

# Programmazione in Rete

a.a. 2005/2006

<http://www.di.uniba.it/~lisi/courses/prog-rete/prog-rete0506.htm>

dott.ssa Francesca A. Lisi

lisi@di.uniba.it

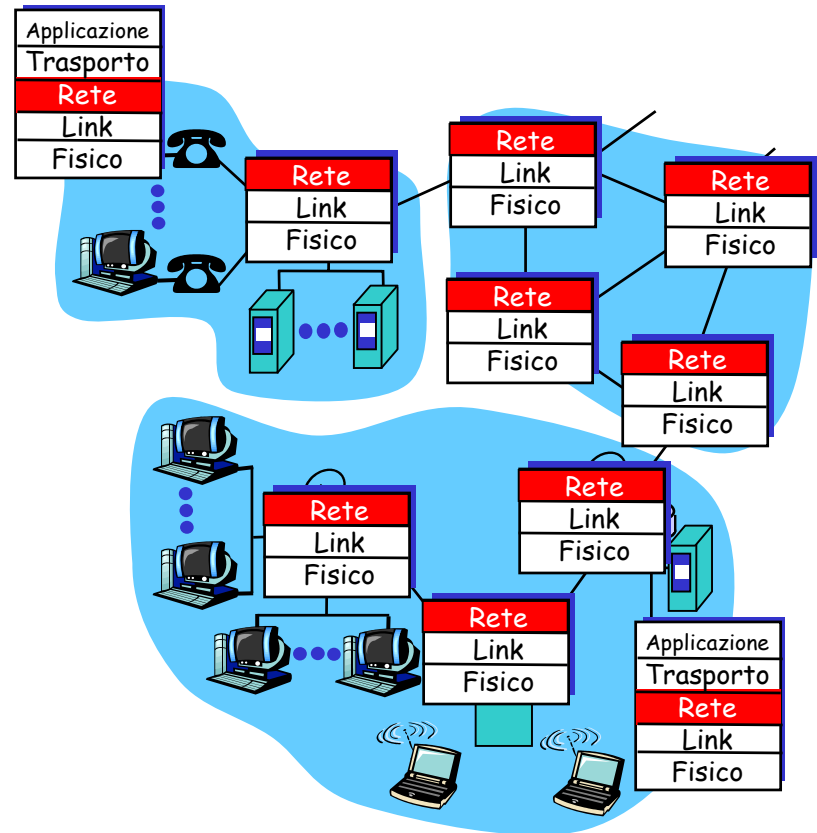
Orario di ricevimento: mercoledì ore 10-12

# Sommario della lezione di oggi: Lo strato di rete (1/3)

- ❑ Servizi e protocolli dello strato di rete
- ❑ Reti a circuito virtuale vs reti a datagramma
- ❑ Struttura di un router
- ❑ Inoltro e indirizzamento in Internet: il protocollo IP
- ❑ Instradamento in Internet

# Livello di rete

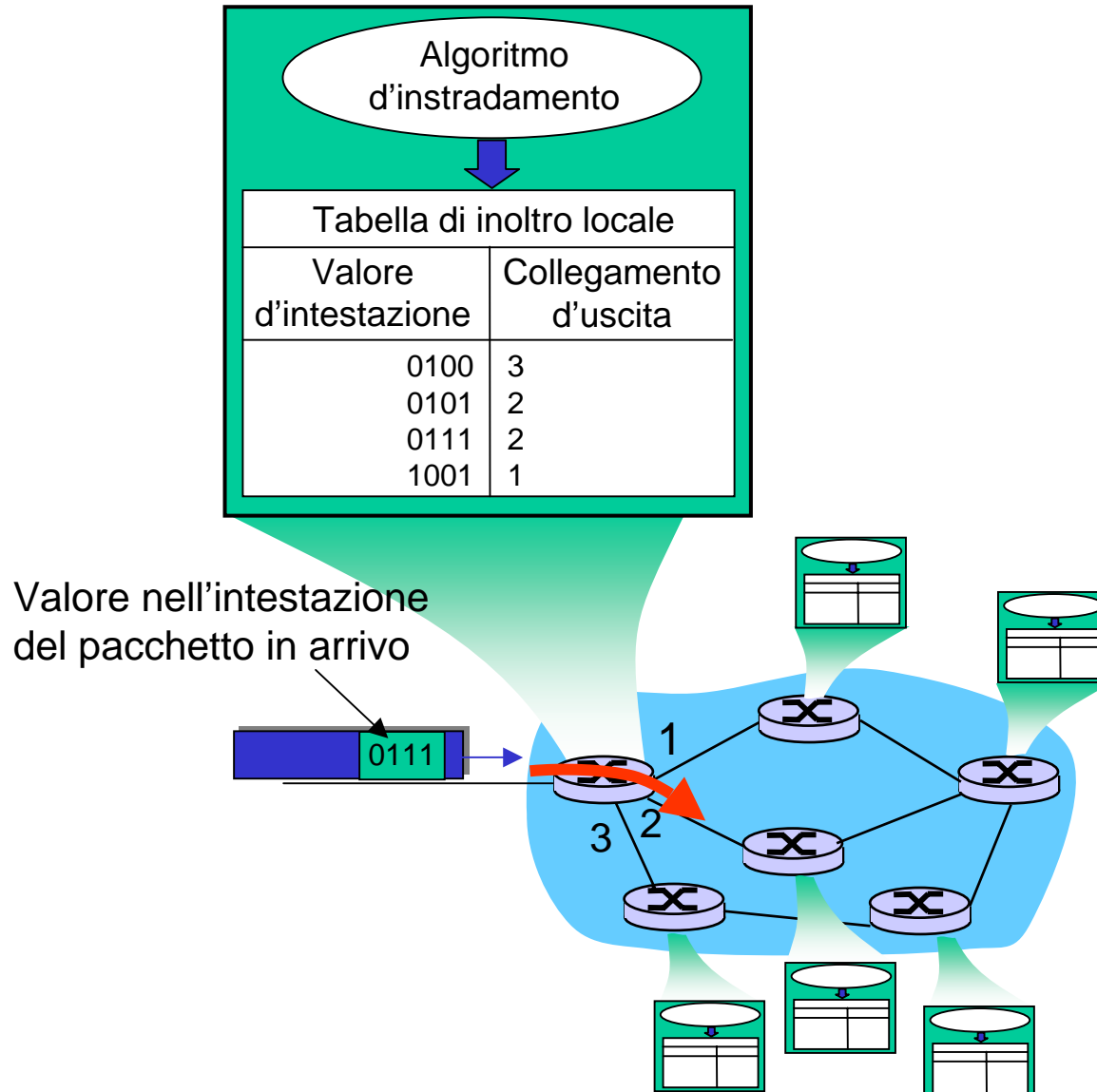
- ❑ Sul lato mittente, prende i segmenti dal livello di trasporto e li incapsula in datagrammi
- ❑ Sul lato destinatario, consegna i segmenti al livello di trasporto
- ❑ I protocolli del livello di rete sono presenti in *ogni* host e router
- ❑ Il router esamina i campi intestazione in tutti i datagrammi IP che lo attraversano



# Funzioni chiave del livello di rete

- ❑ *Inoltro (forwarding)*: trasferisce i pacchetti dall'input di un router all'output del router appropriato
  - ❑ Analogia: processo di attraversamento di un determinato svincolo
  
- ❑ *Instradamento (routing)*: determina il percorso seguito dai pacchetti dall'origine alla destinazione mediante algoritmi di instradamento
  - ❑ Analogia: processo di pianificazione di un viaggio dall'origine alla destinazione

# Funzioni chiave del livello di rete (cont.)



# Funzioni chiave del livello di rete (cont.)

- ❑ L'**impostazione della chiamata** è la terza funzione importante in *qualche* architettura a livello di rete:
  - ❑ ATM, frame relay, X.25
- ❑ Prima che i datagrammi fluiscano, due host e i router stabiliscono una connessione virtuale
  - ❑ i router vengono coinvolti
- ❑ Servizio di connessione tra livello di trasporto e livello di rete:
  - ❑ **Rete**: tra due host
  - ❑ **Trasporto**: tra due processi

# Modelli dei servizi di rete

**D:** Qual è il *modello di servizio* per il "canale" che trasporta i datagrammi dal mittente al destinatario?

## Servizi per un singolo datagramma:

- Consegna garantita
- Consegna garantita con un ritardo inferiore a 40 msec

## Servizi per un flusso di datagrammi:

- Consegna in ordine
- Minima ampiezza di banda garantita
- Restrizioni sul lasso di tempo tra la trasmissione di due pacchetti consecutivi

# Modelli dei servizi di rete (cont.)

| Architettura di rete | Modello di servizio | Garanzia?                |          |             |                 | Indicazione di congestione |
|----------------------|---------------------|--------------------------|----------|-------------|-----------------|----------------------------|
|                      |                     | Banda                    | Consegna | Ordinamento | Temporizzazione |                            |
| Internet             | best effort         | nessuna                  | no       | no          | no              | no                         |
| ATM                  | CBR                 | Tasso costante garantito | sì       | sì          | sì              | Nessuna congestione        |
| ATM                  | VBR                 |                          | sì       | sì          | sì              | Nessuna congestione        |
| ATM                  | ABR                 | Minima garantita         | no       | sì          | no              | sì                         |
| ATM                  | UBR                 | nessuna                  | no       | sì          | no              | no                         |



# Modelli dei servizi di rete: Circuiti virtuali

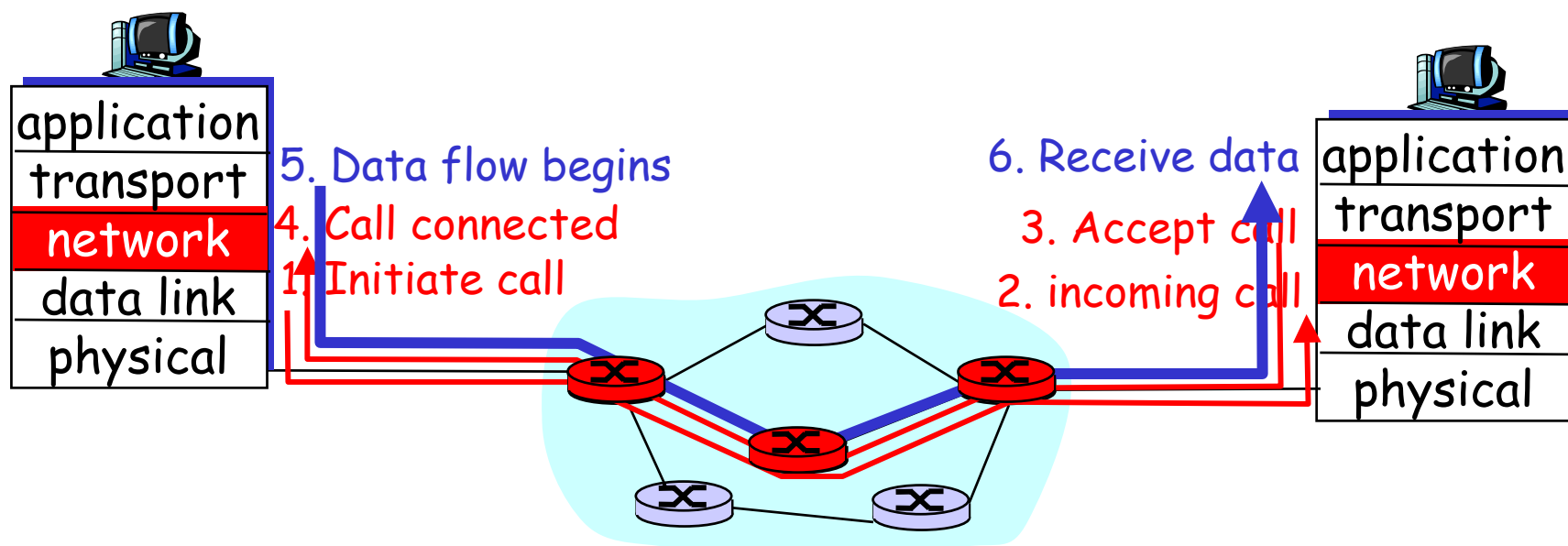
“percorso sorgente-a-destinazione si comporta molto come il circuito della rete telefonica”

- ❑ orientato alla prestazione
- ❑ azioni di rete lungo il percorso

- ❑ Impostazione di chiamata
- ❑ ogni pacchetto porta identificatore VC (non ID di host destinazione)
- ❑ *ogni* router sul percorso mantiene lo “stato” per ogni connessione in corso
  - ❑ connessione dello strato di trasporto coinvolgeva solo i due host
- ❑ risorse di link e router (bandwidth, buffer) possono essere *allocate* al VC (per ottenere prestazioni circuit-like)

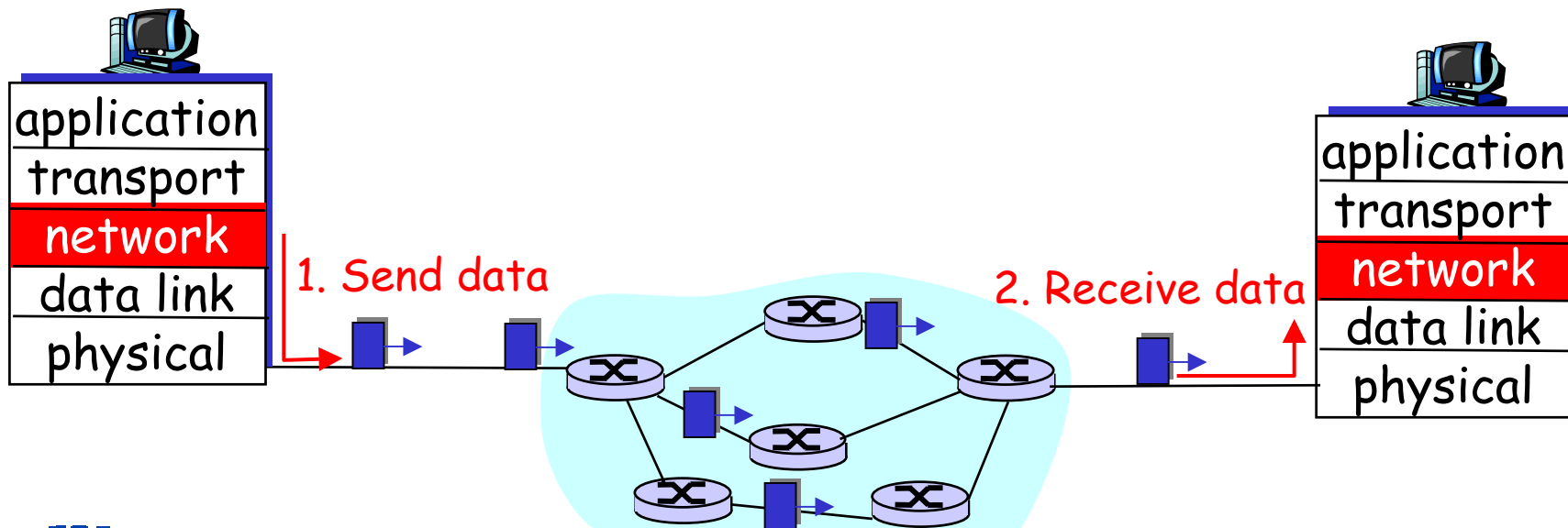
# Modelli dei servizi di rete: Circuiti virtuali (cont.)

- ❑ I **protocolli di segnalazione** servono a impostare, mantenere e distruggere il VC
- ❑ usati nelle reti ATM, frame-relay, X.25
- ❑ non usati nella Internet di oggi



# Modelli dei servizi di rete: Reti a datagramma

- Nessuna impostazione di chiamata a livello di rete
- router senza info stato delle connessioni end-to-end
  - nessun concetto di "connessione" a livello di rete
- pacchetti instradati usando ID di host destinazione
  - i pacchetti fra stessa coppia di sorgente-destinazione possono seguire percorsi diversi



# Modelli dei servizi di rete: Reti a datagramma (cont.)

| <u>Intervallo degli indirizzi di destinazione</u>                               | <u>Interfaccia</u> |
|---|--------------------|
| da 11001000 00010111 00010000 00000000<br>a 11001000 00010111 00010111 11111111 | 0                  |
| da 11001000 00010111 00011000 00000000<br>a 11001000 00010111 00011000 11111111 | 1                  |
| da 11001000 00010111 00011001 00000000<br>a 11001000 00010111 00011111 11111111 | 2                  |
| altrimenti  | 3                  |

Tabella di inoltro

# Modelli dei servizi di rete: Reti a datagramma (cont.)

Corrispondenza di prefisso

Interfaccia

|          |            |          |   |
|----------|------------|----------|---|
| 11001000 | 00010111   | 00010    | 0 |
| 11001000 | 00010111   | 00011000 | 1 |
| 11001000 | 00010111   | 00011    | 2 |
|          | altrimenti |          | 3 |

**Esempi:**

con: 11001000 00010111 00010110 10100001

**Qual è l'interfaccia?**

con: 11001000 00010111 00011000 10101010

**Qual è l'interfaccia?**

# Modelli dei servizi di rete: datagramma vs circuito virtuale

## Internet

- ❑ dati scambiati fra computer
  - ❑ servizio "elastico", no temporizzazione rigorosa
- ❑ terminali "intelligenti" (calcolatori)
  - ❑ possono adattare, effettuale controllo, recupero dell'errore
  - ❑ semplicità all'interno, complessità ai "confini"
- ❑ molte tipologie di link
  - ❑ caratteristiche diverse
  - ❑ difficile servizio uniforme

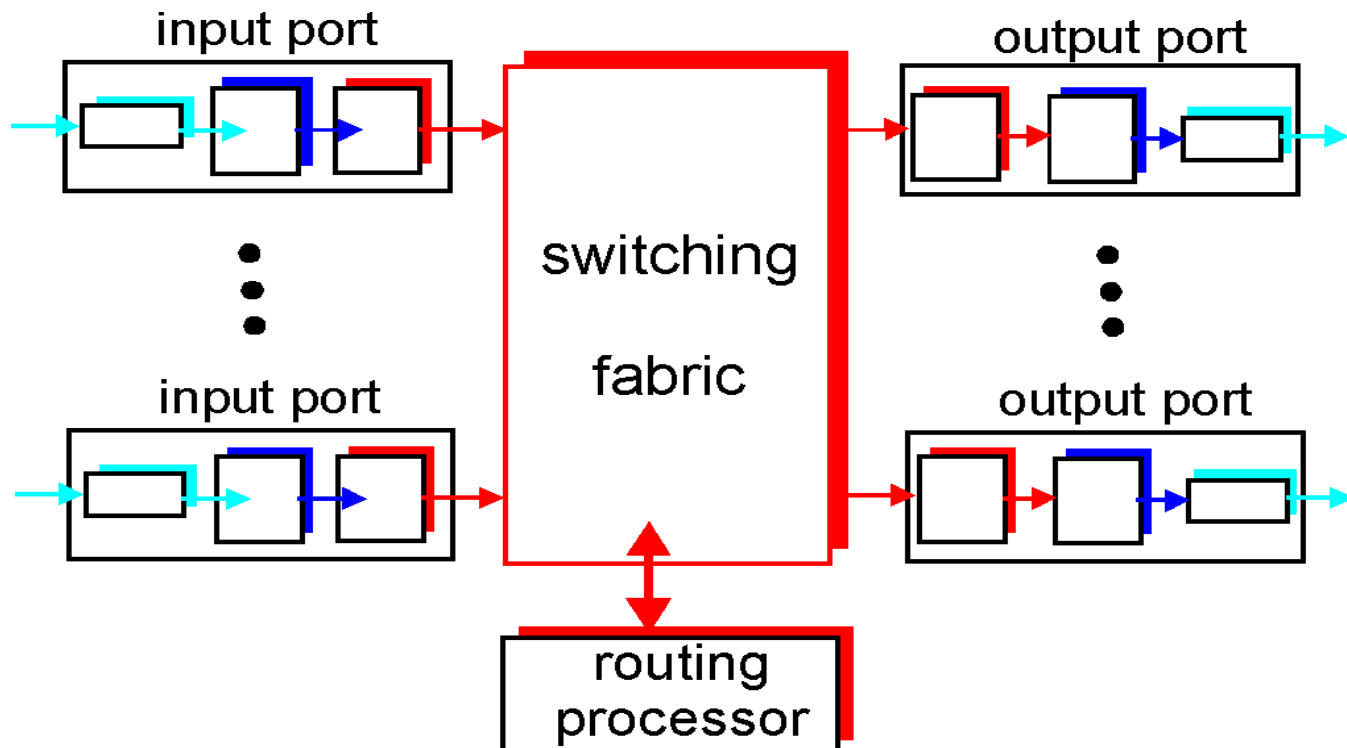
## ATM

- ❑ evolutesi dalla telefonia
- ❑ conversazione umana:
  - ❑ requisiti stretti di temporizzazione ed affidabilità
  - ❑ bisogno di servizio garantito
- ❑ terminali "stupidi"
  - ❑ telefoni
  - ❑ complessità all'interno della rete

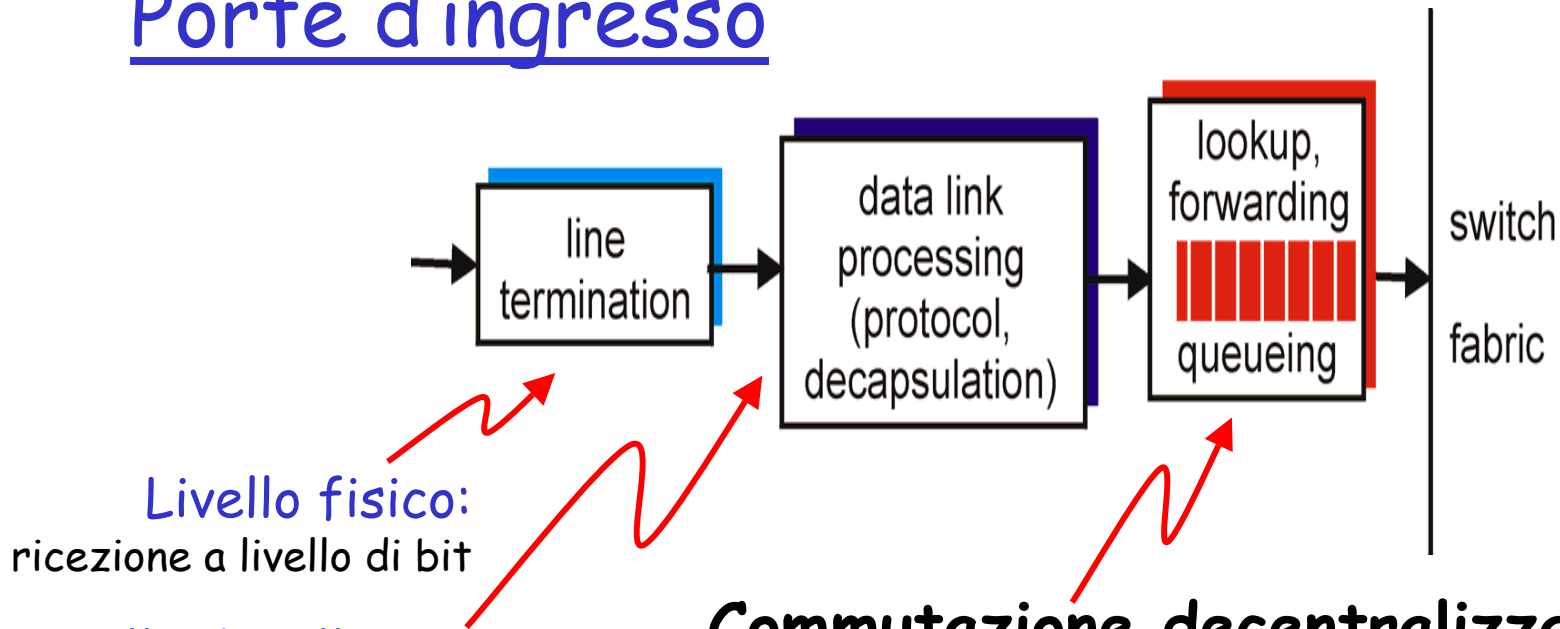
# Architettura dei router

Due funzioni chiave:

- ❑ Far girare i protocolli/algoritmi d'*instradamento*
- ❑ Effettuare *inoltro* di datagrammi dai collegamenti in ingresso a quelli in uscita.



# Architettura dei router: Porte d'ingresso



Livello fisico:  
ricezione a livello di bit

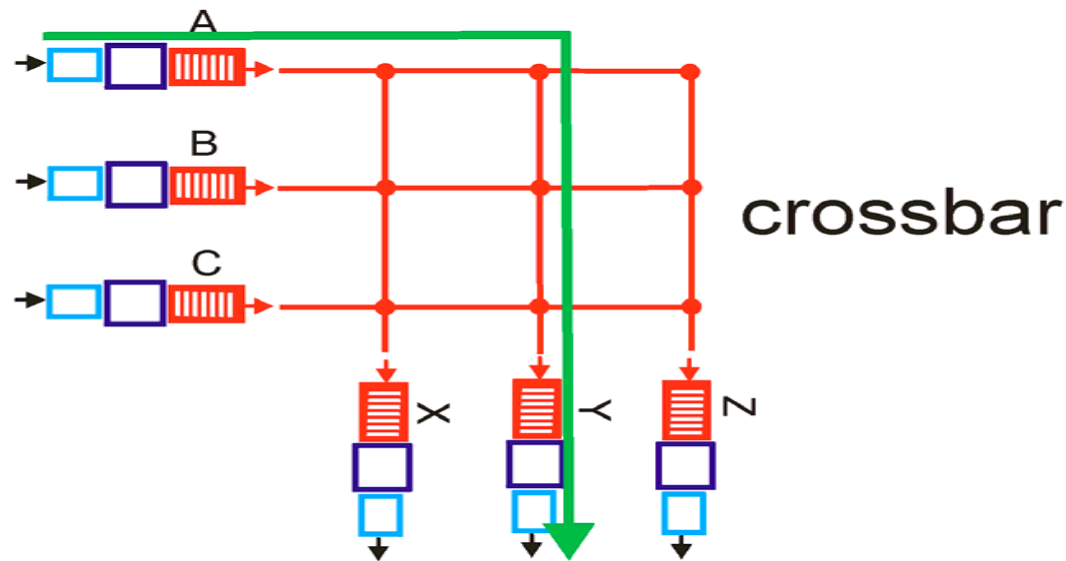
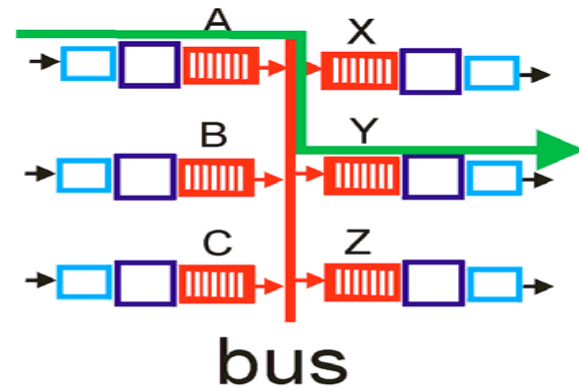
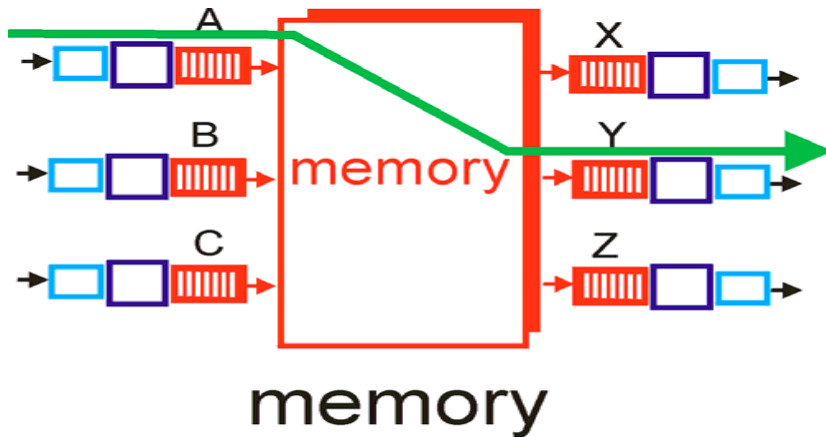
Livello di collegamento:  
Es. Ethernet  
(vedi Capitolo 5)

## Commutazione decentralizzata:

- ❑ Determina la porta d'uscita dei pacchetti utilizzando le informazioni della tabella d'inoltro
- ❑ Obiettivo: completare l'elaborazione allo stesso **tasso della linea**
- ❑ Accodamento: se il tasso di arrivo dei datagrammi è superiore a quello di inoltro



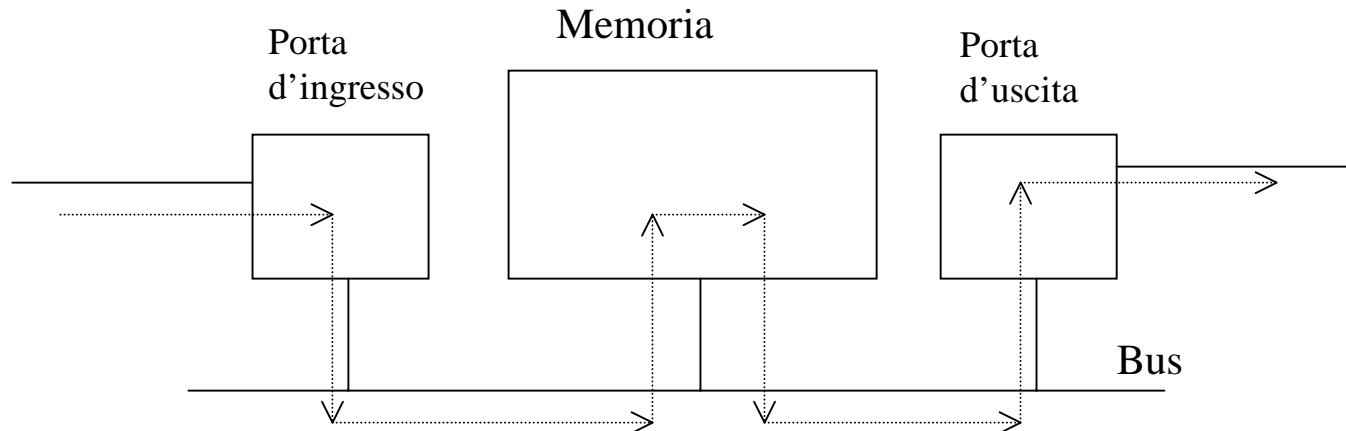
# Architettura dei router: Tecniche di commutazione



# Architettura dei router: Commutazione in memoria

## Prima generazione di router:

- ❑ Erano tradizionali calcolatori e la commutazione era effettuata sotto il controllo diretto della CPU.
- ❑ Il pacchetto veniva copiato nella memoria del processore.
- ❑ I pacchetti venivano trasferiti dalle porte d'ingresso a quelle d'uscita con una frequenza totale inferiore a  $B/2$ .



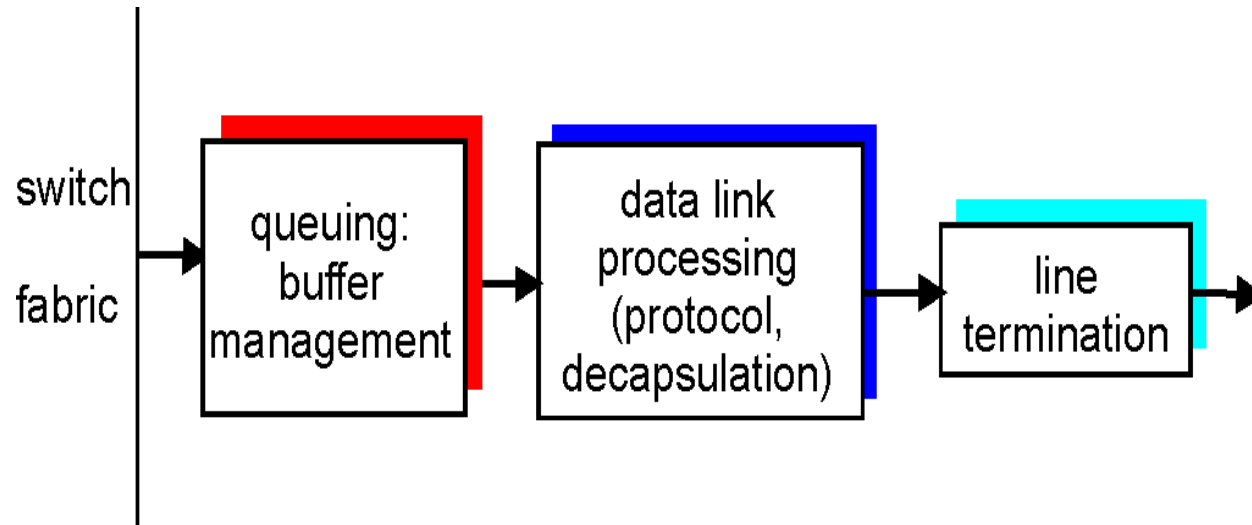
# Architettura dei router: Commutazione tramite bus

- ❑ Le porte d'ingresso trasferiscono un pacchetto direttamente alle porte d'uscita su un bus condiviso.
- ❑ La larghezza di banda della commutazione è limitata da quella del bus.
- ❑ Cisco 1900 opera con bus da 1 Gbps: è sufficiente per router che operano in reti d'accesso o in quelle aziendali

# Architettura dei router: Commutazione tramite crossbar

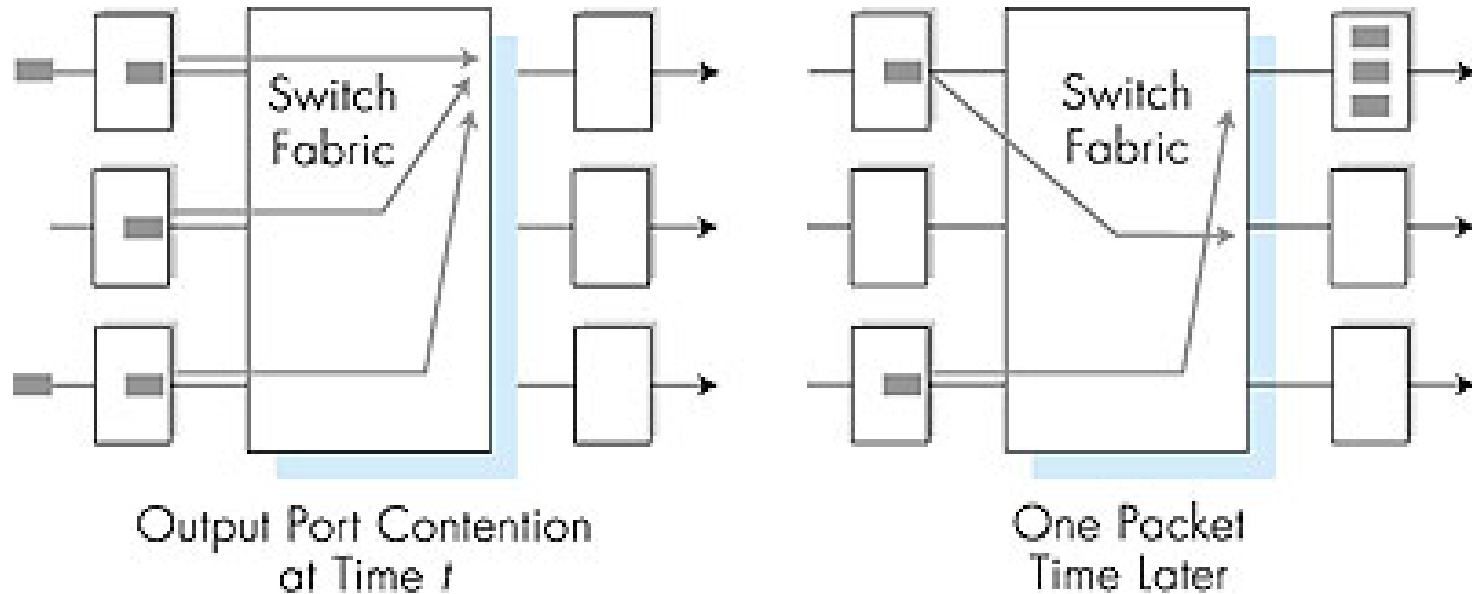
- ❑ Supera il limite di banda di un singolo bus condiviso.
- ❑ Tendenza attuale: frammentazione dei pacchetti IP a lunghezza variabile in celle di lunghezza fissa.
- ❑ Switch Cisco 12000: usano una rete d'interconnessione che raggiunge i 60 Gbps nella struttura di commutazione.

# Architettura dei router: Porte d'uscita



- ❑ **Funzionalità di accodamento:** quando la struttura di commutazione consegna pacchetti alla porta d'uscita a una frequenza che supera quella del collegamento uscente.
- ❑ **Schedulatore di pacchetti:** stabilisce in quale ordine trasmettere i pacchetti accodati.

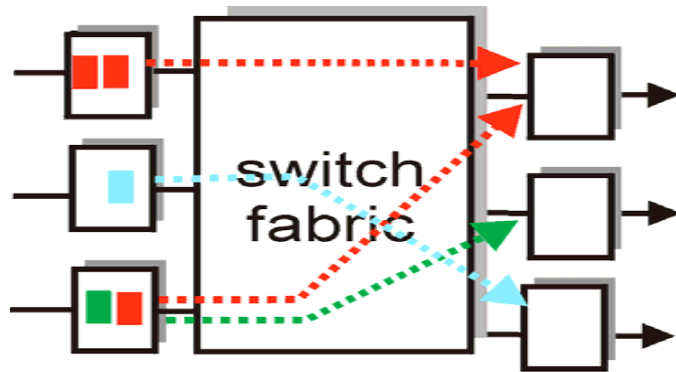
# Architettura dei router: Dove si verifica l'accodamento?



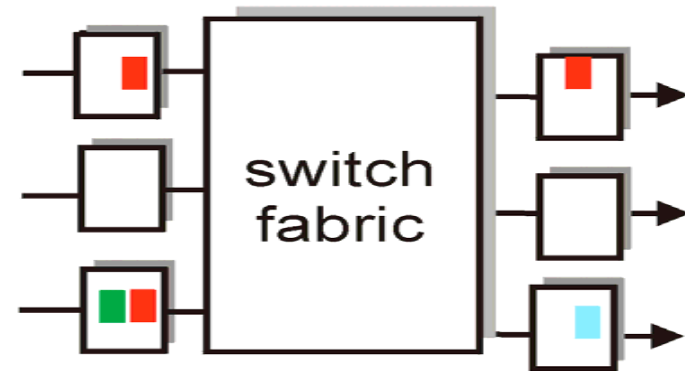
- ❑ Se la struttura di commutazione non è sufficientemente rapida nel trasferire i pacchetti, si può verificare un accodamento.
- ❑ Se le code diventano troppo lunghe, i buffer si possono saturare e quindi causare una *perdita di pacchetti!*

# Architettura dei router: Dove si verifica l'accodamento?

- ❑ **Blocco in testa alla fila (HOL):** un pacchetto nella coda d'ingresso deve attendere il trasferimento (anche se la propria destinazione è libera) in quanto risulta bloccato da un altro pacchetto in testa alla fila.
- ❑ **Se le code diventano troppo lunghe, i buffer si possono saturare e quindi causare una perdita di pacchetti!**



output port contention  
at time t - only one red  
packet can be transferred



green packet  
experiences HOL blocking

# Sommario della prossima lezione: Lo strato di rete (2/3)

- Servizi e protocolli dello strato di rete
- Reti a circuito virtuale vs reti a datagramma
- Struttura di un router
- Inoltro e indirizzamento in Internet: il protocollo IP**
- Instradamento in Internet