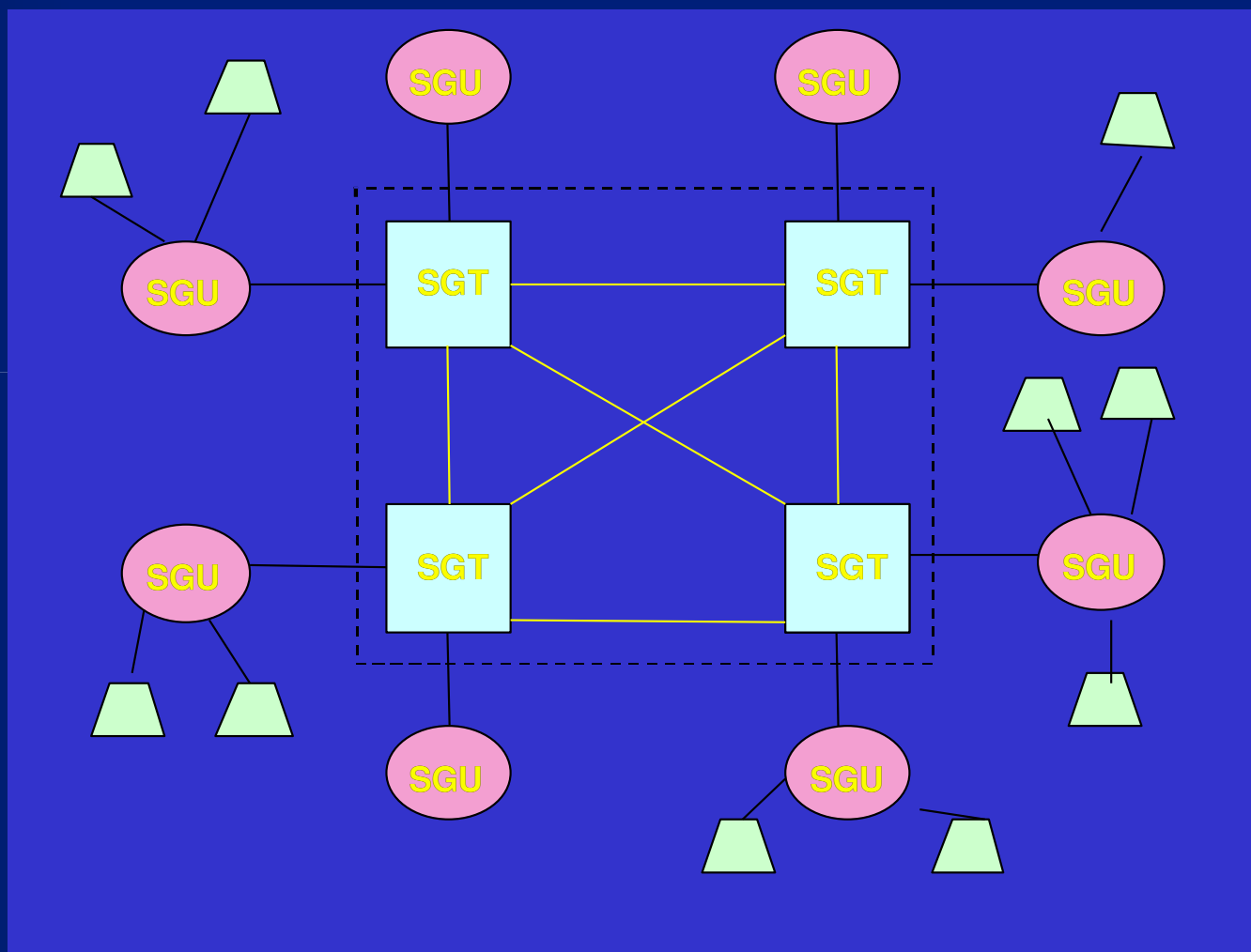
Molto usata in reti locali e metropolitane

Ibrida





Topologia gerarchica

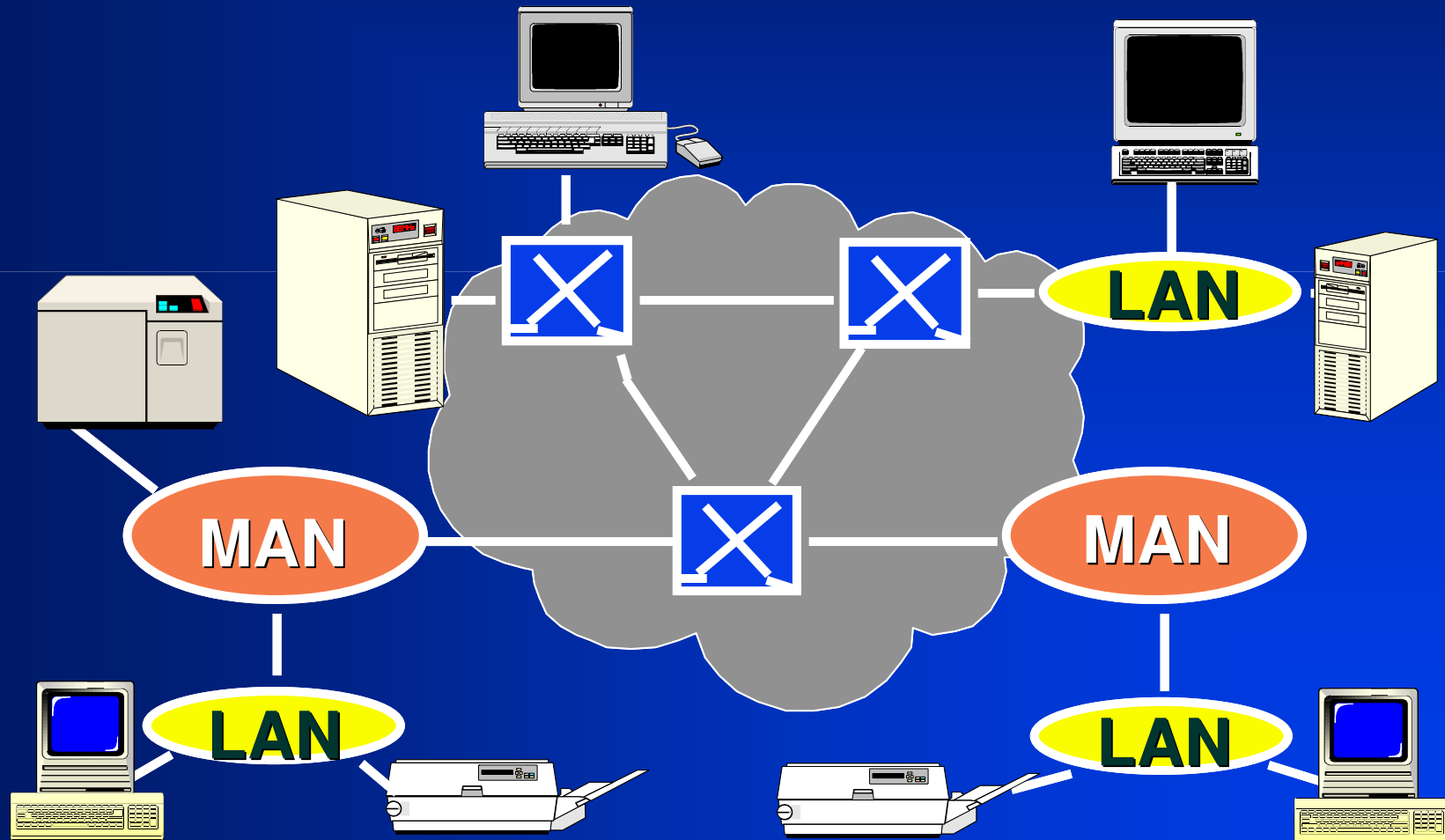




Struttura della rete fissa Telecom Italia

- **due livelli gerarchici: locale e di transito**
- **un autocommutatore numerico (ACN) locale (SGU) può coprire parte, uno, o più distretti**
- **ogni SGU è collegato ad una coppia di SGT (Stadio di Gruppo di Transito)**
- **le coppie di SGT con gli SGU collegati costituiscono un'Area Gateway**
- **ci sono 33 aree gateway**

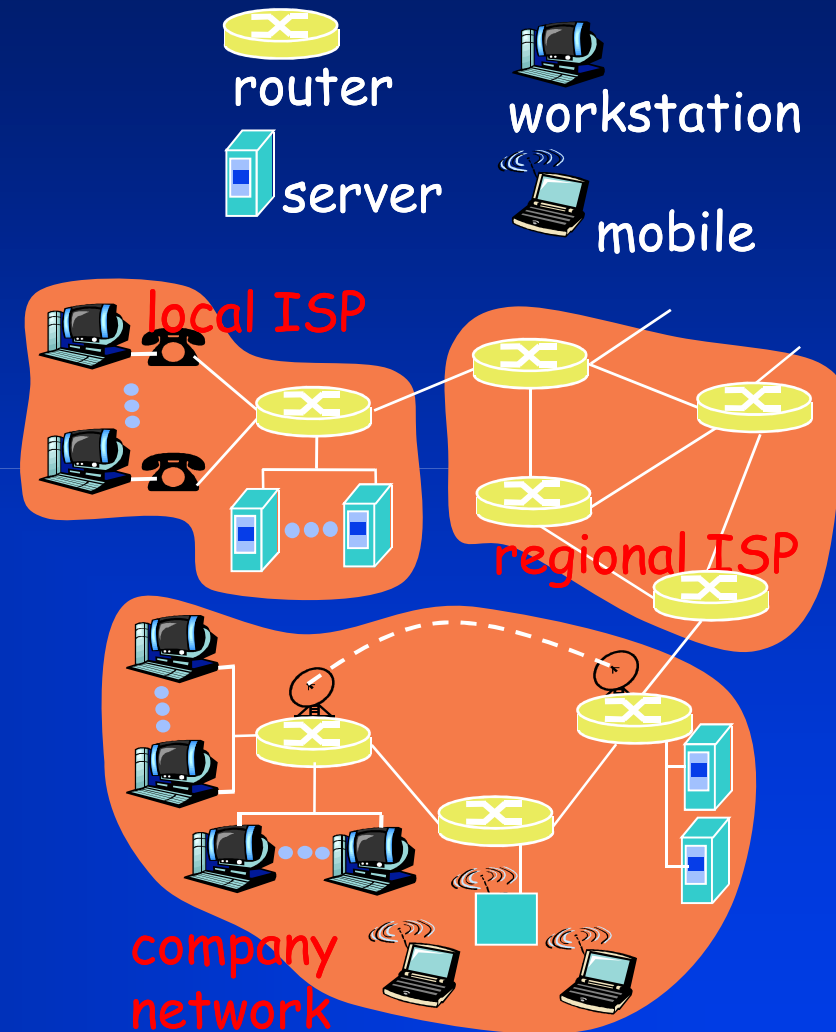
Topologia ad interconnessione

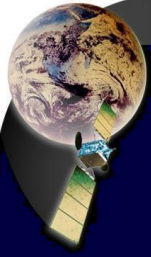




Internet

- ❖ **milioni di dispositivi di comunicazione connessi:**
host, end-system
 - pc workstation, server, ecc.
- che eseguono le
applicazioni di rete
- ❖ *link di comunicazione*
 - fibra, rame, radio, satellite
- ❖ **router:** inoltrano pacchetti dati attraverso la rete





Qualche definizione...

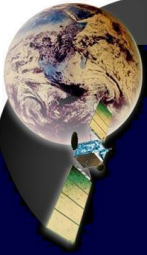
Elementi di rete

Servizi, sorgenti e segnali

Infrastruttura di rete



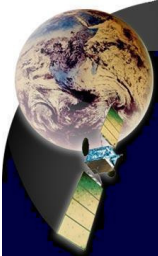
Funzioni di rete



CCITT

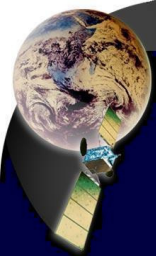
FUNZIONI in una rete di
telecomunicazioni:

**operazioni svolte all'interno della rete
al fine di offrire i servizi**

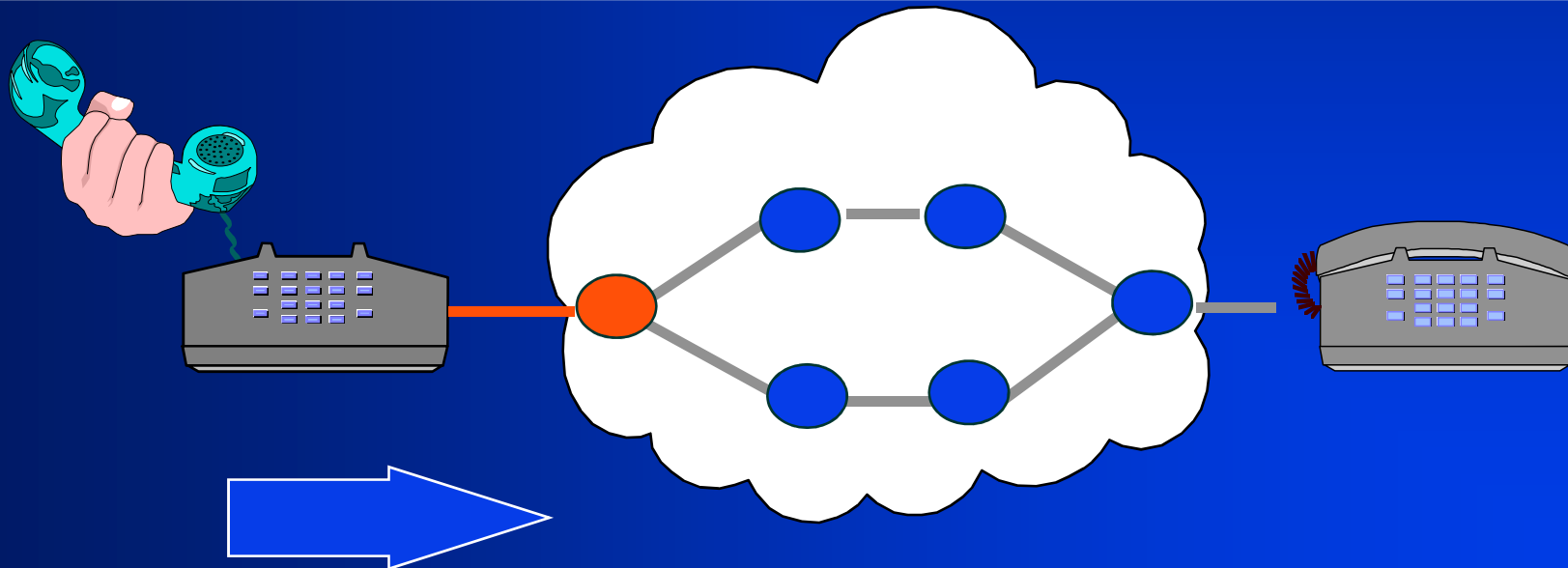


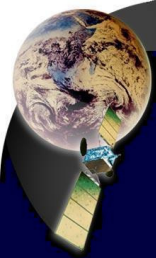
Funzioni di una rete di telecomunicazioni

- **commutazione**
- **segnalazione**
- **trasmissione**
- **gestione**

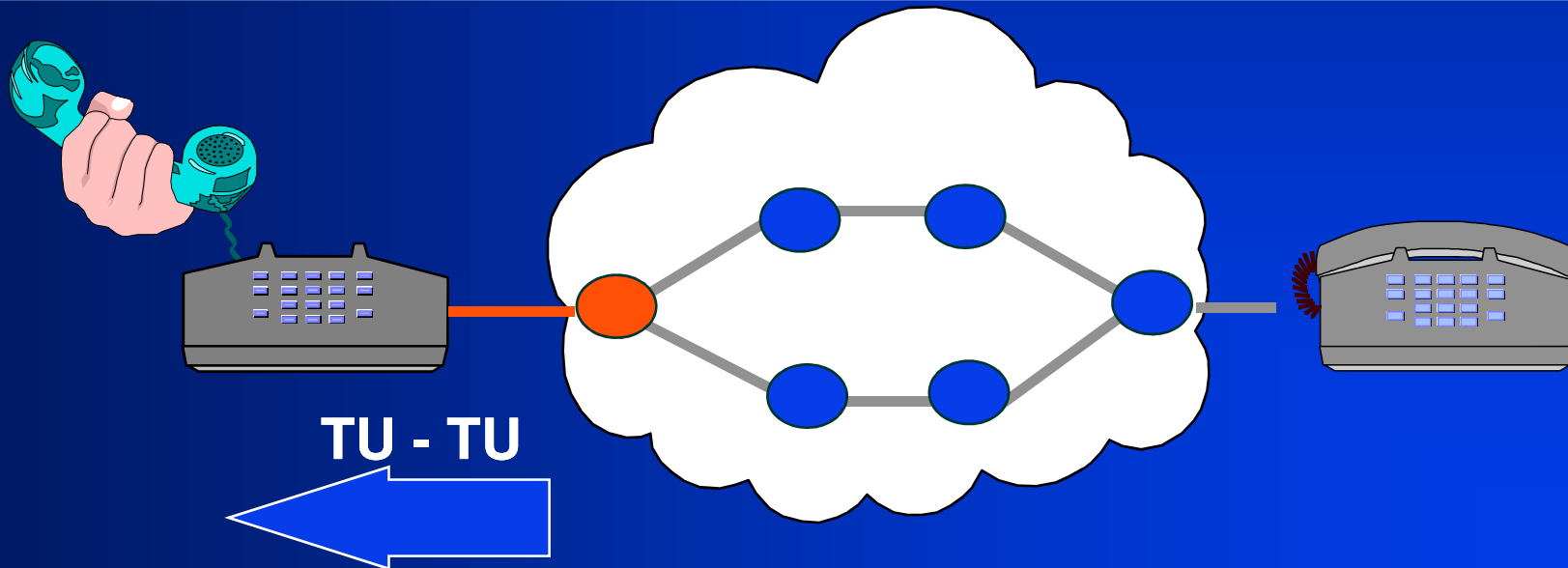


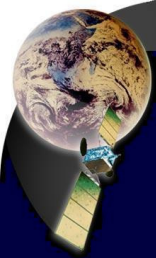
Sollevando il microtelefono si indica alla rete l'inizio di una procedura di chiamata



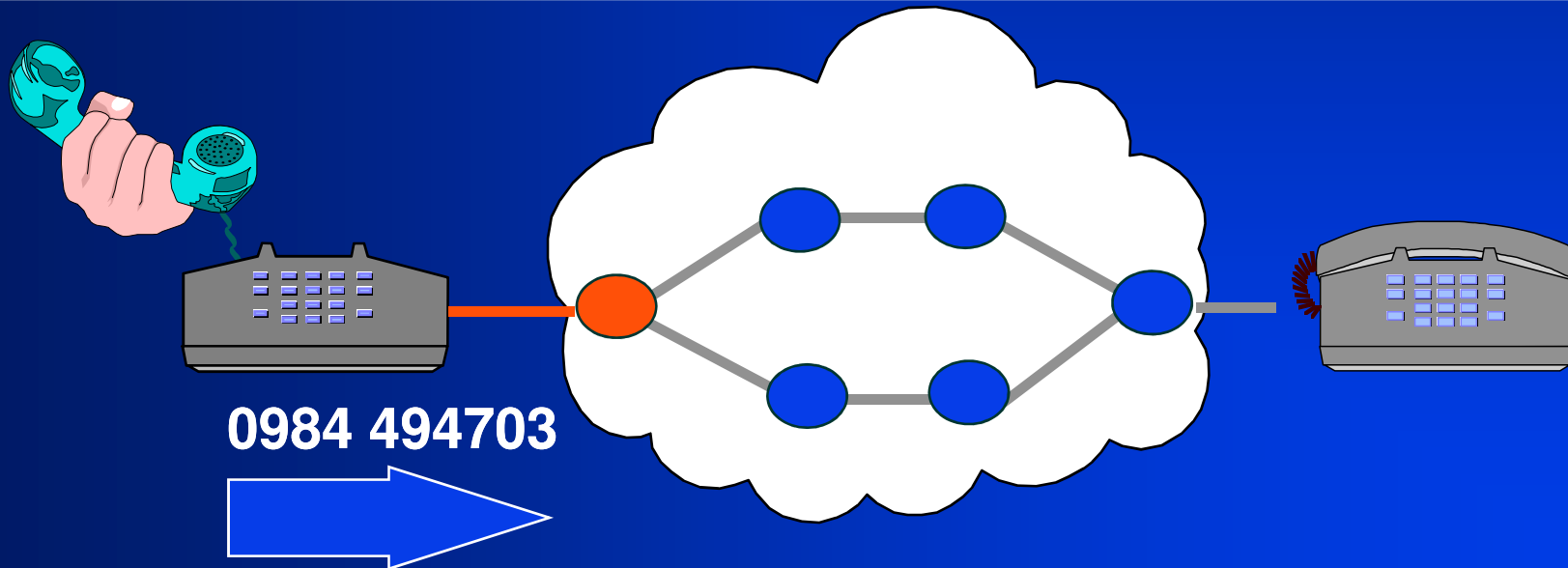


Bisogna poi attendere il tono di centrale





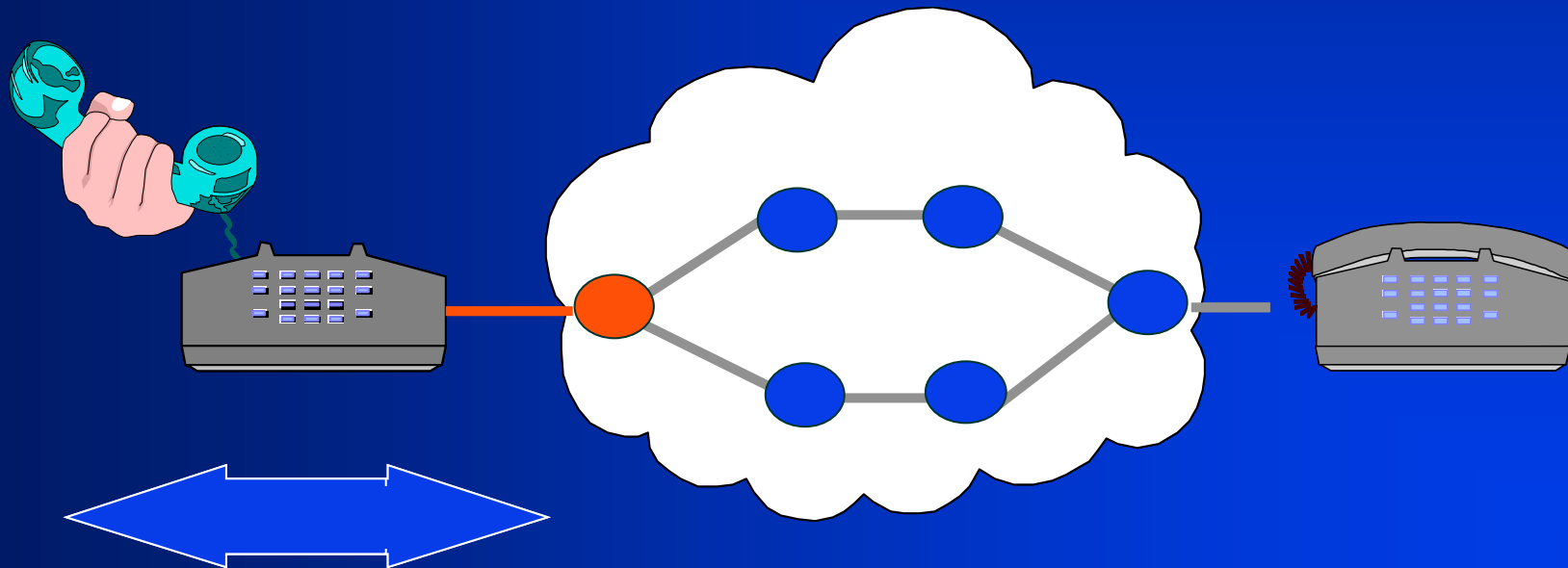
**Mediante il disco combinatore o la tastiera
si indica alla rete l'interlocutore desiderato**





Il trasferimento delle informazioni di controllo tra utente e rete si chiama

SEGNALAZIONE D'UTENTE

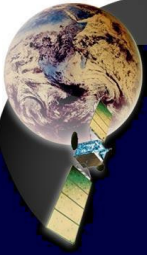




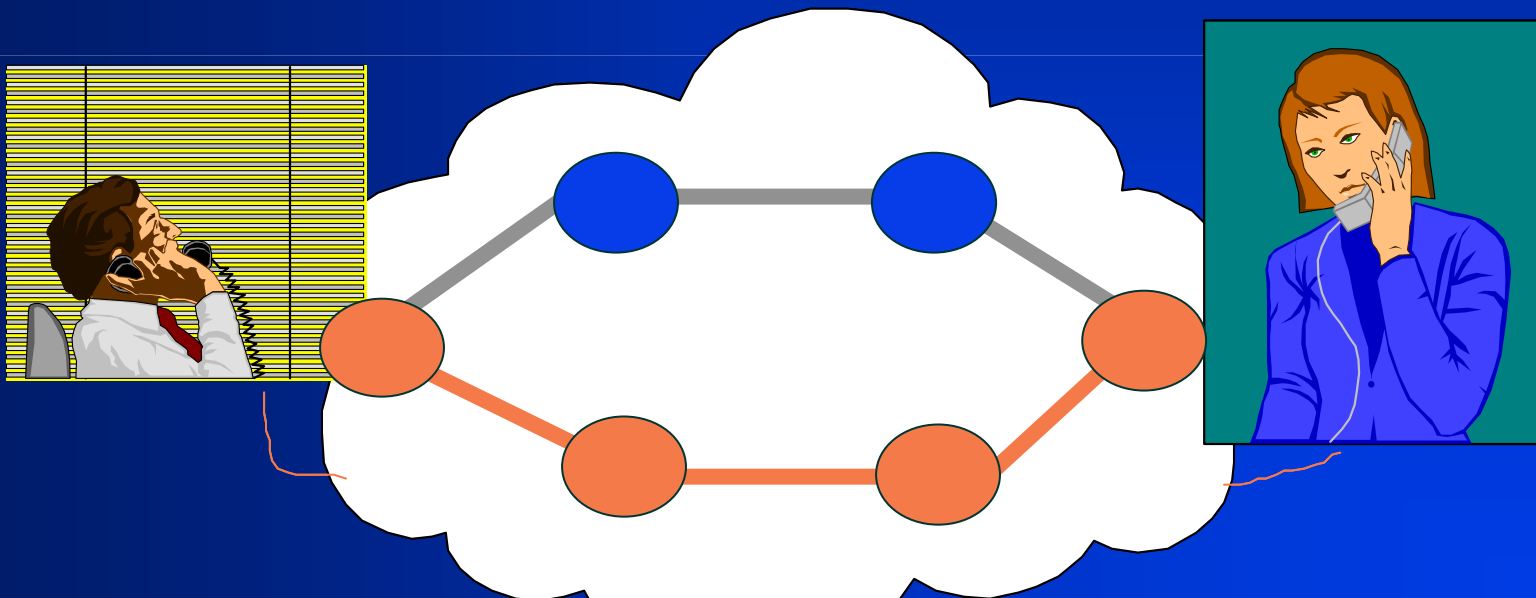
CCITT

Segnalazione:

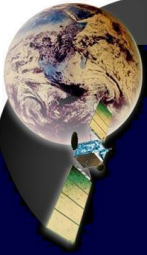
**lo scambio di informazioni che riguardano
l'apertura e il controllo di connessioni e la
gestione di una rete di telecomunicazione**



La rete individua le risorse necessarie per collegare i due utenti e stabilisce un circuito



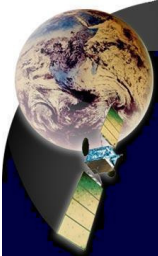
COMMUTAZIONE



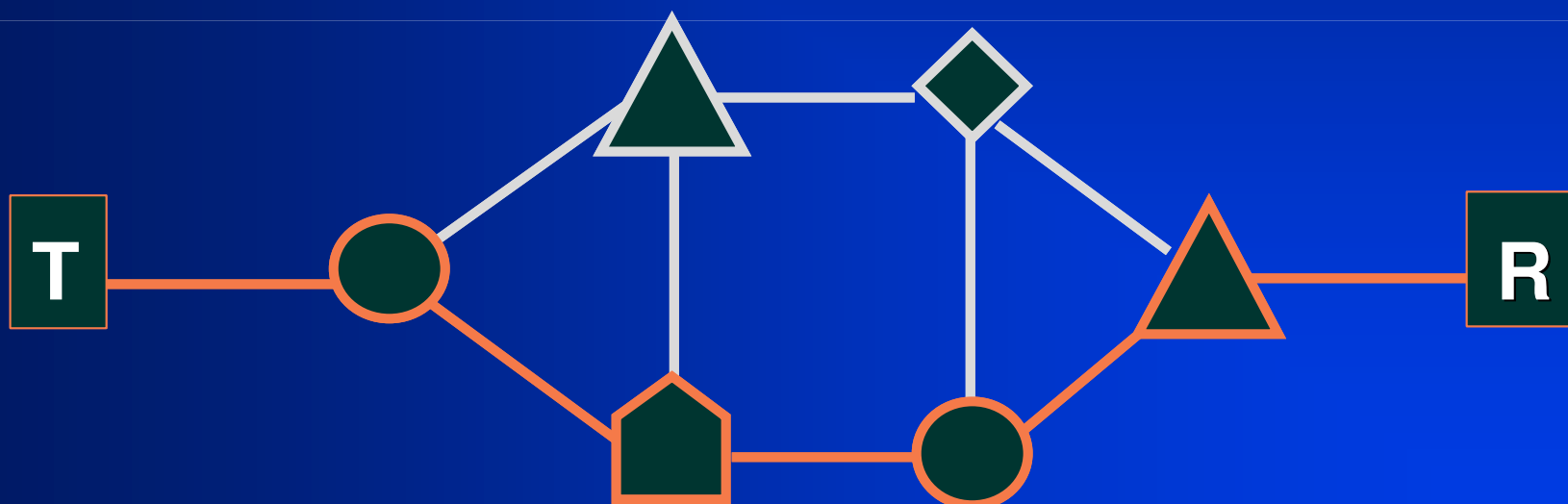
CCITT

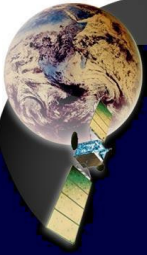
Commutazione:

il processo di interconnessione di unità funzionali, canali di trasmissione o circuiti di telecomunicazione per il tempo necessario per il trasferimento di segnali



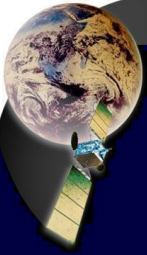
Il processo di **interconnessione di unità funzionali, canali di trasmissione o circuiti di telecomunicazione** per il tempo necessario al trasferimento di segnali





**La costruzione di un circuito richiede
scambio di informazioni di controllo
internamente alla rete**

SEGNALAZIONE DI RETE

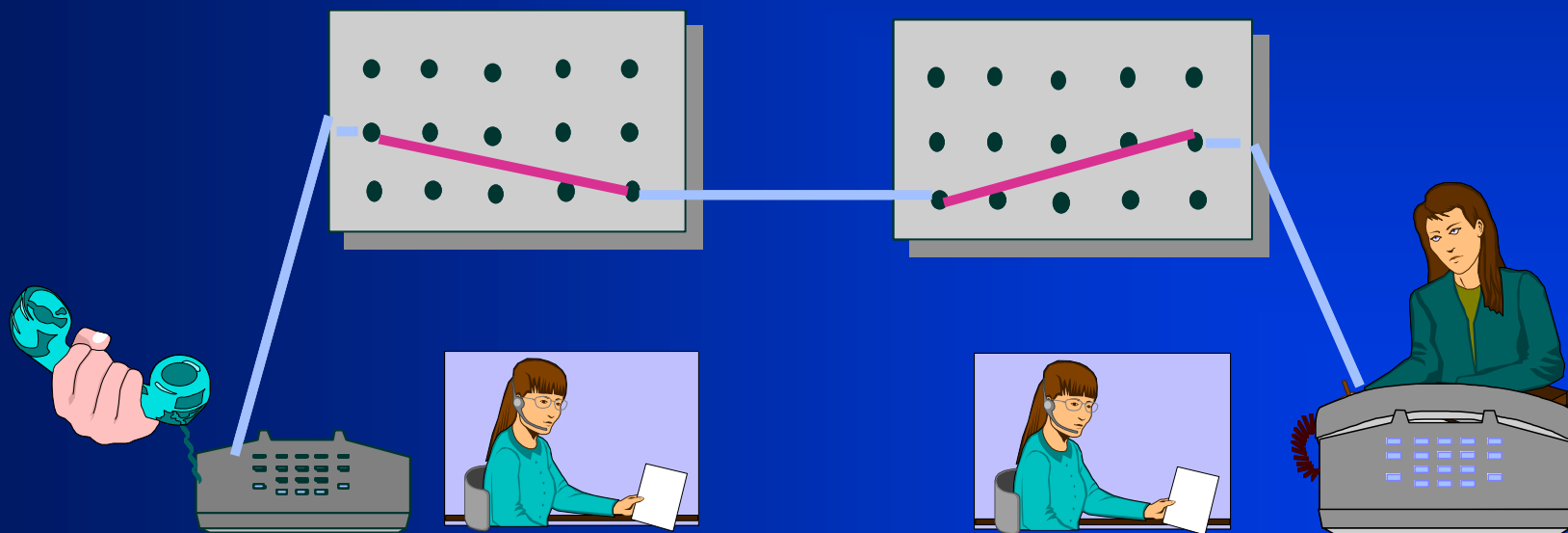


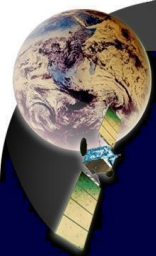
Abbiamo individuato due funzioni:

- **SEGNALAZIONE**
- **COMMUTAZIONE**

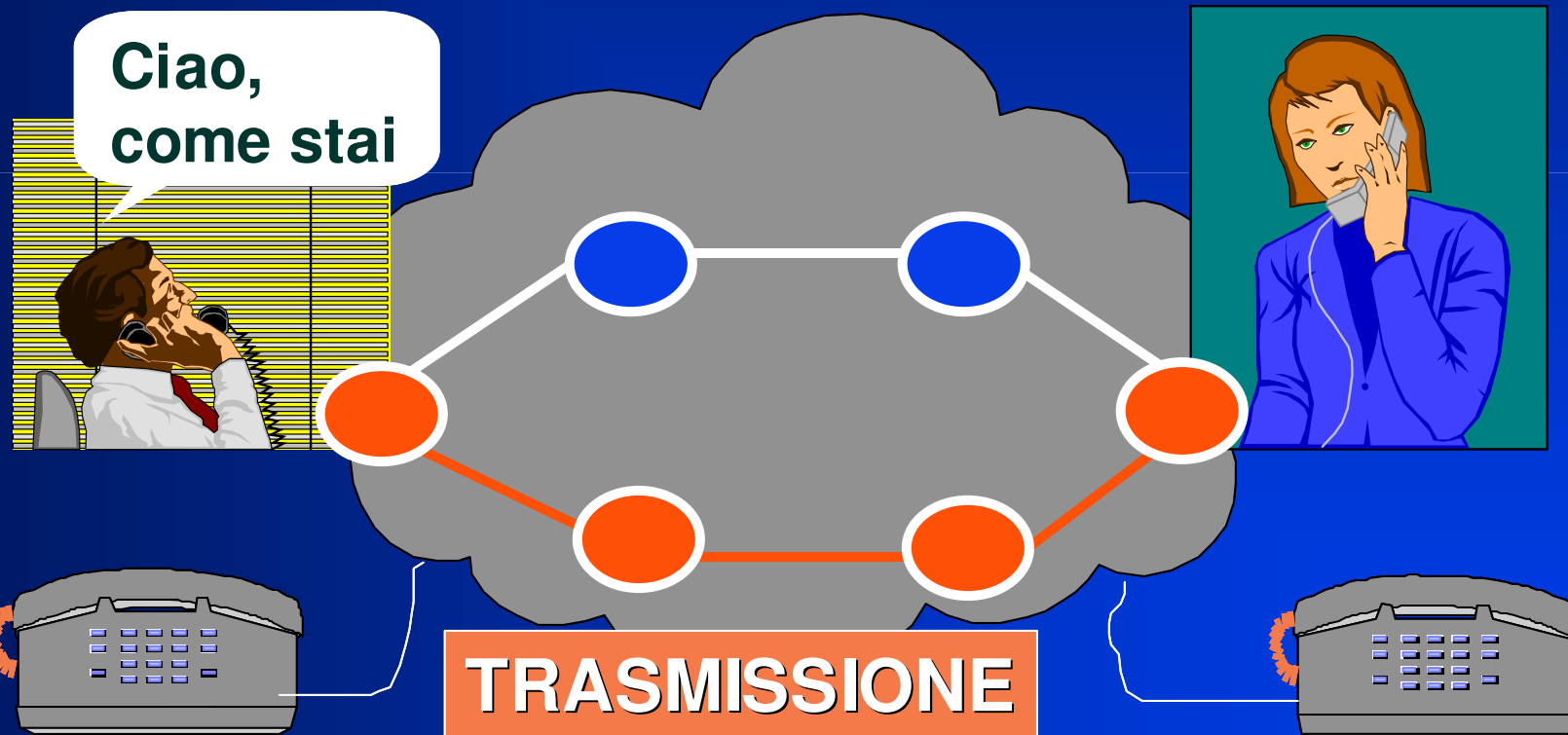


Agli albori della telefonia la segnalazione avveniva via voce e la commutazione era manuale





I due utenti possono comunicare

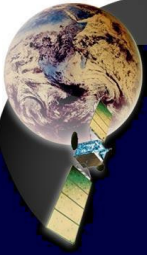




CCITT

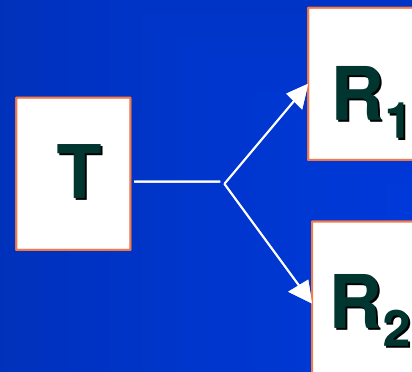
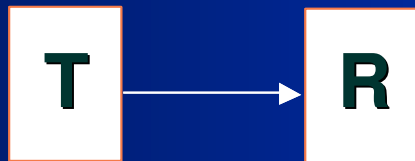
Trasmissione:

**il trasferimento di segnali da un punto
a uno o più altri punti**



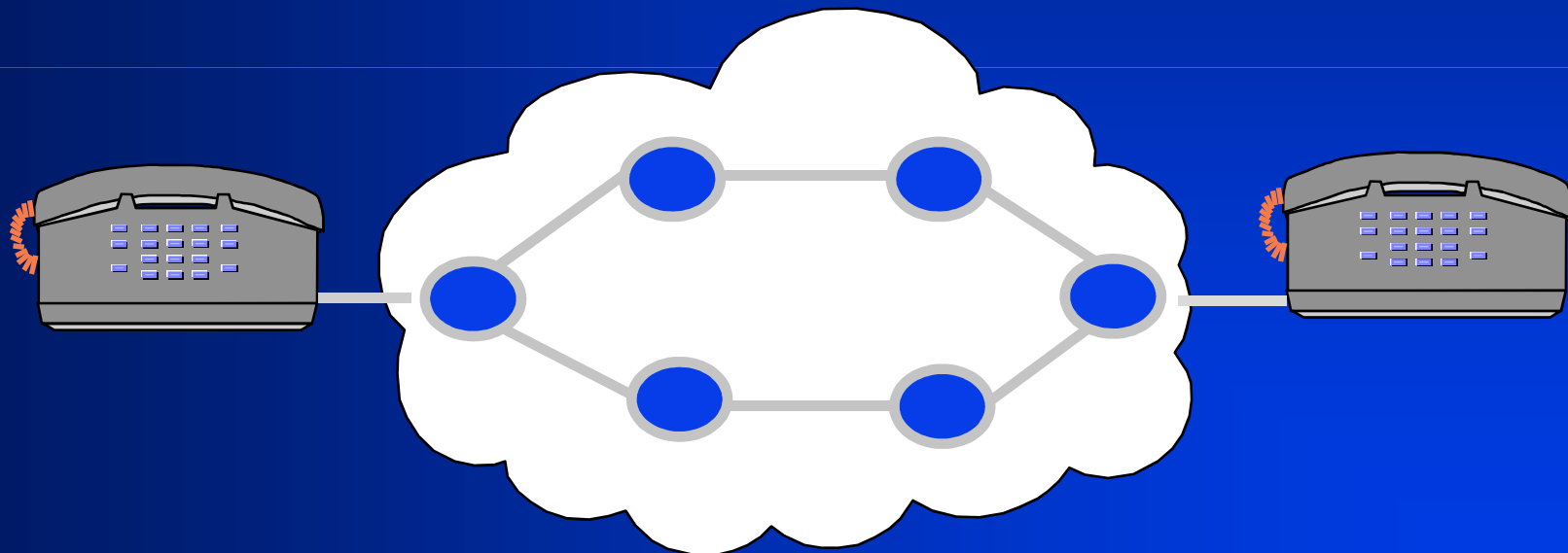
Trasmissione:

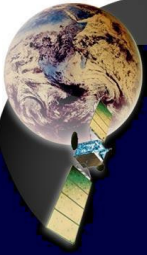
il trasferimento di segnali **da un punto a uno o più altri punti**





**Al termine della conversazione il circuito
viene rilasciato**





Una rete di telecomunicazione cambia continuamente:

- allacciamento nuovi utenti
- evoluzione tecnologica
- riconfigurazione per guasti

un'altra funzione:

GESTIONE



Controllo e gestione di reti

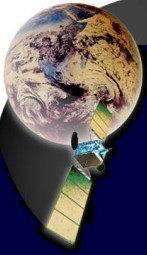
Il Network Management normalmente consiste di diverse funzioni:

- ❖ **gestione della configurazione (Configuration Management)**
- ❖ **gestione delle prestazioni (Performance Management)**
- ❖ **gestione dei guasti (Fault Management)**
- ❖ **gestione della sicurezza (Security Management)**
- ❖ **gestione della tariffazione (Accounting Management)**



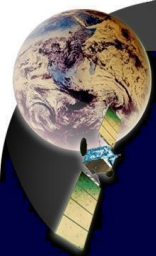
Gestione di reti

- ❖ **Per avere buone prestazioni le funzioni di gestione vengono sovente realizzate in modo distribuito e non centralizzato.**
- ❖ **Il mondo Internet basa l'ambiente di gestione sul protocollo Simple Network Management Protocol (SNMP).**
- ❖ **Il mondo dei gestori pubblici sta convergendo verso un contesto di gestione detto Telecommunications Management Network (TMN), utilizzando il protocollo Common Management Information Protocol (CMIP) e utilizzando basi di dati distribuite dette Management Information Base (MIB).**



Funzioni in una rete di telecomunicazione:

- **SEGNALAZIONE**
- **COMMUTAZIONE**
- **TRASMISSIONE**
- **GESTIONE**



Qualche definizione...

Elementi di rete

Servizi, sorgenti e segnali

Infrastruttura di rete

Funzioni di rete



la segnalazione



CCITT

Segnalazione:

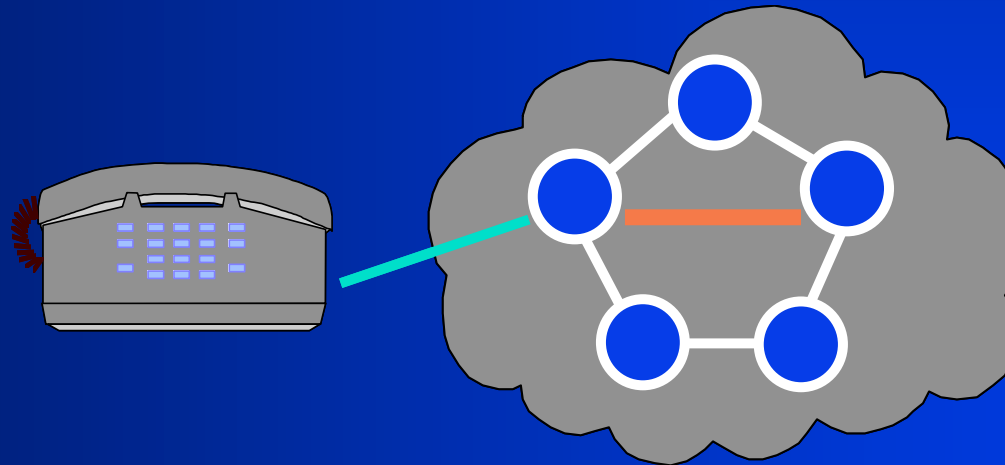
**lo scambio di informazioni che riguardano
l'apertura e il controllo di connessioni e la
gestione di una rete di telecomunicazione**

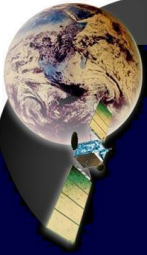


Tecniche di segnalazione

Si distinguono:

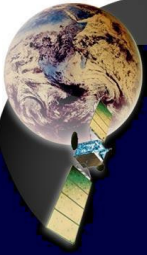
- **segnalazione di utente**
 - scambio di informazioni tra utente e nodo
- **segnalazione internodale**
 - scambio di informazioni tra nodi





Segnalazione

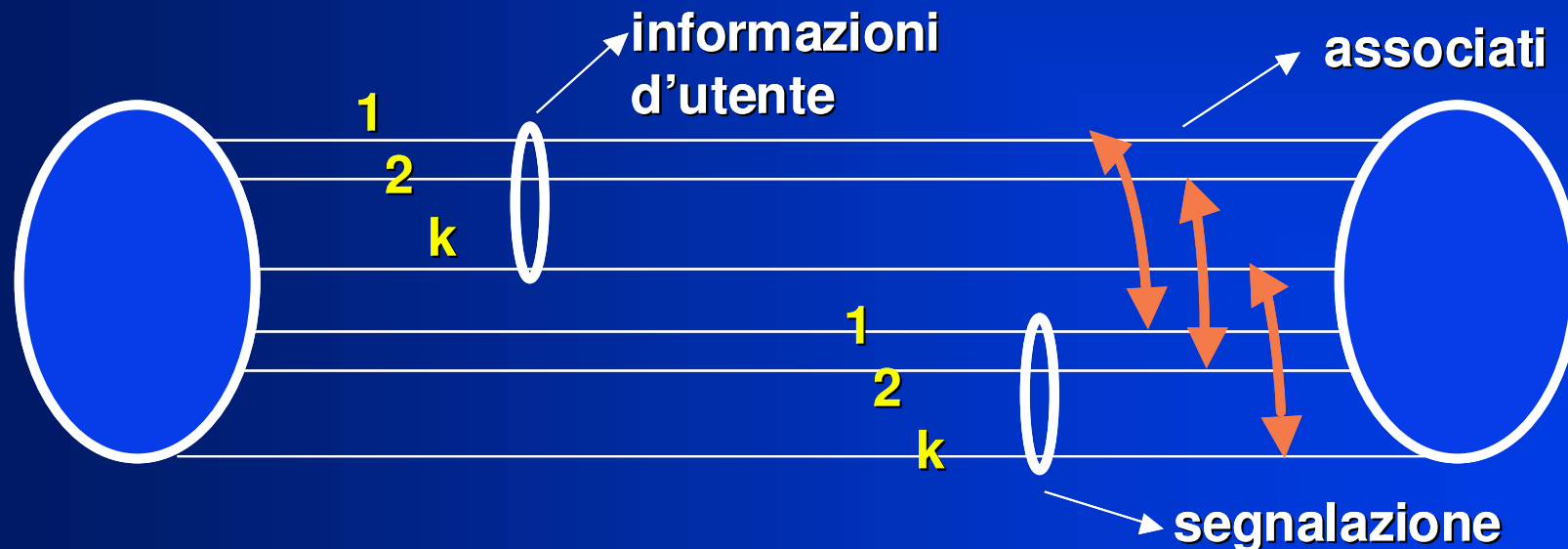
- **associata al canale**
 - **in banda**
 - **fuori banda**
- **a canale comune**

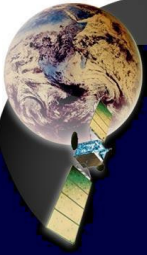


Segnalazione associata al canale:

esiste una corrispondenza biunivoca tra

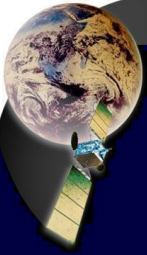
- **canale controllante (informazioni di segnalazione)**
- **canale controllato (informazioni di utente)**





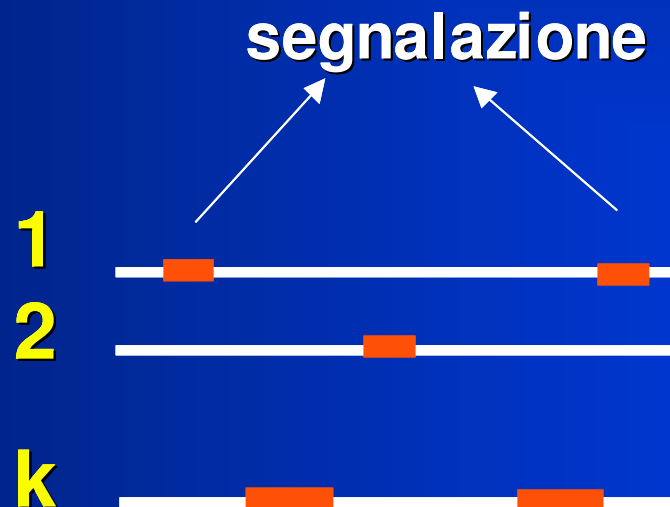
Segnalazione associata al canale:

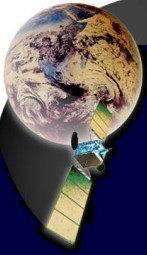
- **in banda (canale controllante e controllato coincidono)**
- **fuori banda (canale controllante e controllato distinti)**



Segnalazione associata al canale:

- **in banda (canale controllante e controllato coincidono - sono usati in tempi diversi)**

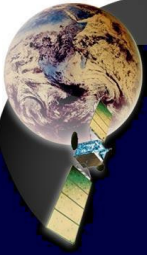




Segnalazione associata al canale:

- fuori banda (canale controllante e controllato distinti)

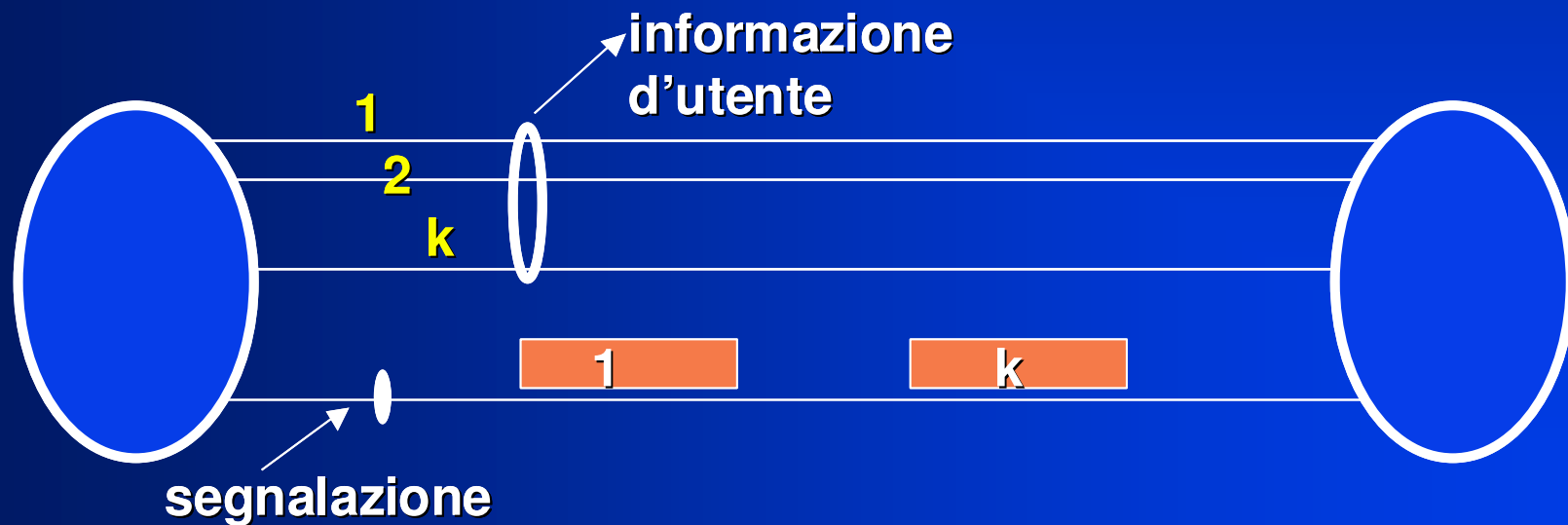


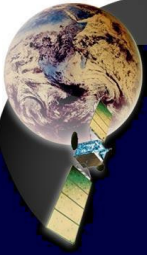


Segnalazione associata al canale:
usata in reti a circuito per telefonia o per dati
di vecchia tecnologia

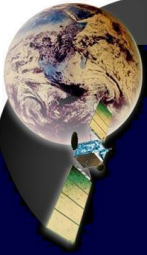


Segnalazione a canale comune:
un canale di segnalazione controlla
più canali di informazioni di utente
il canale di segnalazione funziona a pacchetto



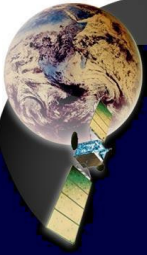


Segnalazione a canale comune:
usata nelle reti con tecnologie avanzate

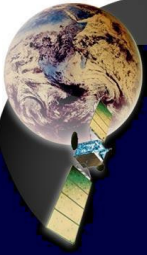


Segnalazione a canale comune:

**standard CCITT Sistema di segnalazione n. 7
(SS n. 7)**

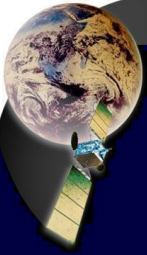


**L'uso della segnalazione a canale comune
nelle nuove reti a circuito porta alla
definizione di una rete di segnalazione**



Nella rete di segnalazione si identificano

- **punti di segnalazione
(SP - signalling point)**
- **punti di trasferimento della segnalazione
(STP - signalling transfer point)**
- **collegamenti di segnalazione**



Nella rete di segnalazione si identificano

- **punti di segnalazione
(sorgenti)**
- **punti di trasferimento della segnalazione
(nodi)**
- **collegamenti di segnalazione
(canali)**



Qualche definizione...

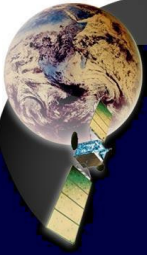
Elementi di rete

Servizi, sorgenti e segnali

Infrastruttura di rete

Funzioni di rete

 **la commutazione**

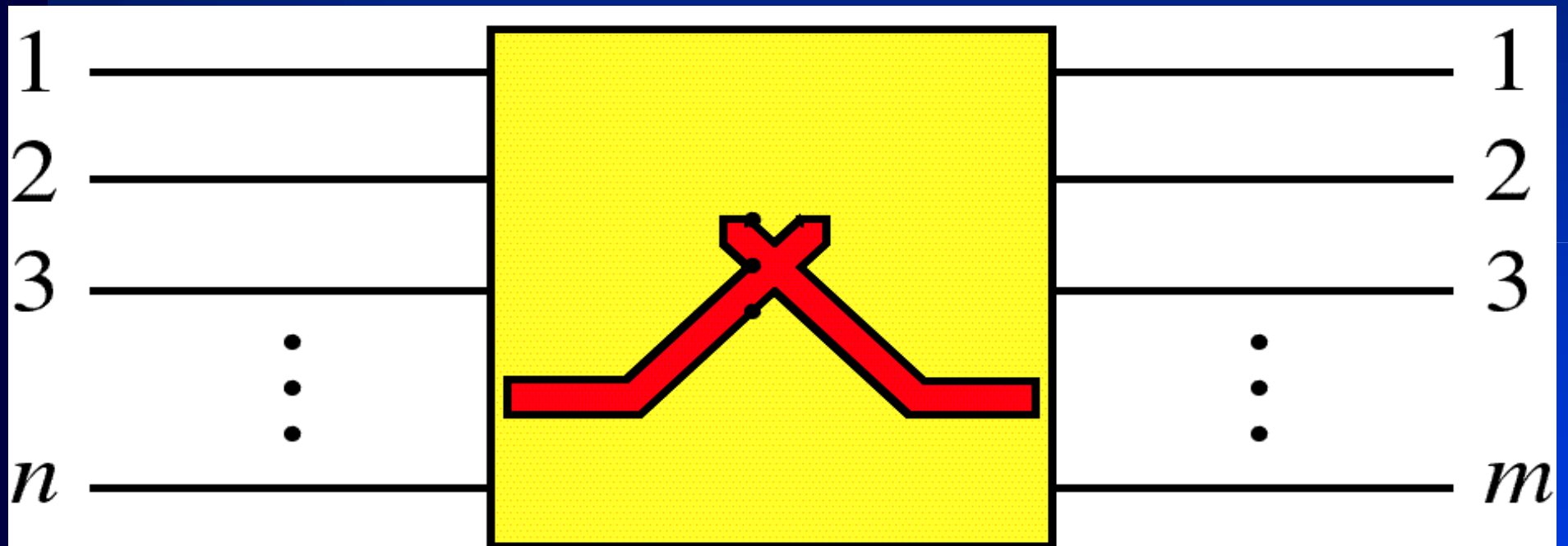


Instradamento e Commutazione

- ❖ **La funzione di commutazione (o switching o anche forwarding) va distinta dalla funzione di instradamento (o routing)**
- ❖ **instradamento:** decidere il percorso che deve essere seguito da un flusso informativo attraverso i nodi intermedi per giungere a destinazione
- ❖ **commutazione:** procedere all'inoltro del traffico sul percorso calcolato dal routing



Switching



- ❖ Trasferimento di un flusso informativo verso uno o più canali di uscita



Switching

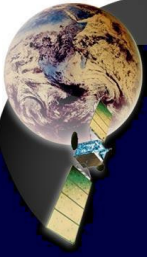
- ❖ Circuit Switching
- ❖ Packet Switching
- ❖ Message Switching



Tecniche di commutazione in reti numeriche

Commutazione

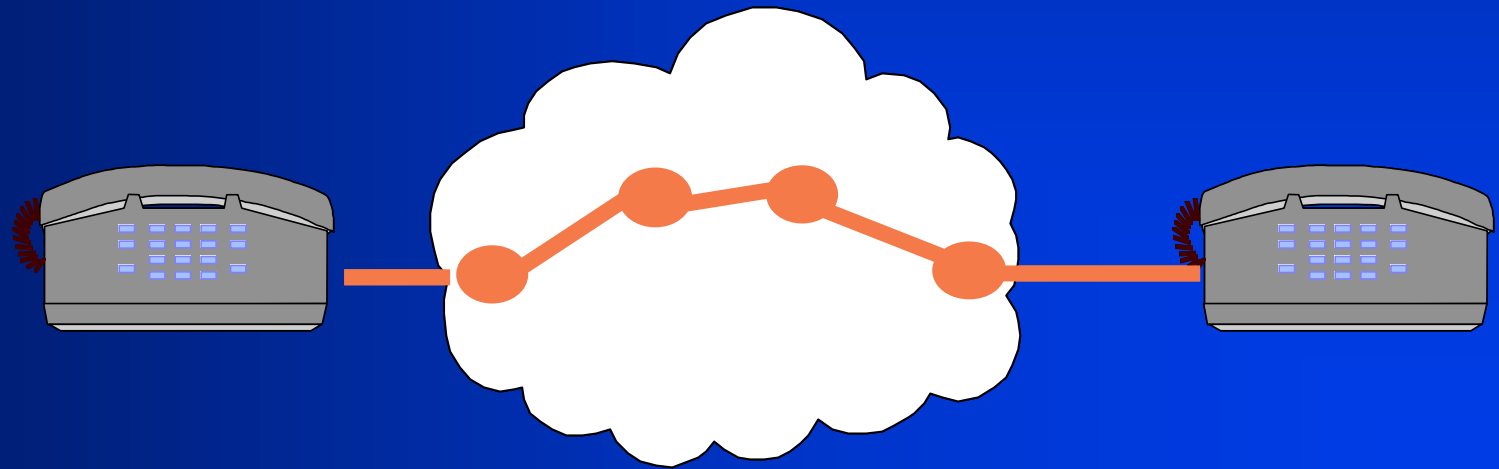
- **di circuito**
 - **nata con le reti telefoniche**
- **di pacchetto**
 - **nata con le reti di calcolatori**

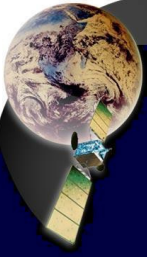


Commutazione di circuito:

La rete usa le risorse disponibili per allocare un circuito a ogni richiesta di servizio

Un circuito costituisce un collegamento fisico tra i due terminali di utente

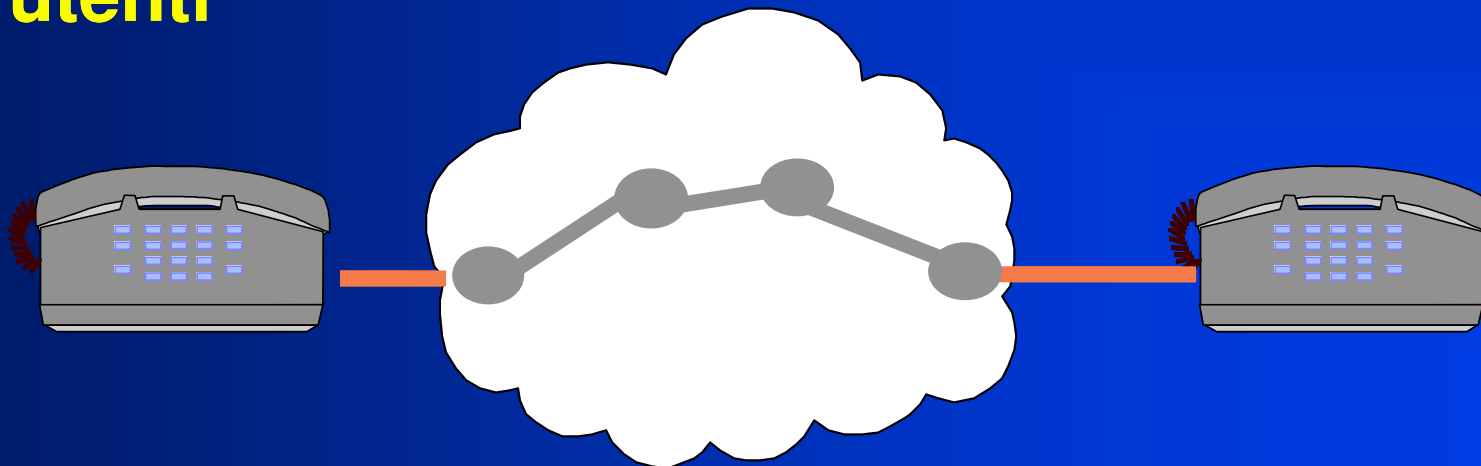




Commutazione di circuito

Il circuito è di uso esclusivo dei due utenti per tutta la durata della comunicazione.

Le risorse sono rilasciate solo al termine della comunicazione, su indicazione degli utenti



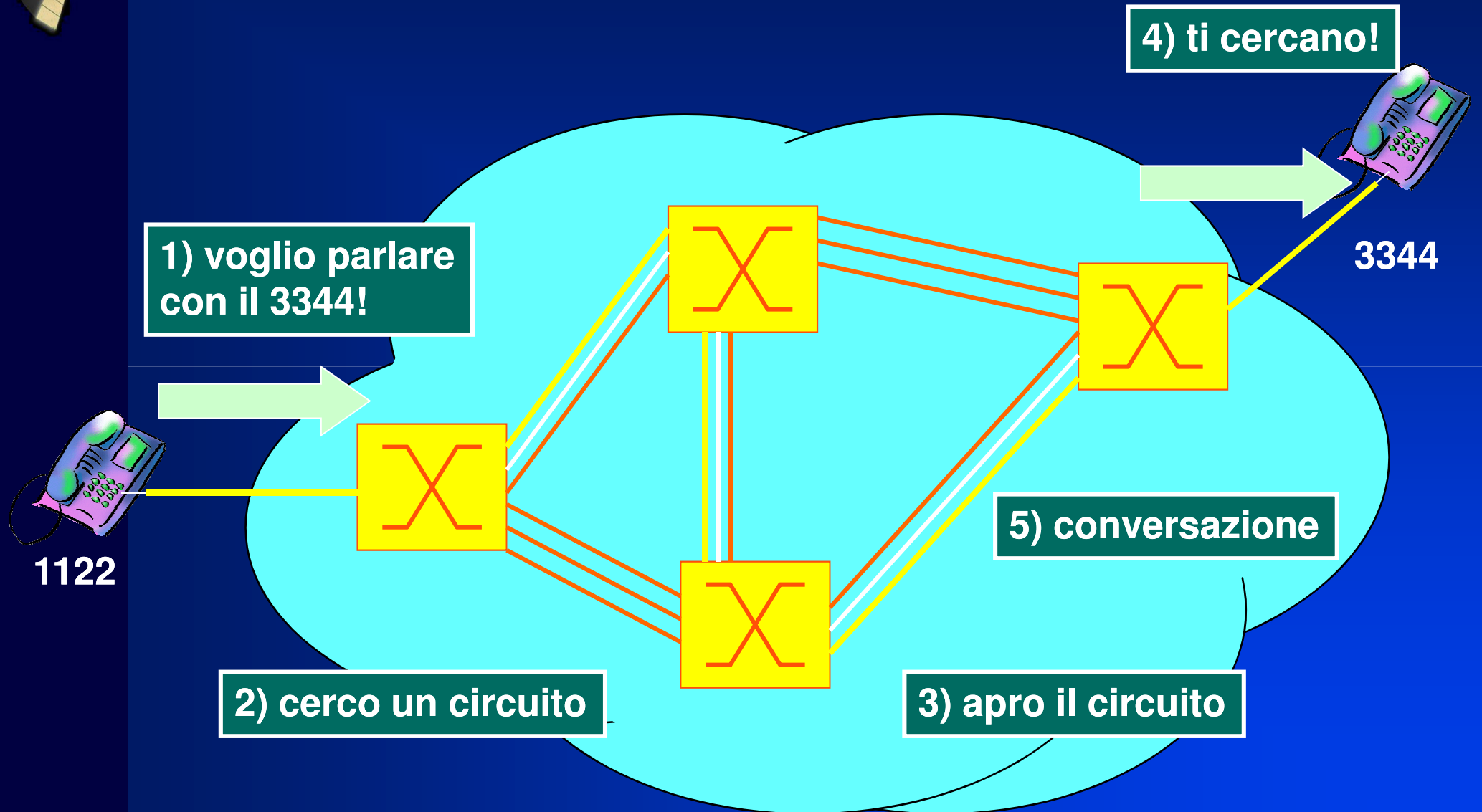


Commutazione di circuito

Tre fasi:

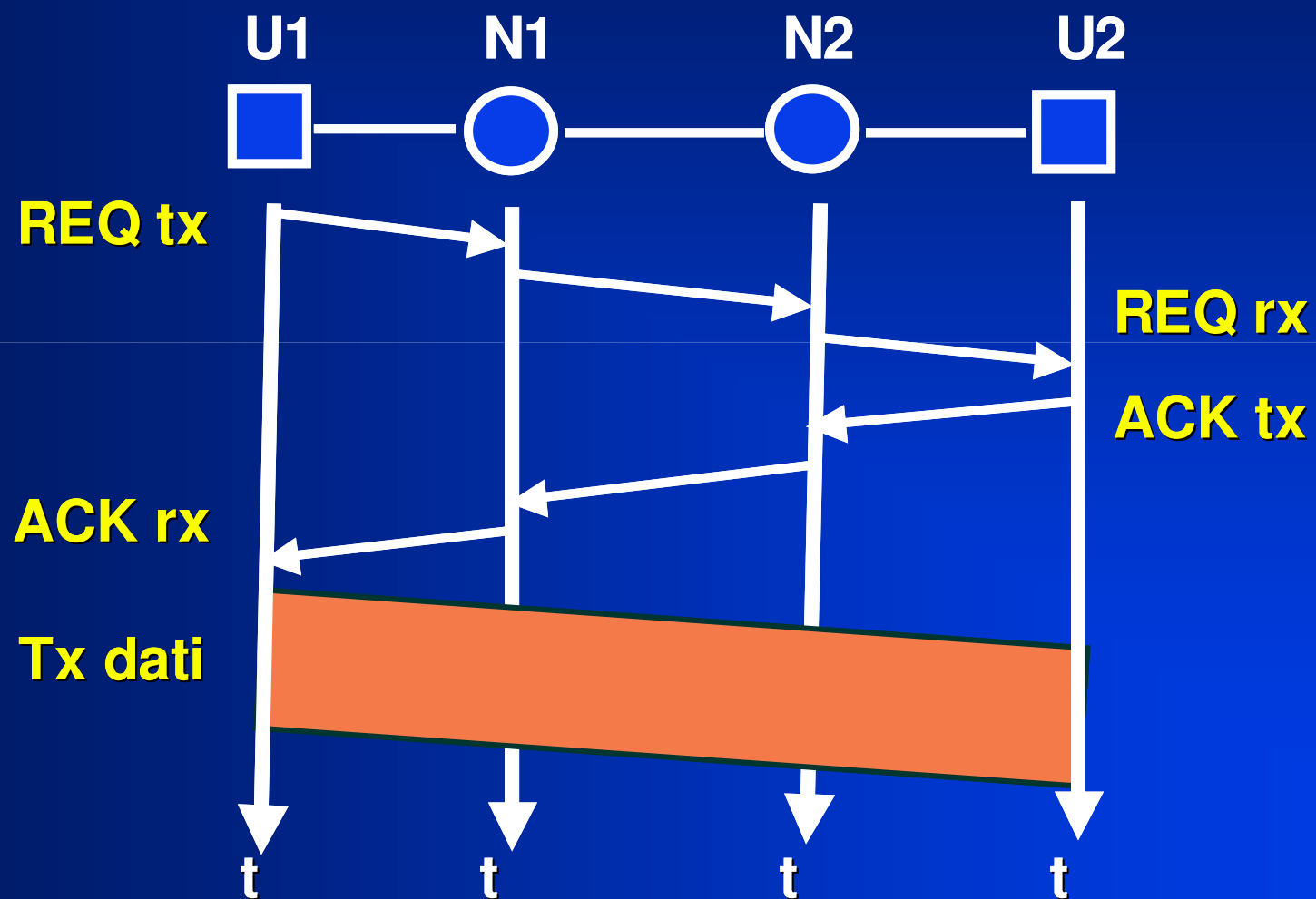
- **impegno**
- **trasferimento dati**
- **svincolo**

Commutazione di circuito



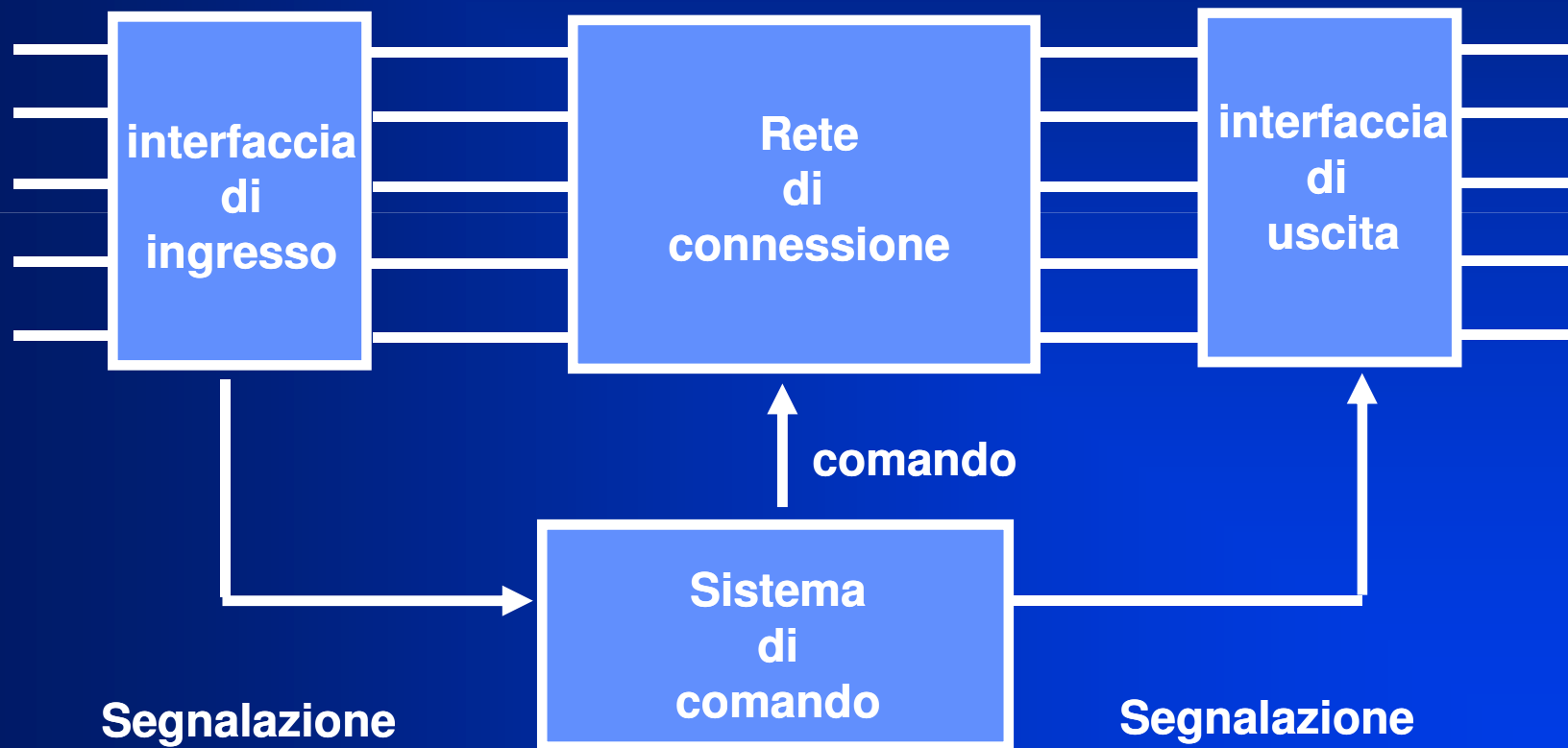


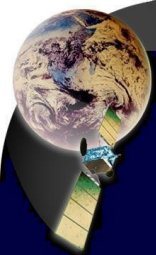
Commutazione di circuito



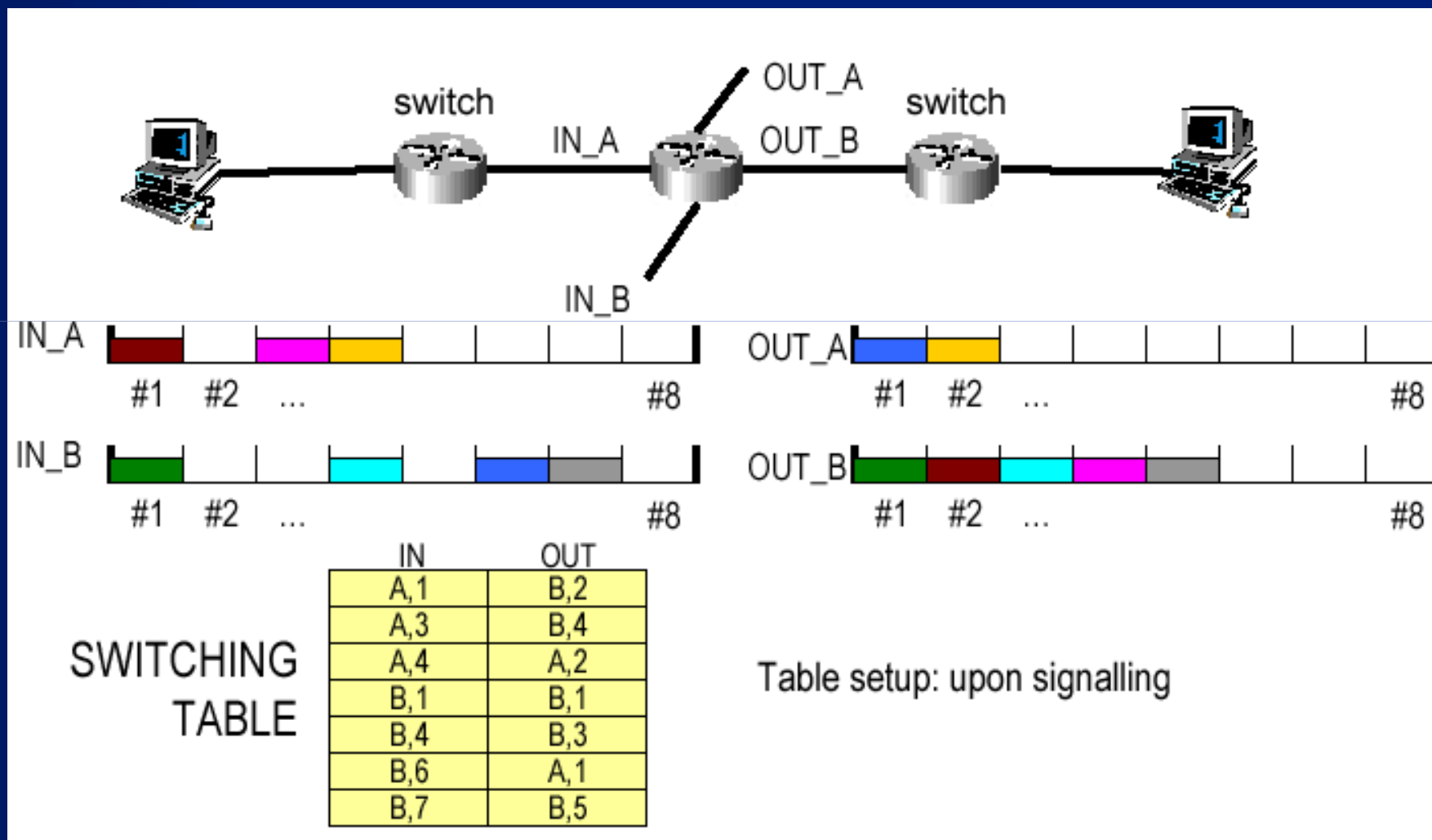


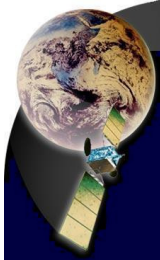
Struttura di nodo di rete a commutazione di circuito





Commutazione di circuito





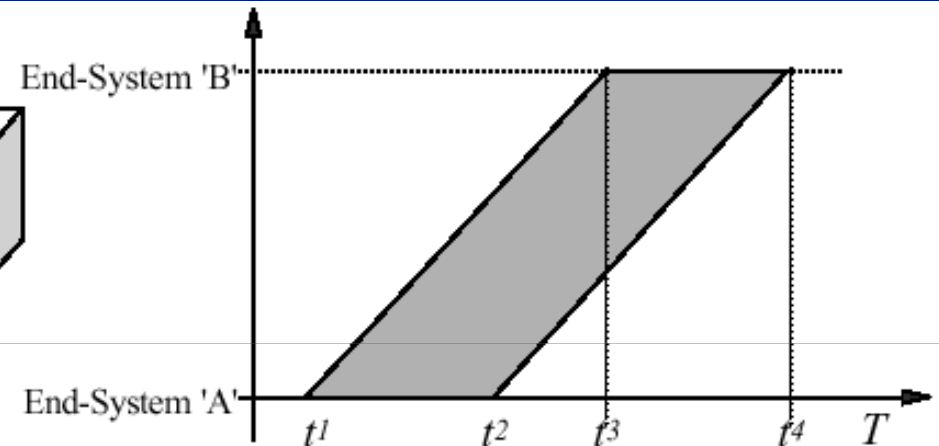
Commutazione di circuito

Vantaggi:

- **ritardi di trasferimento costanti**
- **trasparenza del circuito (stessi formati, velocità, protocolli tra canali entranti e uscenti dal nodo di commutazione)**
- **bassi ritardi nell'attraversamento dei nodi**



Commutazione di circuito

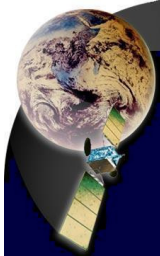


M = lunghezza del messaggio inviato sulla linea (in bit)

$$\text{Capacità della linea (C)} \stackrel{\text{Def}}{=} \frac{M}{t_2 - t_1} = \frac{M}{t_4 - t_3}$$

$$\text{Tempo di ritardo (Tempo di propagazione) sulla linea (\tau)} \stackrel{\text{Def}}{=} t_3 - t_1 = t_4 - t_2$$

$$\text{Tempo di trasmissione} \stackrel{\text{Def}}{=} t_2 - t_1 = \frac{M}{C}$$



Commutazione di circuito

Svantaggi:

- **risorse dedicate a una comunicazione**
- **efficienza buona solo in caso di sorgenti non intermittenti**
- **nessuna conversione di formati, velocità, protocolli**
- **tariffazione in base al tempo di esistenza del circuito**



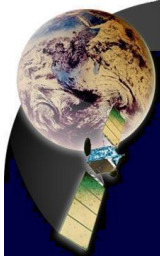
Commutazione di circuito

Calcolo dell'efficienza η :

$$\eta = D / (C + D + R)$$

- **C = tempo necessario per costruire il circuito**
(da frazioni di secondo a 5 s max,
poi occupato)
- **D = tempo impiegato per trasferire i dati**
- **R = tempo necessario per il rilascio del canale**
(da frazioni di secondo a 1 s)

Valore tipico $C + R = 2s$



Commutazione di circuito

Nelle reti ad alta velocità la commutazione di circuito è sconsigliata per via della bassa efficienza

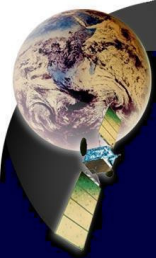
Esempio: si voglia trasmettere un file dati di piccole dimensioni, 1000 byte, su una rete con valore di $C+R = 2 \text{ s}$

**per avere un'efficienza $\eta=0,98$ si deve avere $D = 98 \text{ s}$
cioè una velocità di $(1000 \times 8)/98 = 81,6 \text{ bit/s}$ (bassissima!)**

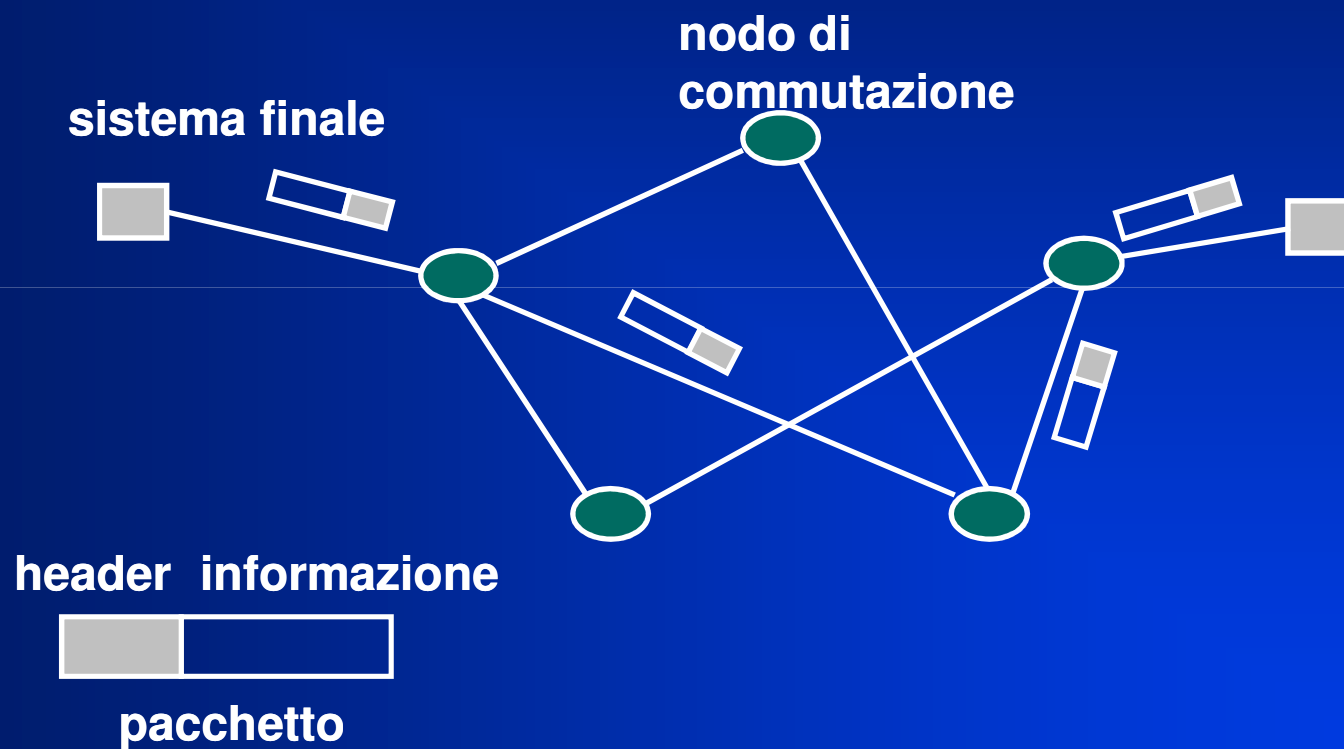
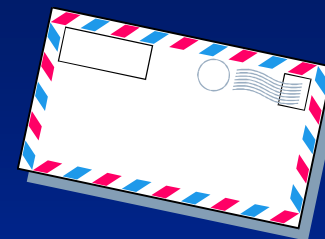
se scegliamo una velocità più ragionevole, es.

10 Kbit/s, l'efficienza si riduce a $\eta=0,286$

se poi scegliamo 10 Mbit/s l'efficienza diventa $\eta=0,0004$



Commutazione di pacchetto

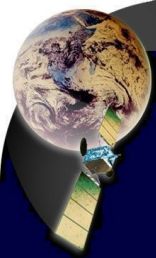




Commutazione di pacchetto:

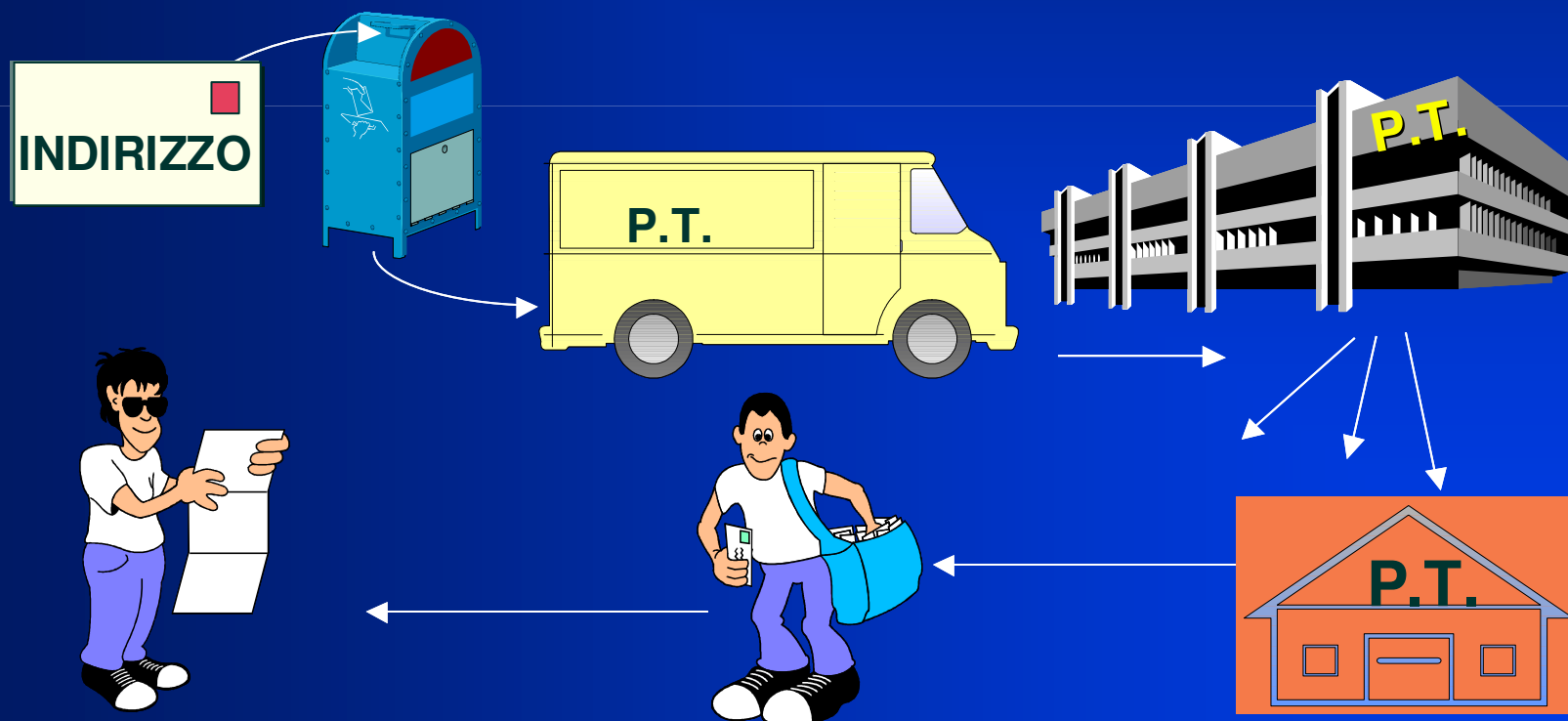
Non si allocano risorse per l'uso esclusivo di due o più utenti

Studiata espressamente per sorgenti intermittenti (bursty)



Commutazione di pacchetto

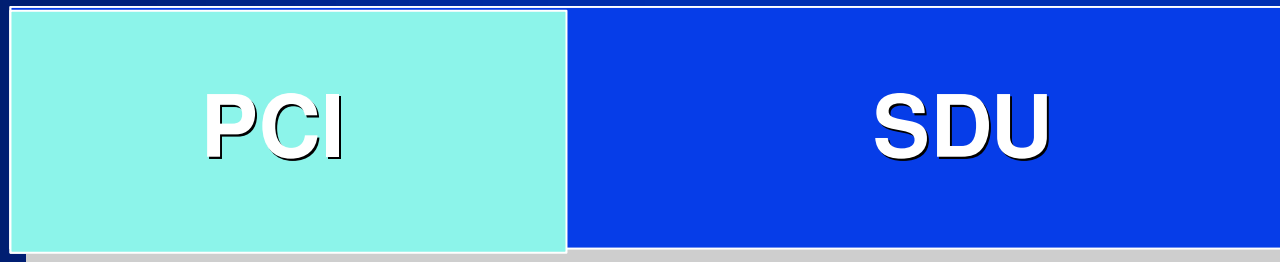
**Funzionamento analogo al sistema postale:
si utilizzano diversi mezzi per far arrivare
a destinazione una lettera**





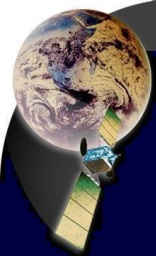
Commutazione di pacchetto

L'informazione da trasferire è organizzata in **unità dati** che comprendono informazione di utente e di controllo

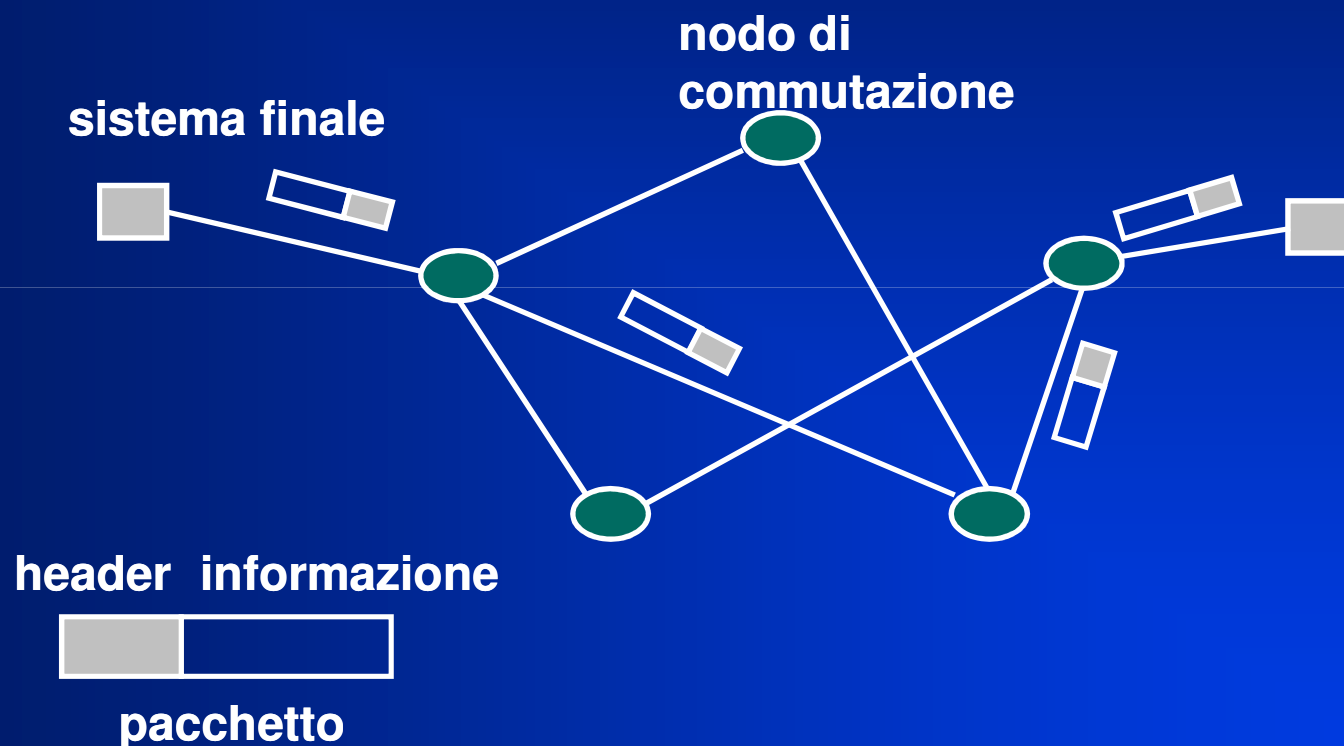
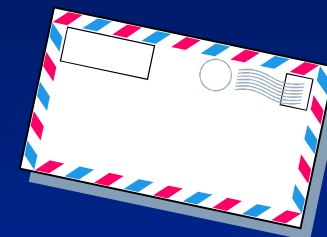


PCI = protocol control information
(informazione di controllo)

SDU = service data unit (informazione di
utente)



Commutazione di pacchetto

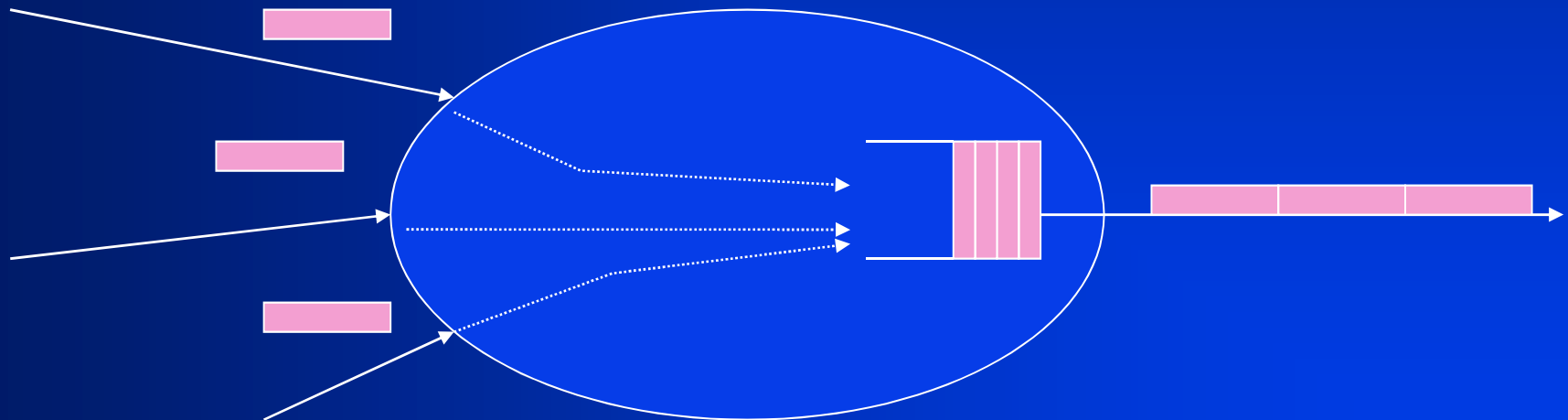


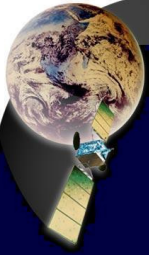
- ❖ Instradamento sulla base dell'header del pacchetto e successiva commutazione verso i nodi d'uscita



Buffer

- ❖ al momento della commutazione verso l'uscita il pacchetto può entrare in conflitto con altri pacchetti
- ❖ prima di essere trasmesso sul canale d'uscita il nodo può attendere in coda





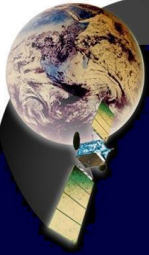
Store-and-forward

Le unità dati vengono consegnate alla rete

- **ogni nodo**
 - **memorizza il pacchetto**
 - **elabora il pacchetto e determina il canale su cui inoltrarlo**
 - **mette il pacchetto in coda per la trasmissione sul canale**



funzionamento “store and forward”



Store-and-forward

- **occorre disporre dell'intestazione prima di poter effettuare l'instradamento**
- **l'instradamento richiede tempo**
- **occorre qualche forma di protezione da errori sull'intestazione**
- **le diverse capacità dei mezzi trasmissivi non vengono suddivise in canali uguali**



Funzionamento non “store and forward”

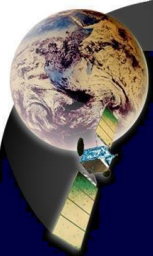
ogni nodo

- **memorizza i primi byte del pacchetto**
- **determina il canale su cui inoltrarlo**
- **inizia immediatamente la ritrasmissione del pacchetto senza attendere la completa ricezione**

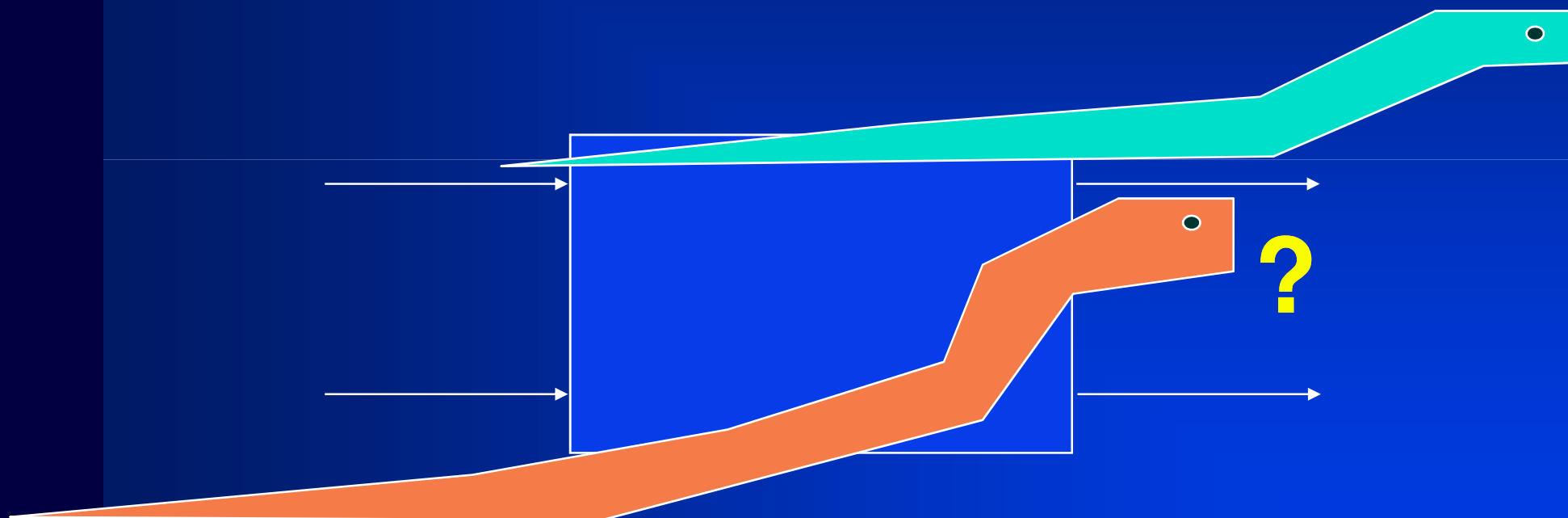


Funzionamento non “store and forward”

- **non sono possibili conversioni di formato e di velocità**
- **non sono possibili controlli d'errore**
- **diminuiscono le latenze nel nodo di commutazione**
- **uno stesso pacchetto può impegnare simultaneamente più nodi e più canali**



funzionamento non “store and forward”





funzionamento non “store and forward”

Il canale di uscita può essere occupato:

- il pacchetto viene memorizzato nel nodo
(CUT-TROUGH routing)**

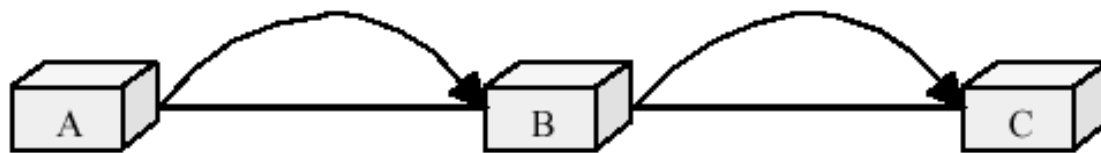


cut-through

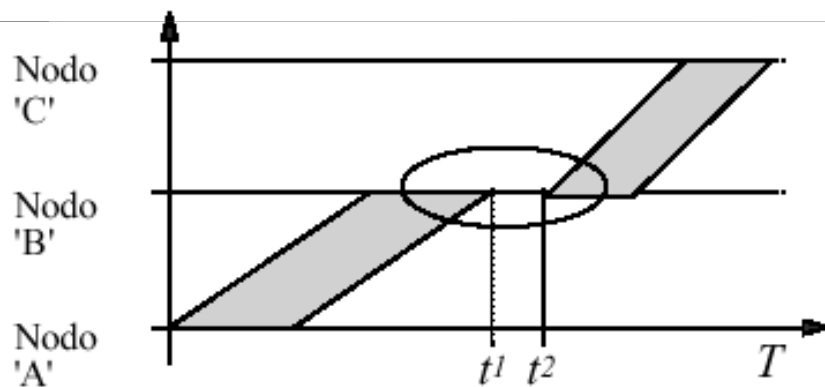
- simile allo store-and-forward
- perdite di pacchetti a fronte di congestione
- necessità di molta memoria nei nodi
- riduzione delle latenze solo con basso traffico



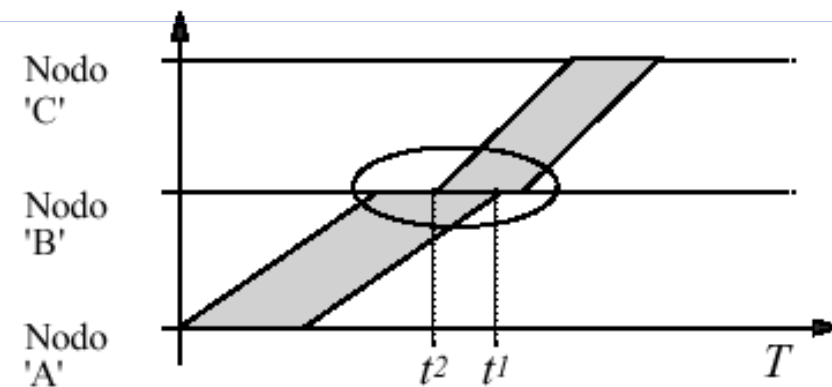
Modalità di attraversamento di un nodo



t^1 = istante di ricezione dell'ultimo bit
del pacchetto sul nodo B
 t^2 = istante di trasmissione del primo bit
del pacchetto dal nodo B



Nodo B store&forward

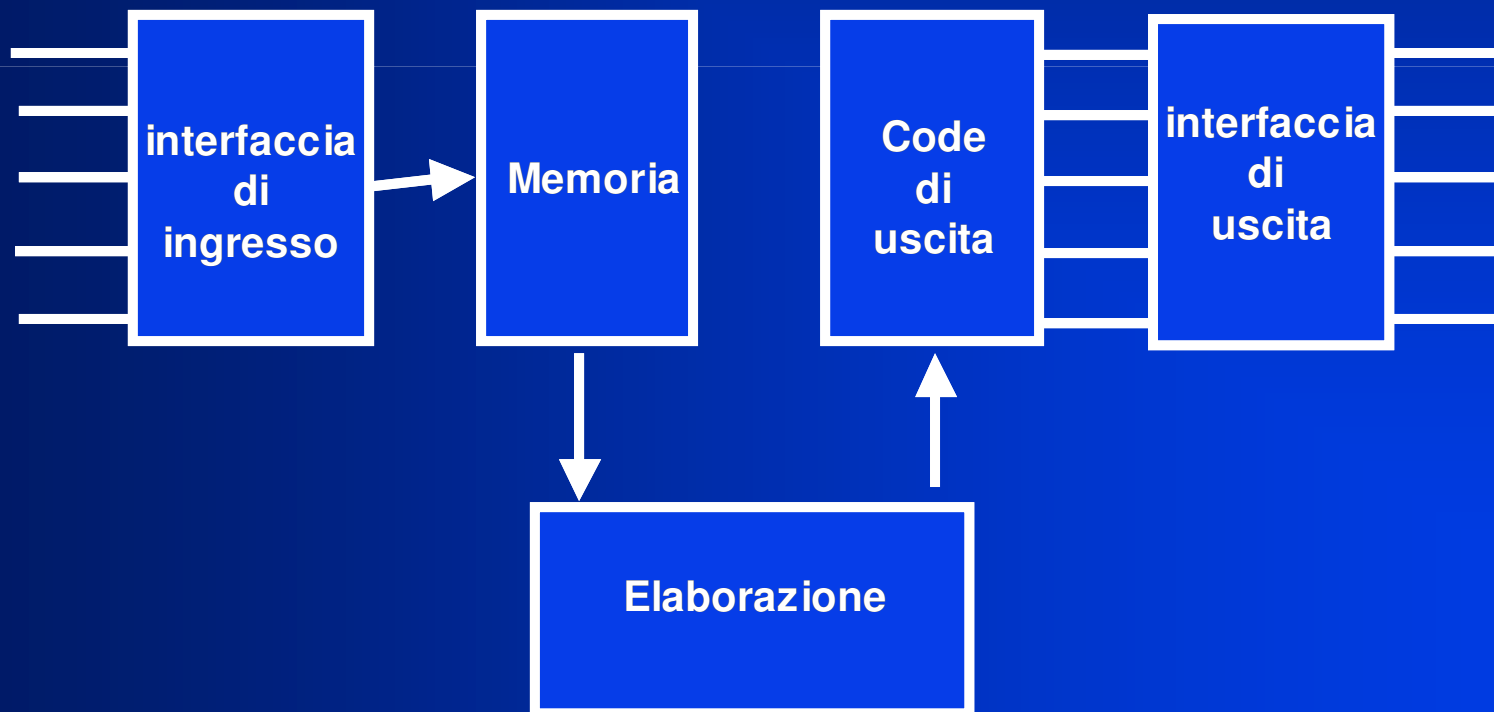


Nodo B cut-through



Commutazione di pacchetto

Struttura di un nodo di rete a commutazione di pacchetto





Commutatori a pacchetto

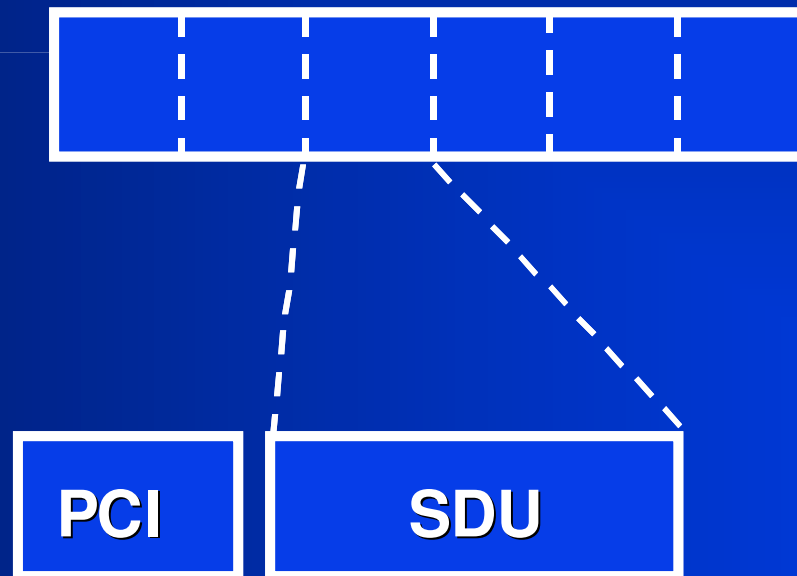
memorizzazione

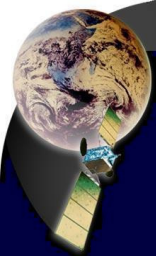
- **alle uscite**
- **agli ingressi**
- **mista**



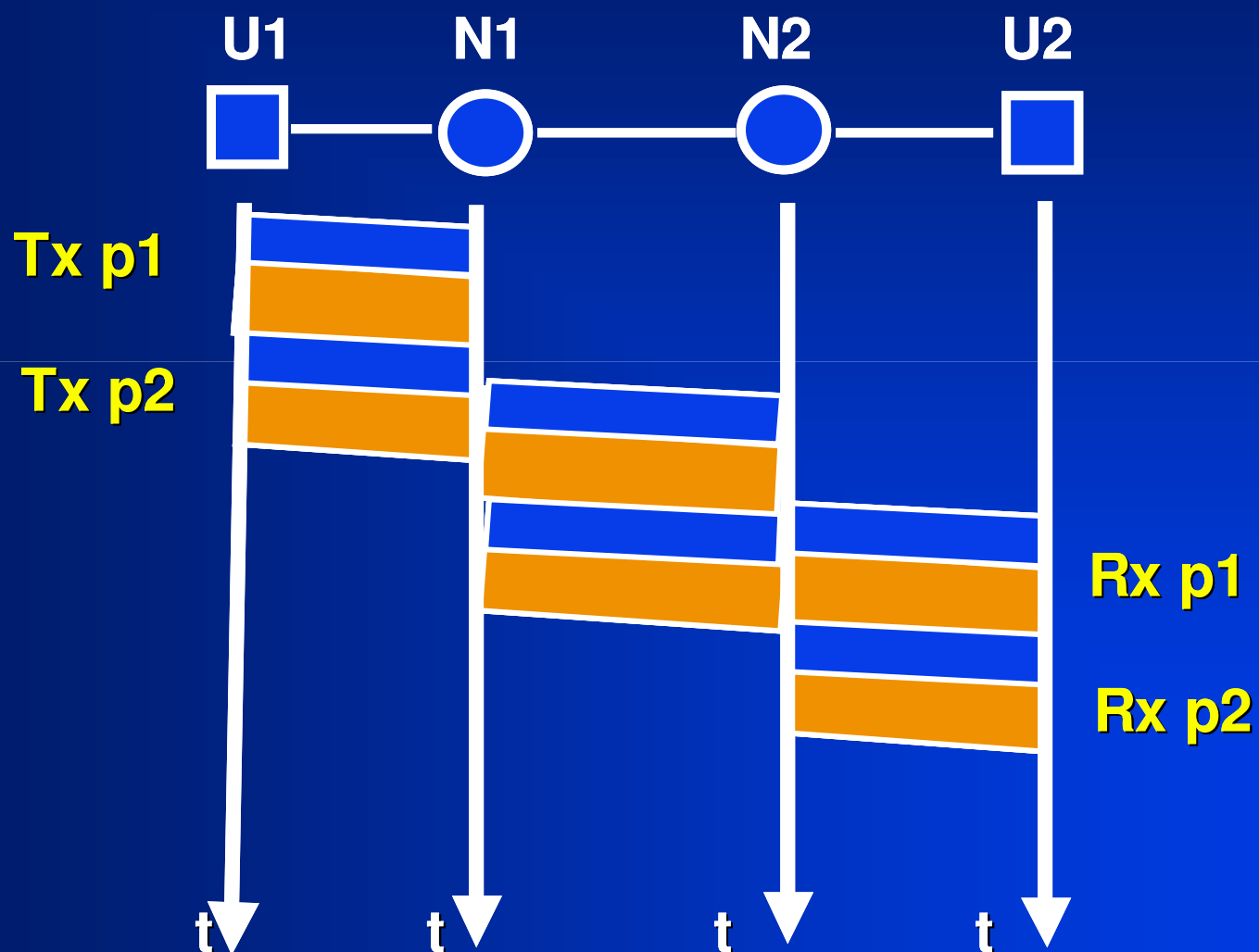
Commutazione di pacchetto

L'informazione di utente può dover essere frazionata in molti pacchetti



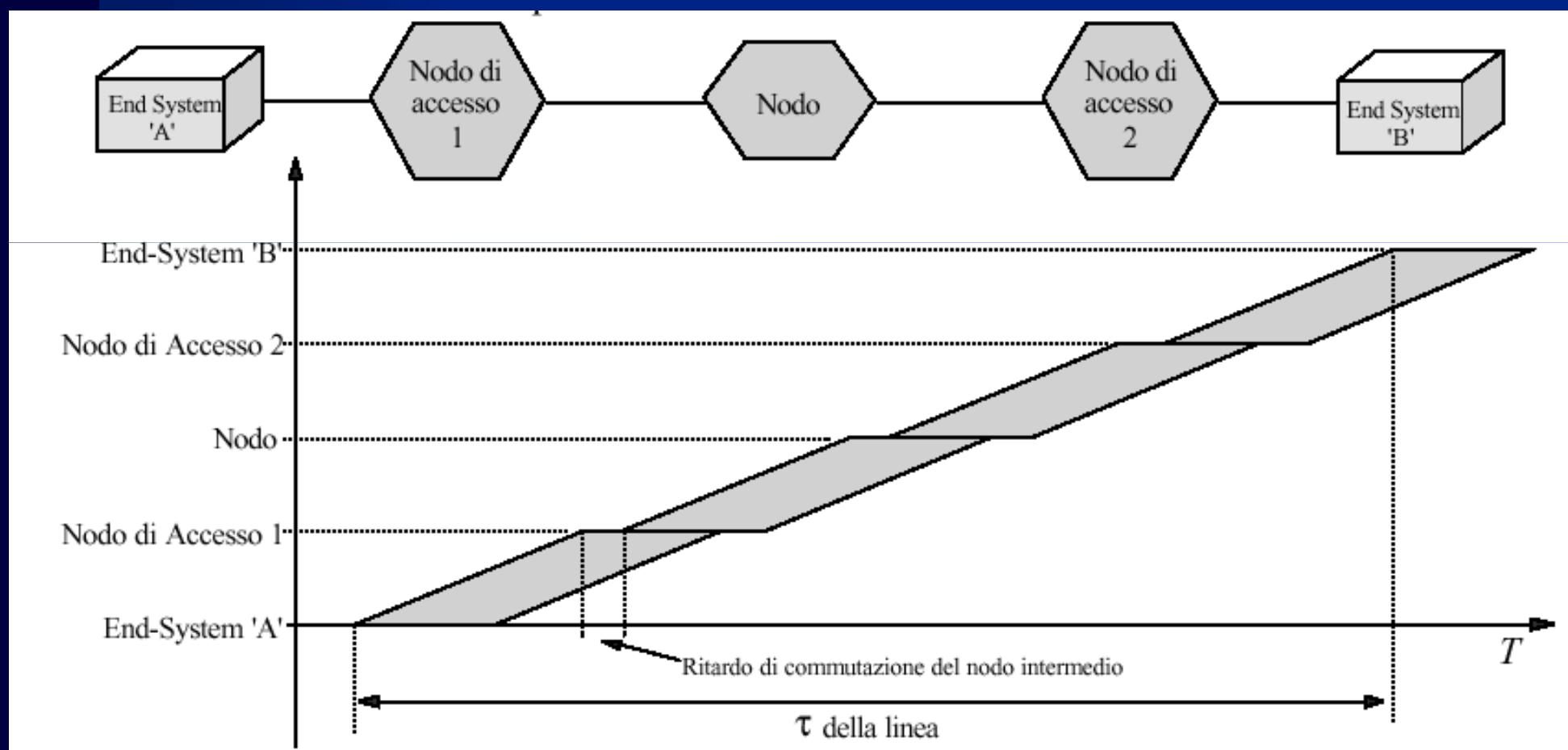


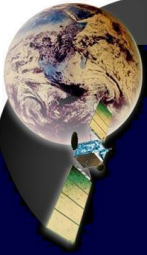
Commutazione di pacchetto





Commutazione di pacchetto

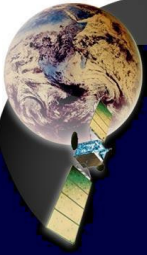




La lunghezza dei pacchetti è determinata da

- possibilità di parallelizzazione**

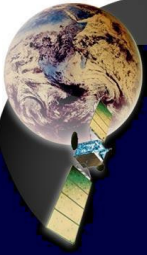
**pacchetti brevi favoriscono la trasmissione
in parallelo su canali diversi di pacchetti di
una stessa comunicazione**



La lunghezza dei pacchetti è determinata da

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione

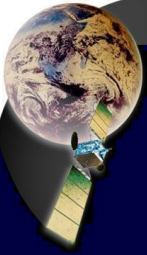
**pacchetti brevi riducono il ritardo di
pacchettizzazione**



La lunghezza dei pacchetti è determinata da

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione
- **percentuale di informazione di controllo**

pacchetti lunghi riducono la percentuale di informazione di controllo

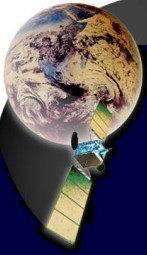


Pacchetti lunghi riducono la percentuale di informazione di controllo

- **PCI di dimensione p bit**
- **SDU di dimensione s bit**

frazione di informazione di controllo

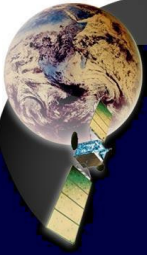
$$p / (s + p)$$



La lunghezza dei pacchetti è determinata da

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione
- percentuale di informazione di controllo
- **probabilità di errore**

pacchetti corti riducono la probabilità di errore



Pacchetti corti riducono la probabilità di errore

- pacchetti di n bit
- canale con errori indipendenti
- probabilità di errore p

probabilità che un pacchetto sia corretto

$$(1 - p)^n$$

per $n \rightarrow \infty$ questa probabilità tende a zero,
qualsiasi sia il valore di p