

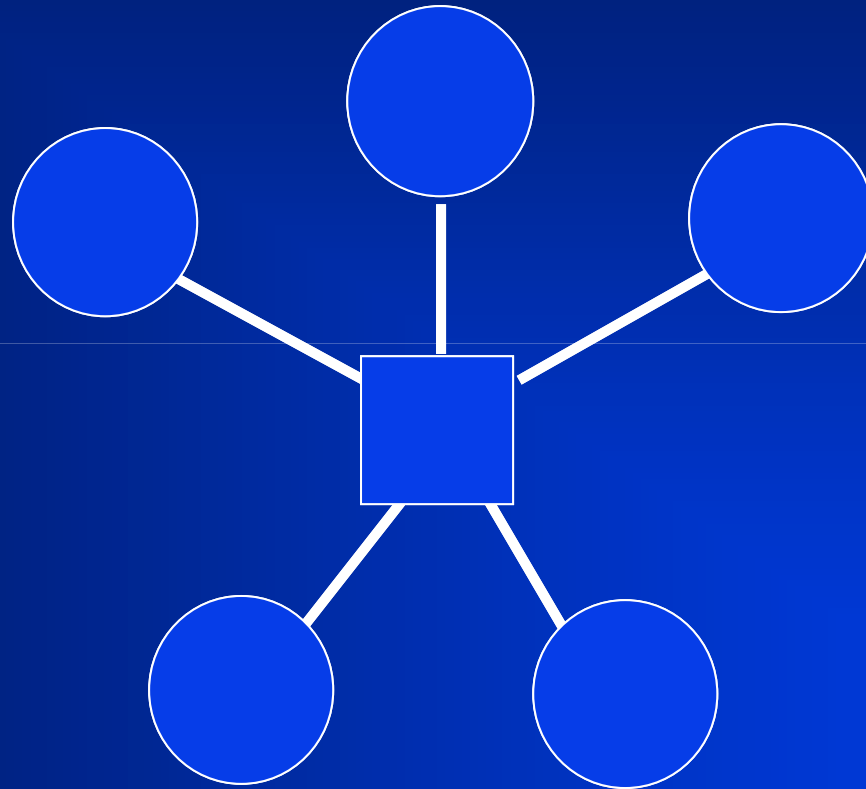
# **RETI DI TELECOMUNICAZIONI**

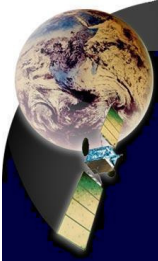
**Prof. S. Marano**  
**Università della Calabria**

**A.A. 2012-2013**

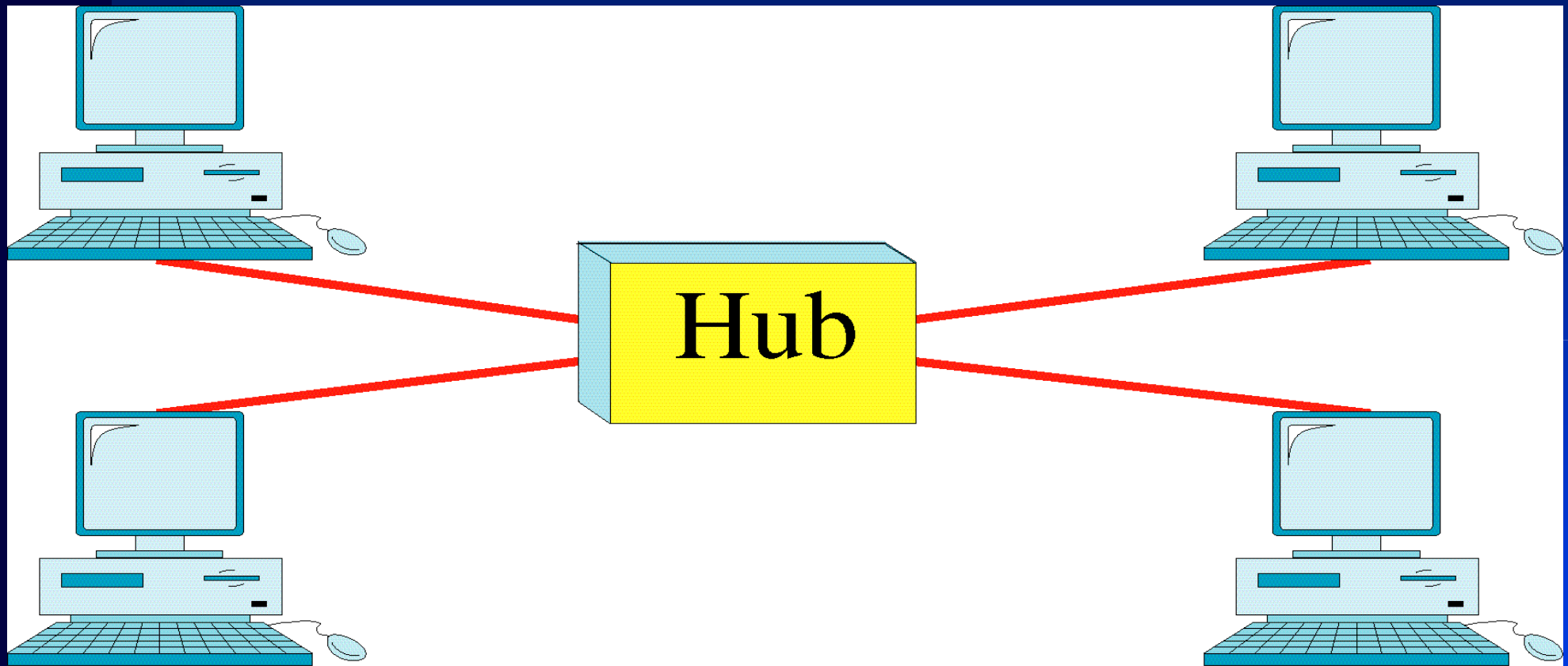


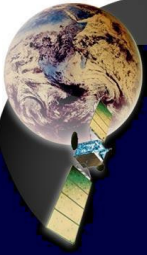
# Topologia a stella



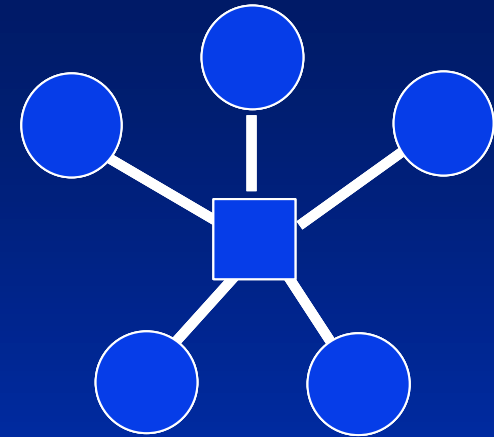


# Stella





$$C=N$$



**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)

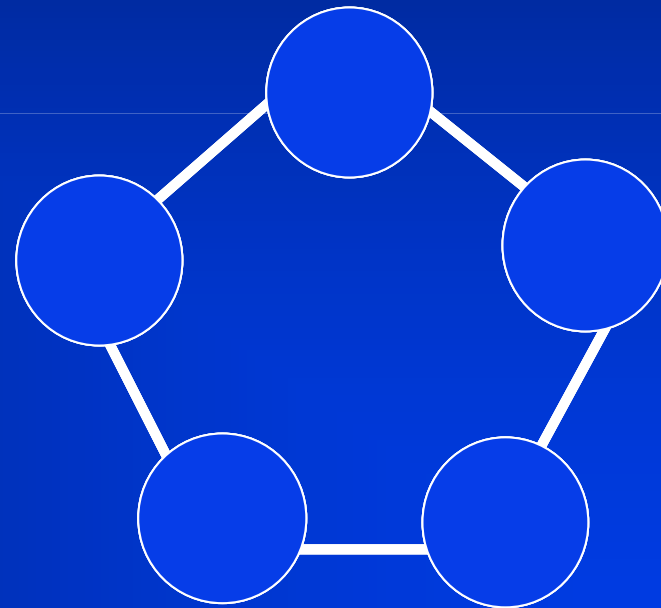
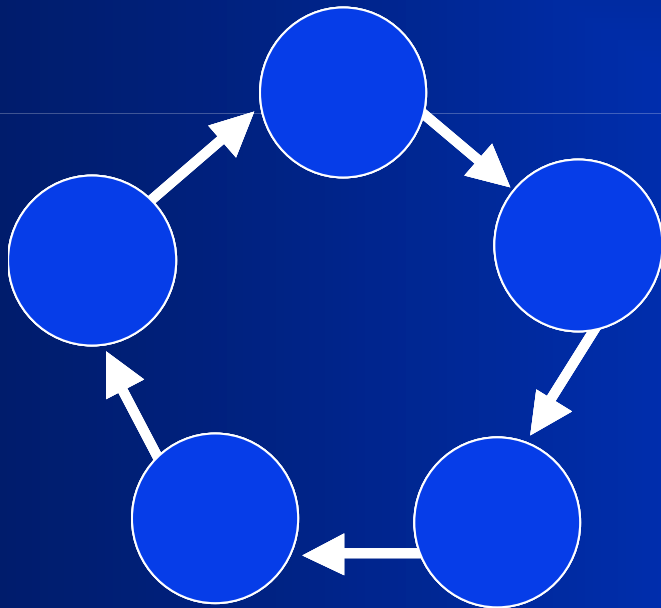
**E' usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei canali**

**es. reti telefoniche tradizionali, reti radio e satellitari**

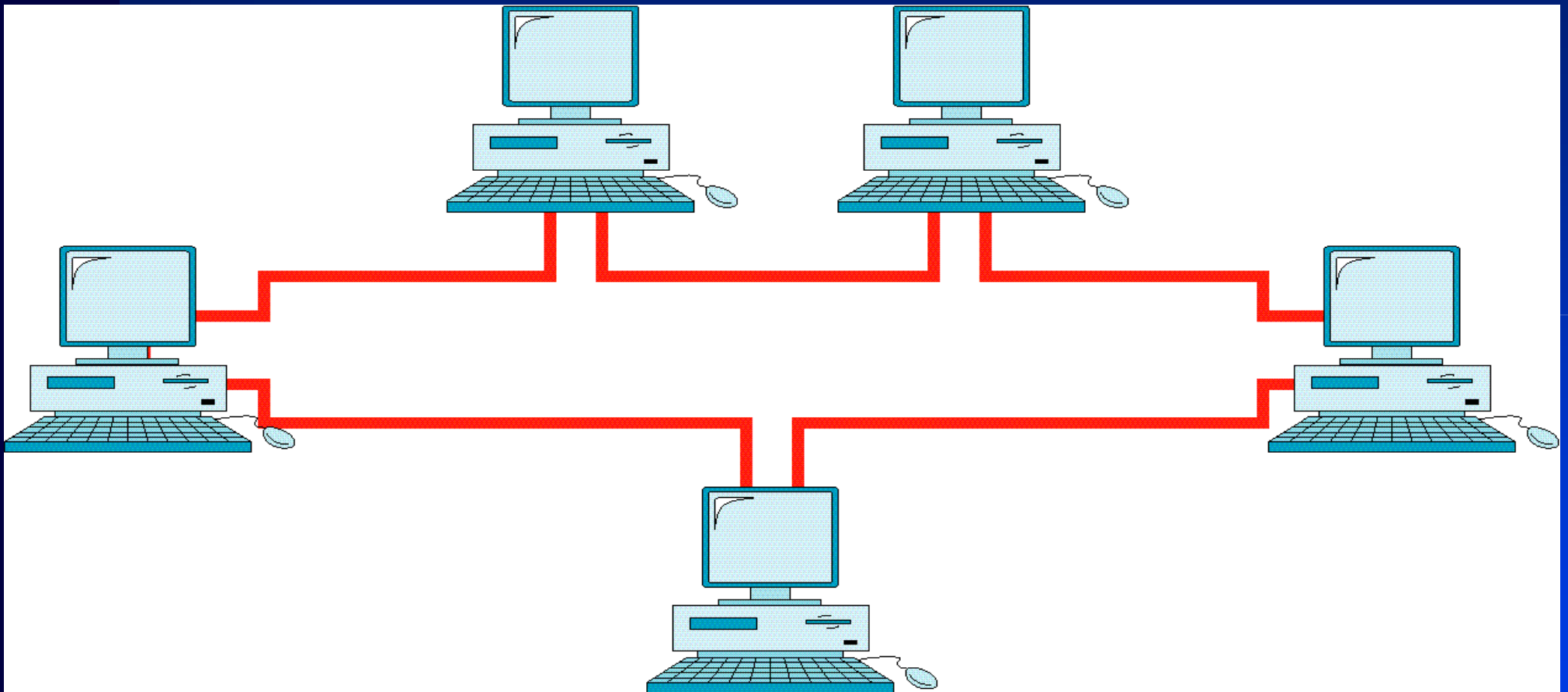


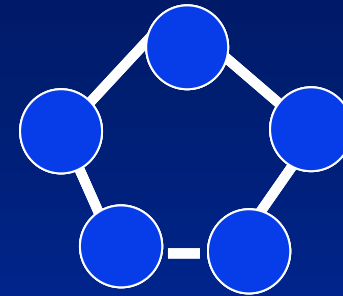
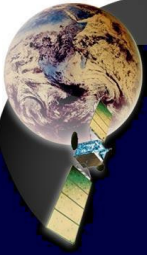
# Topologia ad anello

**Può essere unidirezionale o bidirezionale**



# Anello



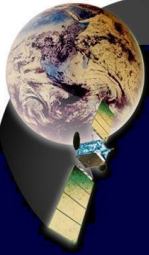


$$C = N$$

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

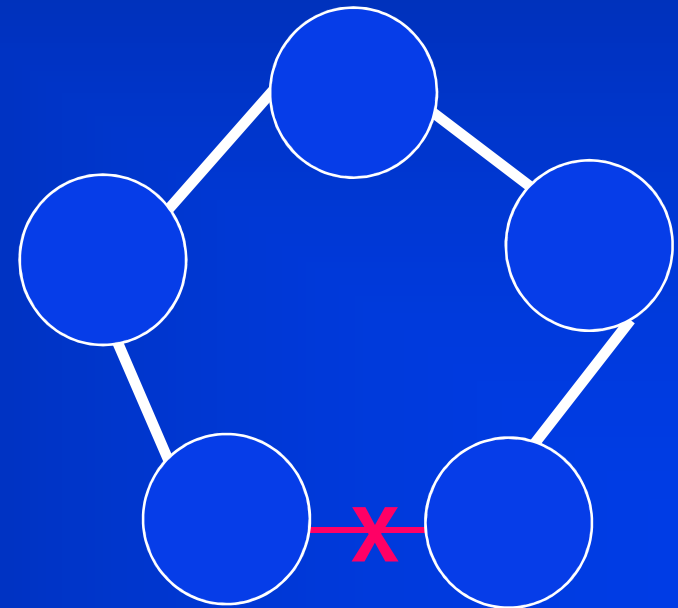
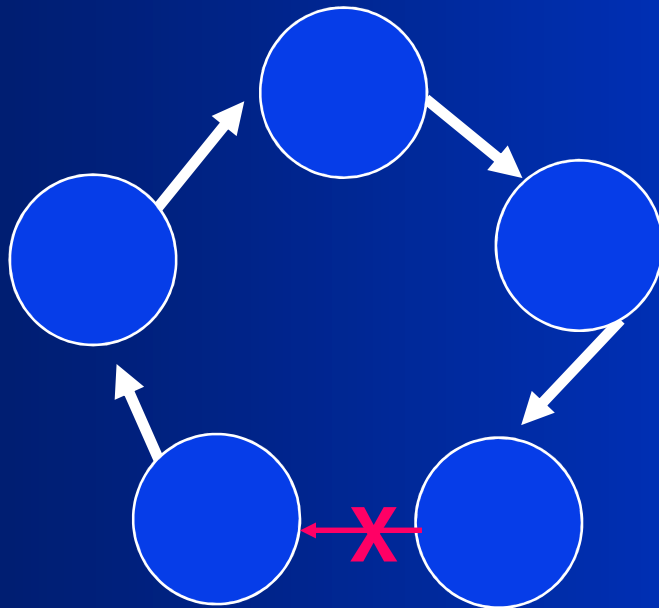
**Vantaggio:** commutazione semplice

**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.**

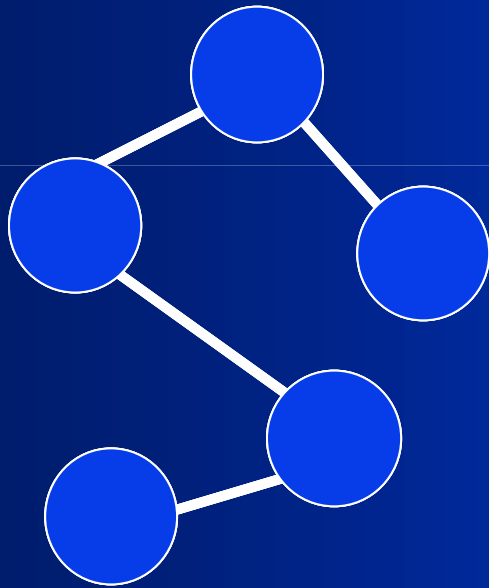




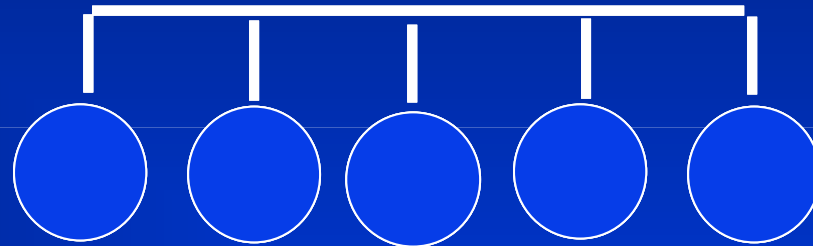


# Topologia a bus

**Il bus (broadcast) può essere attivo o passivo**



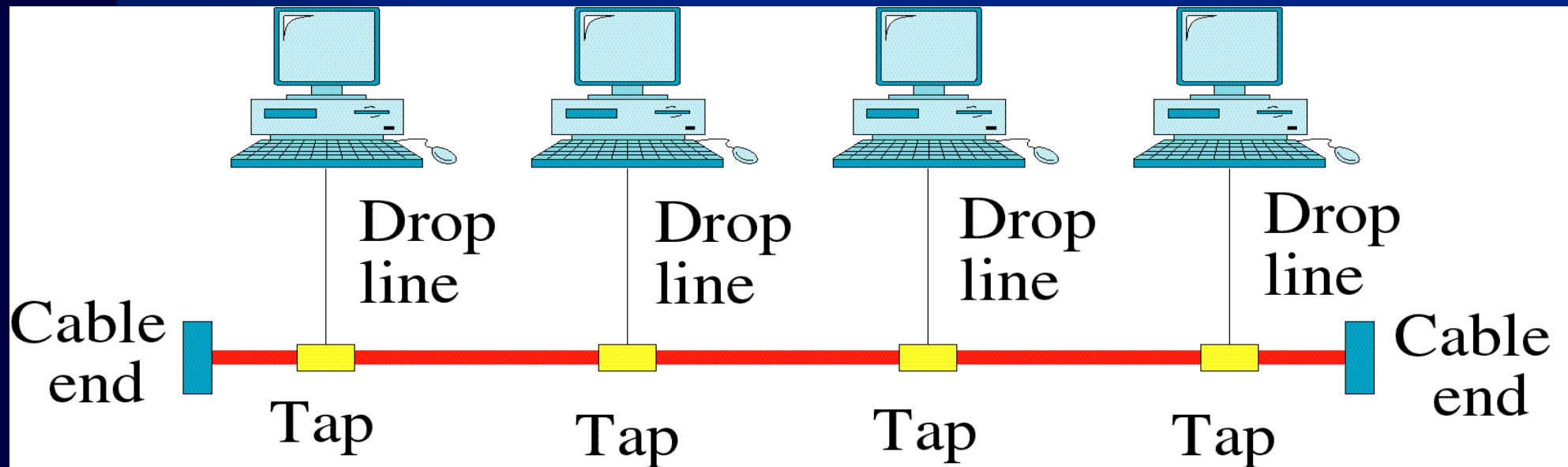
**attivo**

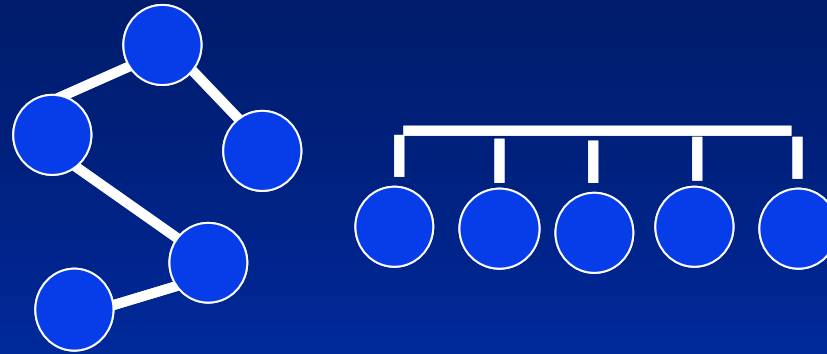


**passivo**



# *Bus*





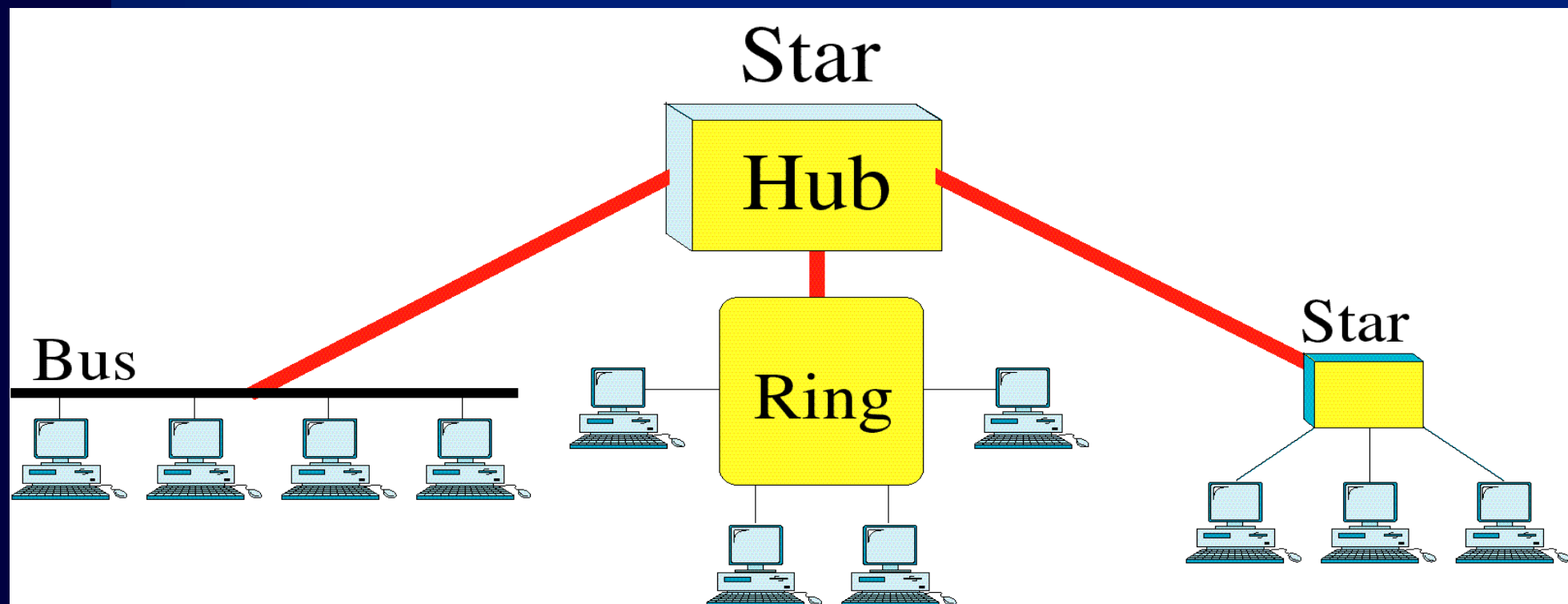
$C = N - 1$  per il bus attivo

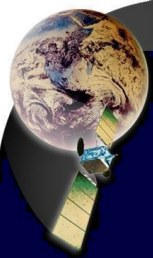
$C = 1$  per il bus passivo

**Molto usata in reti locali e metropolitane**

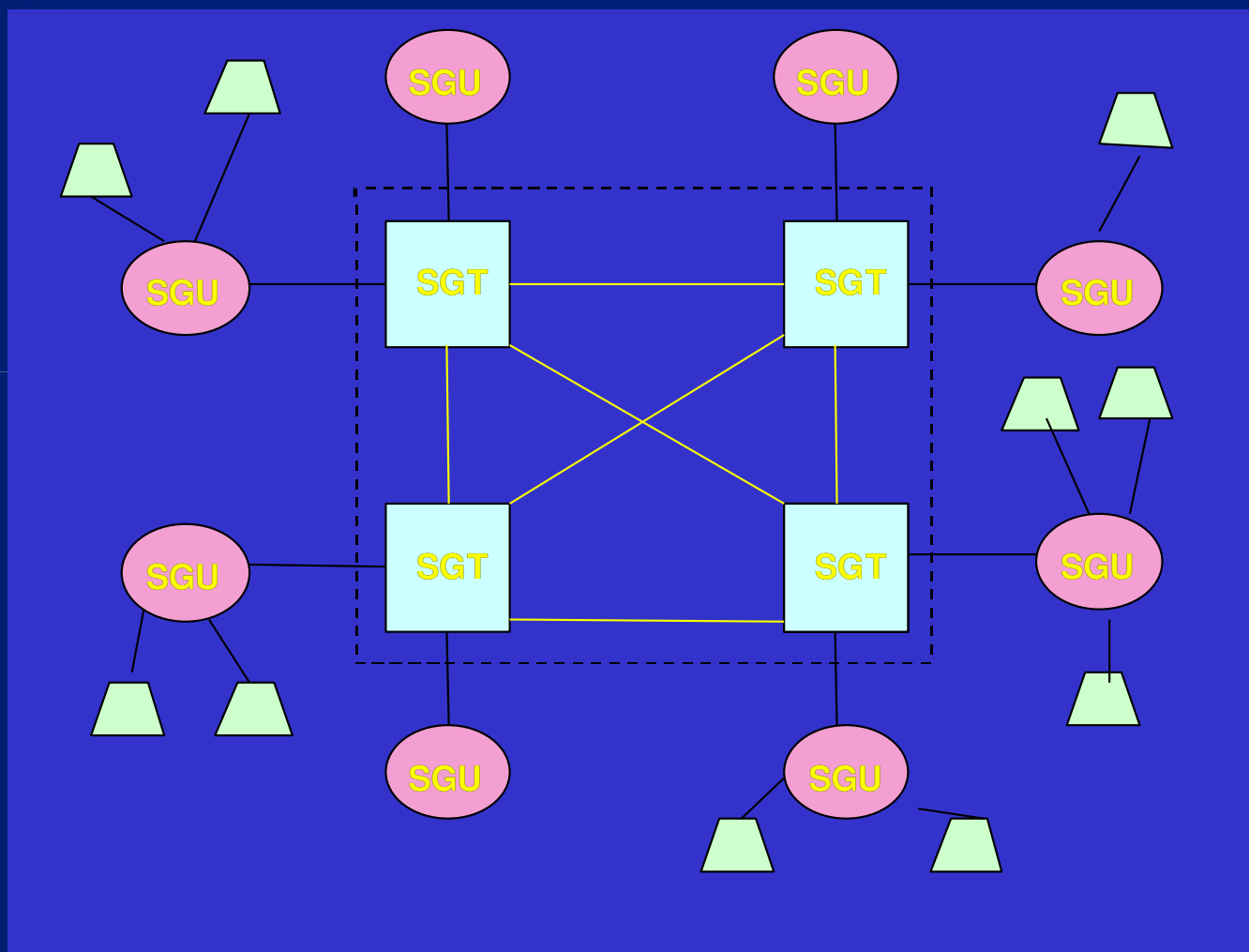


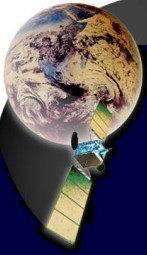
# *Ibrida*





# Topologia gerarchica

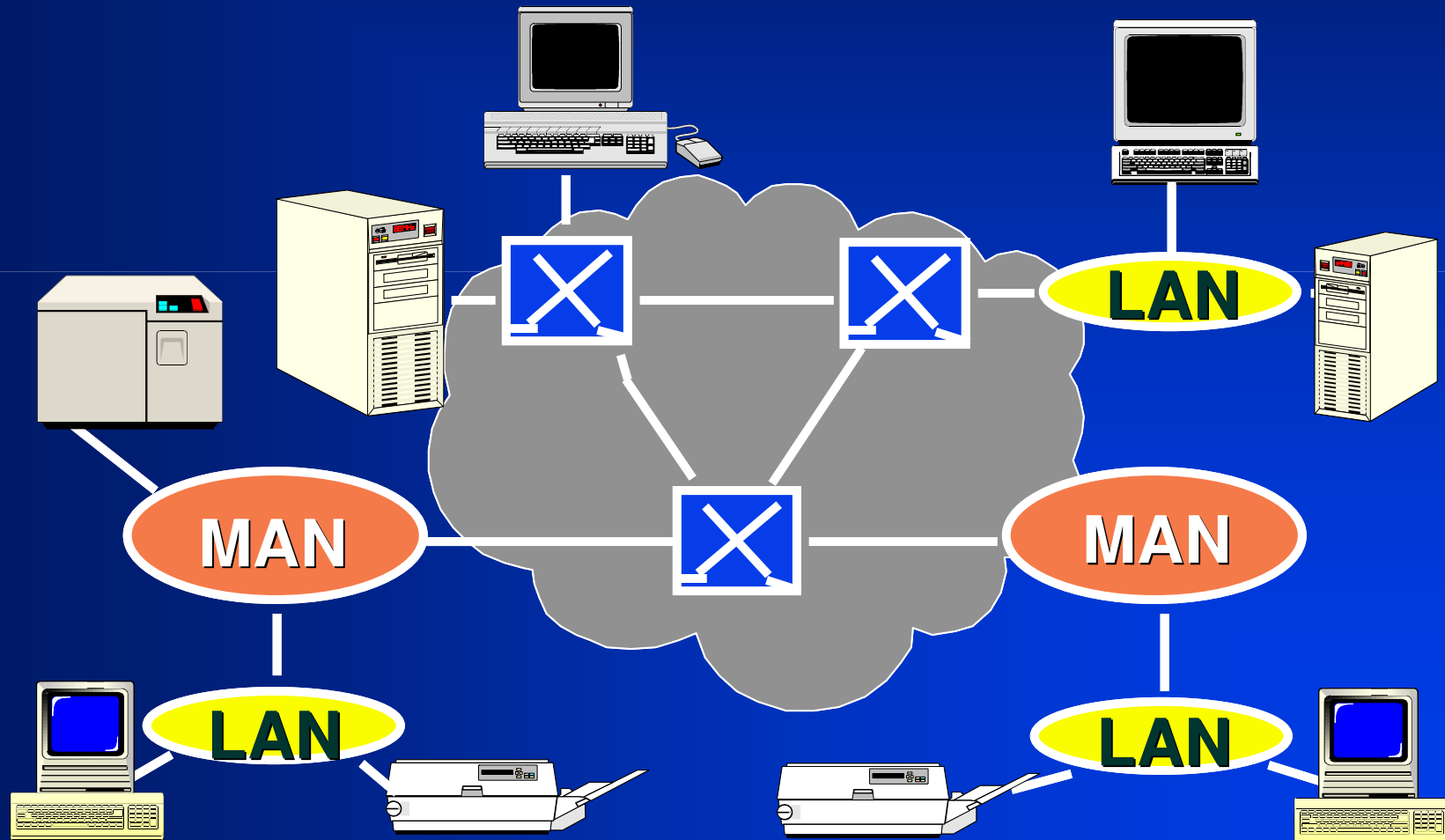




## **Struttura della rete fissa Telecom Italia**

- **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**

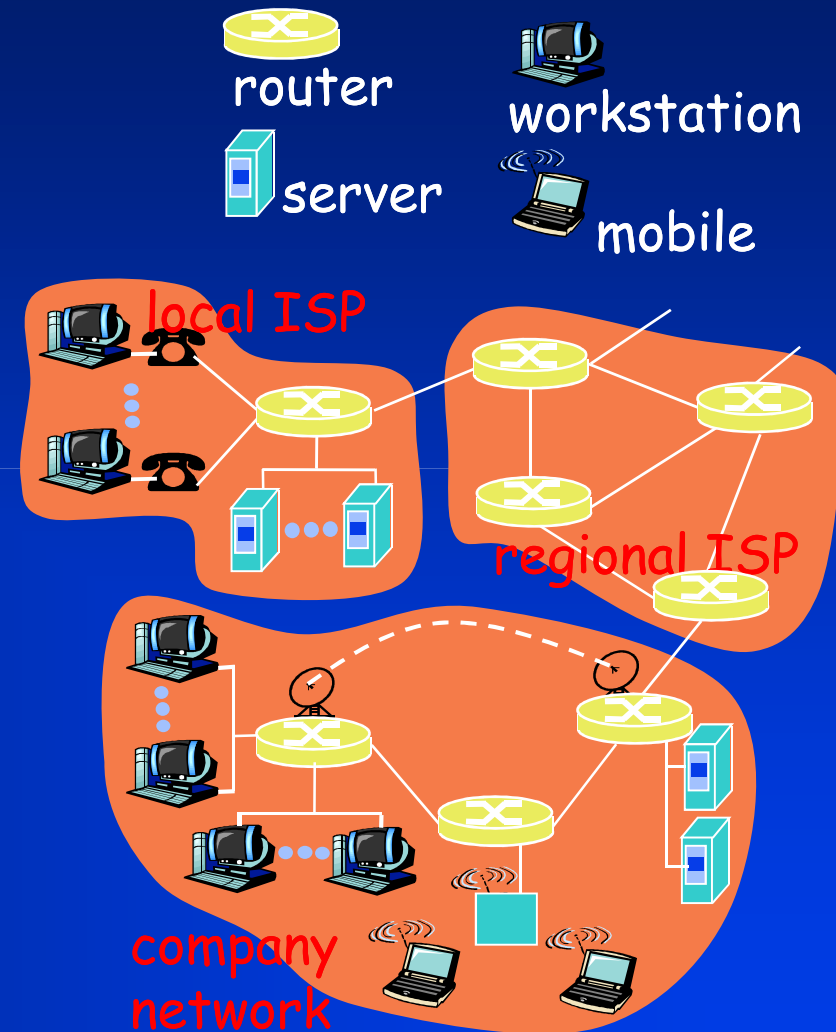
# Topologia ad interconnessione





# 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...*

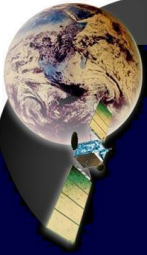
**Elementi di rete**

**Servizi, sorgenti e segnali**

**Infrastruttura di rete**



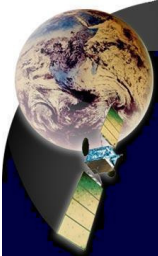
**Funzioni di rete**



**CCITT**

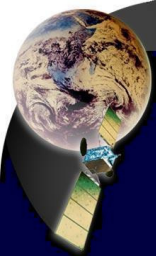
**FUNZIONI** in una rete di  
telecomunicazioni:

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

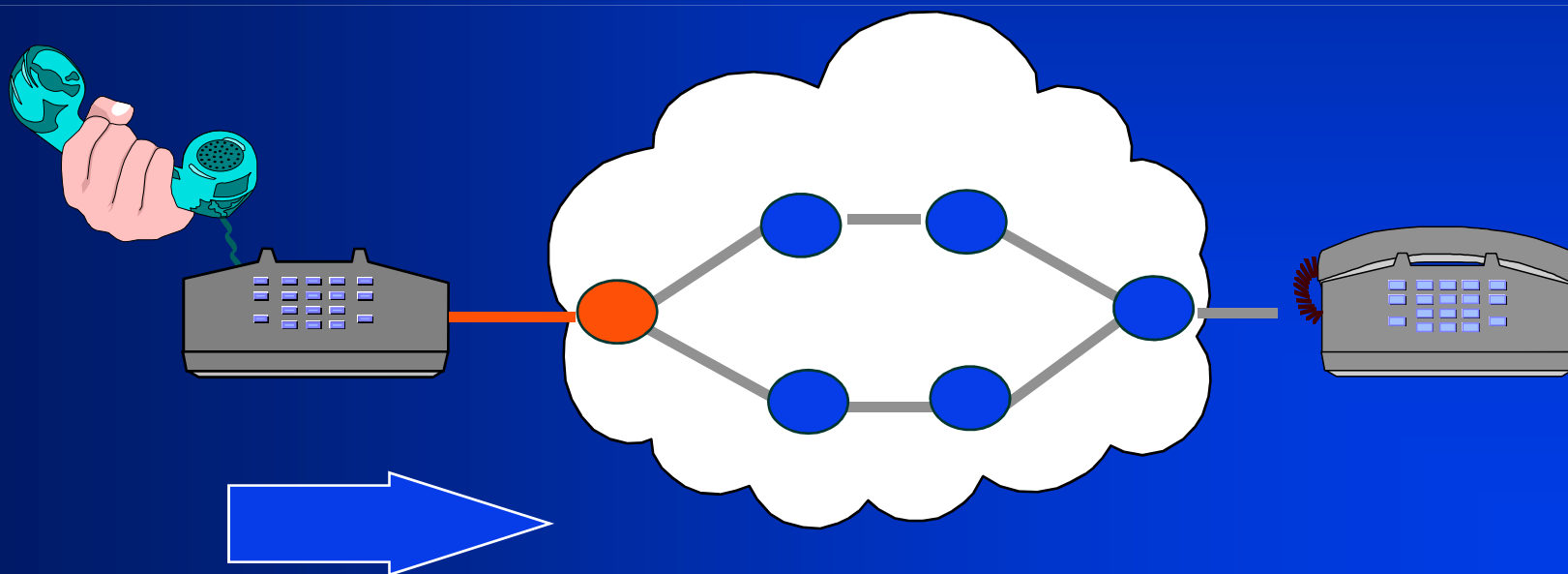


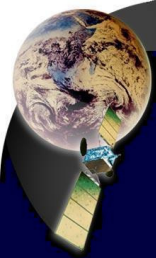
# Funzioni di una rete di telecomunicazioni

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

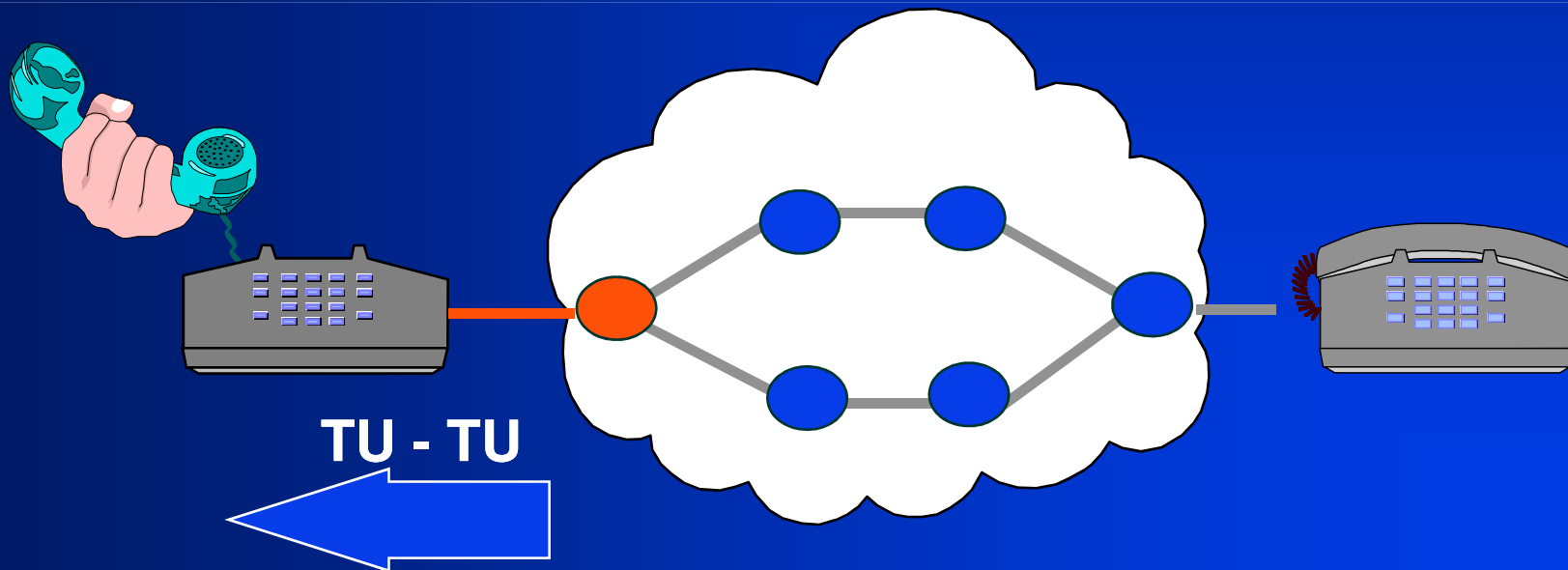


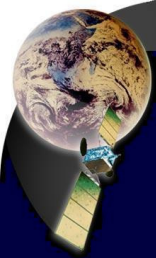
**Sollevando il microtelefono si indica alla rete l'inizio di una procedura di chiamata**



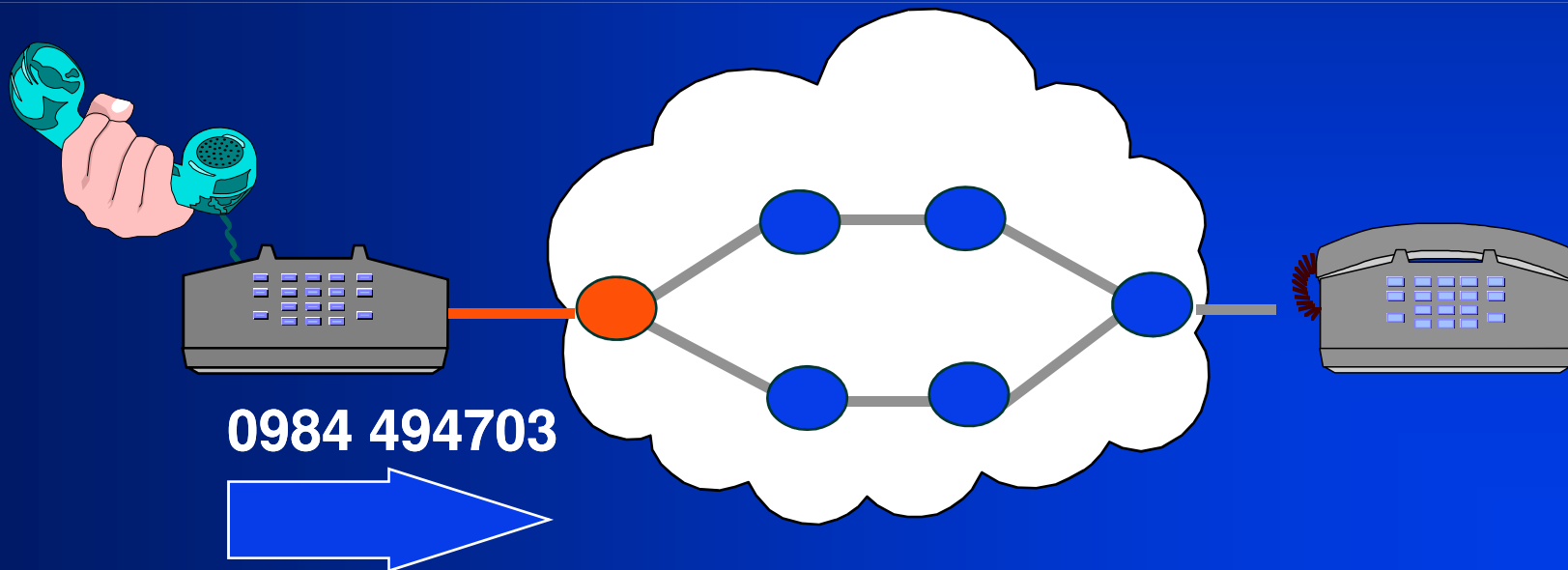


**Bisogna poi attendere il tono di centrale**





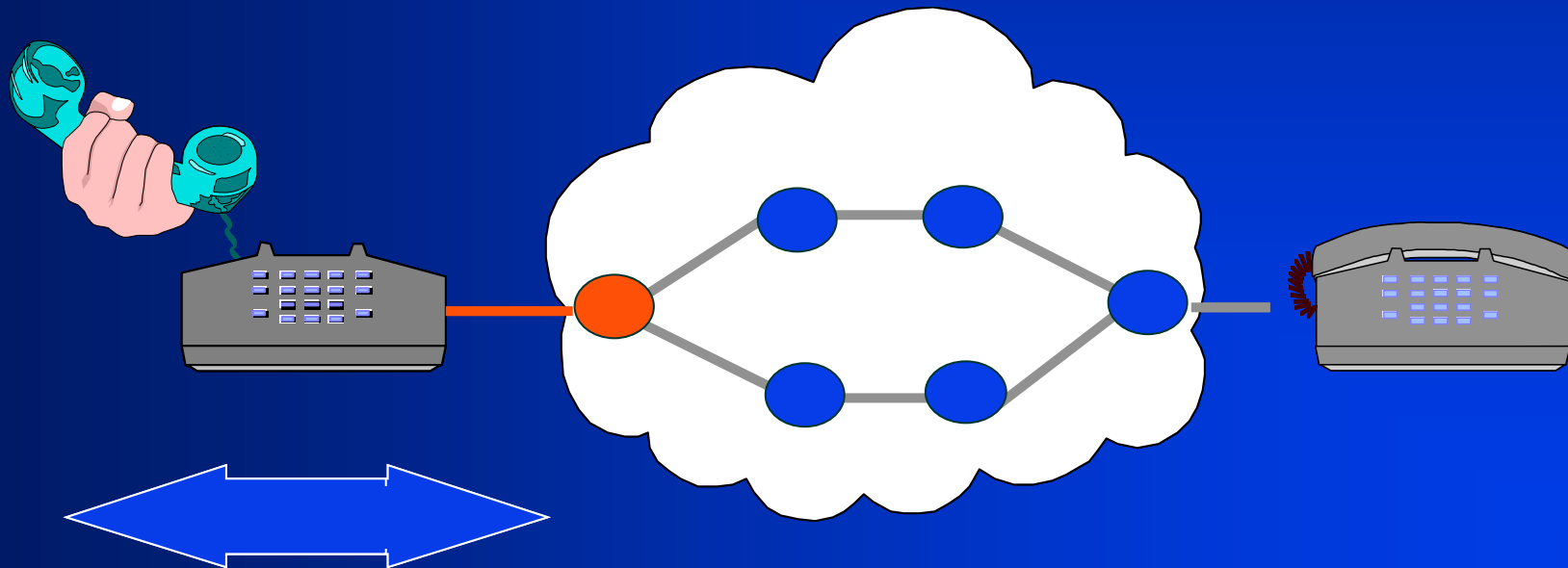
**Mediante il disco combinatore o la tastiera  
si indica alla rete l'interlocutore desiderato**





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

**SEGNALAZIONE D'UTENTE**



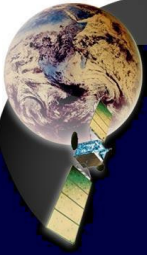


**CCITT**

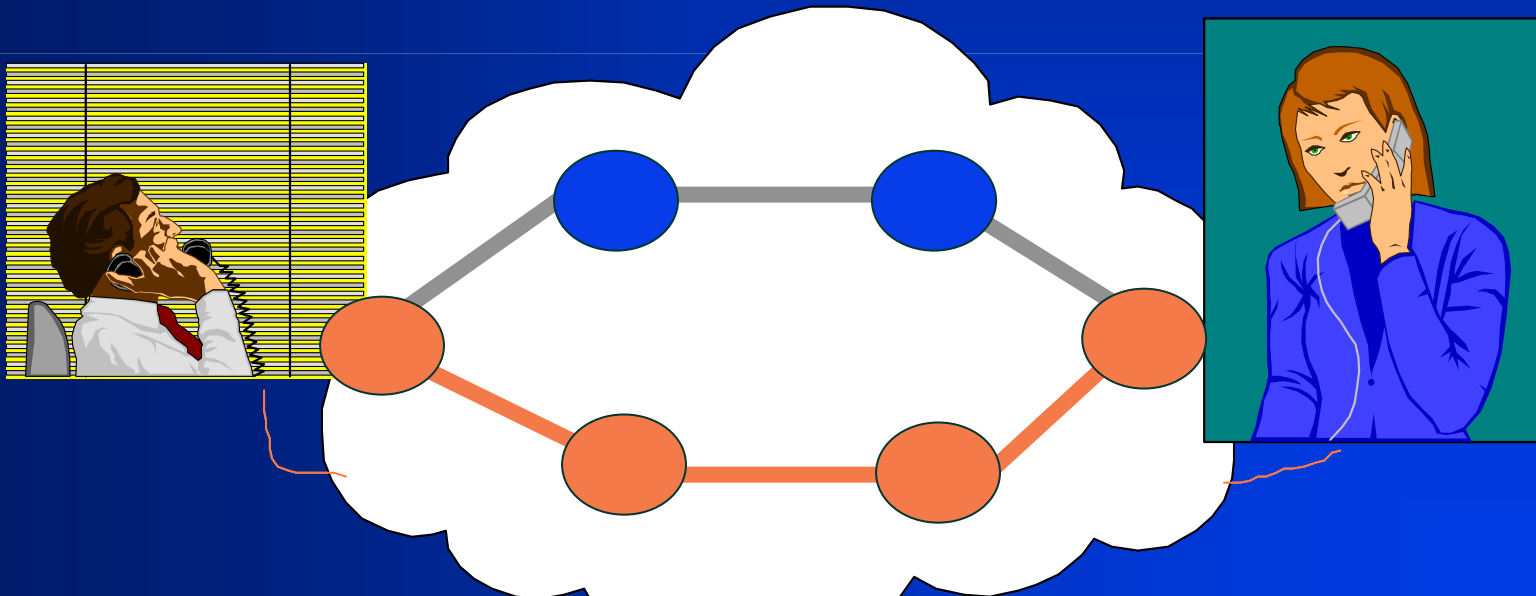
**Segnalazione:**

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

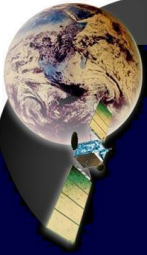




**La rete individua le risorse necessarie per collegare i due utenti e stabilisce un circuito**



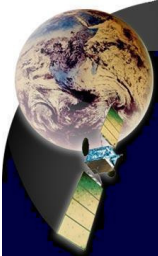
**COMMUTAZIONE**



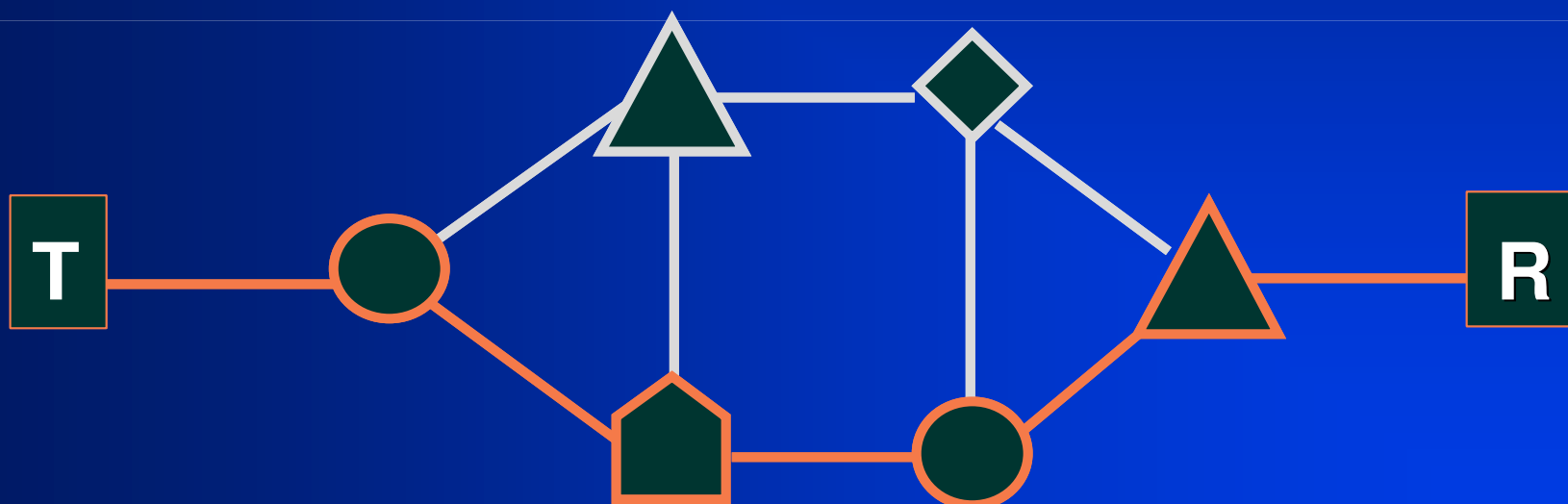
**CCITT**

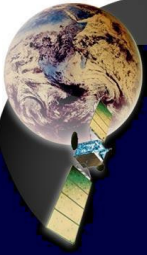
**Commutazione:**

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



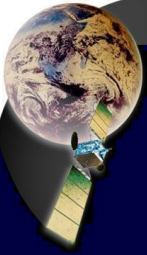
Il processo di **interconnessione di unità funzionali, canali di trasmissione o circuiti di telecomunicazione** per il tempo necessario al trasferimento di segnali





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

**SEGNALAZIONE DI RETE**

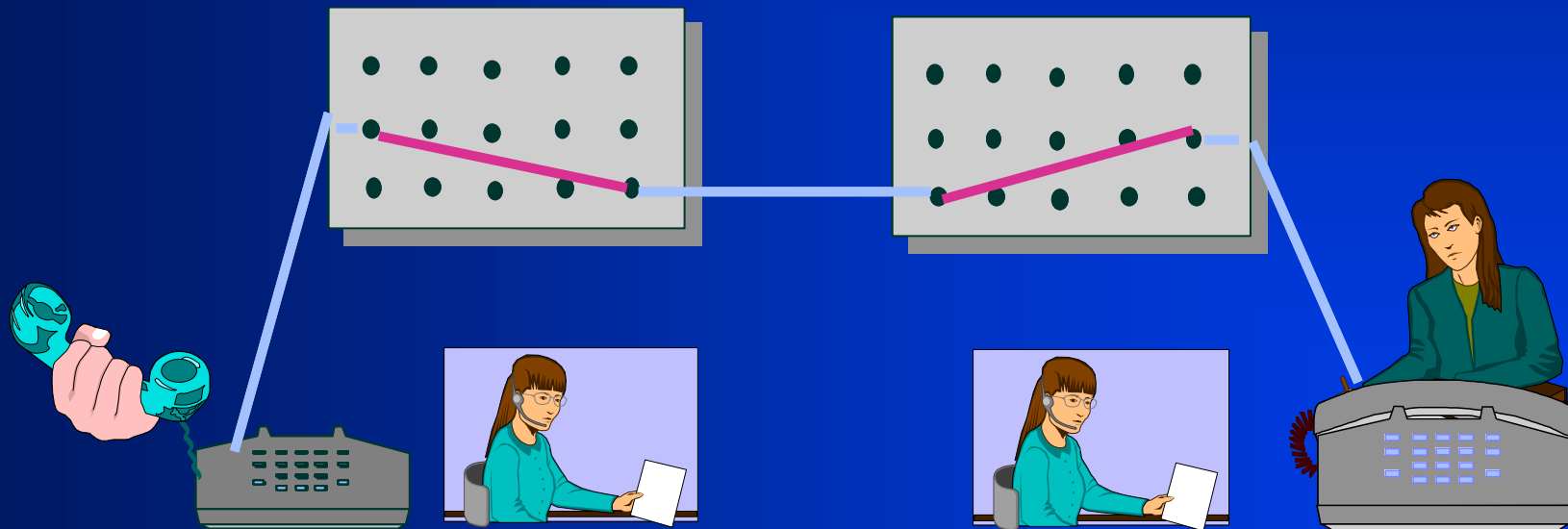


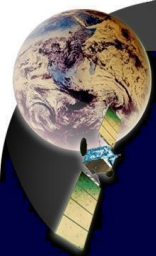
**Abbiamo individuato due funzioni:**

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

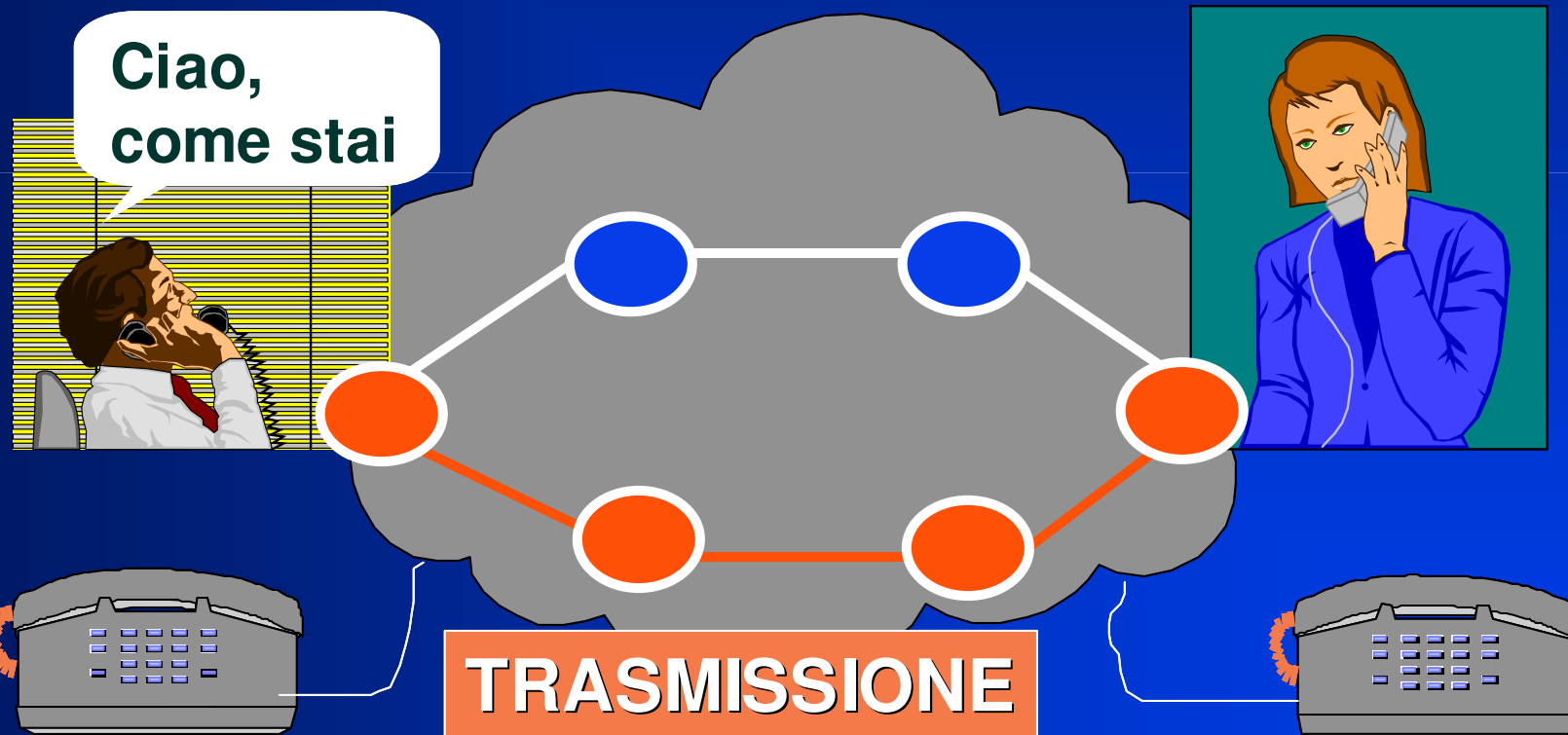


**Agli albori della telefonia la segnalazione avveniva via voce e la commutazione era manuale**





**I due utenti possono comunicare**



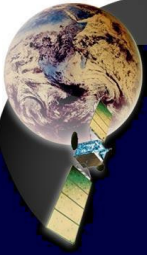


**CCITT**

**Trasmissione:**

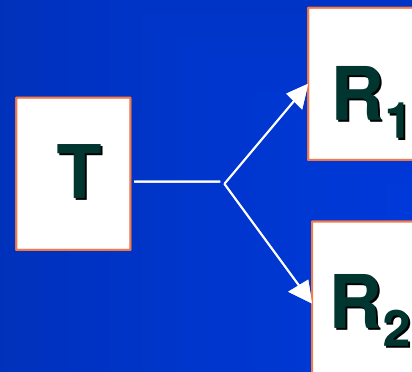
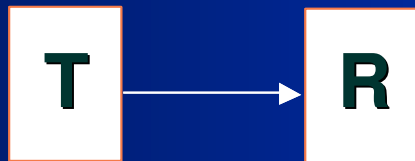
**il trasferimento di segnali da un punto  
a uno o più altri punti**





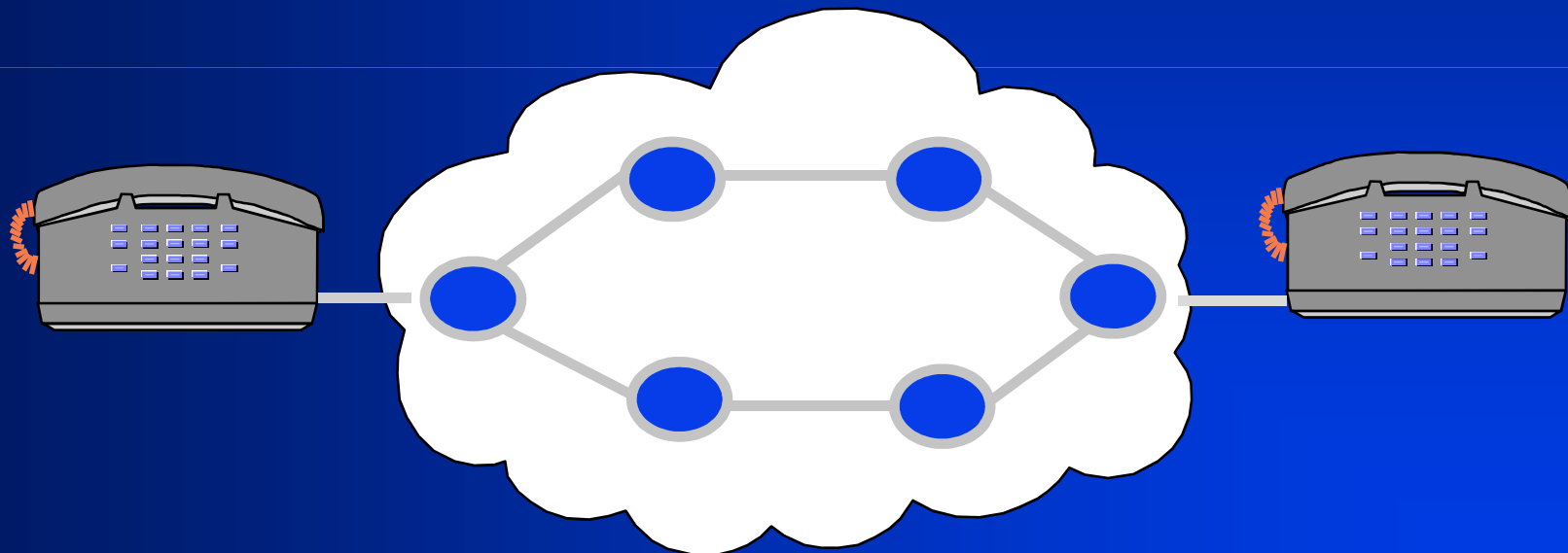
Trasmissione:

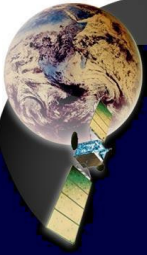
il trasferimento di segnali **da un punto  
a uno o più altri punti**





**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:**

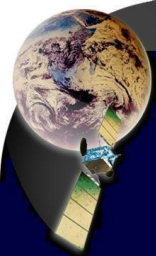
**GESTIONE**



# ***Controllo e gestione di reti***

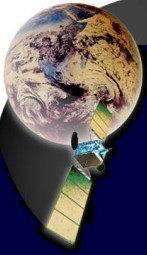
**Il Network Management normalmente consiste di diverse funzioni:**

- ❖ **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**

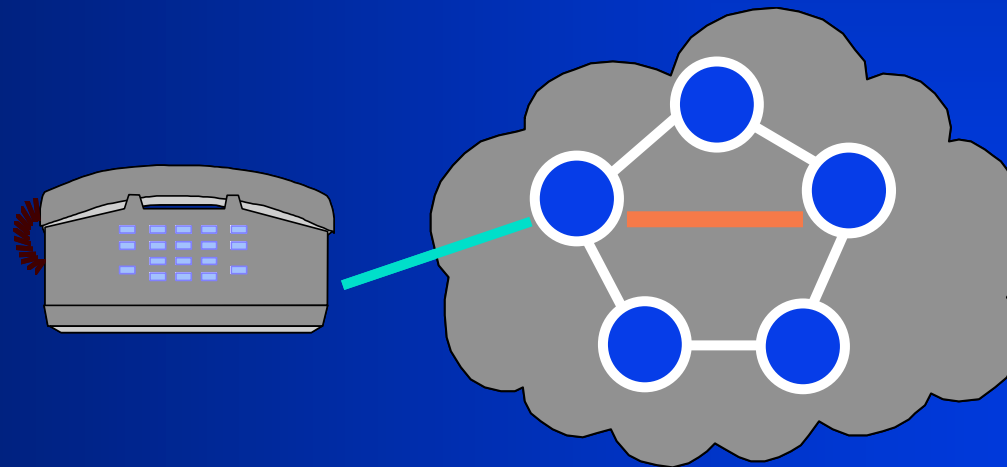


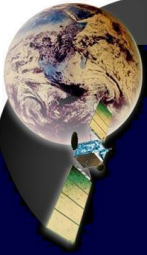


# Tecniche di segnalazione

**Si distinguono:**

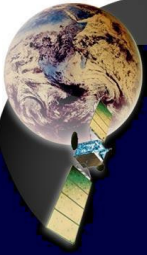
- **segnalazione di utente**
  - scambio di informazioni tra utente e nodo
- **segnalazione internodale**
  - scambio di informazioni tra nodi





## **Segnalazione**

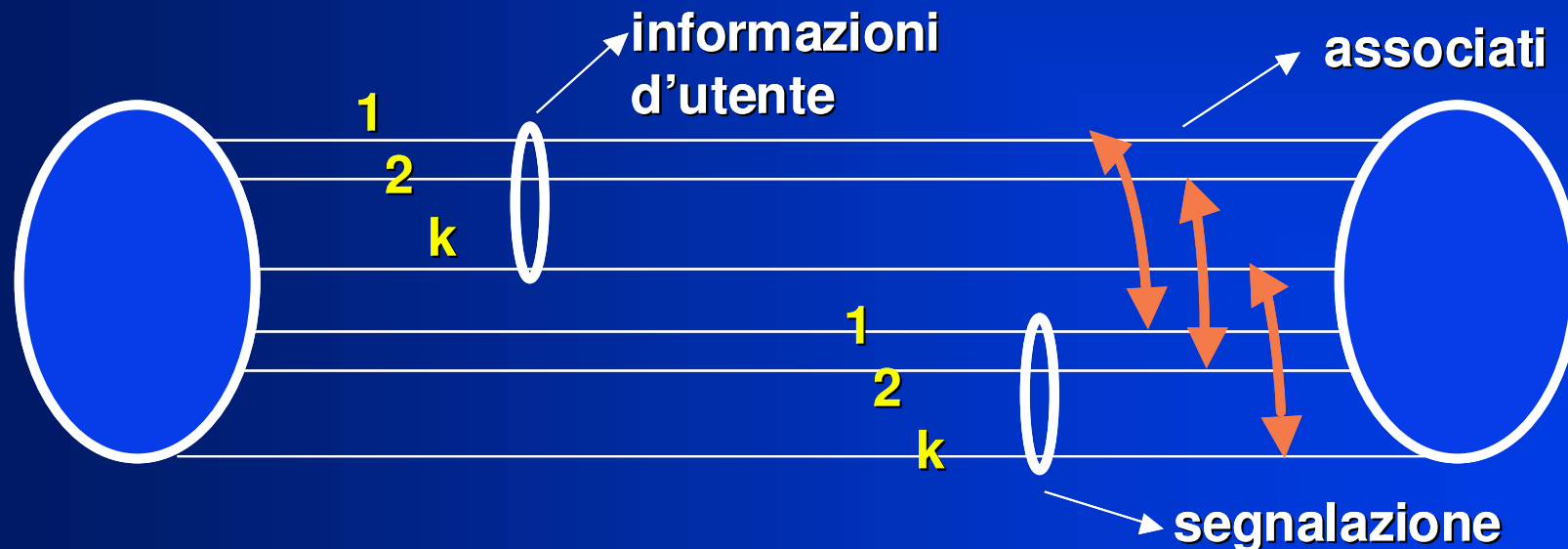
- **associata al canale**
  - **in banda**
  - **fuori banda**
- **a canale comune**

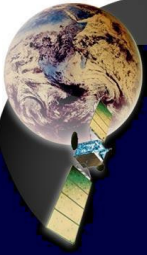


## Segnalazione associata al canale:

**esiste una corrispondenza biunivoca tra**

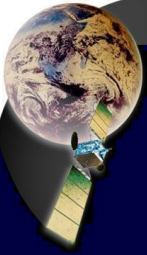
- **canale controllante (informazioni di segnalazione)**
- **canale controllato (informazioni di utente)**





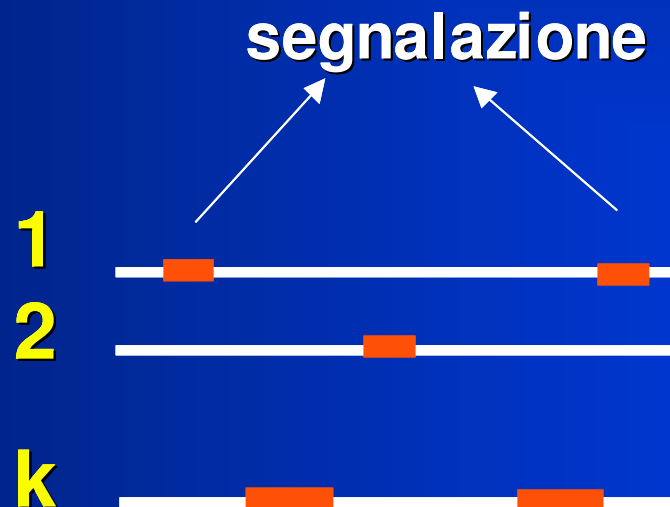
## **Segnalazione associata al canale:**

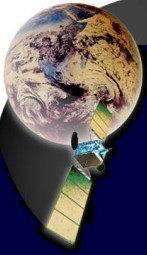
- **in banda (canale controllante e controllato coincidono)**
- **fuori banda (canale controllante e controllato distinti)**



## Segnalazione associata al canale:

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

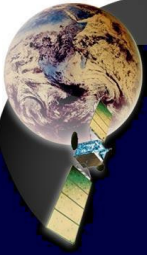




## Segnalazione associata al canale:

- fuori banda (canale controllante e controllato distinti)

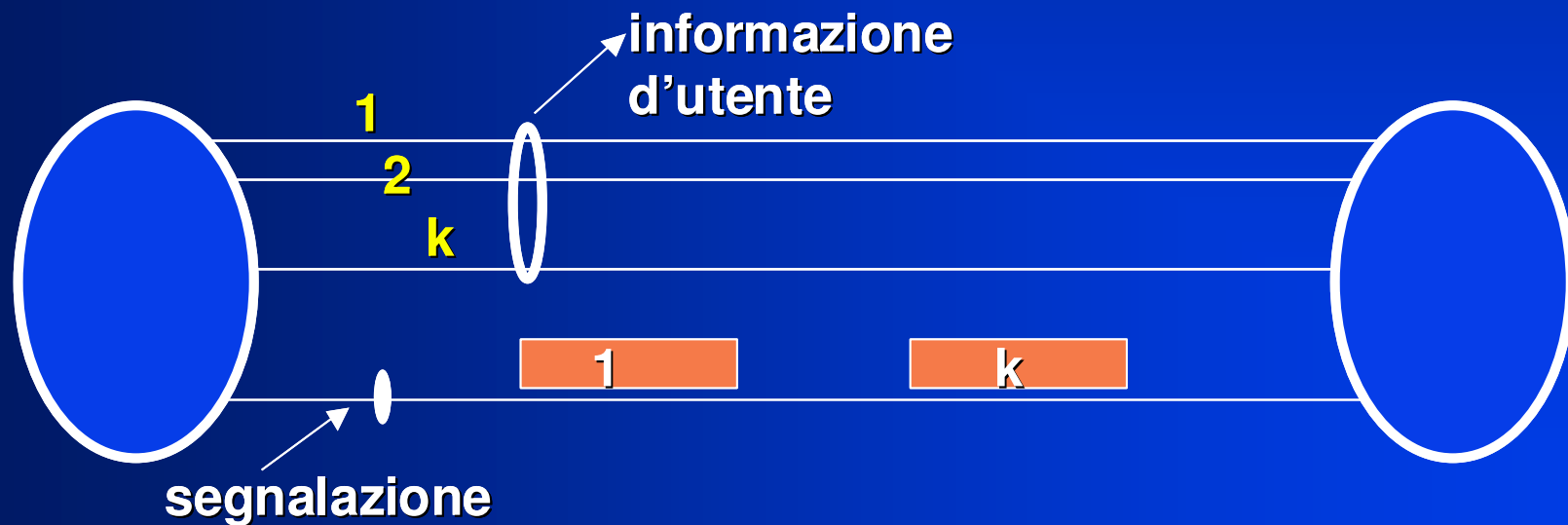




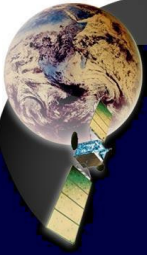
**Segnalazione associata al canale:**  
**usata in reti a circuito per telefonia o per dati**  
**di vecchia tecnologia**



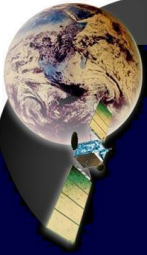
**Segnalazione a canale comune:**  
un canale di segnalazione controlla  
più canali di informazioni di utente  
il canale di segnalazione funziona a pacchetto





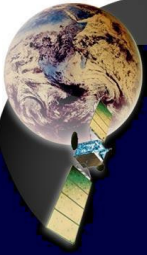


**Segnalazione a canale comune:**  
**usata nelle reti con tecnologie avanzate**

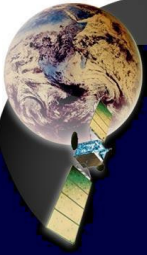


**Segnalazione a canale comune:**

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

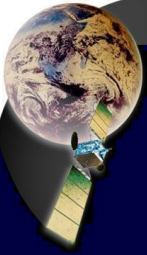


**L'uso della segnalazione a canale comune  
nelle nuove reti a circuito porta alla  
definizione di una rete di segnalazione**



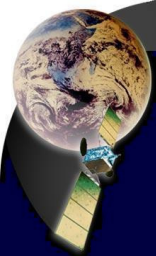
**Nella rete di segnalazione si identificano**

- **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**

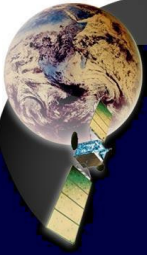
**Servizi, sorgenti e segnali**

**Infrastruttura di rete**

**Funzioni di rete**



**la commutazione**

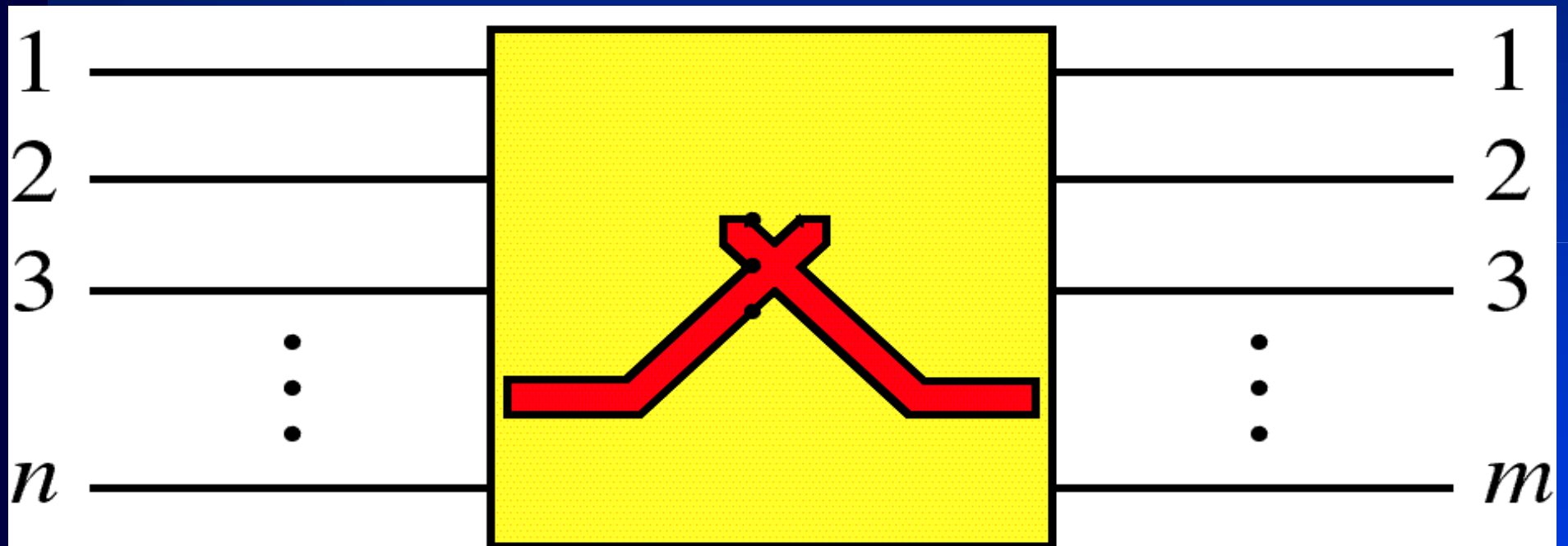


# *Instradamento e Commutazione*

- ❖ **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*

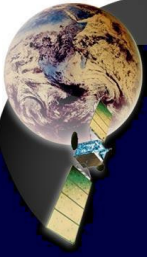
- ❖ Circuit Switching
- ❖ Packet Switching
- ❖ Message Switching



# ***Tecniche di commutazione in reti numeriche***

## **Commutazione**

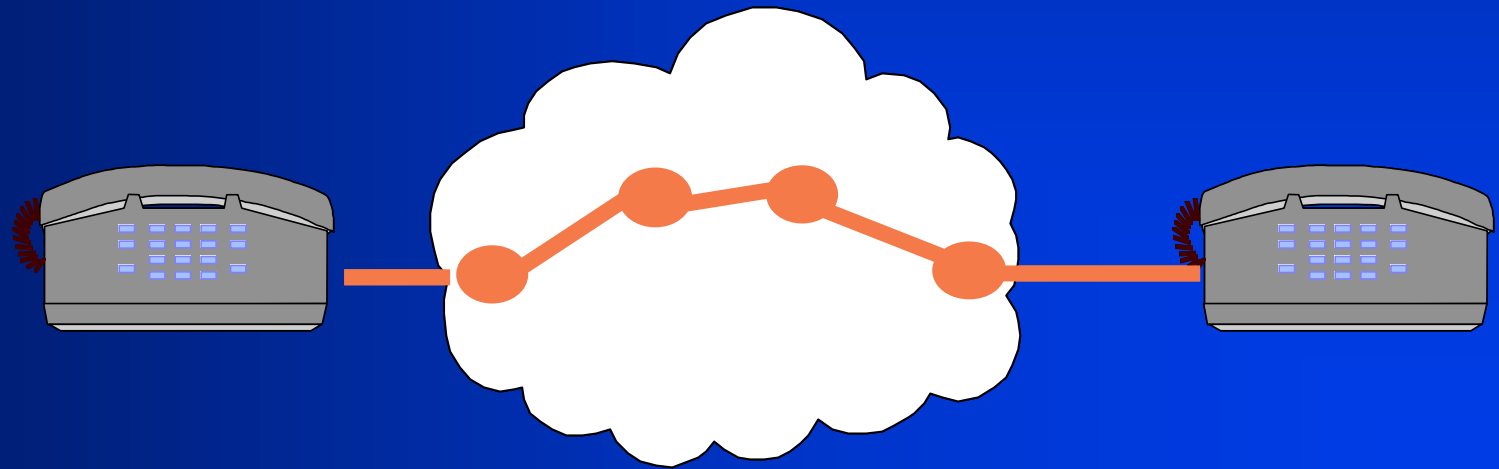
- **di circuito**
  - **nata con le reti telefoniche**
- **di pacchetto**
  - **nata con le reti di calcolatori**

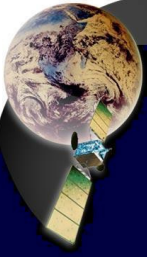


## Commutazione di circuito:

**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

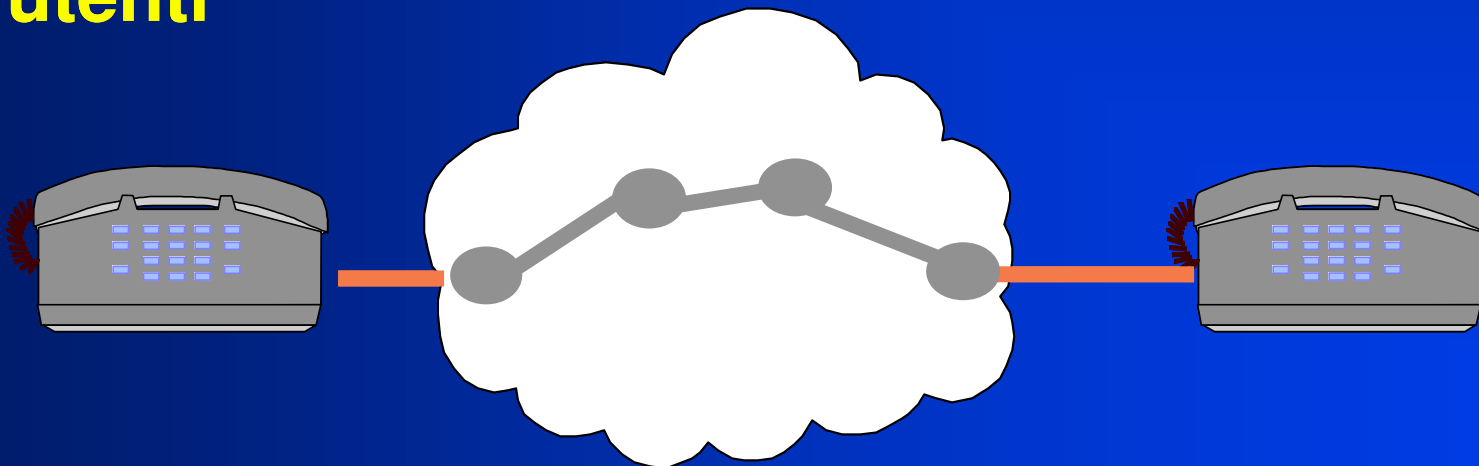




## Commutazione di circuito

**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**



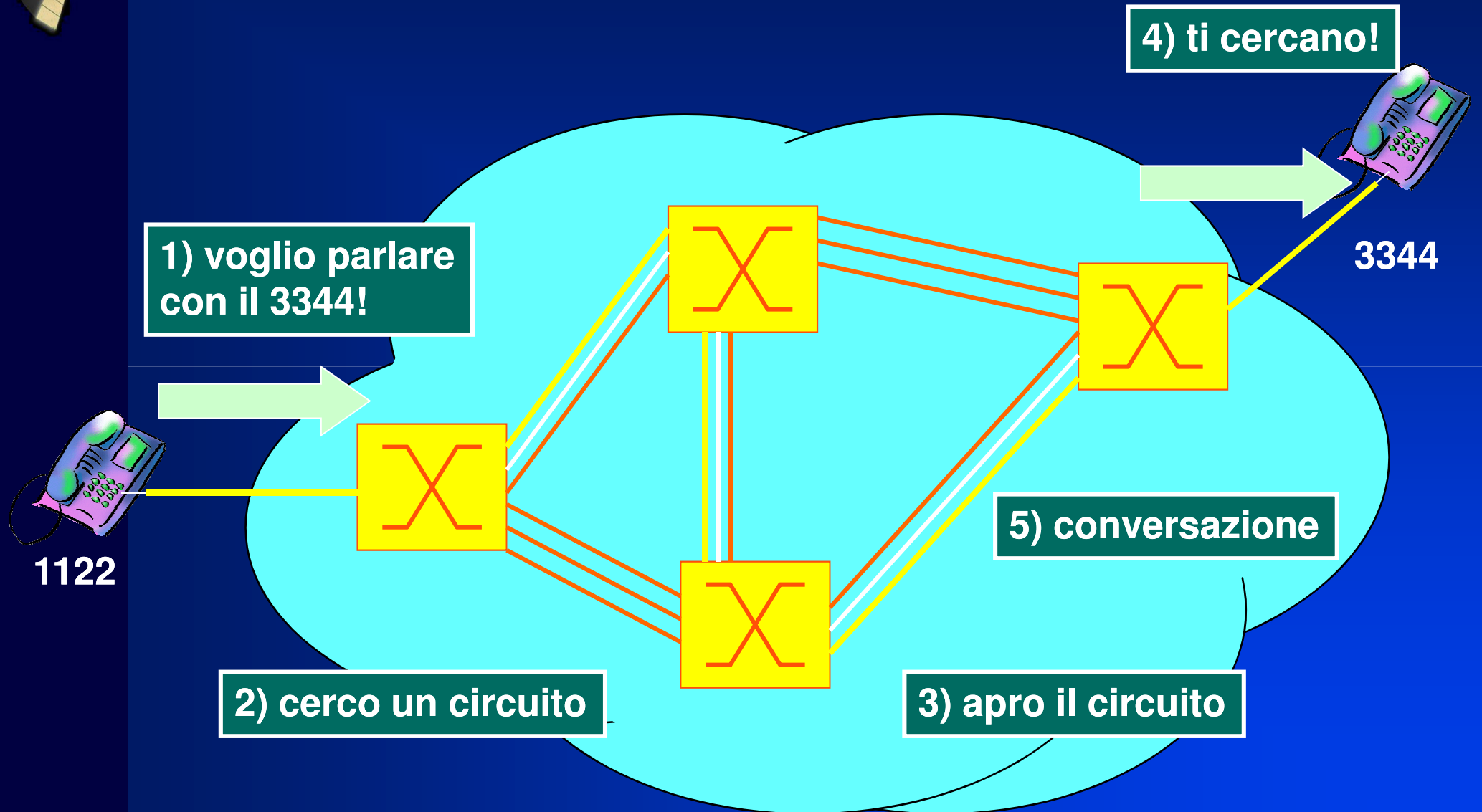


# *Commutazione di circuito*

**Tre fasi:**

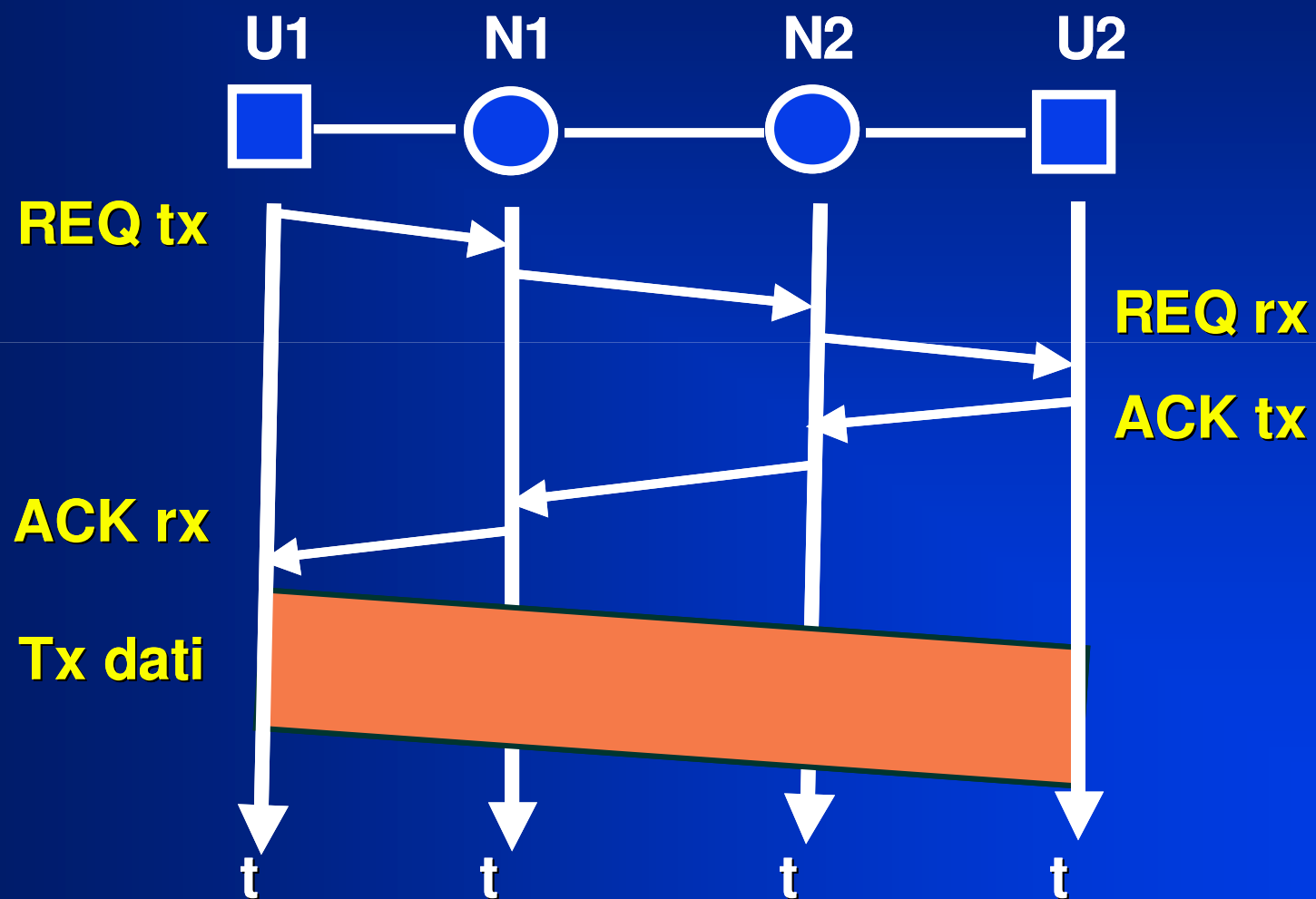
- **impegno**
- **trasferimento dati**
- **svincolo**

# Commutazione di circuito



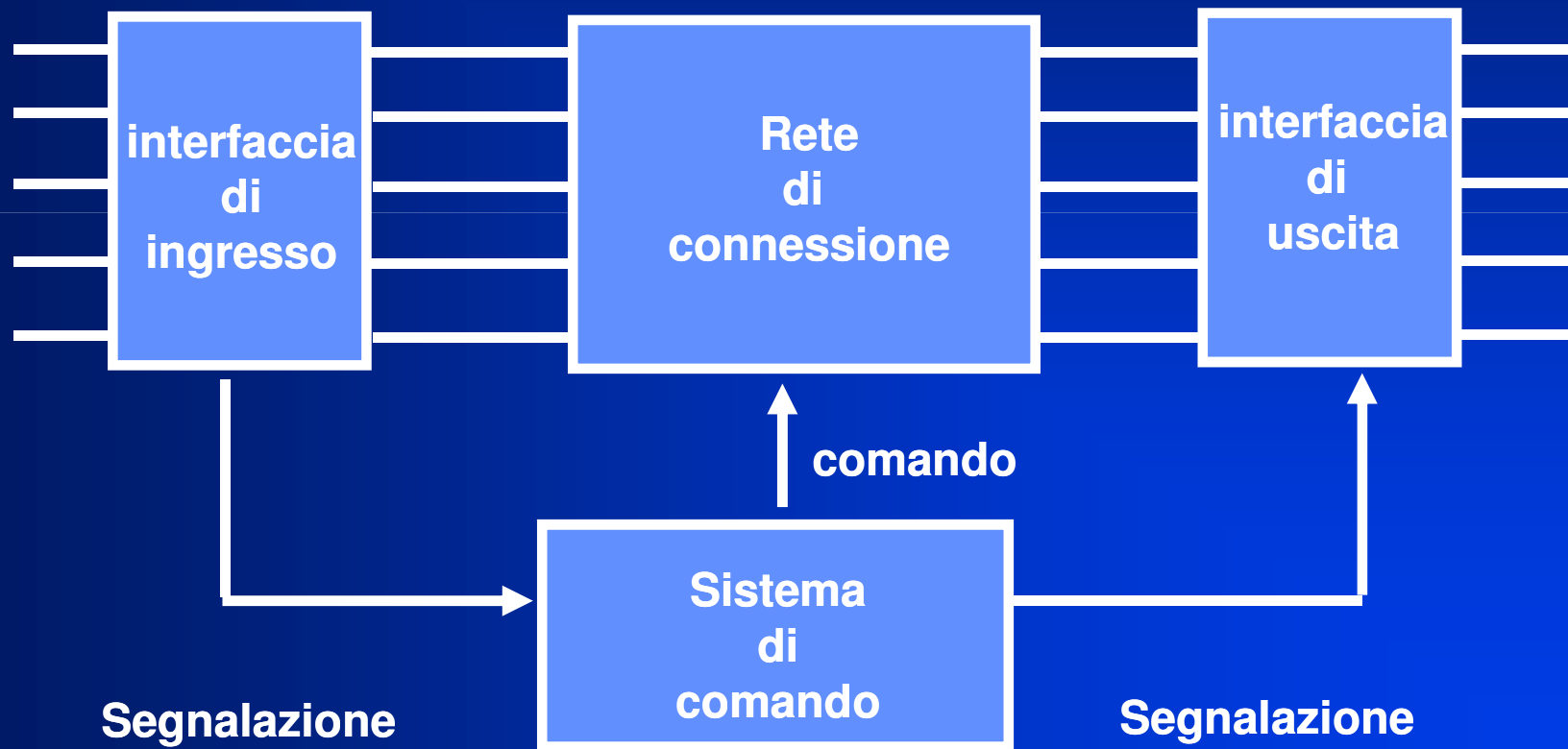


# *Commutazione di circuito*

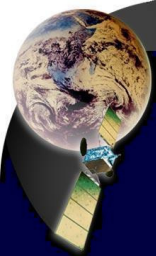




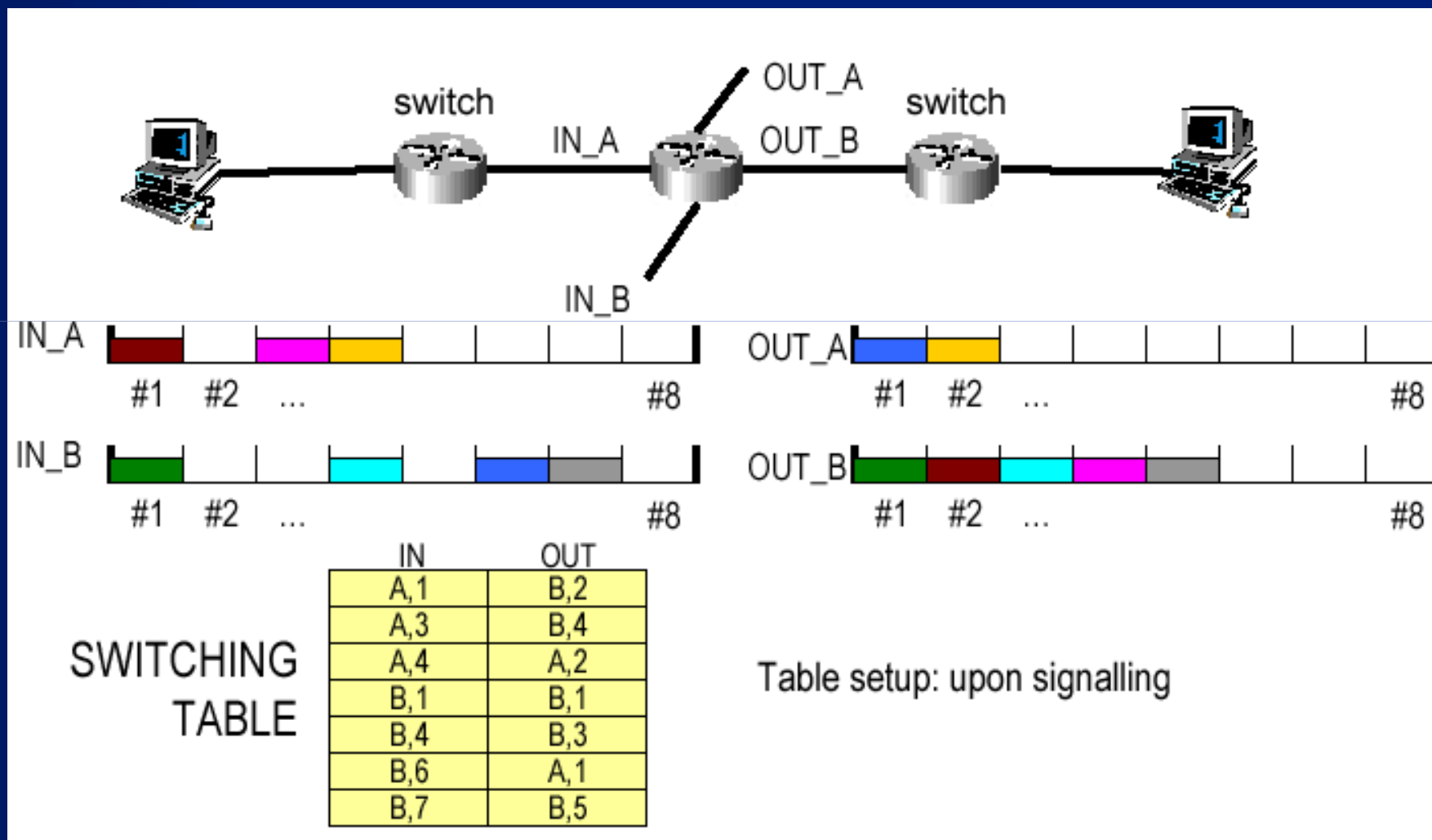
## *Struttura di nodo di rete a commutazione di circuito*

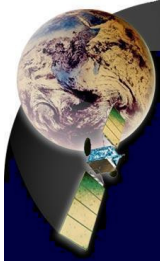






# Commutazione di circuito





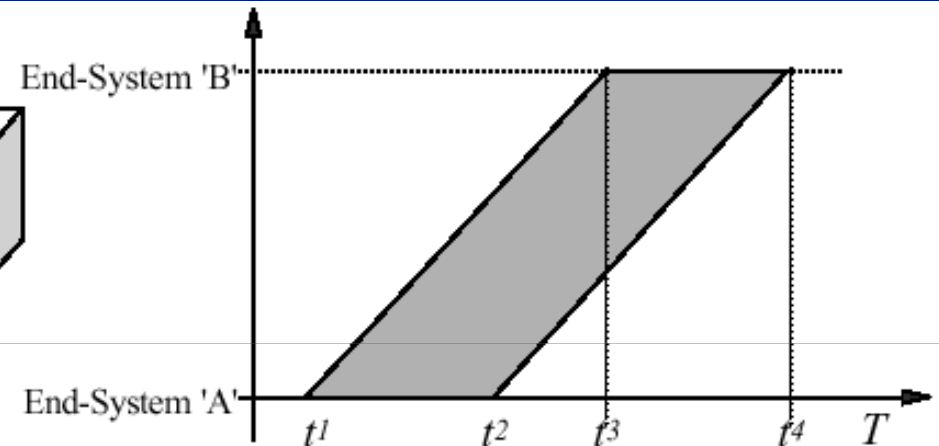
# *Commutazione di circuito*

## 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

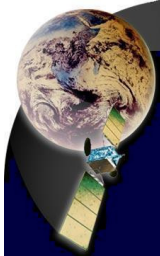


M = lunghezza del messaggio inviato sulla linea (in bit)

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

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

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



# *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  $\eta$  :**

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

- **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**

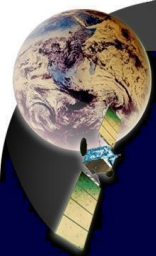
Esempio: si voglia trasmettere un file dati di piccole dimensioni, 1000 byte, su una rete con valore di  $C+R = 2 \text{ s}$

**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!)**

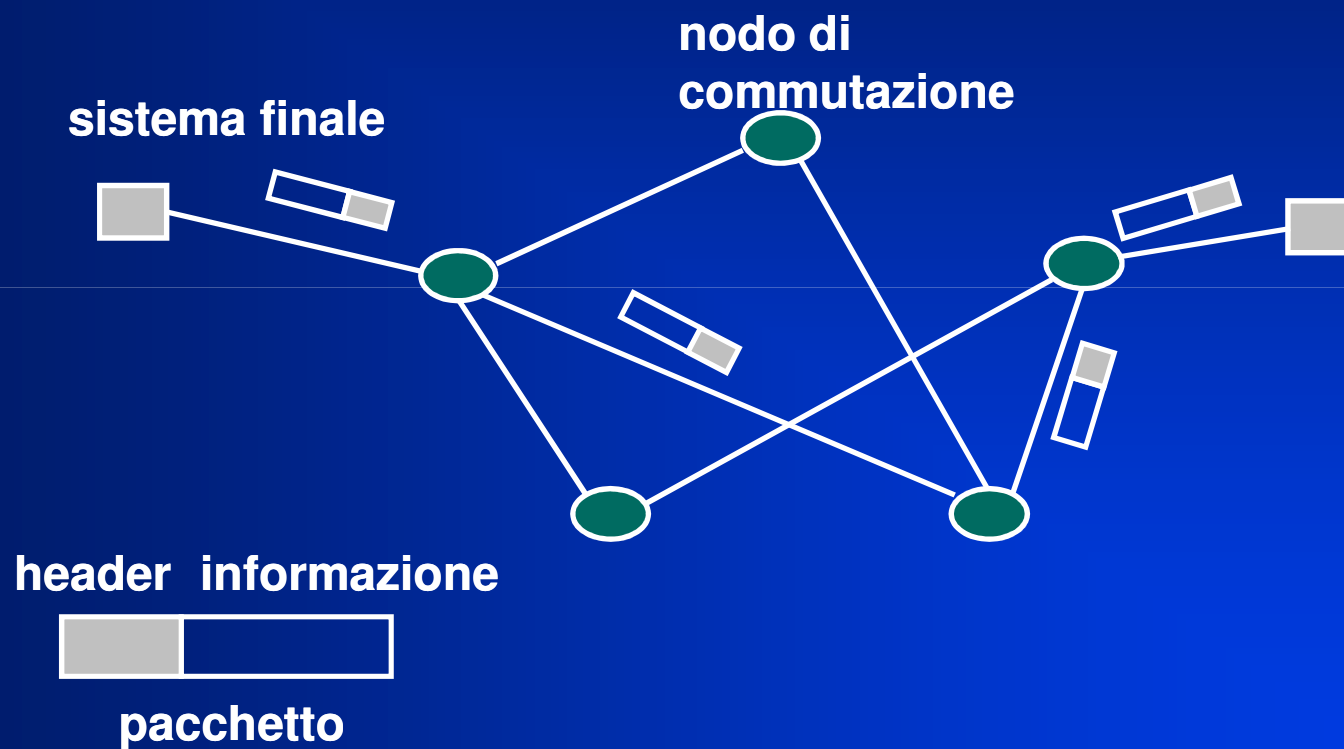
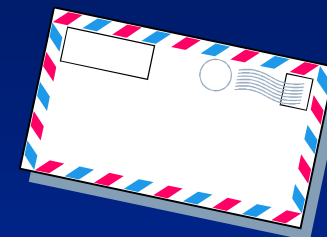
**se scegliamo una velocità più ragionevole, es.**

**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*



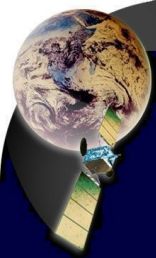


## Commutazione di pacchetto:

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

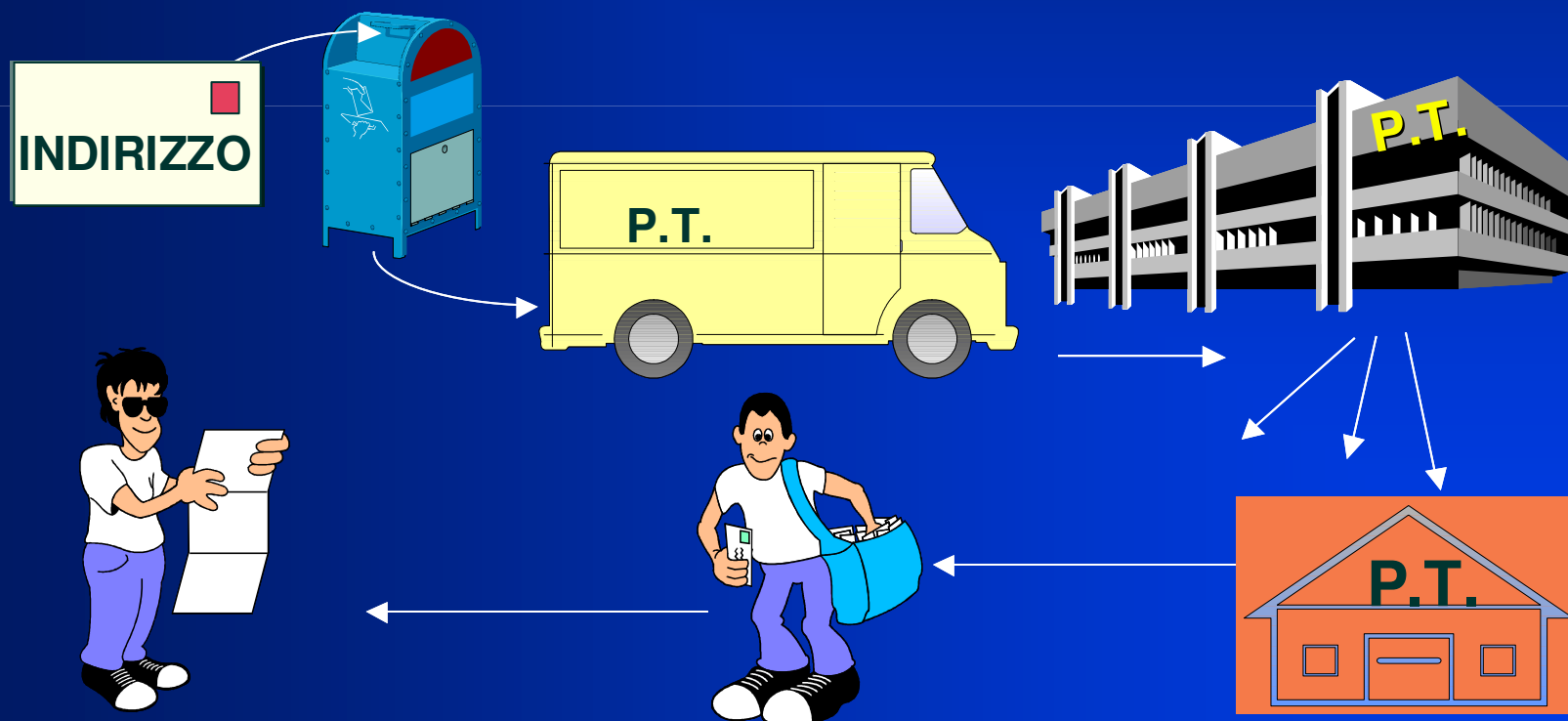
**Studiata espressamente per sorgenti intermittenti (bursty)**





# *Commutazione di pacchetto*

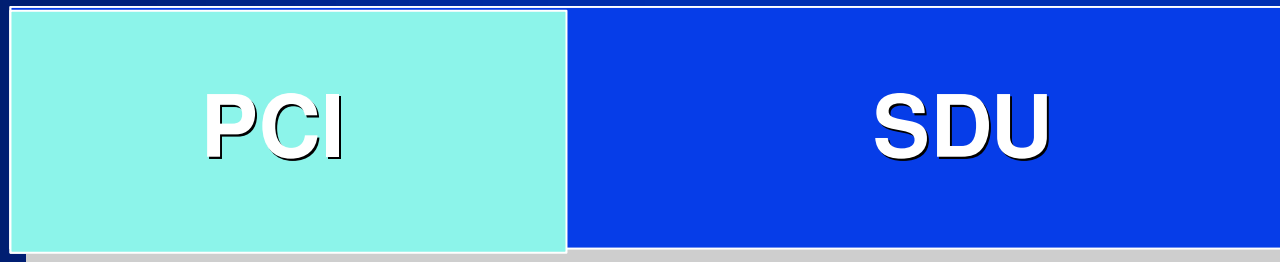
**Funzionamento analogo al sistema postale:  
si utilizzano diversi mezzi per far arrivare  
a destinazione una lettera**





# *Commutazione di pacchetto*

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

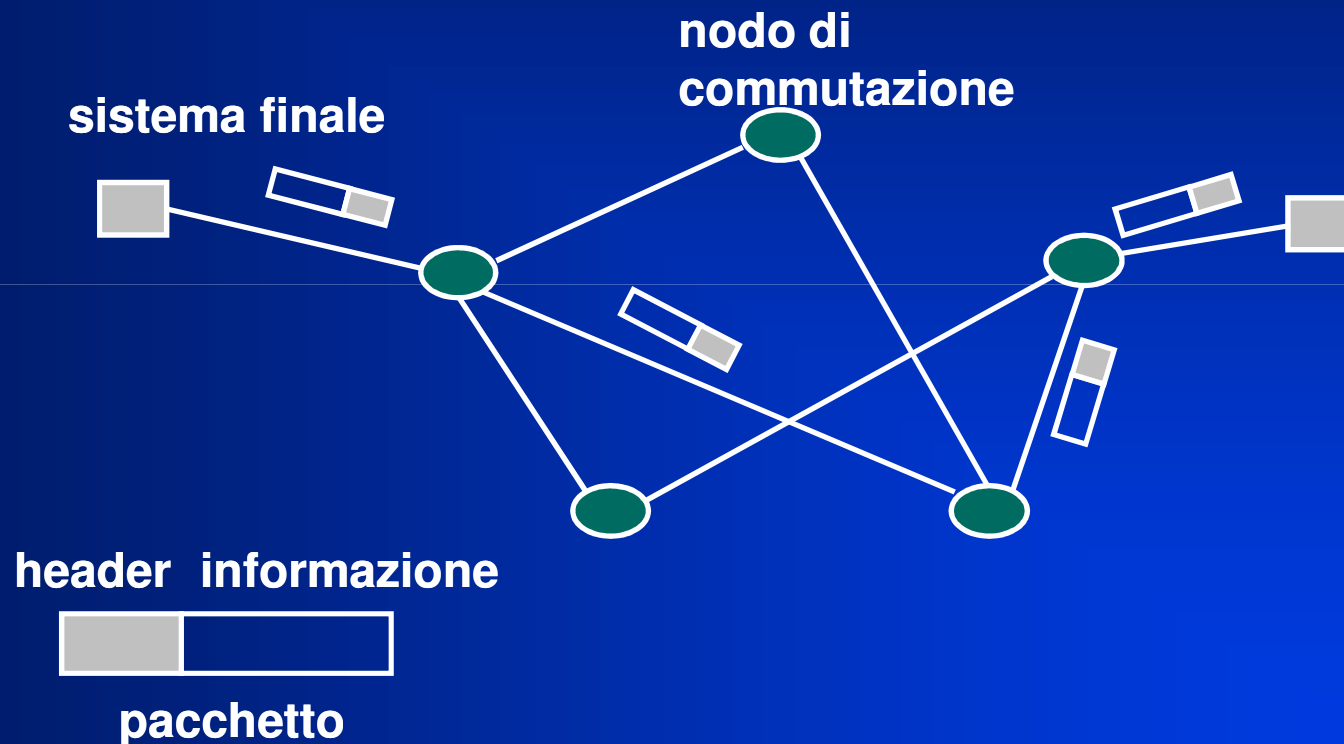
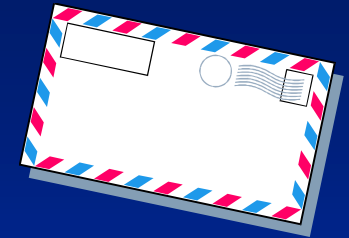


**PCI** = protocol control information  
(informazione di controllo)

**SDU** = service data unit (informazione di  
utente)



# *Commutazione di pacchetto*

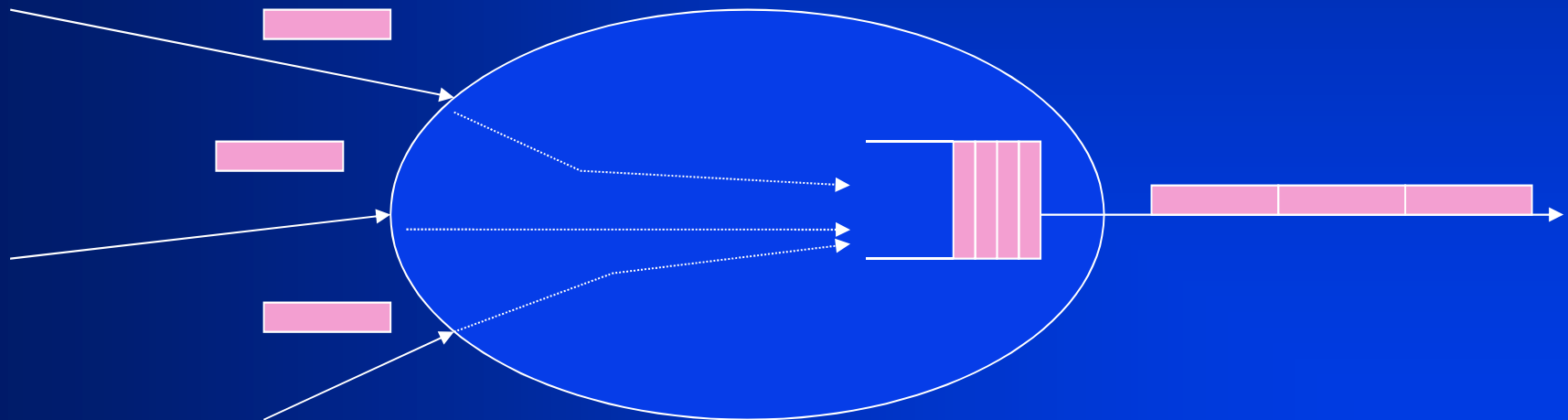


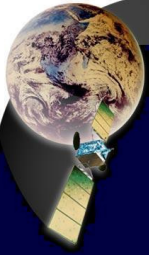
- ❖ **Instradamento sulla base dell'header del pacchetto e successiva commutazione verso i nodi d'uscita**



# 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





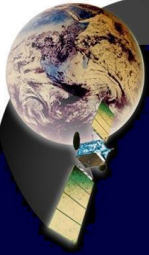
## ***Store-and-forward***

**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**

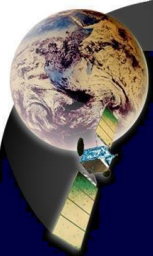
- **memorizza i primi byte del pacchetto**
- **determina il canale su cui inoltrarlo**
- **inizia immediatamente la ritrasmissione del pacchetto senza attendere la completa ricezione**



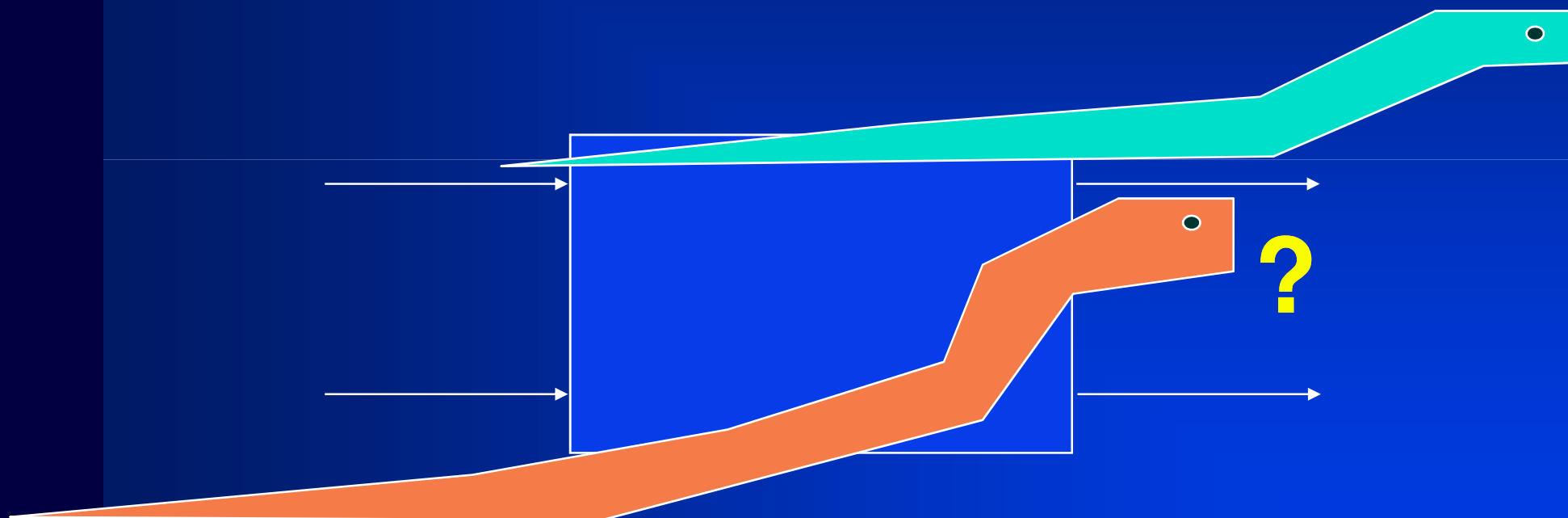
## ***Funzionamento non “store and forward”***

- **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”

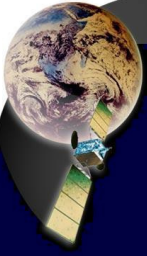




## **funzionamento non “store and forward”**

**Il canale di uscita può essere occupato:**

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

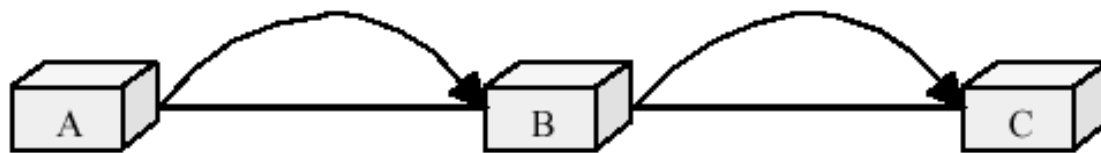


# cut-through

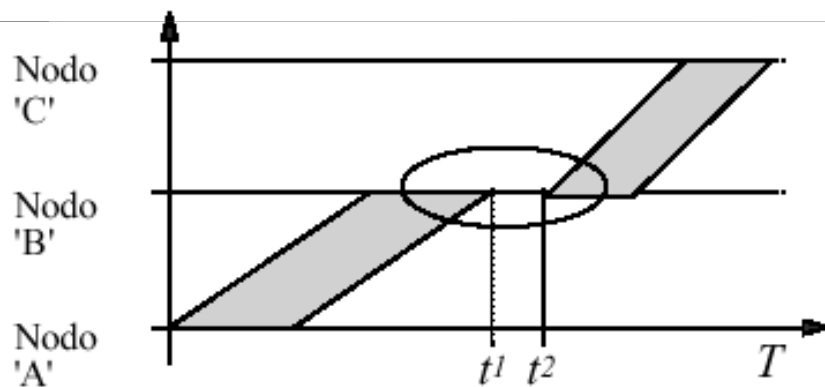
- simile allo store-and-forward
- perdite di pacchetti a fronte di congestione
- necessità di molta memoria nei nodi
- riduzione delle latenze solo con basso traffico



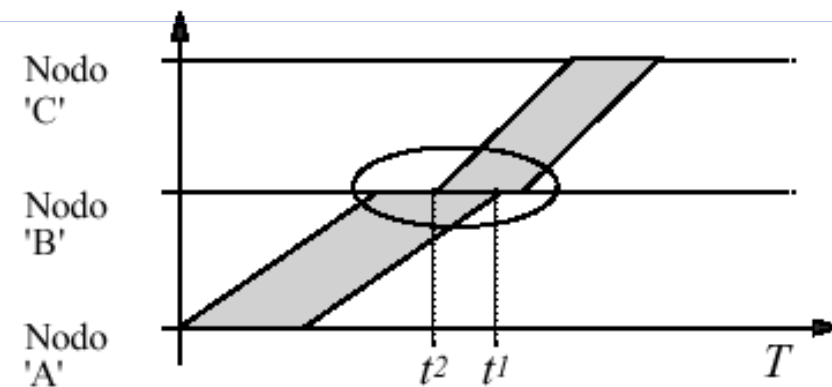
# Modalità di attraversamento di un nodo



$t^1$  = 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**

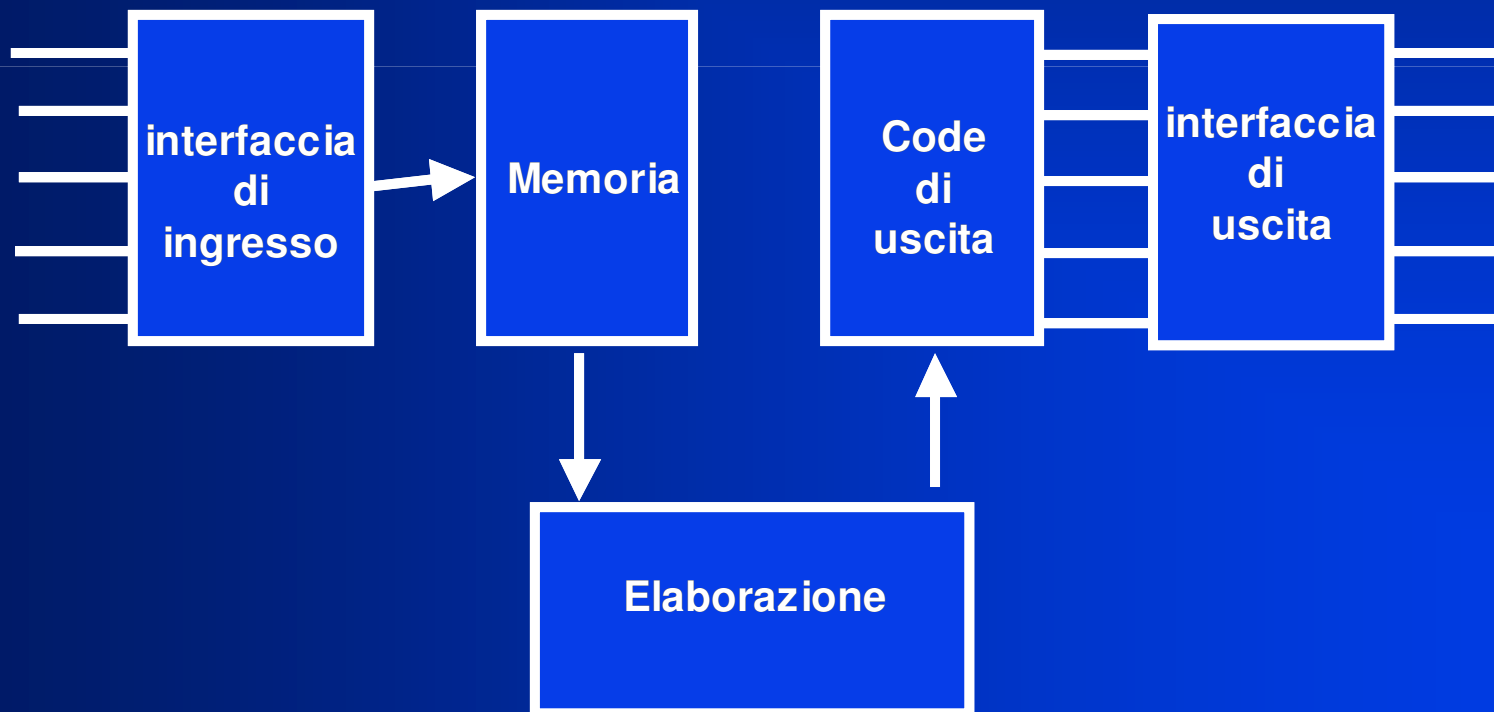


**Nodo B cut-through**



# *Commutazione di pacchetto*

## Struttura di un nodo di rete a commutazione di pacchetto





# *Commutatori a pacchetto*

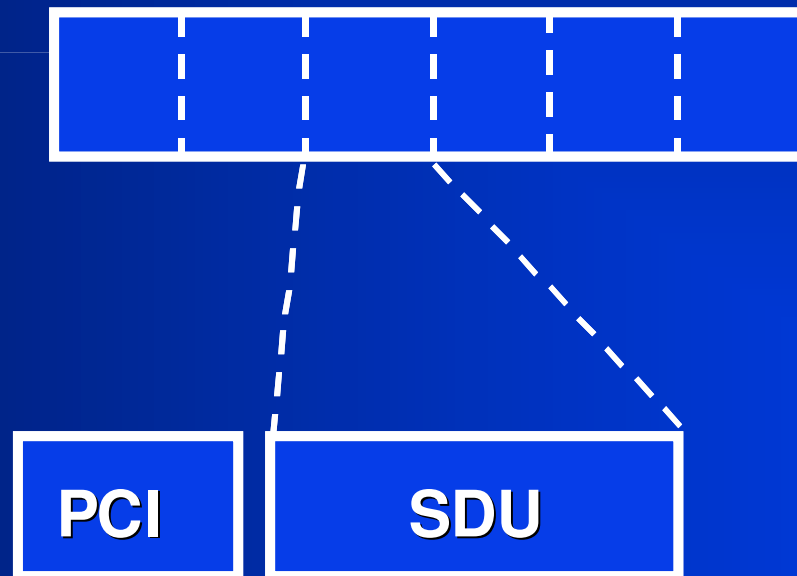
## **memorizzazione**

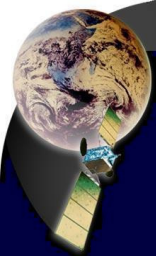
- **alle uscite**
- **agli ingressi**
- **mista**



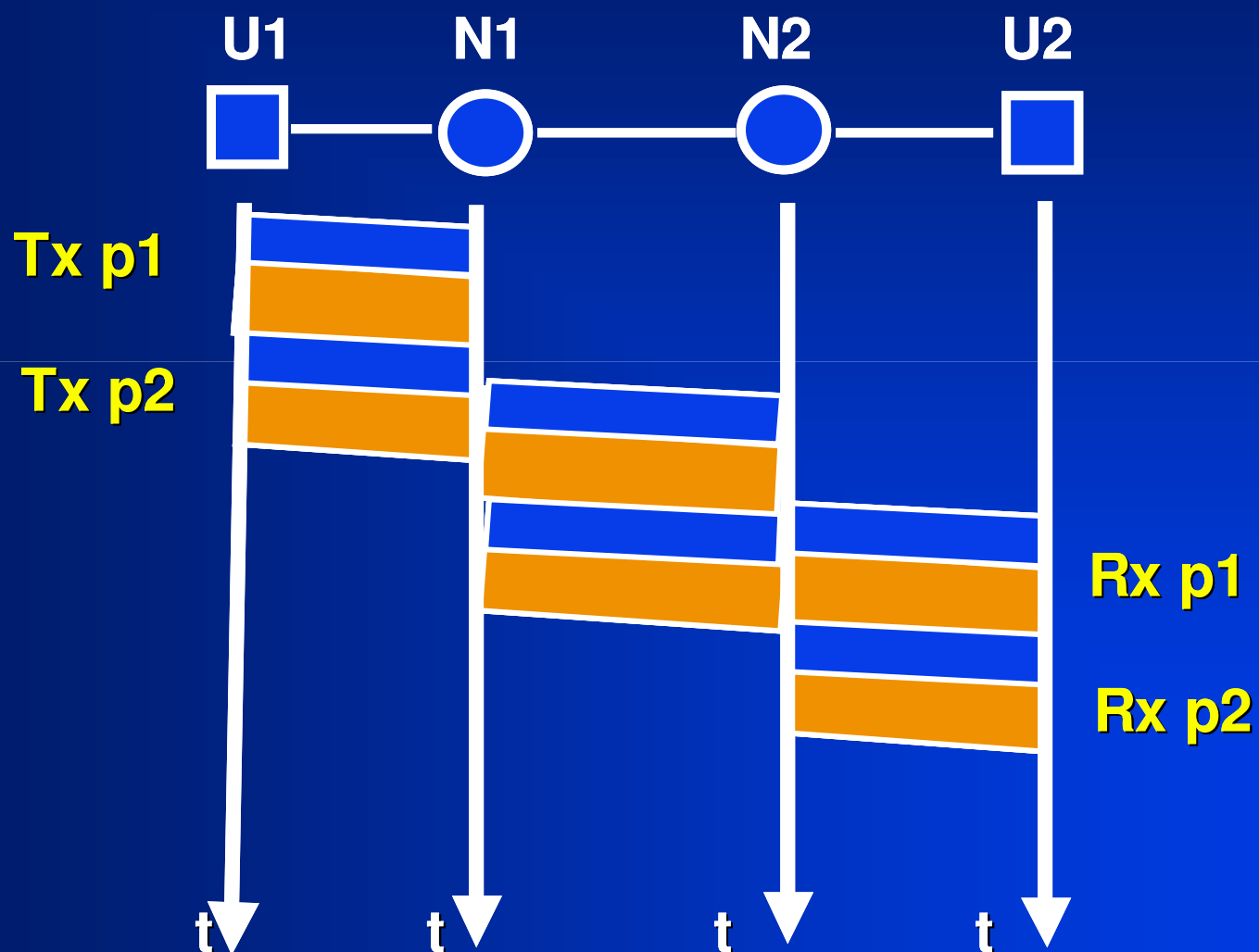
# *Commutazione di pacchetto*

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

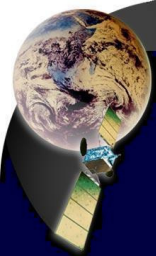




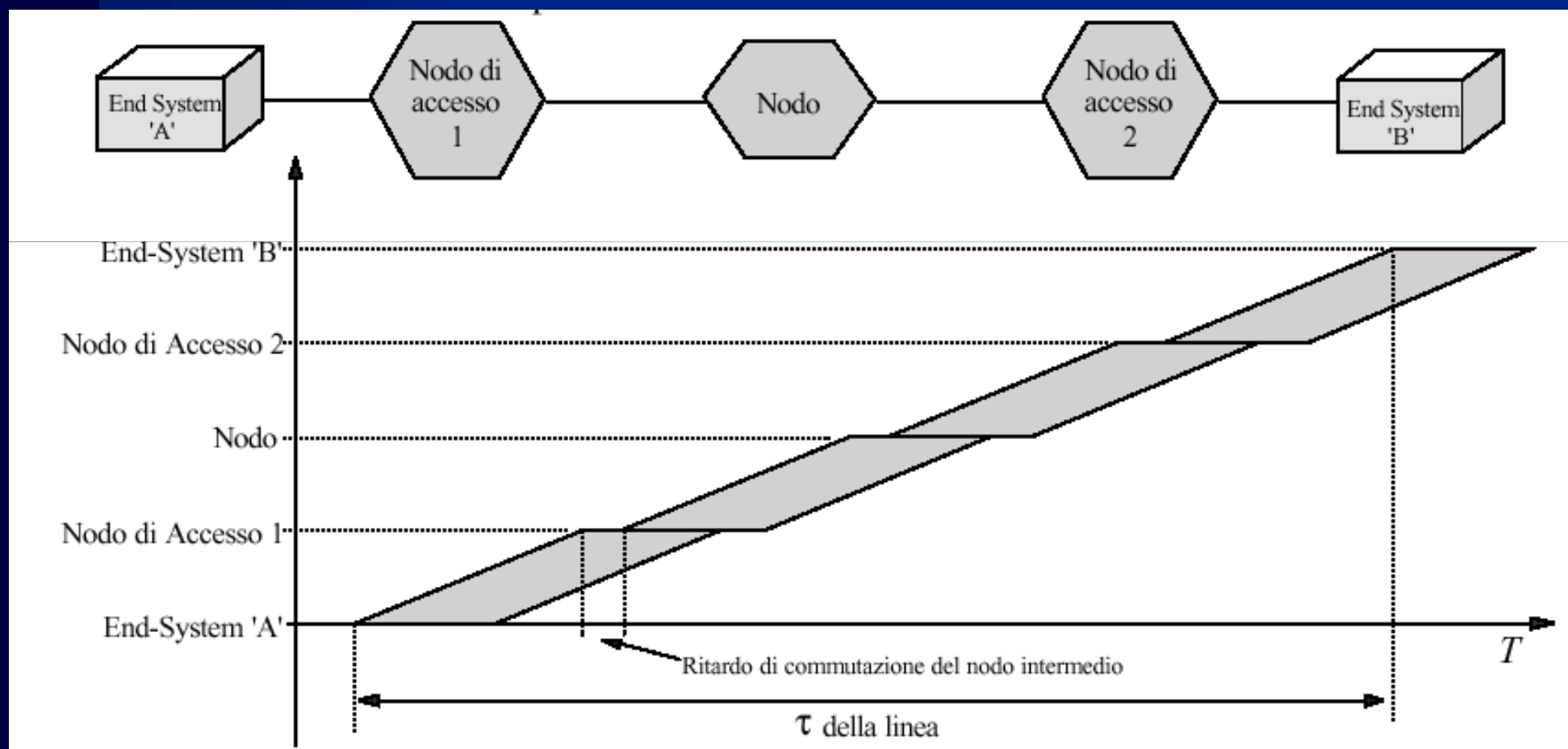
# *Commutazione di pacchetto*

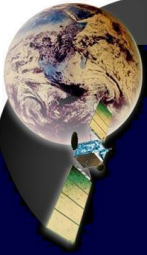






# Commutazione di pacchetto

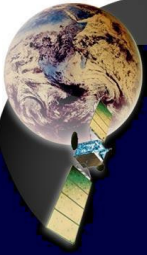




**La lunghezza dei pacchetti è determinata da**

- possibilità di parallelizzazione**

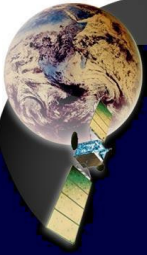
**pacchetti brevi favoriscono la trasmissione  
in parallelo su canali diversi di pacchetti di  
una stessa comunicazione**



**La lunghezza dei pacchetti è determinata da**

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione

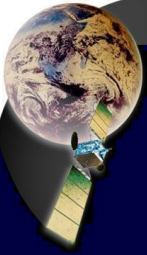
**pacchetti brevi riducono il ritardo di  
pacchettizzazione**



**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**

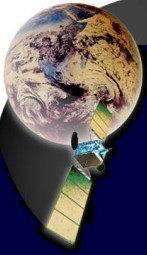


**Pacchetti lunghi riducono la percentuale di informazione di controllo**

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

**frazione di informazione di controllo**

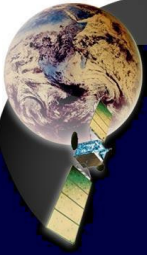
$$p / (s + p)$$



## **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  $p$