



FONDAMENTI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. S. Marano

Università della Calabria

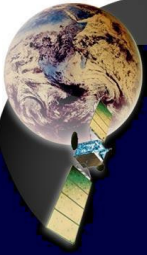
A.A. 2009-2010



Tecniche di commutazione

commutazione = allocazione di risorse

- **commutazione di circuito = allocazione preventiva delle risorse necessarie ad un trasferimento di informazione**
- **commutazione di pacchetto = allocazione progressiva delle risorse necessarie ad un trasferimento di informazione**



Commutazione di pacchetto

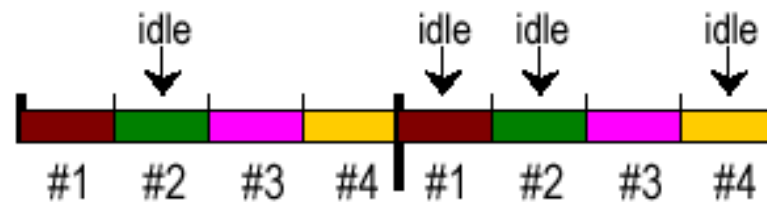
- **vantaggi rispetto alla commutazione di circuito**
- **utilizzo efficiente delle risorse anche in presenza di traffico intermittente**



Statistical Multiplexing

the advantage of packet switching

Circuit switching:
Each slot uniquely
Assigned to a flow

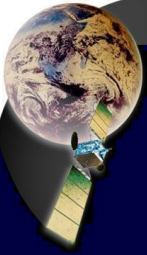


Full capacity does not imply full utilization!!

Packet switching:
Each packet grabs
The first slot available

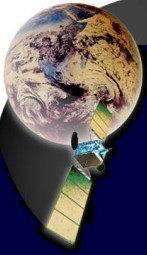


More flows than nominal capacity may be admitted!!



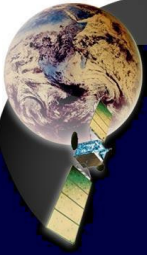
Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- possibilità di controllo di correttezza lungo il percorso



Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- possibilità di conversioni di velocità, formati, protocolli



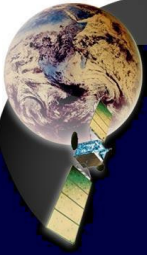
Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- **tariffazione in funzione del traffico trasmesso**



Commutazione di pacchetto

- **svantaggi rispetto alla commutazione di circuito**
- **elaborazione di ogni pacchetto in ogni nodo**



Commutazione di pacchetto

- svantaggi rispetto alla commutazione di circuito
 - ritardo di trasferimento variabile



Ritardi nelle reti a commutazione di pacchetto

**I pacchetti subiscono
ritardi sul percorso end-
to-end**

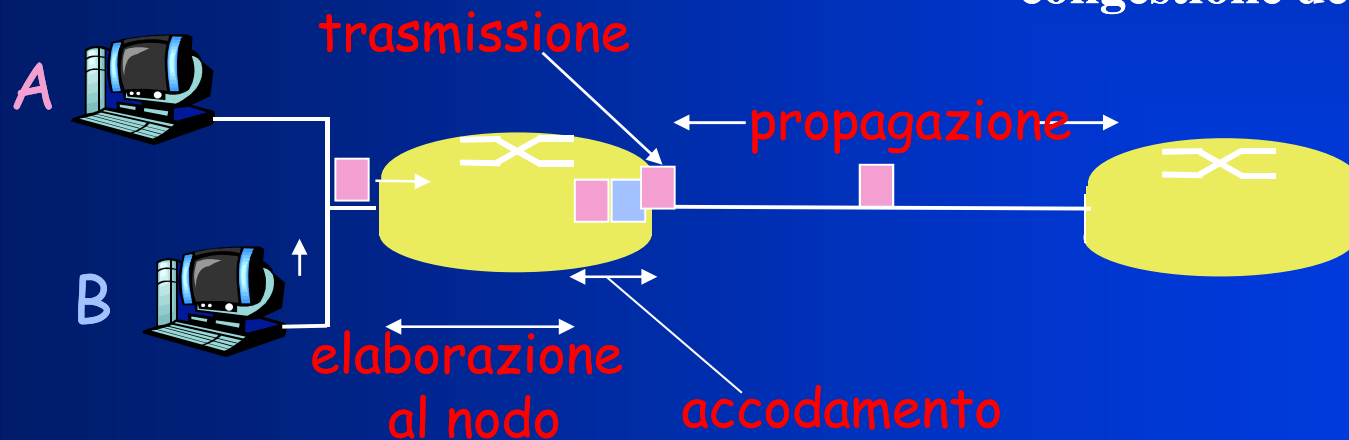
❖ **quattro fonti di ritardo ad
ogni hop**

❖ **Ritardo di elaborazione:**

- controllare bit errati
- determinare il link di uscita

❖ **Ritardo di accodamento**

- attesa per trasmissione sul link di uscita
- dipende dal livello di congestione del nodo





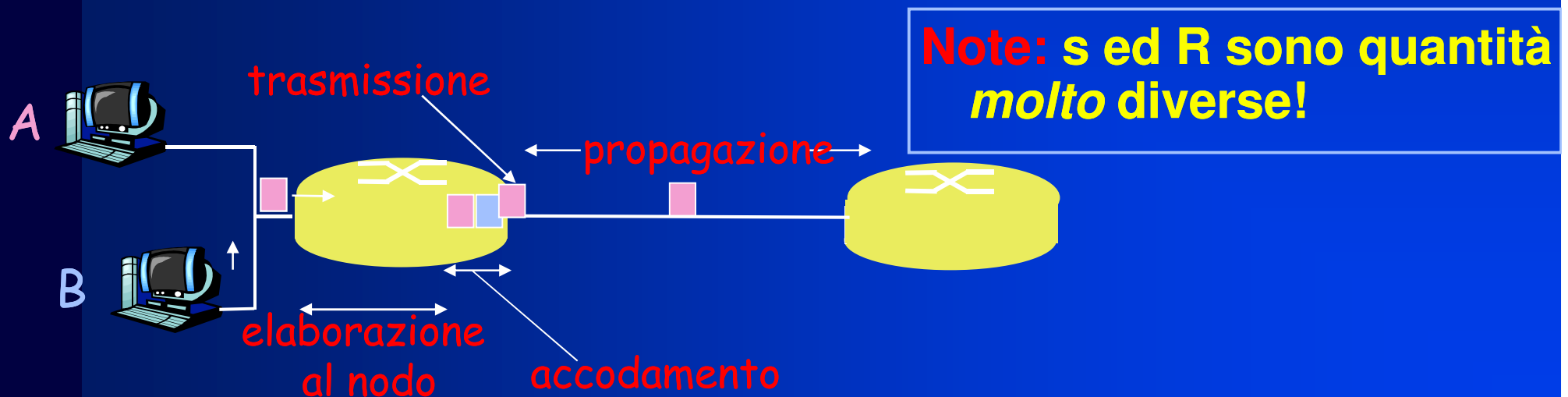
Ritardi nelle reti a commutazione di pacchetto

Ritardo di trasmissione:

- ❖ R = banda del link (bps)
- ❖ L = lunghezza pacchetto (bits)
- ❖ tempo per inviare i bit sul link = L/R

Ritardo di propagazione:

- ❖ d = lunghezza del canale fisico
- ❖ s = velocità di propagazione nel mezzo ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- ❖ ritardo di propagazione = d/s

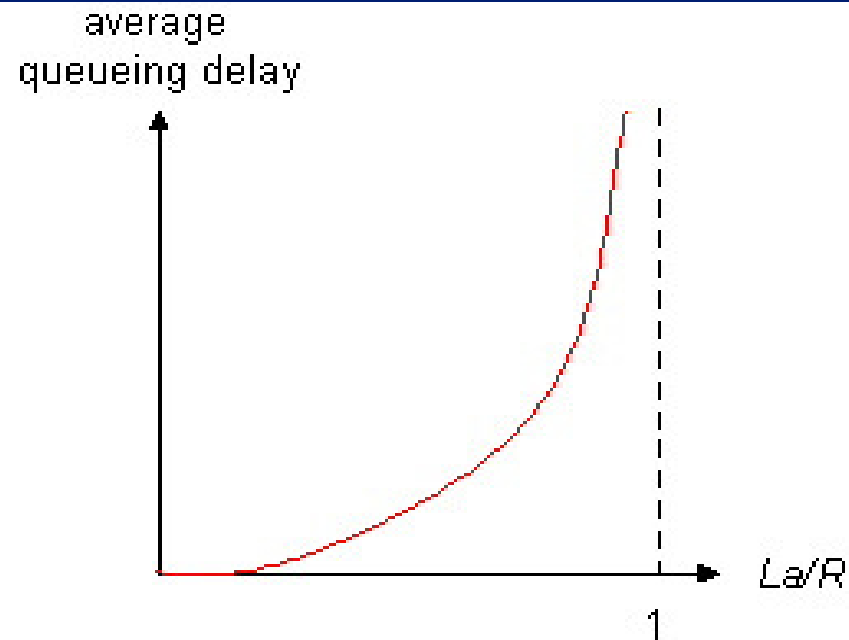




Ritardo di accodamento

- ❖ R =banda del link (bps)
- ❖ L =lunghezza pacchetto (bits)
- ❖ a =tasso di arrivo medio di pacchetti (pack/s)

Intensità di traffico = $\lambda a/R$



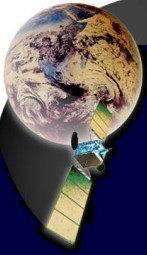
- ❖ $\lambda a/R \sim 0$: ritardo medio in coda piccolo
- ❖ $\lambda a/R \rightarrow 1$: i ritardi crescono
- ❖ $\lambda a/R > 1$: arrivano più pacchetti di quelli che si riesca a gestire, ritardo medio infinito!



Modi di servizio di una rete a pacchetto

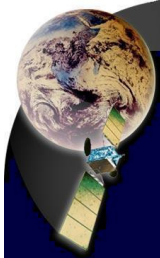
I servizi di una rete a commutazione di pacchetto possono essere

- **datagram (senza connessione)**
- **circuito virtuale (con connessione)**

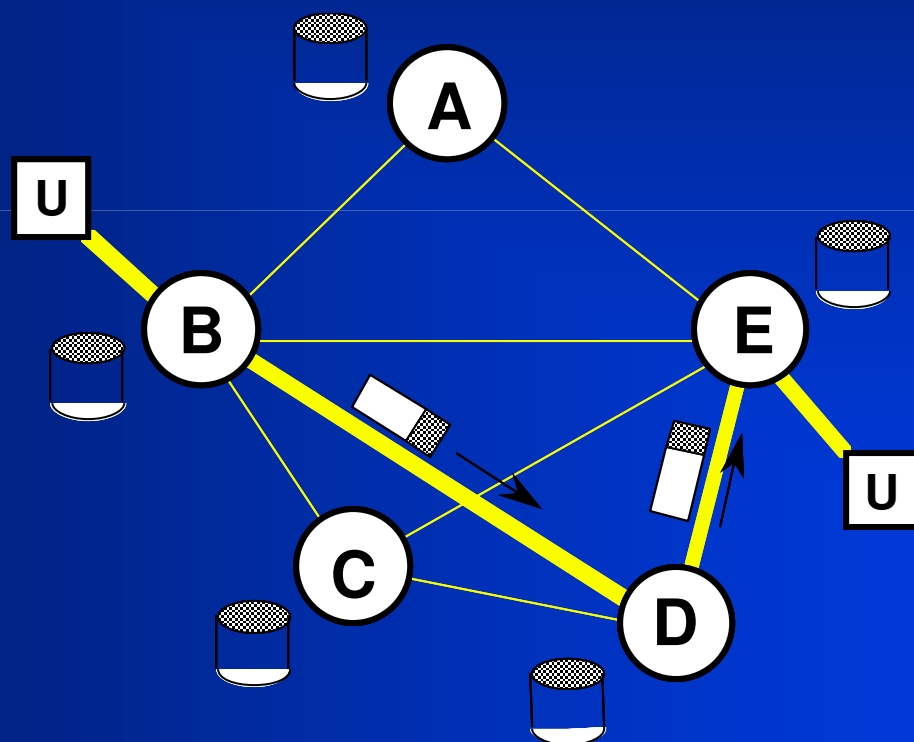


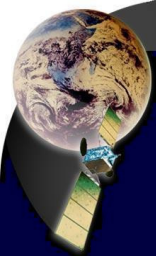
Servizio circuito virtuale (con connessione)

- **la comunicazione è suddivisa in tre fasi**
 - **apertura connessione**
 - **trasferimento dati**
 - **chiusura connessione**
- **esiste un accordo preliminare tra i due interlocutori e il fornitore del servizio**
- **pacchetti diversi con uguale sorgente e destinazione seguono tutti lo stesso percorso**

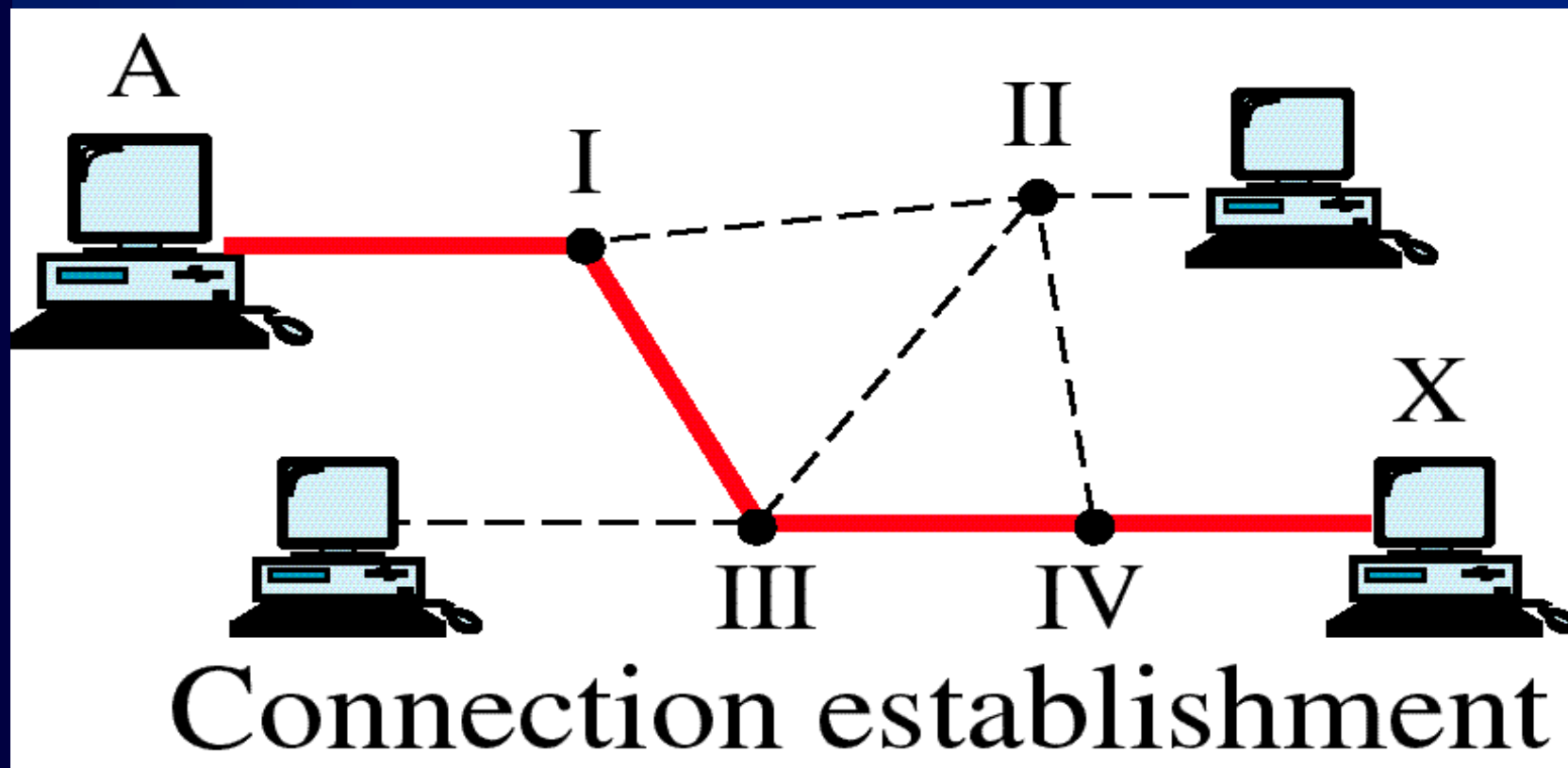


Funzionamento di una rete a circuito virtuale



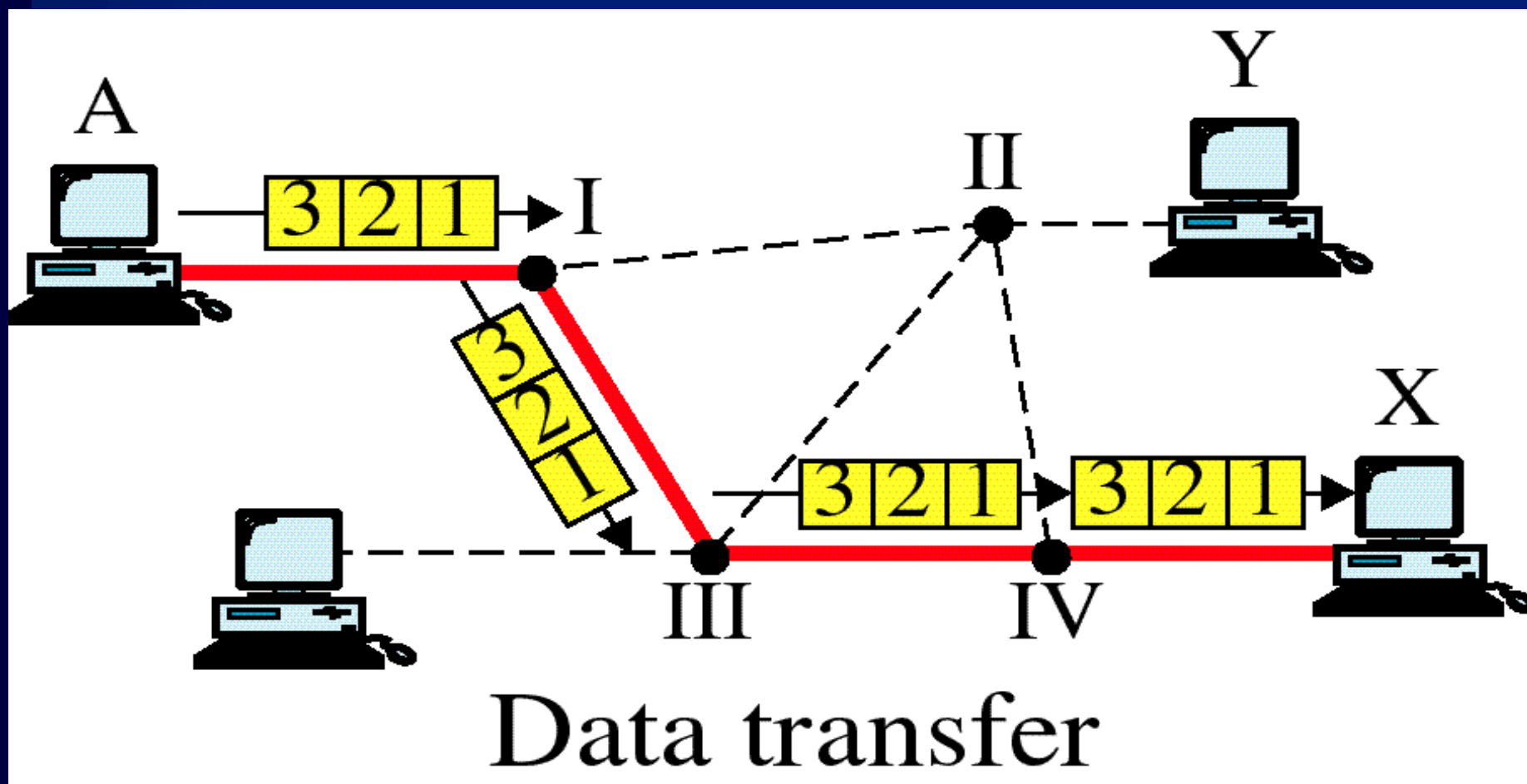


Switched Virtual Circuit



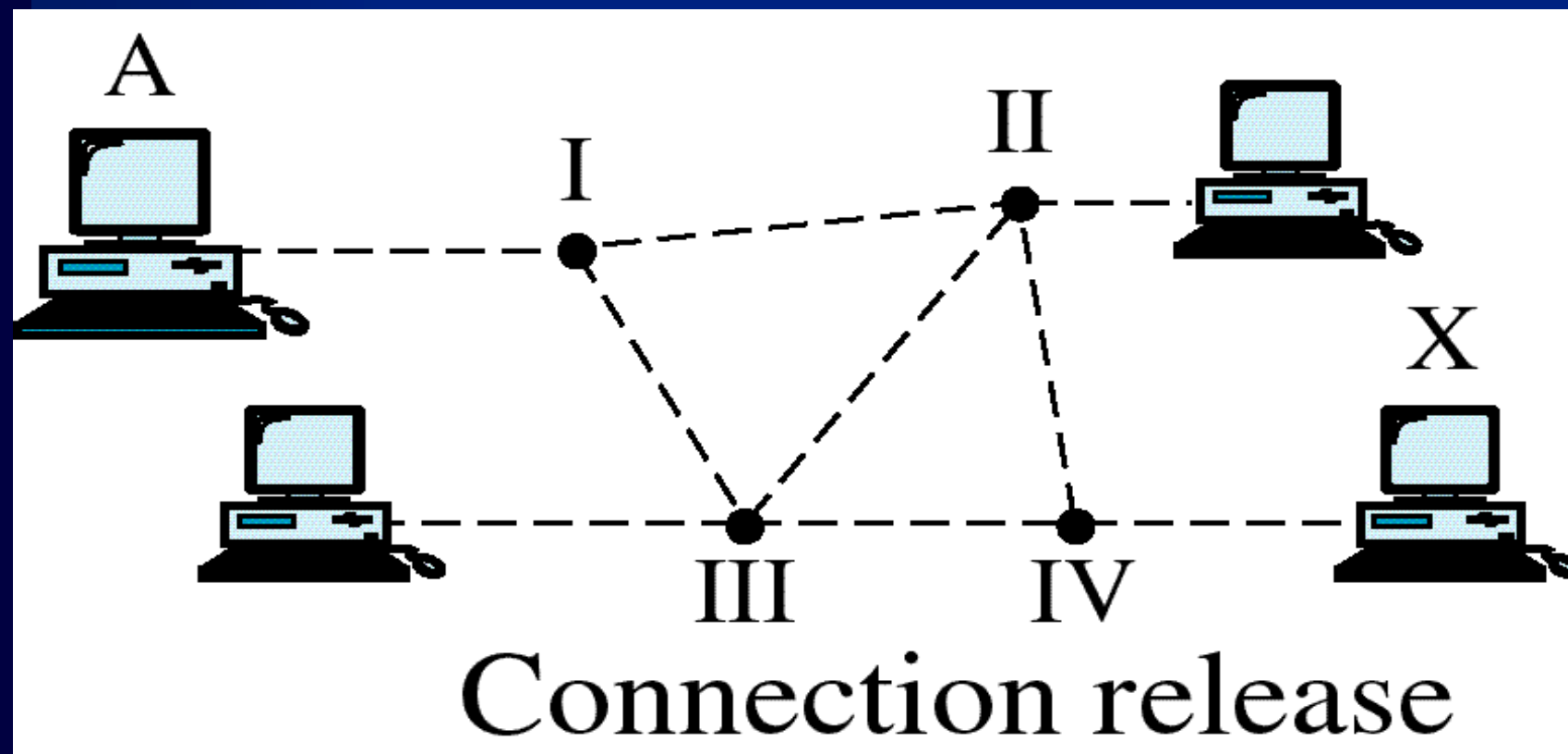


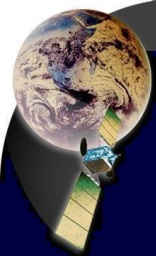
Switched Virtual Circuit





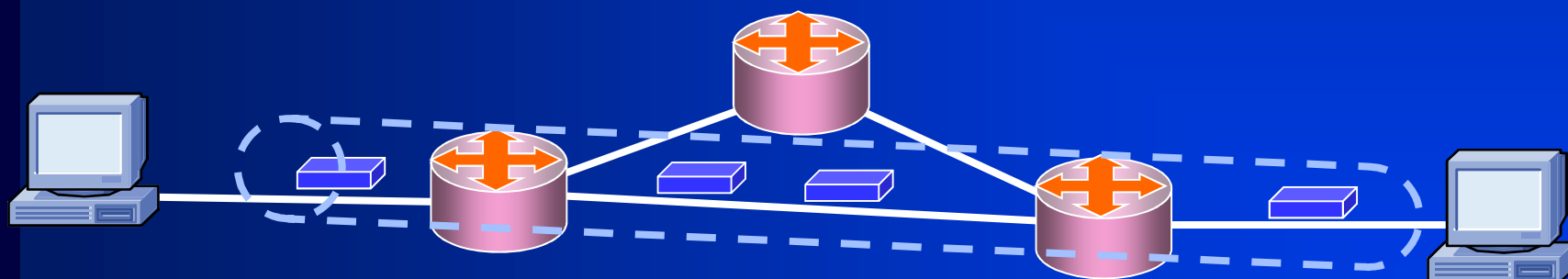
Switched Virtual Circuit





Servizio circuito virtuale

- ❖ i nodi identificano i pacchetti di un flusso informativo sulla base di un **identificativo di circuito virtuale (VCI o label)**
- ❖ il circuito virtuale viene instaurato in una fase di setup prima della fase dati





Servizio circuito virtuale

- ❖ Dopo la fase di setup i pacchetti seguono tutti lo stesso percorso in rete perché sono instradati sulla base dell'identificativo di circuito virtuale

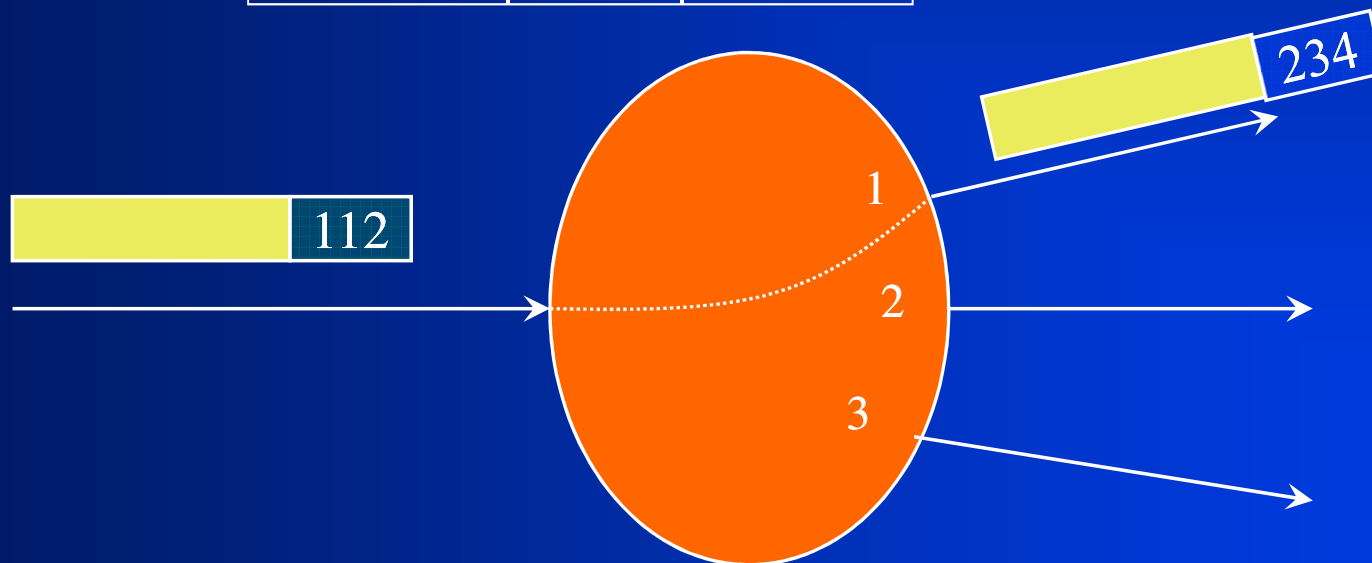
| tabella di instradamento | |
|--------------------------|-----------------|
| label | porta di uscita |
| | |
| | |



Servizio circuito virtuale

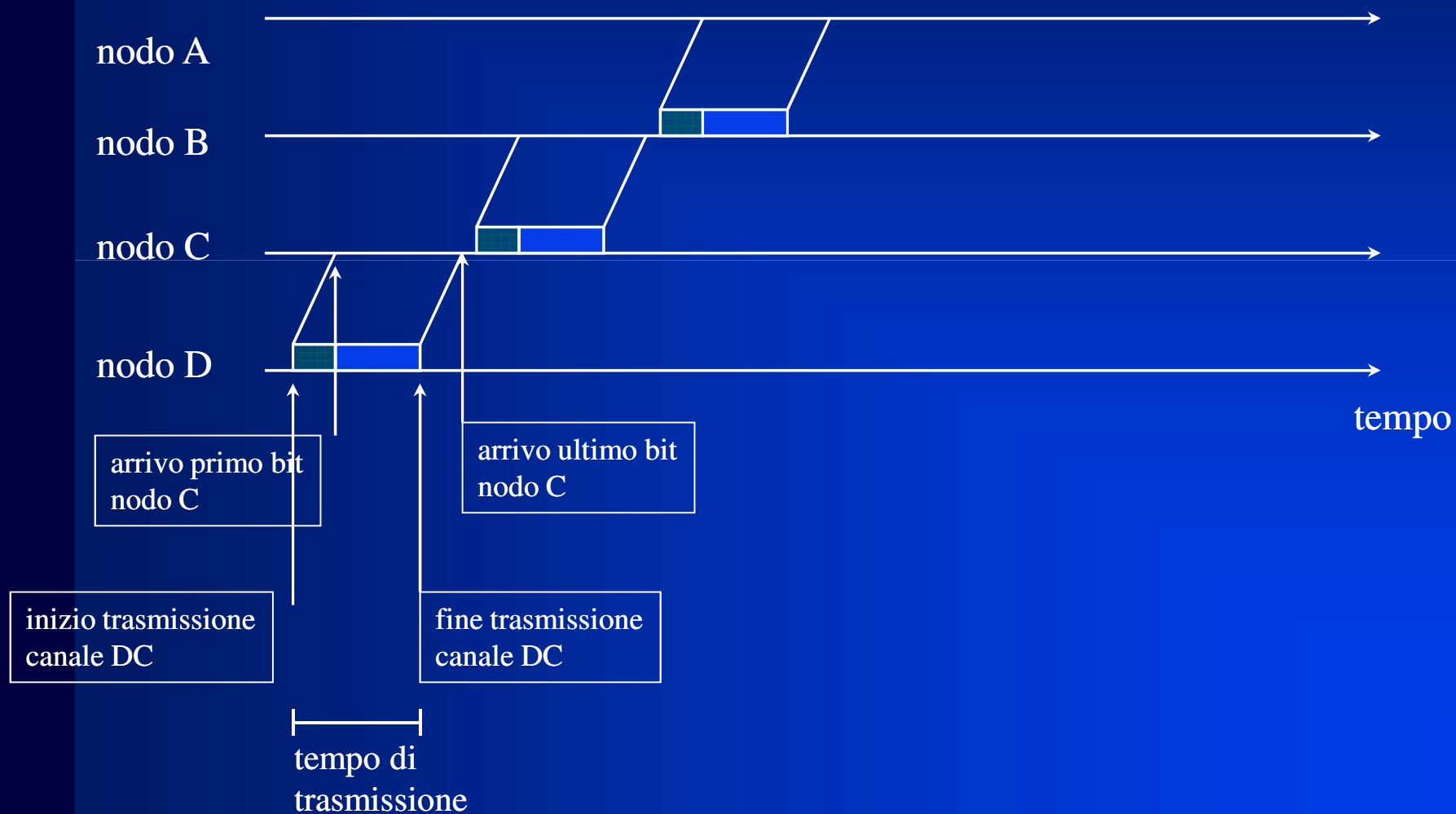
| id. ingresso | uscita | id. uscita |
|--------------|--------|------------|
| 112 | 1 | 234 |

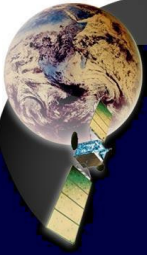
Label swapping





Servizio circuito virtuale





Servizio circuito virtuale

❖ Tempo di trasmissione:

$$T_t = L/C$$

L=lunghezza pacchetto [bit]

C=capacità del canale [bit/s]

❖ Tempo di propagazione:

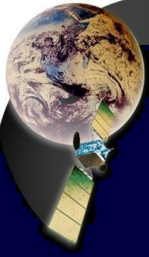
$$T_p = l/V$$

l=lunghezza del collegamento [m]

V=velocità di propagazione del segnale [m/s]

❖ Tempo di elaborazione:

- tempo per consultare le tabelle e instradare il pacchetto



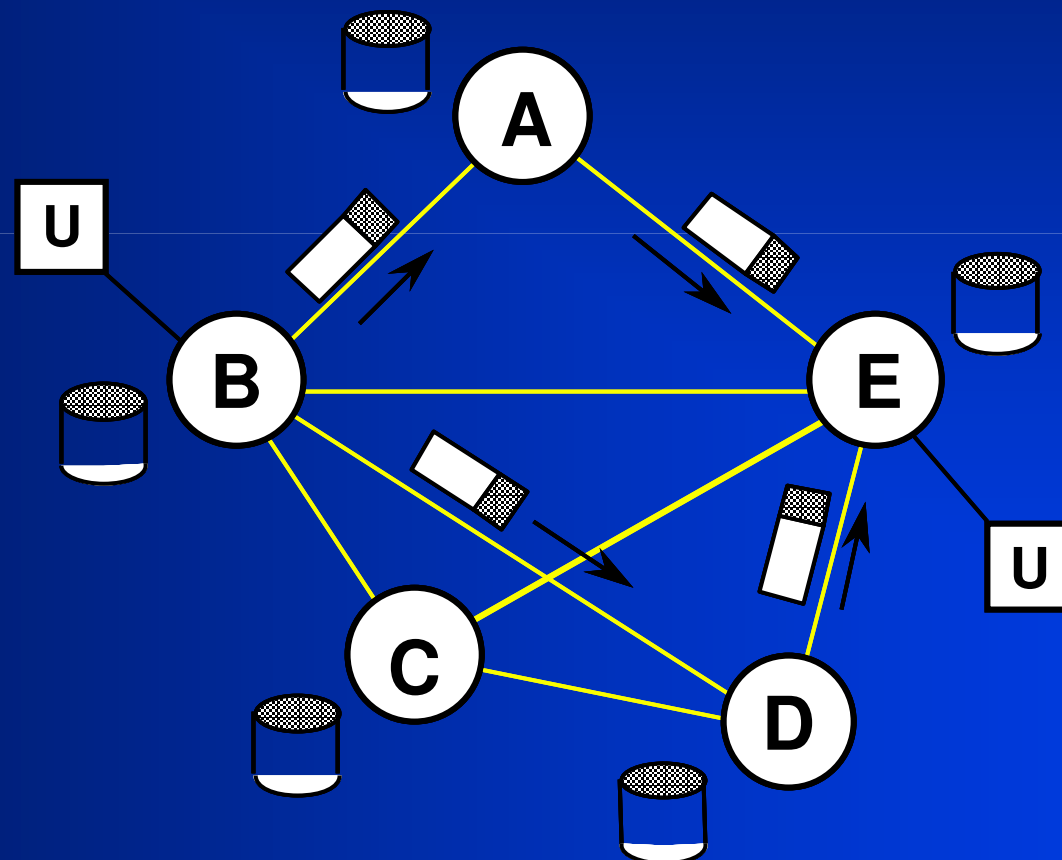
Servizio datagramma

Servizio datagram (senza connessione)

- **non esiste una suddivisione della comunicazione in tre fasi perché non c'è alcun accordo preliminare sulla fornitura del servizio**
- **pacchetti diversi con uguale sorgente e destinazione possono seguire percorsi diversi**



Funzionamento di una rete a datagramma





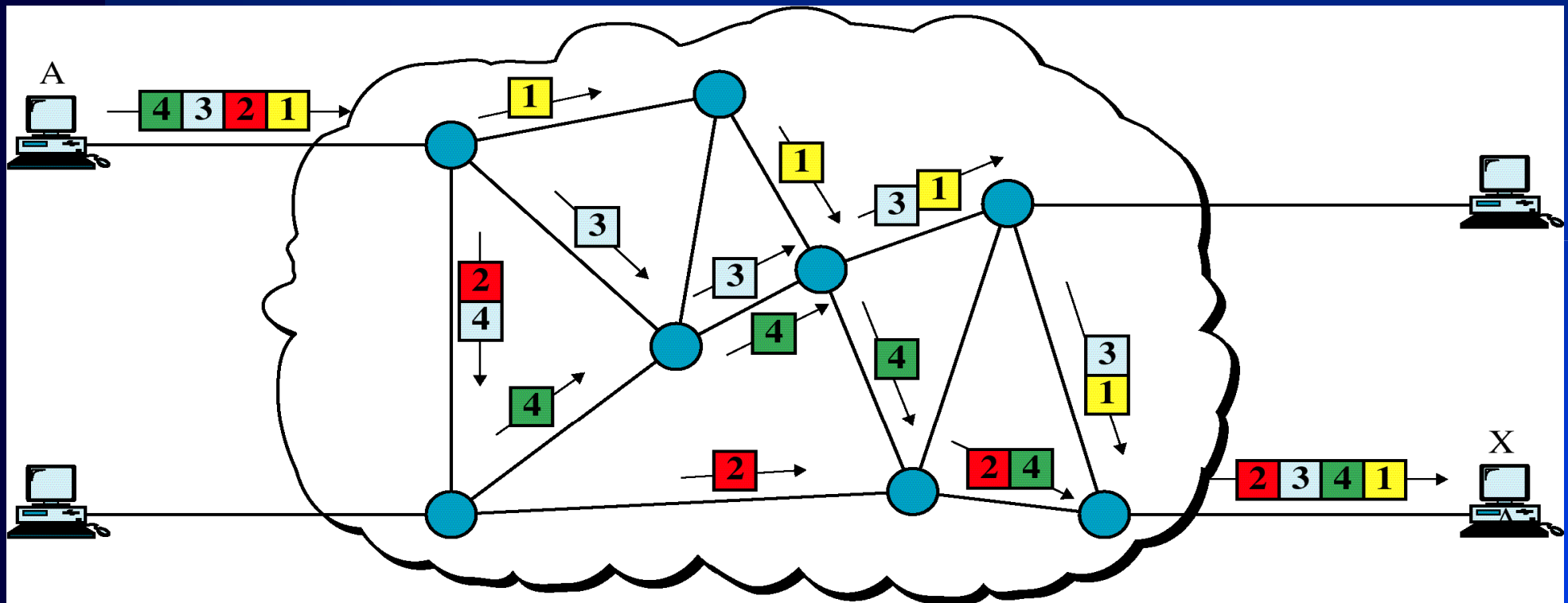
Servizio datagramma

- ❖ ogni pacchetto è considerato un'entità autonoma e trasferita in rete sulla sola base **dell'indirizzo di destinazione** (servizio postale)
- ❖ instradamento effettuato con tabelle del tipo:

| tabella di instradamento | |
|--------------------------|-----------------|
| indirizzo dest. | porta di uscita |
| | |
| | |

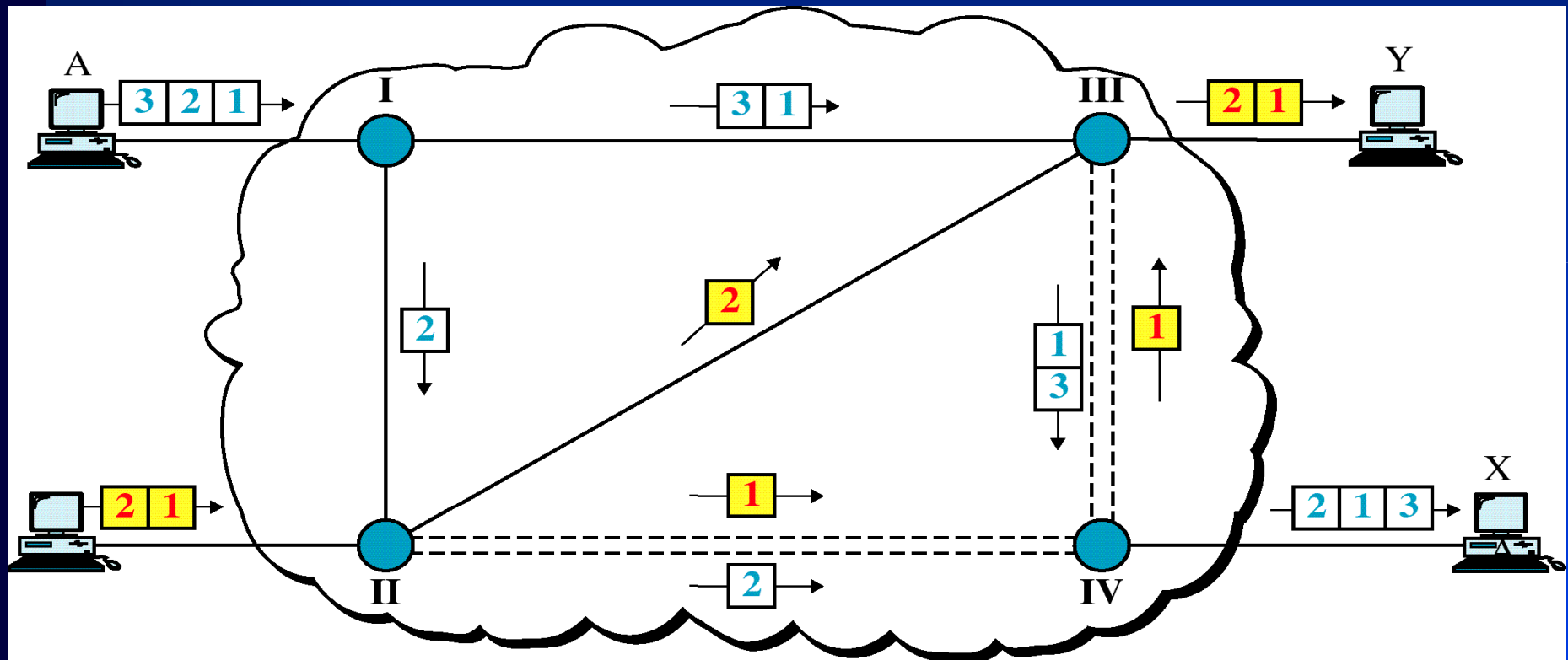
- ❖ pacchetti di uno stesso flusso informativo possono teoricamente seguire strade diverse nella rete

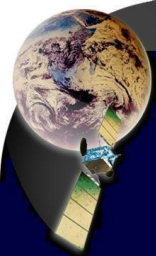
Servizio datagramma





Servizio datagramma, Multiple Channels





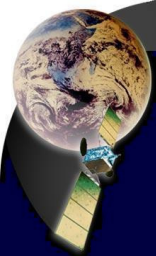
Datagramma / Circuito virtuale

❖ Rete a datagramma:

- *destination address* determina il next hop
- i percorsi possono cambiare durante una sessione
- analogia: chiedere indicazioni durante la guida

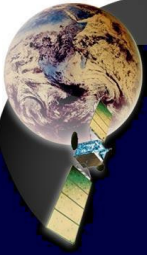
❖ Rete a circuito virtuale:

- ogni pacchetto trasporta un *identificativo* (virtual circuit ID) che determina il next hop
- un percorso fisso viene determinato al *call setup*, e resta lo stesso per la durata della chiamata
- i router mantengono informazioni di stato per-chiamata



Informazione di indirizzamento

- **nel caso datagram occorre identificare in ogni pacchetto la coppia sorgente/destinazione (quindi utilizzare identificatori globali)**
- **nel caso di circuiti virtuali è sufficiente identificare il circuito virtuale (anche con identificatori locali ad ogni tratta)**



Servizio circuito virtuale

Il servizio circuito virtuale in reti a pacchetto non è equivalente al servizio in reti a circuito perché

non si allocano staticamente risorse a una comunicazione



Servizio circuito virtuale (con connessione)

- vantaggi rispetto al datagram
 - **mantenimento della sequenza**
 - **minore variabilità dei ritardi**
 - **instradamento solo in fase di apertura di connessione**
 - **meno spazio necessario nell'intestazione (label piuttosto che indirizzi)**



Cosa abbiamo imparato...

Elementi di rete

Servizi, sorgenti e segnali

Infrastrutture di rete

- **topologie**

Funzioni di rete

- **segnalazione**

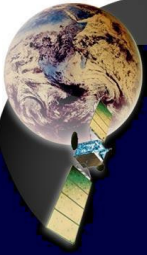
- **commutazione**



Un po' di storia

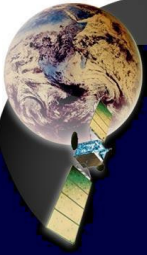
Qualche data

- 1837 : **codice Morse**
- 1876 : **brevetto del telefono di Bell**
- 1891 : **brevetto selettore Strowger**



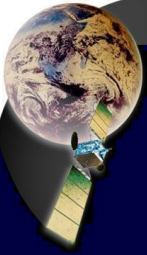
Qualche data

- 1894 : **prima centrale elettromeccanica**
- 1895 : **esperimenti radio di Marconi**
- 1923 : **primo servizio interurbano
automatico (Baviera -Siemens)**



Qualche data

- 1938 : relè
- anni 60 : elaboratori elettronici per il controllo delle centrali (programma registrato)
- 1964 : prima centrale elettronica
(Succasunna - USA - ESS1)



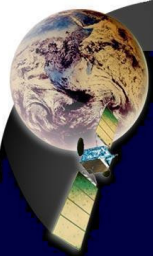
Qualche data

- **1975 : prima centrale interamente elettronica
(Chicago - ESS4)**
- **anni 80 : rete intelligente, ISDN, telefonia
cellulare analogica**
- **anni 90 : B-ISDN e telefonia cellulare numerica**



Qualche data

- 1969 : **ARPANET**
- 1976 : **Ethernet ed X.25**
- 1980 : **OSI**
- 1982 : **Token ring IBM**
- 1985 : **FDDI**



Qualche data

- **1991 : nasce l'ATM Forum**
- **1993 : primi prodotti LAN ATM**
- **1994 : servizio pilota ATM in Italia**
- **1994 : servizio pilota ATM in Europa**
- **1996 : avvio servizio B-ISDN in Italia**



Verifica contenuti

- 1. Che cos'è la modalità di commutazione di circuito**
- 2. Quali sono le fasi coinvolte nel colloquio in modalità a circuito**
- 3. Che differenza c'è tra la funzione di instradamento e quella di commutazione**
- 4. Che cos'è la segnalazione utente-rete nella commutazione di circuito**
- 5. Che cos'è la segnalazione di rete nella commutazione di circuito**



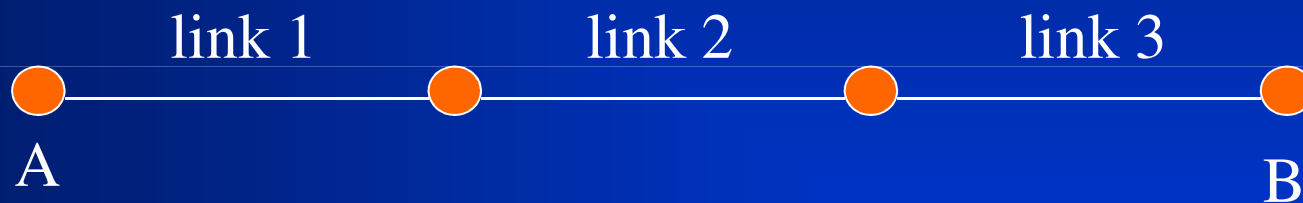
Verifica contenuti

- 6. Che cos'è la commutazione di pacchetto**
- 7. Che differenza c'è tra modalità datagram e circuito virtuale**
- 8. Come può avvenire l'assegnazione degli identificativi di circuito nella modalità a circuito virtuale**
- 9. Come sono fatte le tabelle di instradamento nel caso di datagram e nel caso di circuito virtuale**
- 10. Cos'è la moltiplicazione statistica nella modalità a pacchetto**



Verifica contenuti

11. Quanto impiega un pacchetto lungo L ad andare dal nodo A al nodo B conoscendo le lunghezze fisiche di tutti i link l_x e le loro capacità C_x ($x=1, 2, 3$)



12. Cosa si intende per servizio connection-oriented

13. Cosa si intende per servizio connectionless



Verifica contenuti

- 14. Cosa si intende per segnalazione associata al canale**
- 15. Cosa si intende per segnalazione a canale comune**
- 16. Dove trovano applicazione i vari tipi di segnalazione**
- 17. Quali sono vantaggi e svantaggi delle varie topologie di rete**