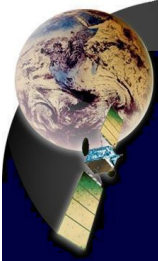




RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. S. Marano
Università della Calabria

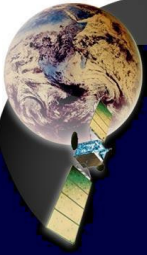
A.A. 2012-2013



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

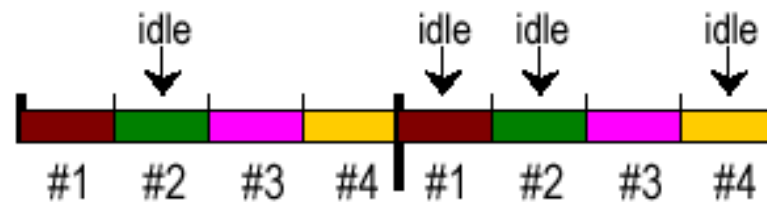
- **vantaggi rispetto alla commutazione di circuito**
- **utilizzo efficiente delle risorse anche in presenza di traffico intermittente**



Statistical Multiplexing

the advantage of packet switching

Circuit switching:
Each slot uniquely
Assigned to a flow

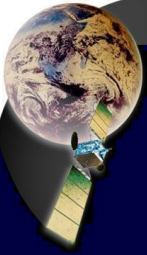


Full capacity does not imply full utilization!!

Packet switching:
Each packet grabs
The first slot available

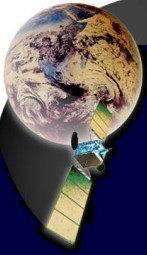


More flows than nominal capacity may be admitted!!



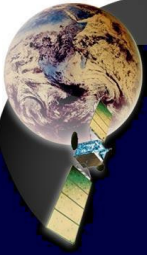
Commutazione di pacchetto

- 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



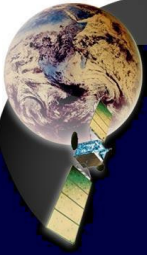
Commutazione di pacchetto

- 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**

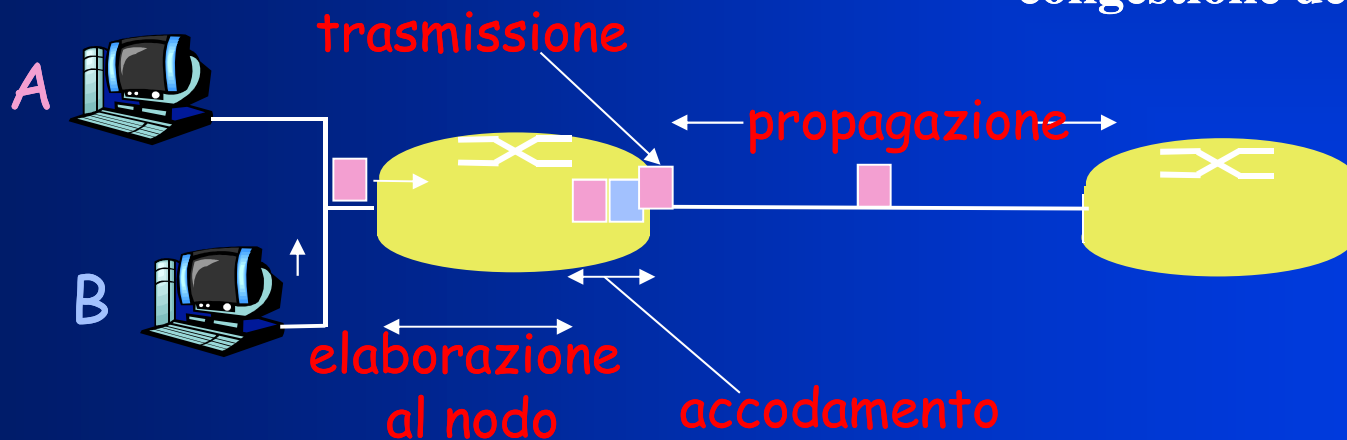
❖ **quattro fonti di ritardo ad
ogni hop**

❖ **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





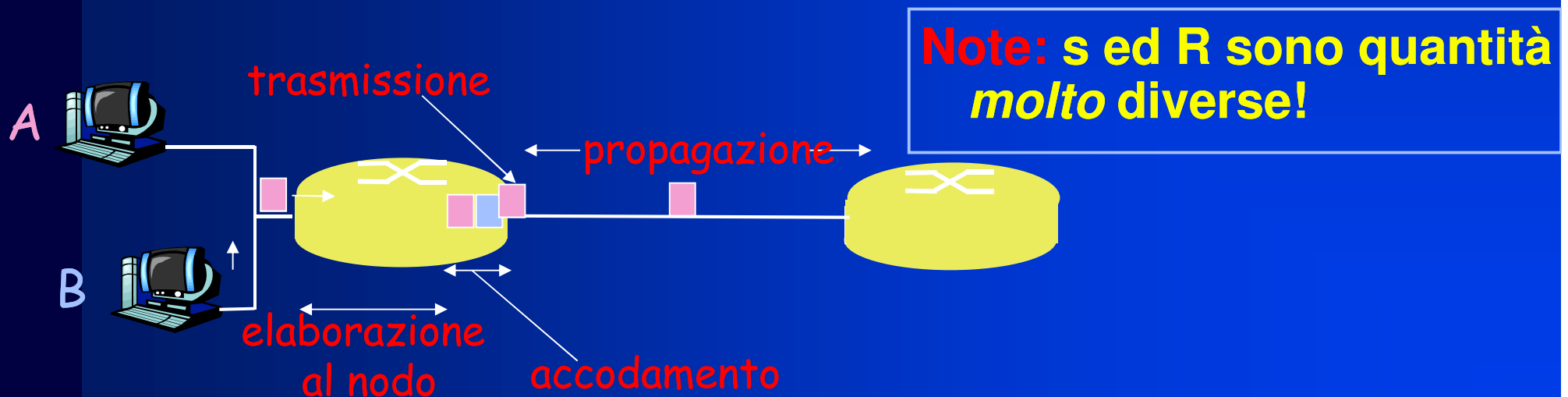
Ritardi nelle reti a commutazione di pacchetto

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

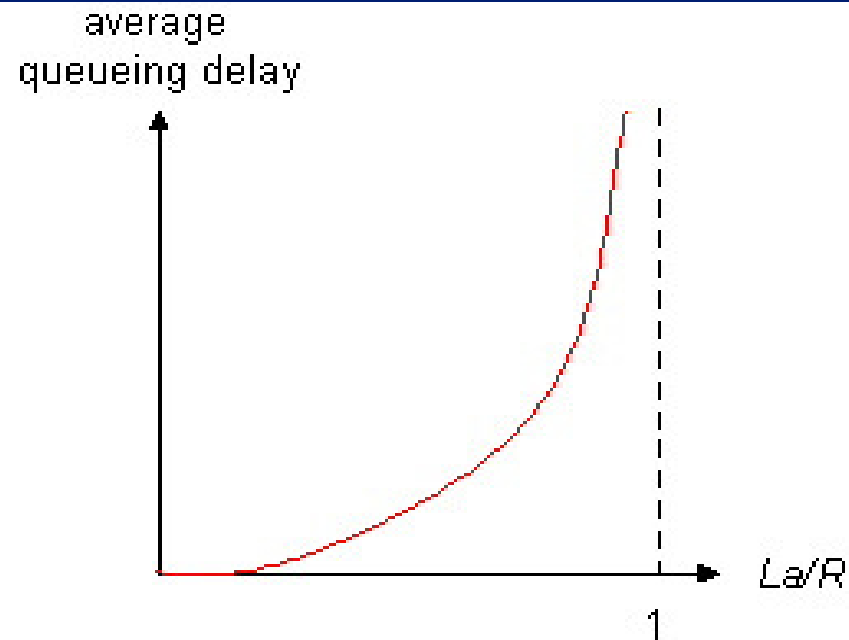




Ritardo di accodamento

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

Intensità di traffico = $\lambda a/R$



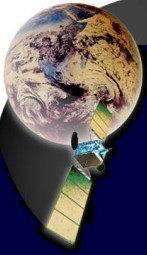
- ❖ $\lambda a/R \sim 0$: ritardo medio in coda piccolo
- ❖ $\lambda a/R \rightarrow 1$: i ritardi crescono
- ❖ $\lambda a/R > 1$: arrivano più pacchetti di quelli che si riesca a gestire, ritardo medio infinito!



Modi di servizio di una rete a pacchetto

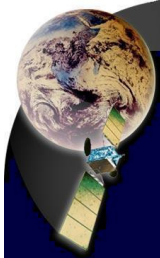
I servizi di una rete a commutazione di pacchetto possono essere

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

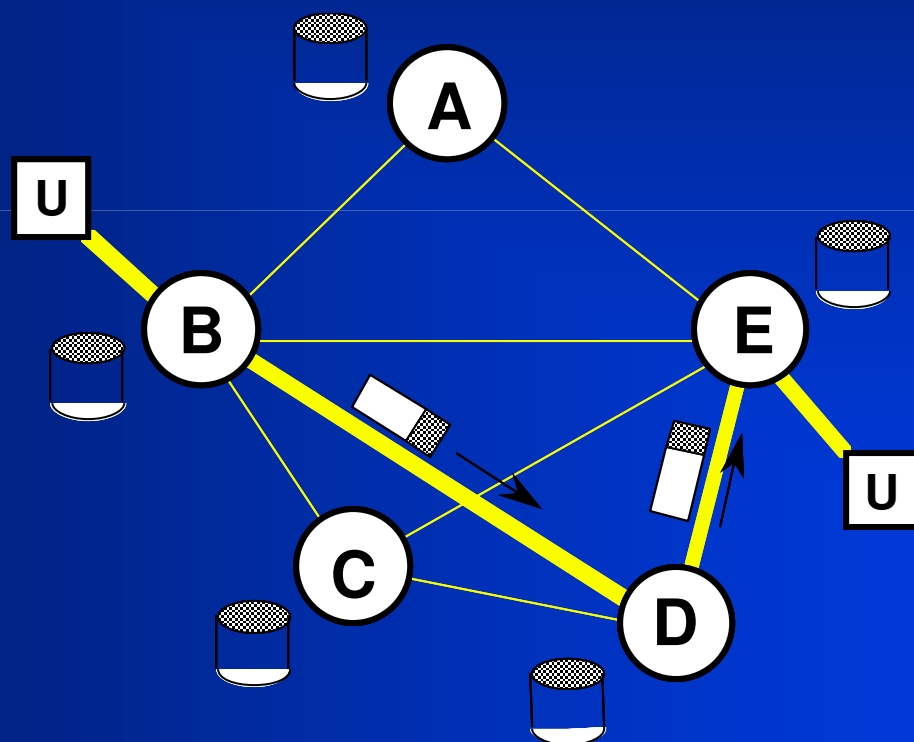


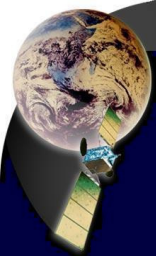
Servizio circuito virtuale (con connessione)

- **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**

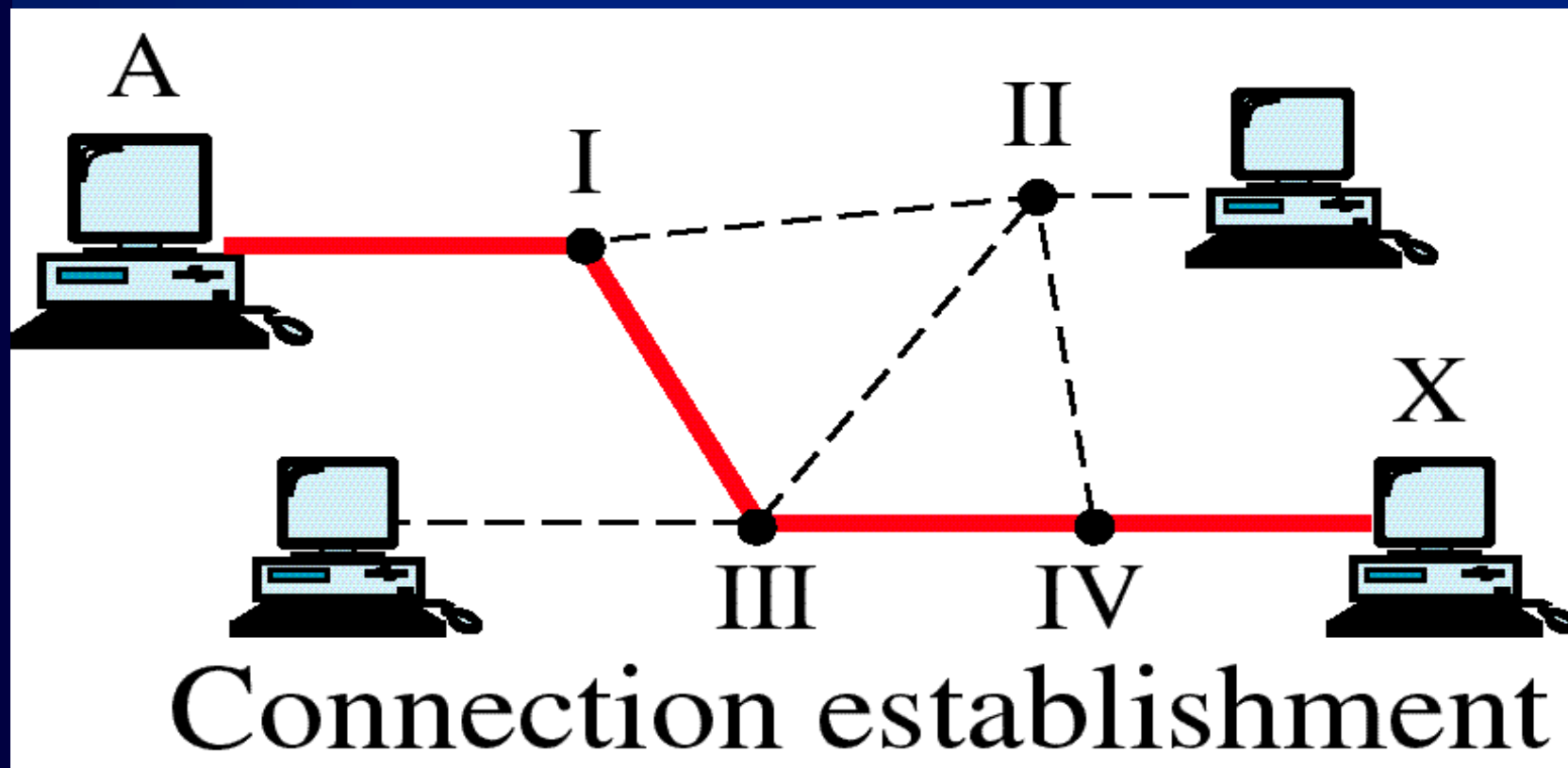


Funzionamento di una rete a circuito virtuale



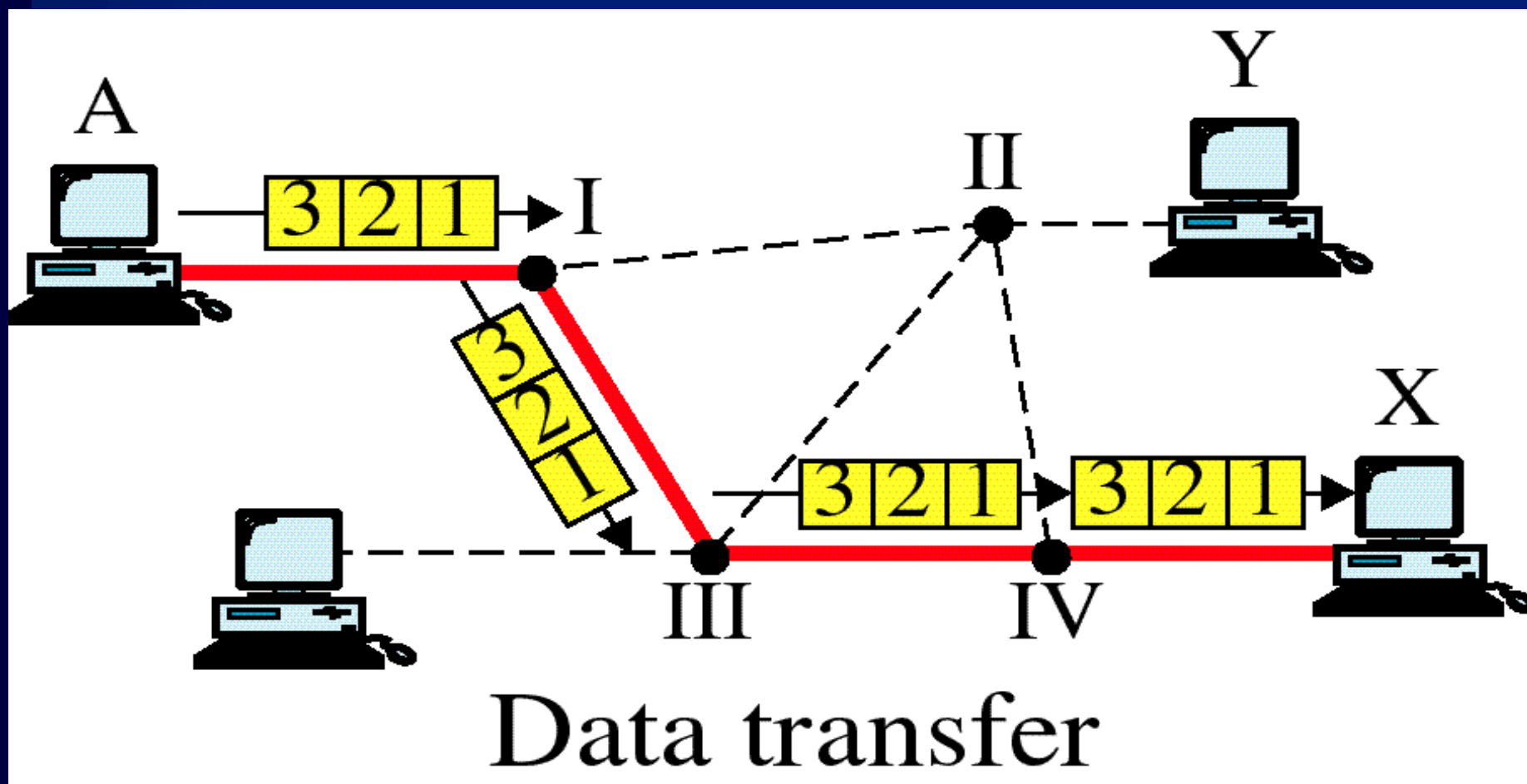


Switched Virtual Circuit



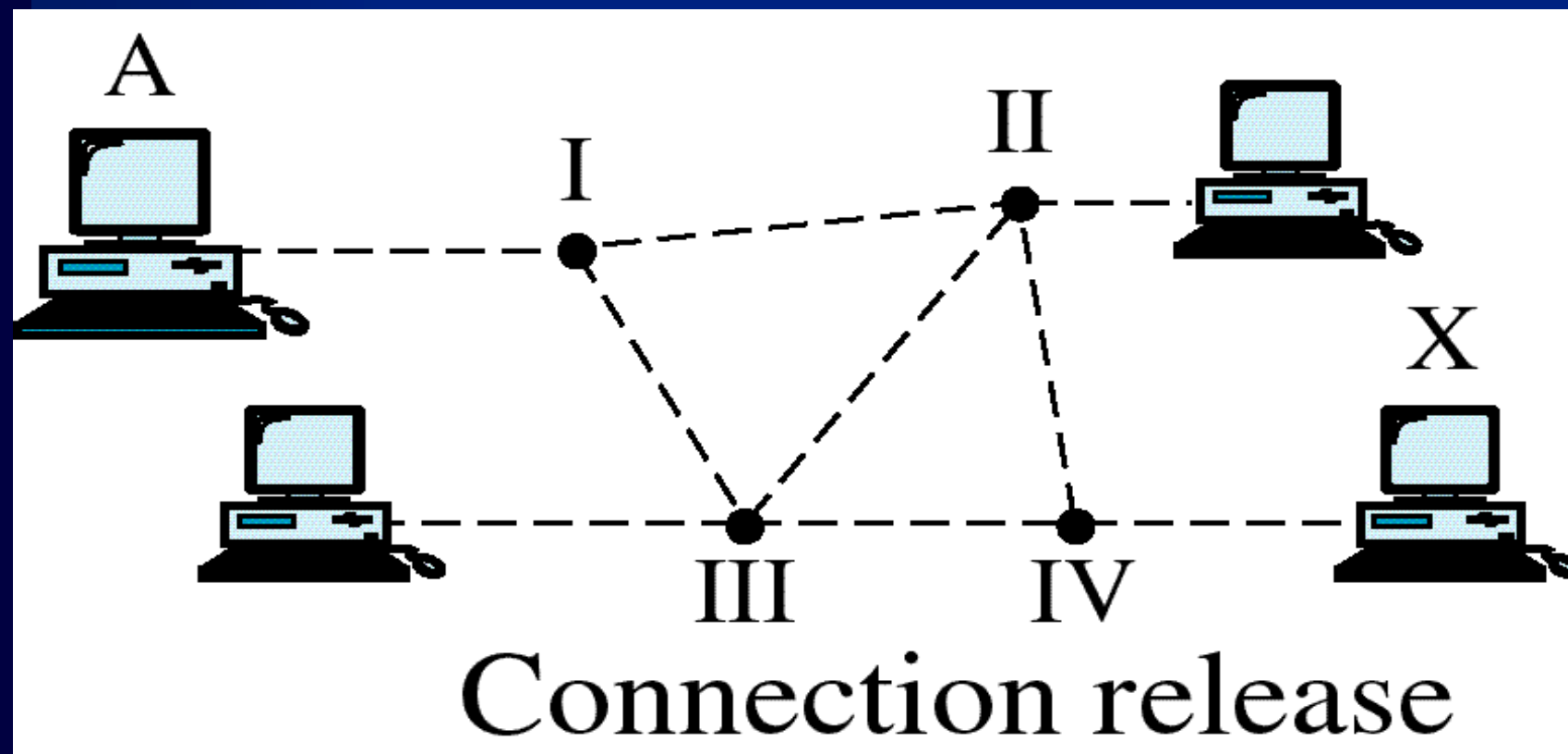


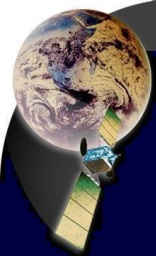
Switched Virtual Circuit





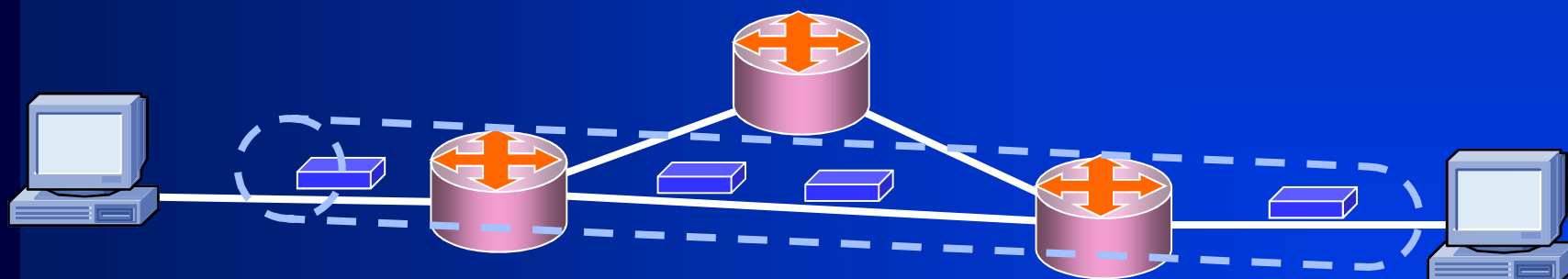
Switched Virtual Circuit





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

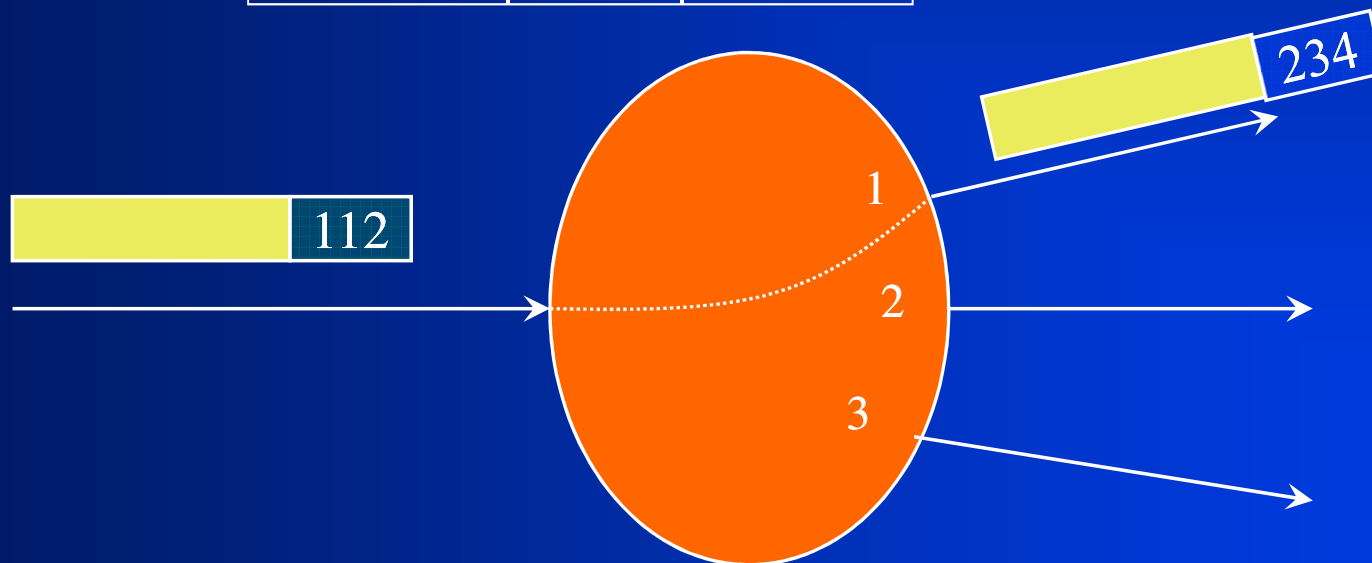
tabella di instradamento	
label	porta di uscita

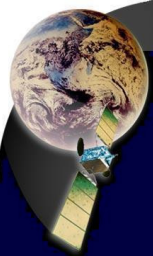


Servizio circuito virtuale

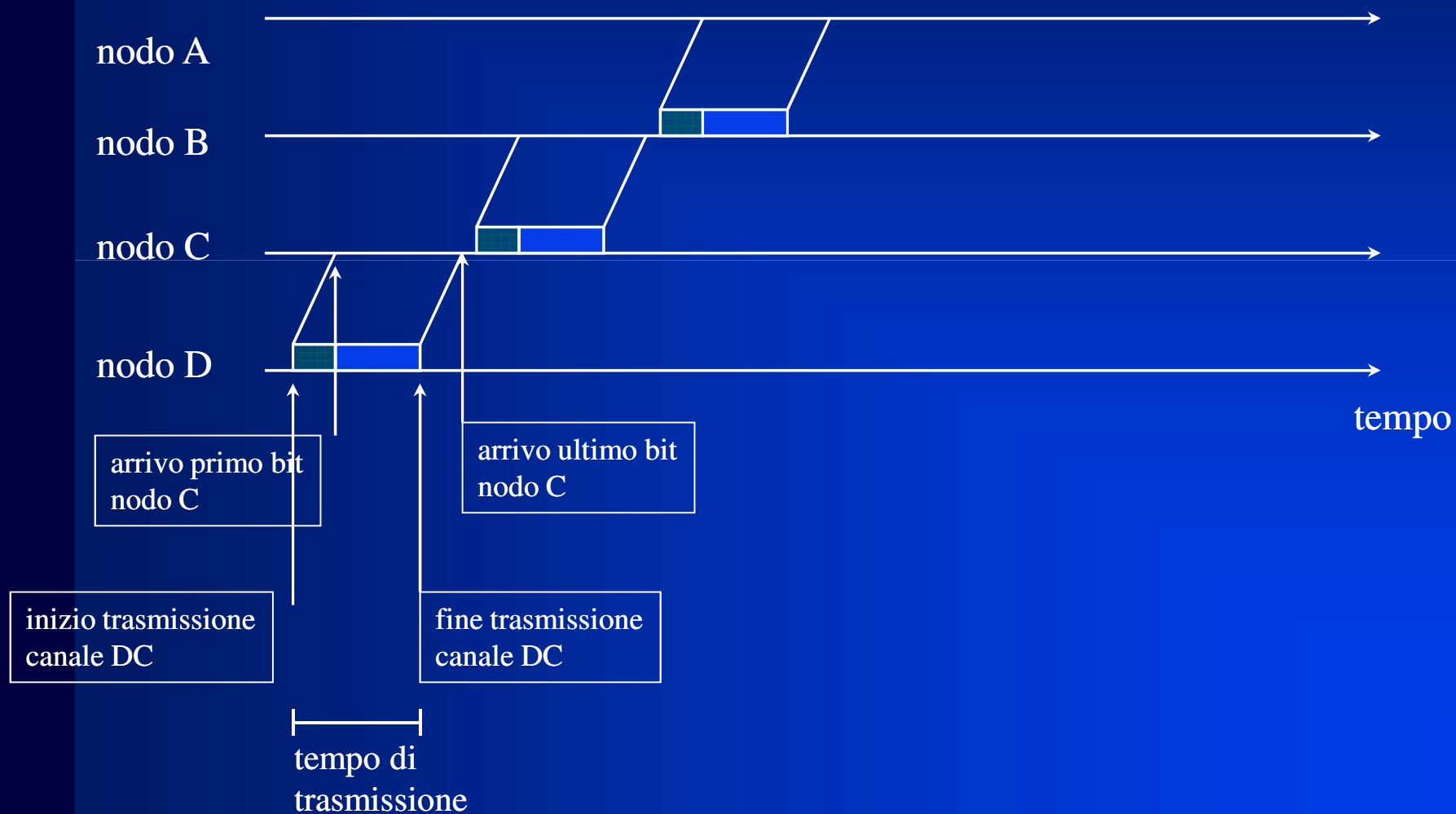
id. ingresso	uscita	id. uscita
112	1	234

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:**

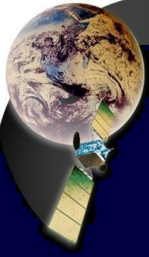
$$T_p = l/V$$

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



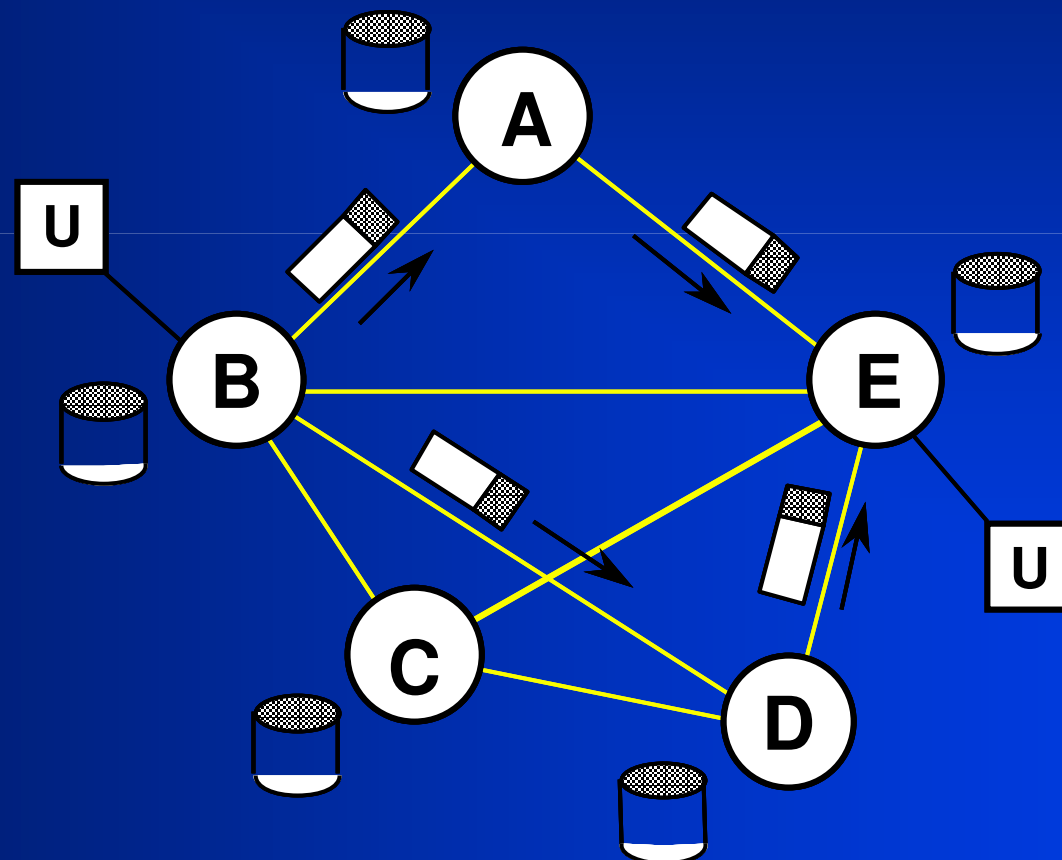
Servizio datagramma

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





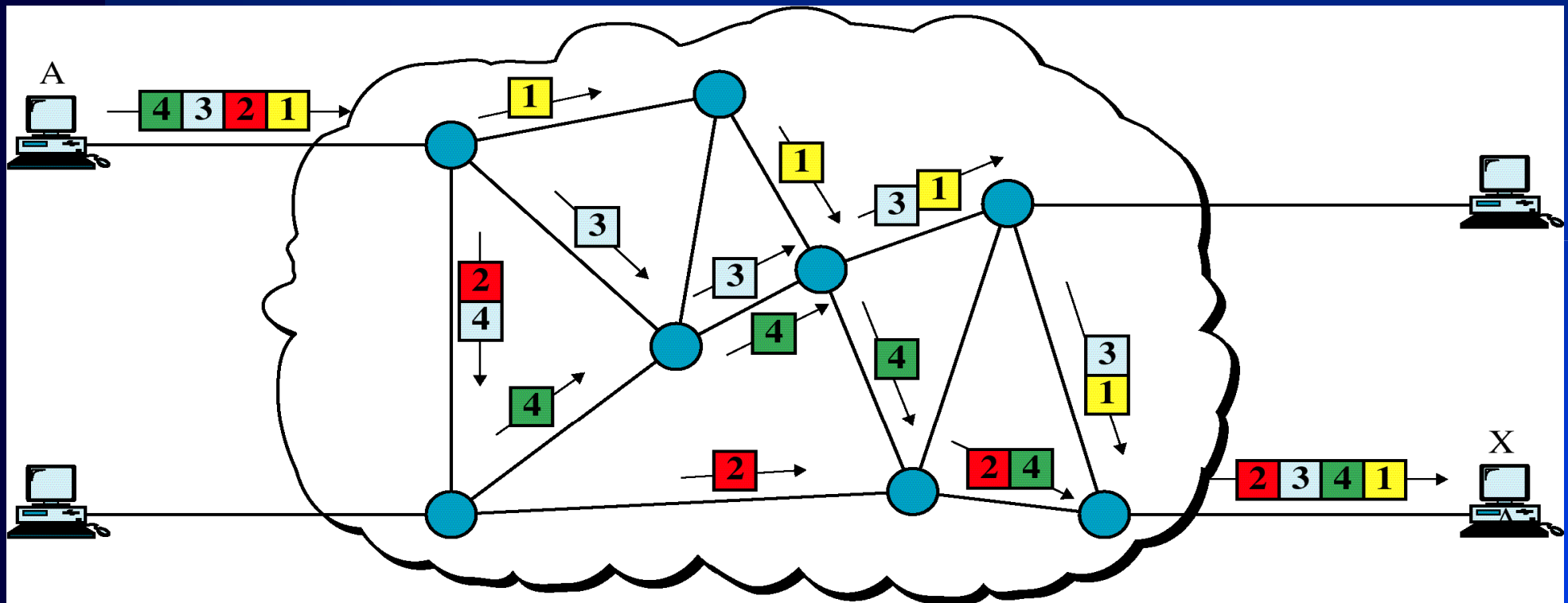
Servizio datagramma

- ❖ 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

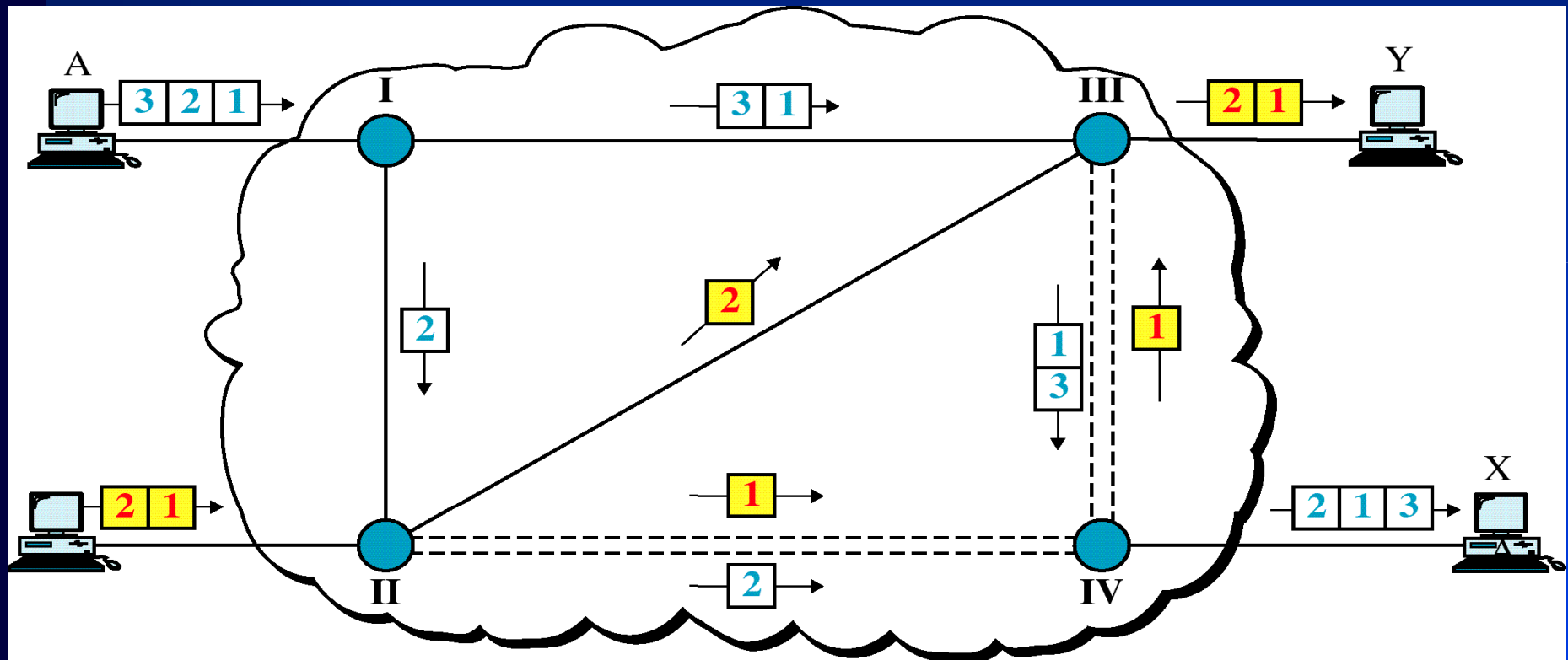
- ❖ pacchetti di uno stesso flusso informativo possono teoricamente seguire strade diverse nella rete

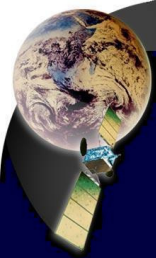
Servizio datagramma





Servizio datagramma, Multiple Channels





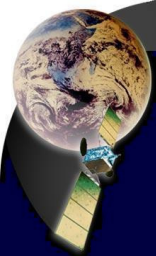
Datagramma / Circuito virtuale

❖ Rete a datagramma:

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

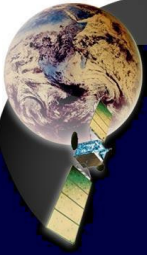
❖ Rete a circuito virtuale:

- 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

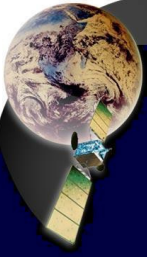
Infrastrutture di rete

- **topologie**

Funzioni di rete

- **segnalazione**

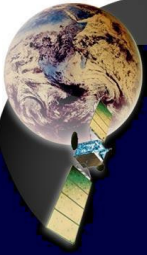
- **commutazione**



Un po' di storia

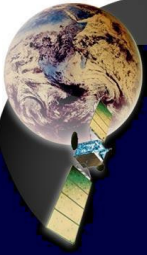
Qualche data

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



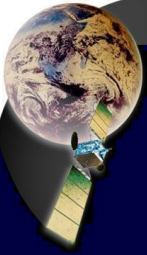
Qualche data

- 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)



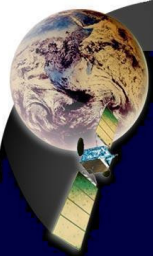
Qualche data

- **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**



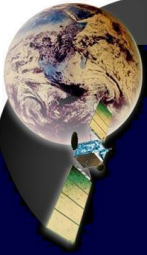
Verifica contenuti

- 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**



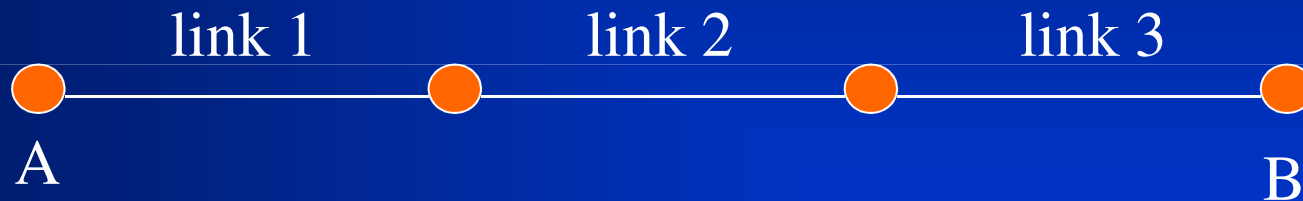
Verifica contenuti

- 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**