



## 2 – Concetti base

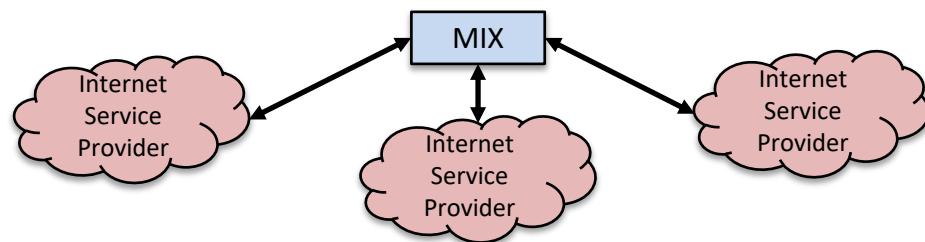
Cos'è Internet, Architettura e  
componenti, Meccanismi base

# Come è fatta la rete?

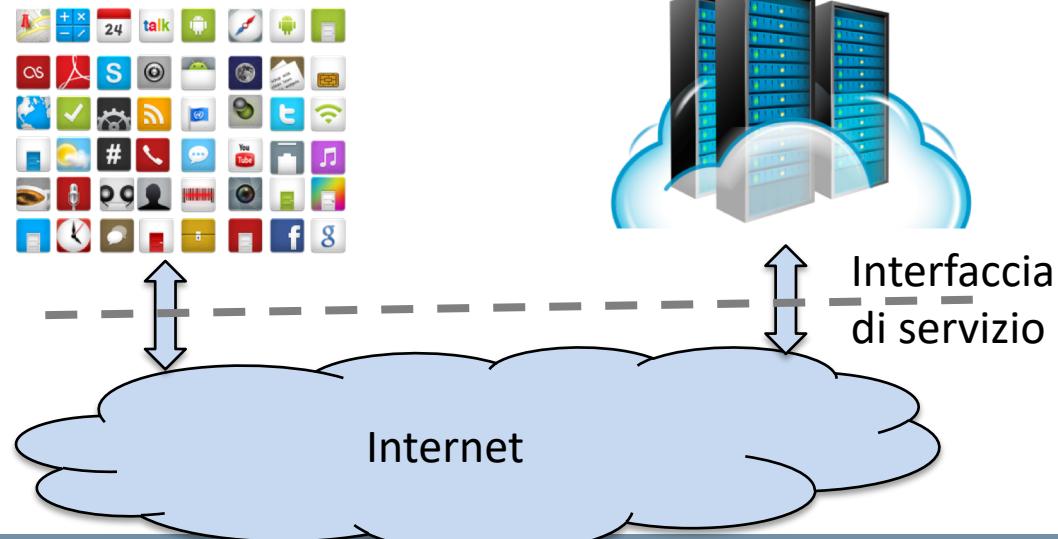
1) Una **infrastruttura fisica** fatta di componenti fisiche



2) Un'architettura di rete



3) Un **servizio di comunicazione** usato dalle applicazioni e i **protocolli di comunicazione** tra le componenti del sistema



# Componenti fisiche

- Milioni di computer connessi alla rete chiamati **host = terminali**
- Canali di comunicazione di diversi tipi (fibra, cavo, radio, satellite, ...) **link = collegamenti**
- Nodi di rete chiamati **router = nodi**
- Altri nodi di rete locali (switch, access point, modem, ...)



router



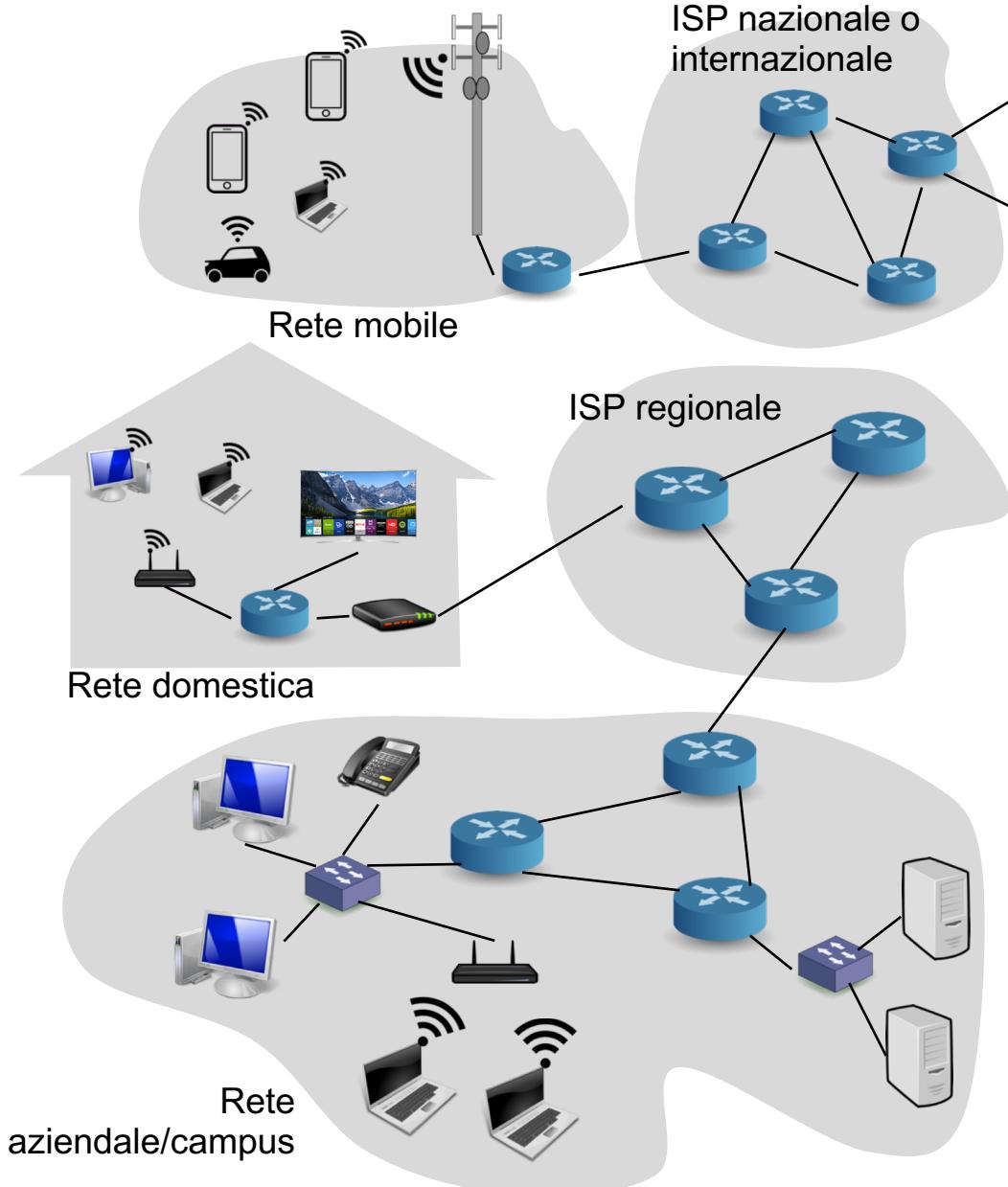
desktop



server

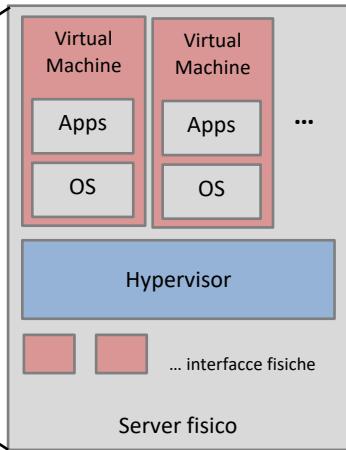


laptop



# Componenti fisiche: host (terminali)

- Tutti gli **host** per la rete sono sistemi in grado di **inviare e ricevere informazioni** per le loro applicazioni finali
- Ma in realtà hanno caratteristiche molto diverse



Server fisici e virtuali per data center di servizi cloud



Dispositivi personali



Oggetti intelligenti



# Componenti fisiche: link (collegamenti)

- I collegamenti possono essere di natura fisica molto diversa (fibra ottica, cavi coassiali, doppini, radio, ecc.)
- Differiscono anche per tecnologia di trasmissione dell'informazione
- E ovviamente per la velocità di trasmissione (rate) misurato in bit al secondo (b/s, kb/s, Mb/s, Gb/s, Tb/s)



# Componenti fisiche: nodi di rete

- I nodi di rete di internet sono i **router** che operano su unità di informazione (sequenze di bit) finite, dette pacchetti
- Esistono altri nodi di rete che a livello locale svolgono altre funzioni di collegamento
- Vedremo che il “livello” a cui opera un nodo di rete è un aspetto importante della tecnologia



router



switch



access point



# Architettura di rete

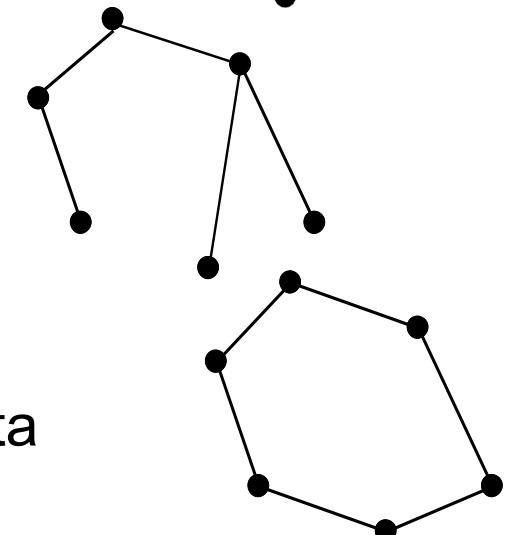
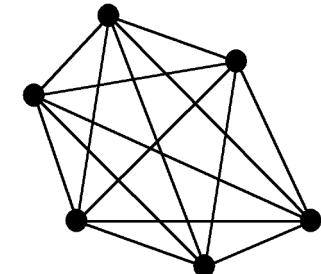
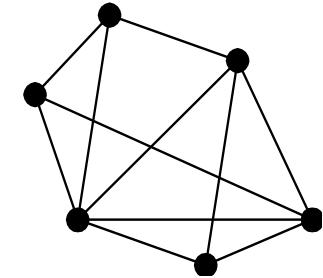
- **Grado di Integrazione**
  - Reti dedicate
    - Telefonia
    - Dati
    - Video
  - Reti integrate
    - Sviluppo molto recente
    - Migliori servizi forniti
    - Economie di scala
- **Topologia**
  - Grafo di Interconnessione (maglia, albero, stella, etc.)
- **Estensione di una rete di TLC**
  - Geografica
  - Locale/metropolitana



# Architettura di rete

## $N$ nodi da interconnettere

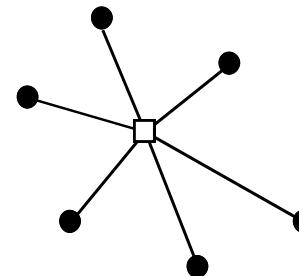
- **Maglia**
  - Numero rami,  $E$ ,  $N < E < N(N-1)/2$
  - Nodo generico può agire anche da smistatore
  - Caso particolare: Maglia completa
    - Tutti percorsi diretti
    - Rami dedicati alla coppia di nodi
    - Percorsi a lunghezza minima  $L_{min}=1$
- **Albero**
  - Percorsi a lunghezza variabile
  - Praticabile solo se dimensione limitata
- **Anello**
  - Praticabile sia in area estesa sia in area limitata



# Architettura di rete

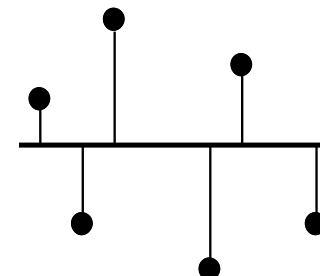
- **Stella**

- N rami dedicati, uno per nodo
- 1 nodo di commutazione
- Percorsi a lunghezza fissa  $L=2$
- Soluzione praticabile solo se nodi vicini



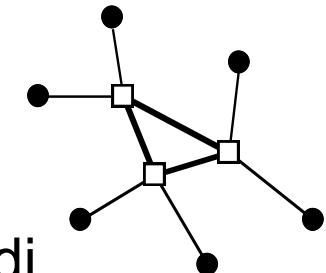
- **Bus**

- Struttura centrale condivisa
- Percorsi a lunghezza fissa  $L=2$
- Praticabile solo se area limitata



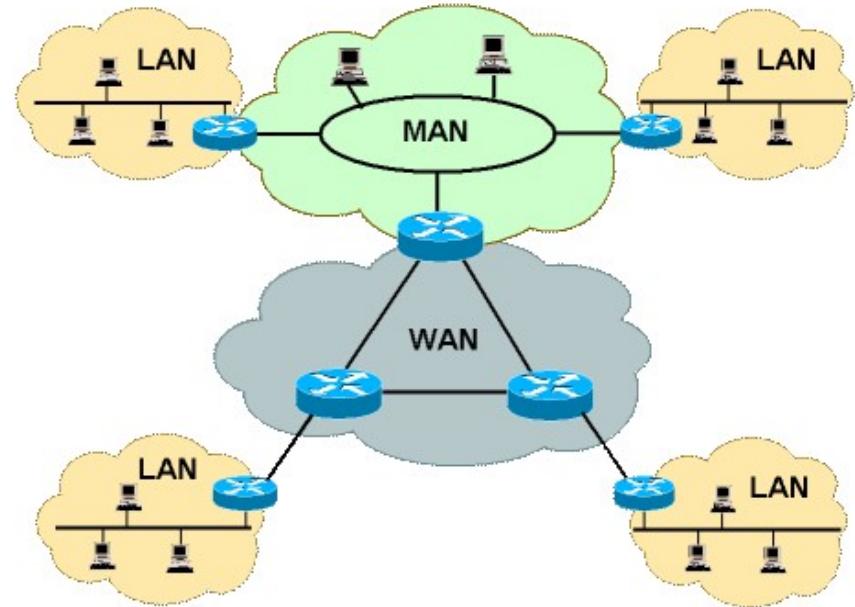
- **Maglia + stella**

- K nodi più complessi: instradamento più difficile
- Rami (giunzioni): risorse condivise  $\leftarrow$  alto fattore di utilizzazione



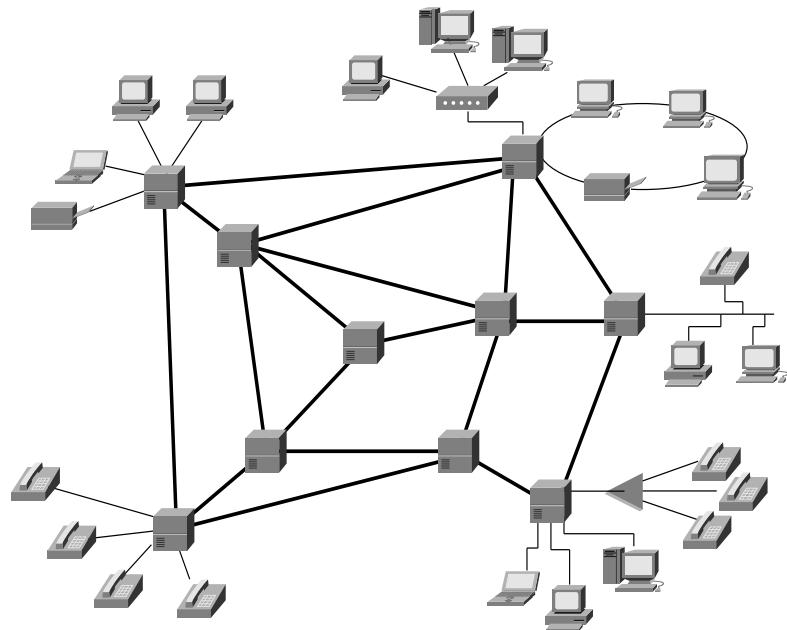
# Architettura di rete

- **Tipi di rete**
  - LAN: Local Area Network
    - Impiegate in aree limitate (tipicamente edifici, campus)
  - MAN: Metropolitan Area Network
  - WAN: Wide Area Network
    - Coprono estensioni fino ad alcune decine di km
  - WAN: Wide Area Network
    - Hanno copertura ampia a piacere

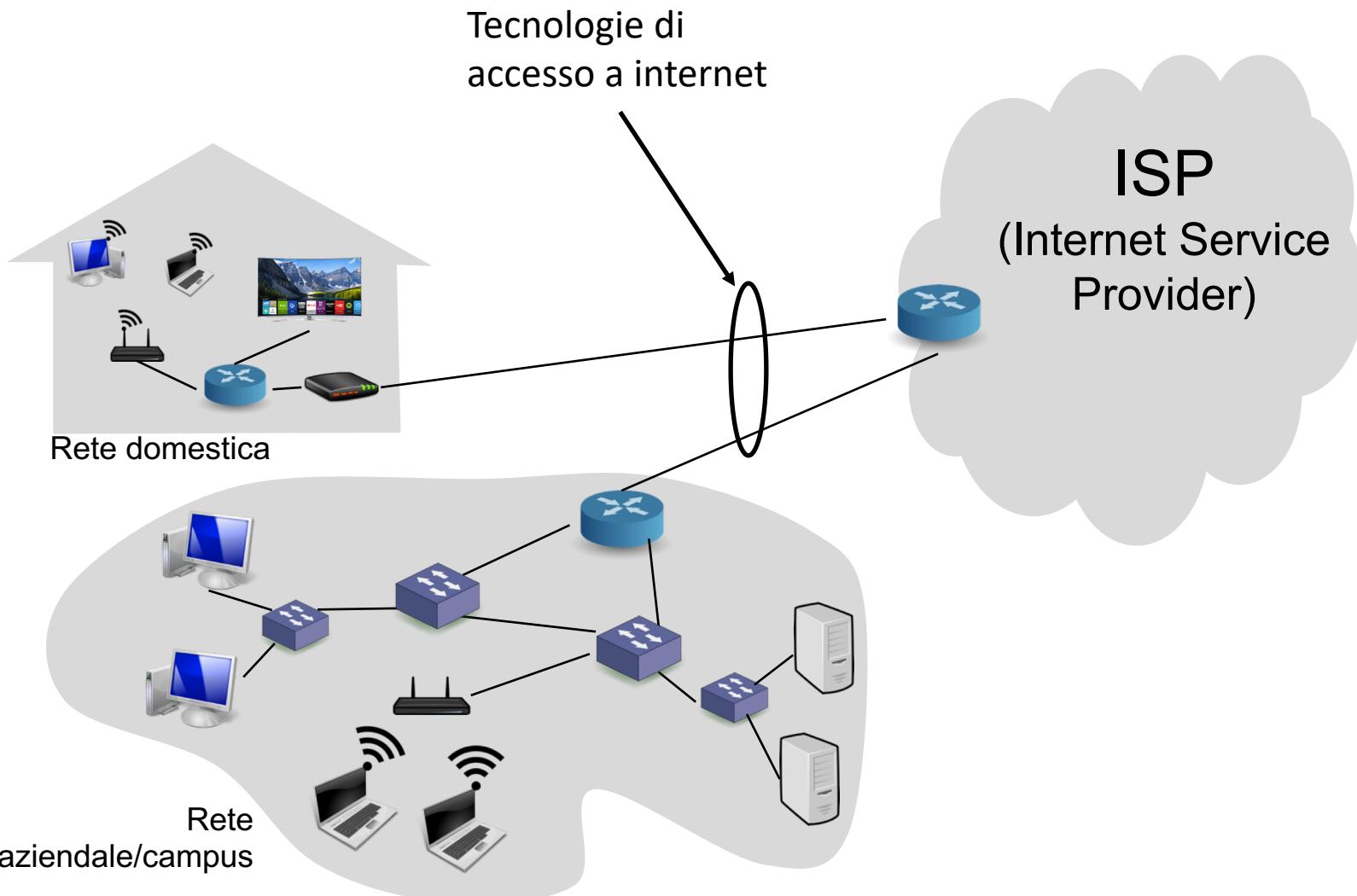


# Architettura di rete

- **Rete di backbone (a lunga distanza)**
- **Rete di accesso o di distribuzione**
- **Criterio generale dimensionamento di rete**
  - Condivisione max di risorse
  - Limitazione max risorse indivise

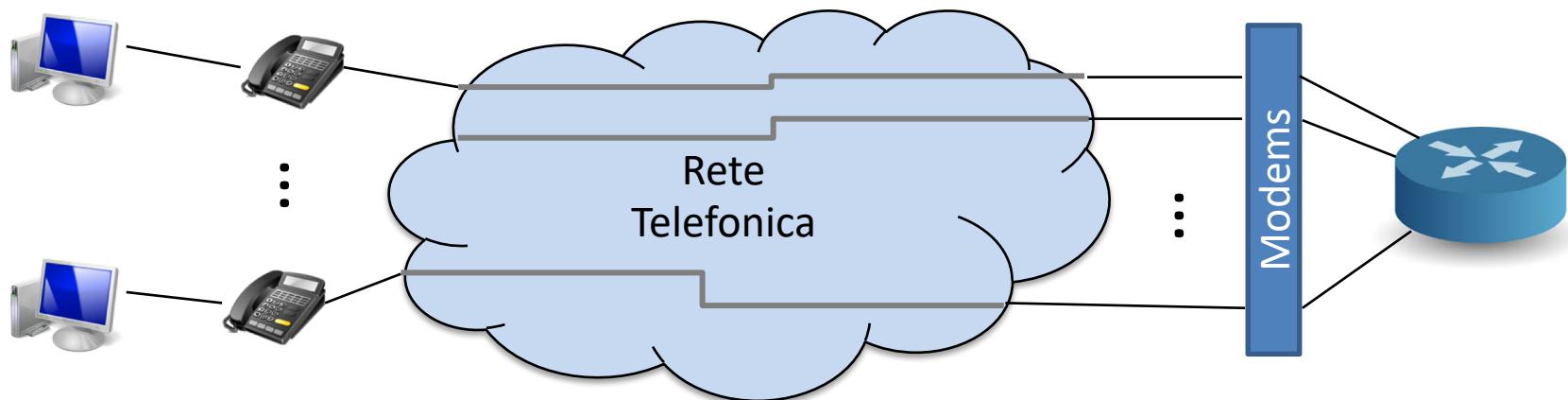


# Accesso alla rete Internet



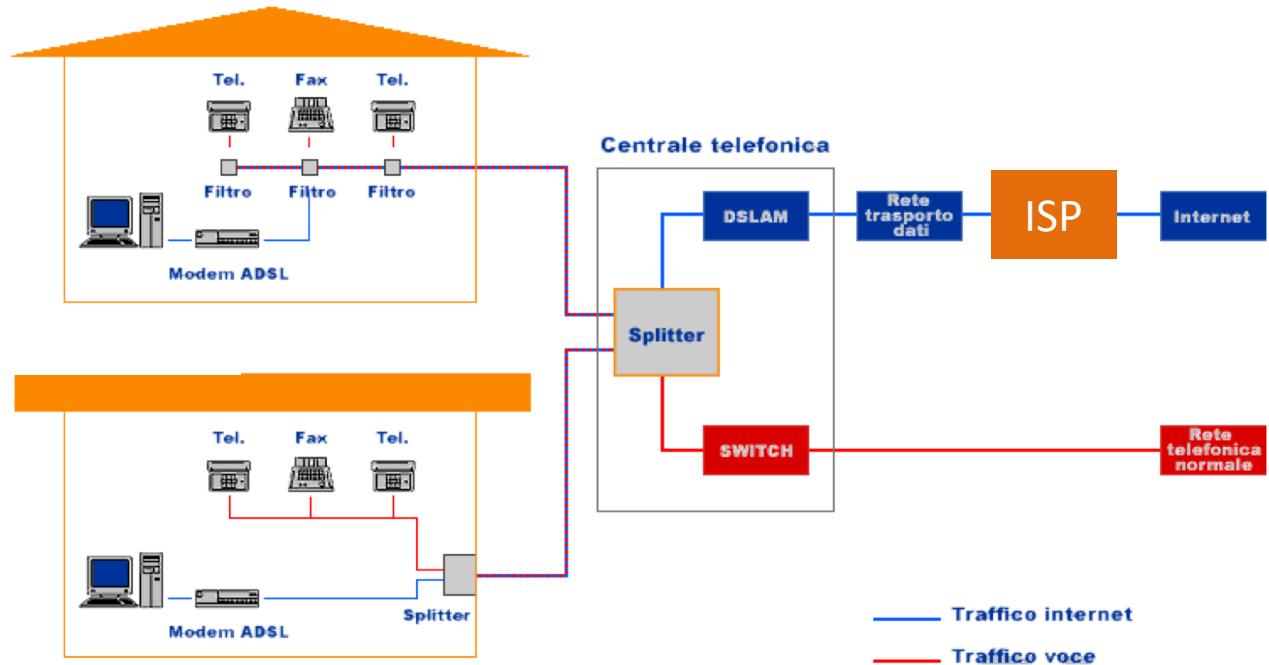
# Accesso a Internet: Dialup

- **Dialup via modem**
  - Fino a 56Kbps
  - Accesso diretto al router del ISP mediante circuito telefonico
  - Trasmissione del segnale in banda fonica



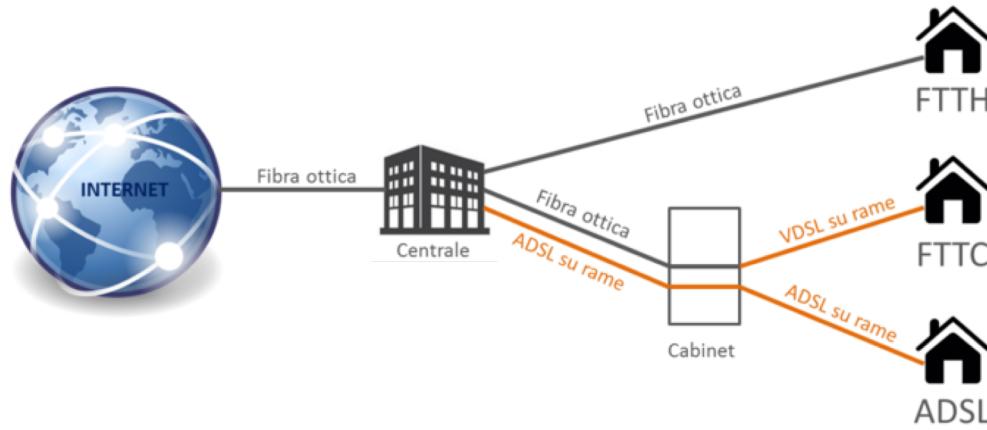
# Accesso a Internet: ADSL

- **ADSL: asymmetric digital subscriber line**
  - Fino a 1 Mbps upstream, Fino a 20 Mbps downstream
  - Condivisione del doppino in rame con la rete telefonica fino alla centrale (divisione di frequenza)
  - Accesso al router del provider mediante rete dati ad alta velocità



# Accesso a Internet: Fibra

- **Rete d'accesso di nuova generazione ad alta velocità**
  - Sostituzione parziale o totale del doppino telefonico con fibra ottica

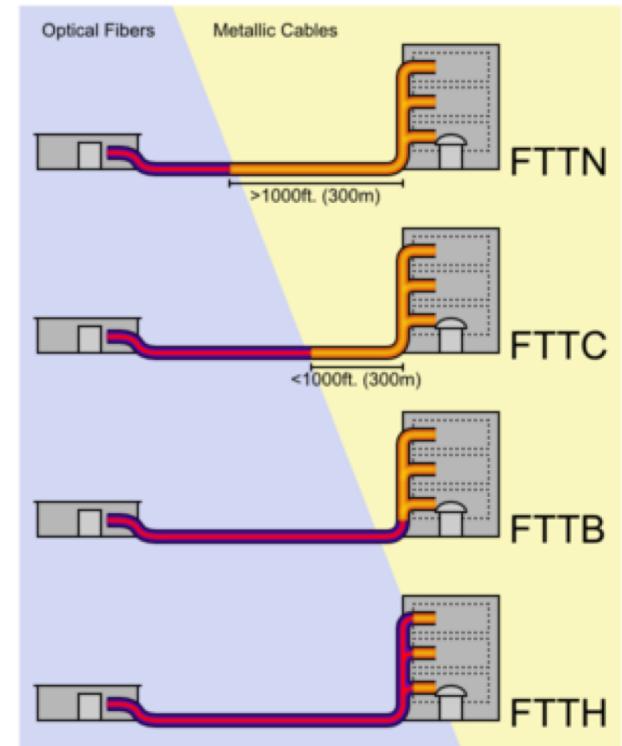


FTTH - Fiber To The Home

FTTB - Fiber To The Basement

FTTC - Fiber To The Curb

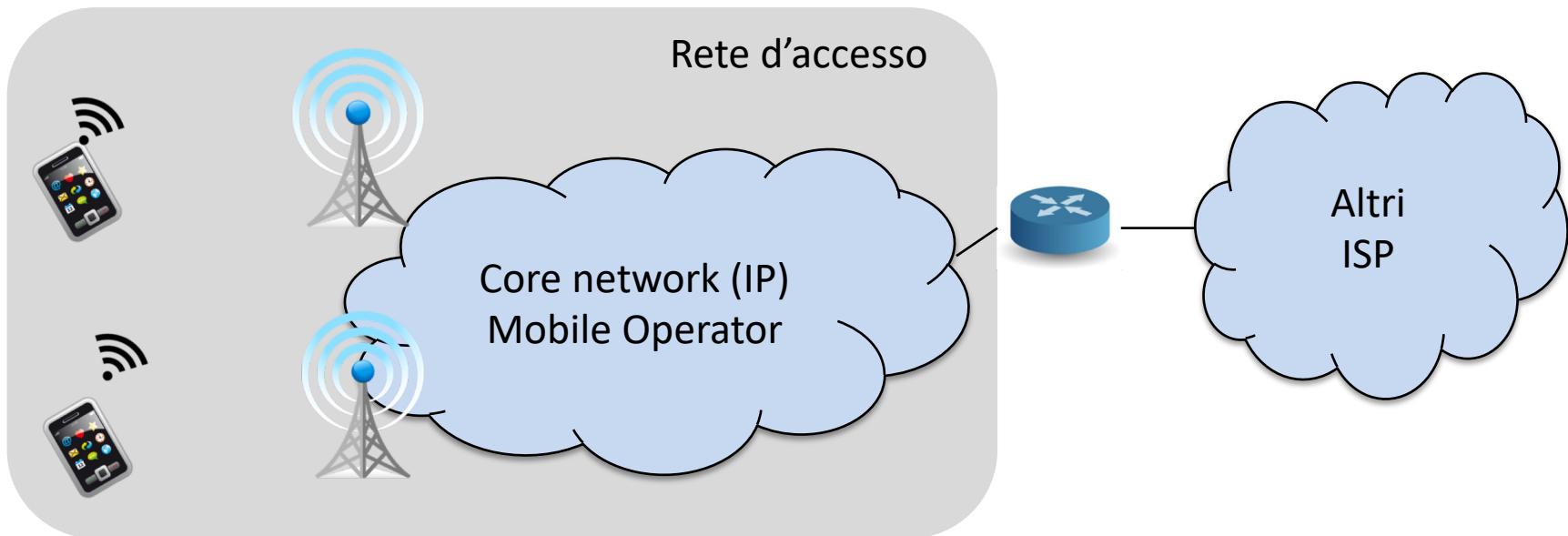
FTTN - Fiber To The Neighborhood



# Accesso a Internet: Rete cellulare

- **Reti cellulari**

- GPRS/EDGE ~ 200 kbps
- HSPA ~ 14,5(down)/5,7(up) Mbps
- LTE ~ 300(down)/85(up) Mbps

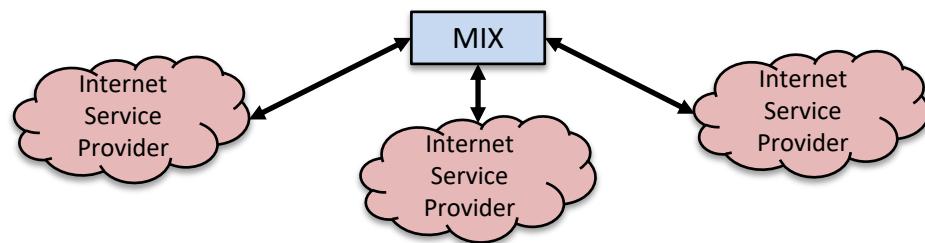


# Come è fatta la rete?

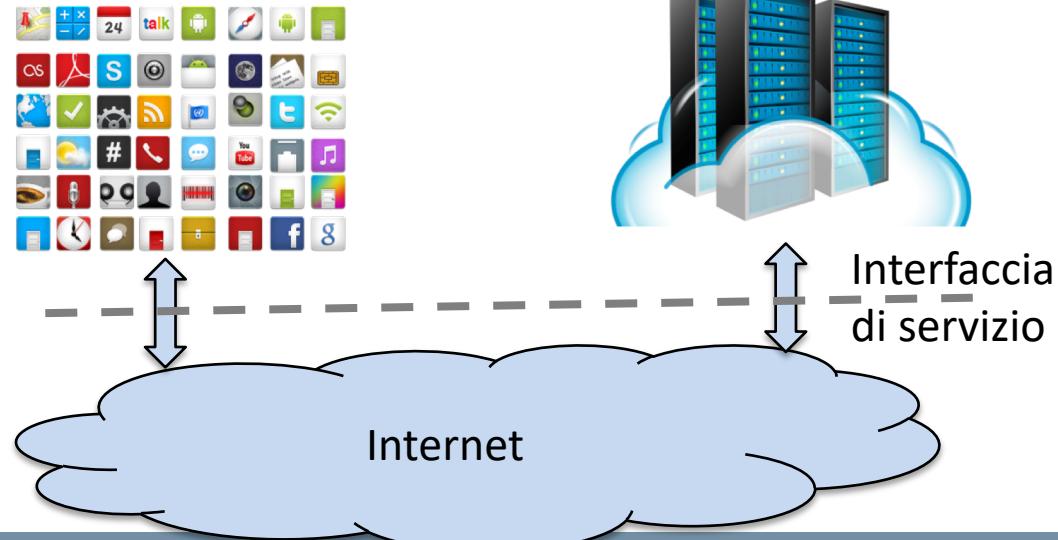
1) Una **infrastruttura fisica** fatta di componenti fisiche



2) Un'architettura di rete



3) Un **servizio di comunicazione** usato dalle applicazioni e i **protocolli di comunicazione** tra le componenti del sistema



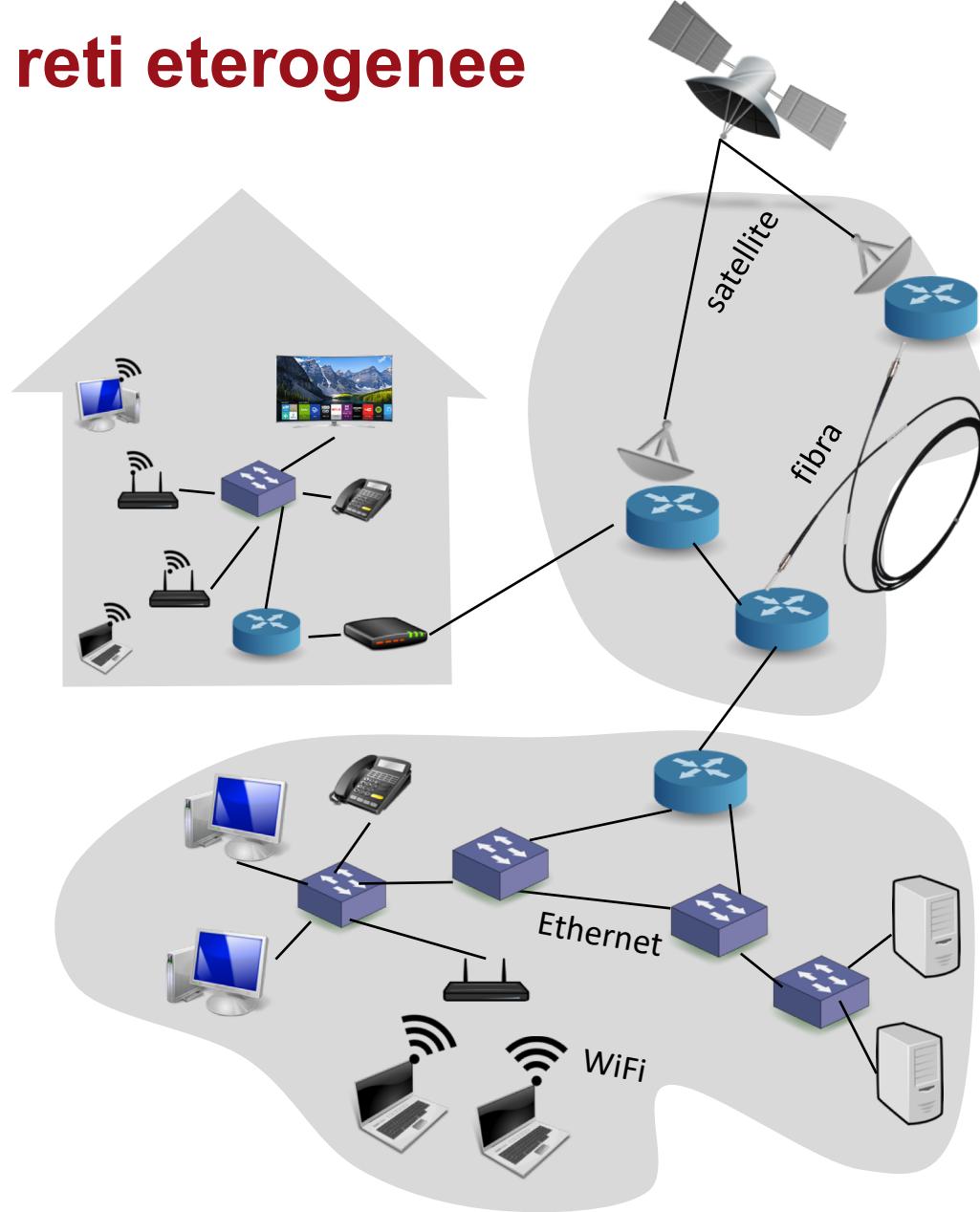
# Reti di reti

- Nella descrizione di cosa sia Internet da punto di vista fisico e di servizio non dobbiamo trascurare un aspetto architetturale fondamentale: **Internet in realtà è un puzzle di tante reti interconnesse**
- **Questo ha due risvolti importanti:**
  - 1) La tecnologia di Internet (IP - Internet Protocol) può essere usata per interconnettere sotto-reti di tipo eterogeno
  - 2) L'intera rete Internet mondiale è composta da tante reti gestite da operatori indipendenti (ISP – Internet Service Provider) che si accordano per collegarle insieme



# Reti di reti: Insieme di reti eterogenee

- Le diverse porzioni di rete sono composte da **tecnicologie diverse**
- I router possono essere interconnessi da **link di vario tipo**
- Ma anche da “**sotto-reti**” che gestiscono internamente propri nodi e link
- Esempio: reti locali Ethernet e/o WiFi

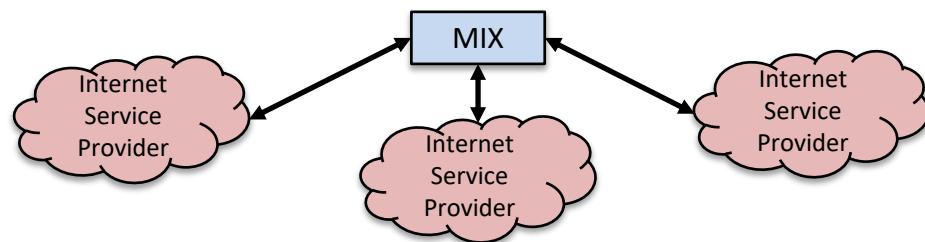


# Come è fatta la rete?

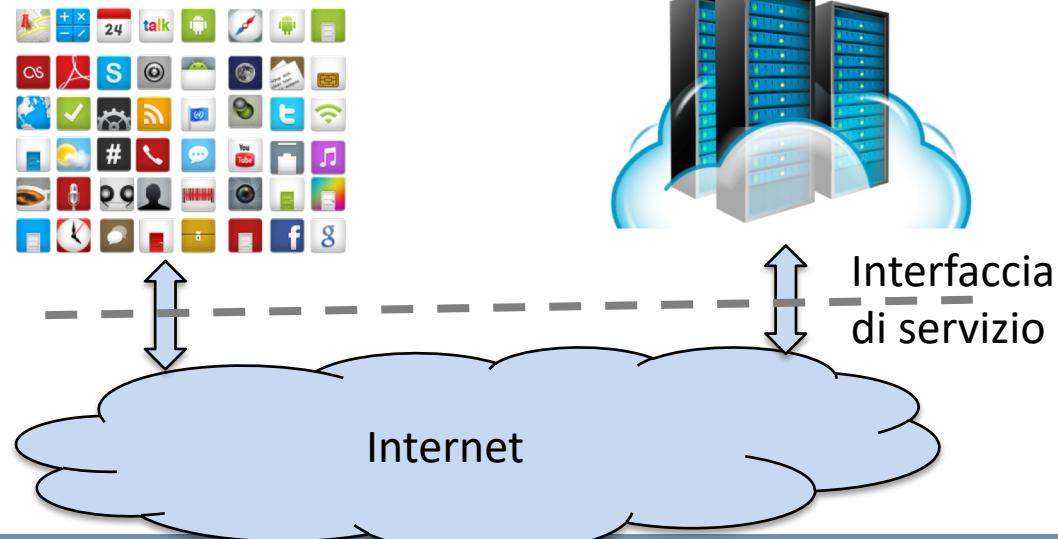
1) Una **infrastruttura fisica** fatta di componenti fisiche



2) Un'architettura di rete

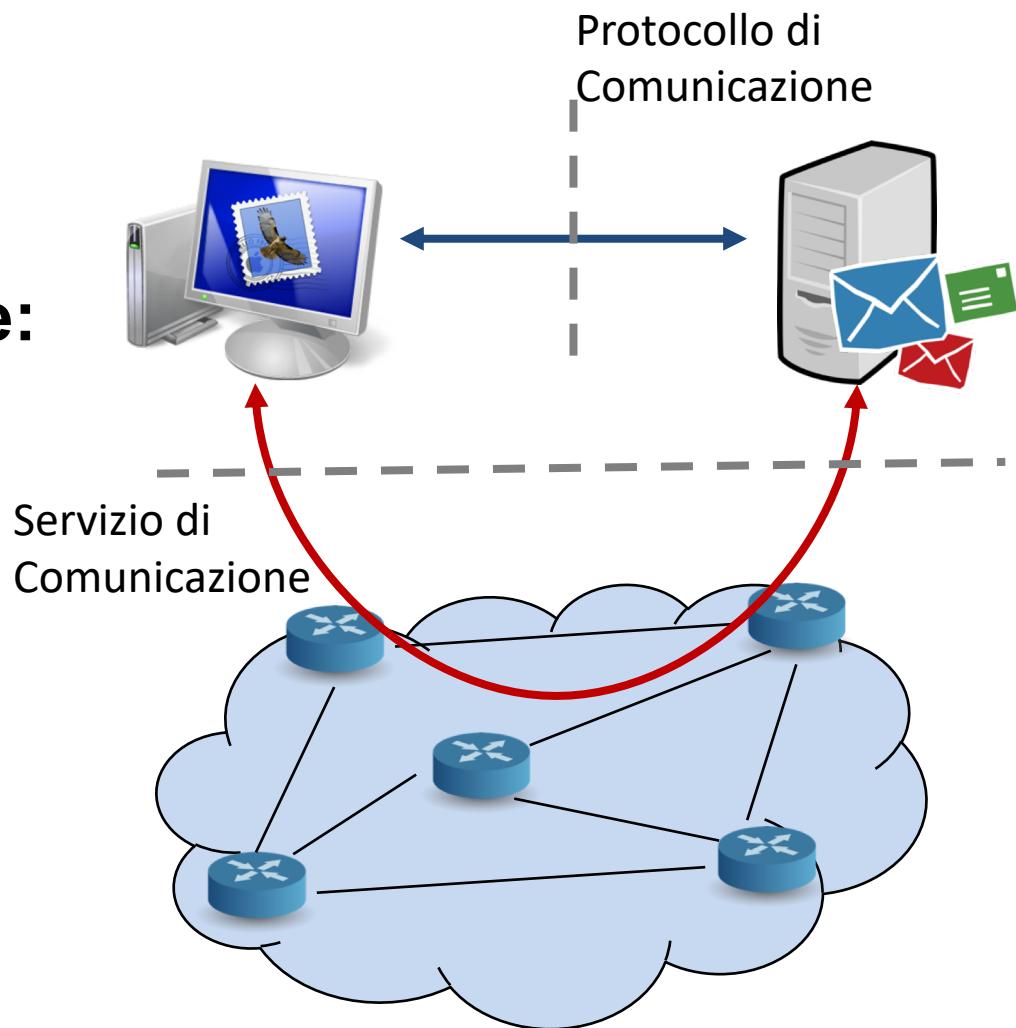


3) Un **servizio di comunicazione** usato dalle applicazioni e i **protocolli di comunicazione** tra le componenti del sistema



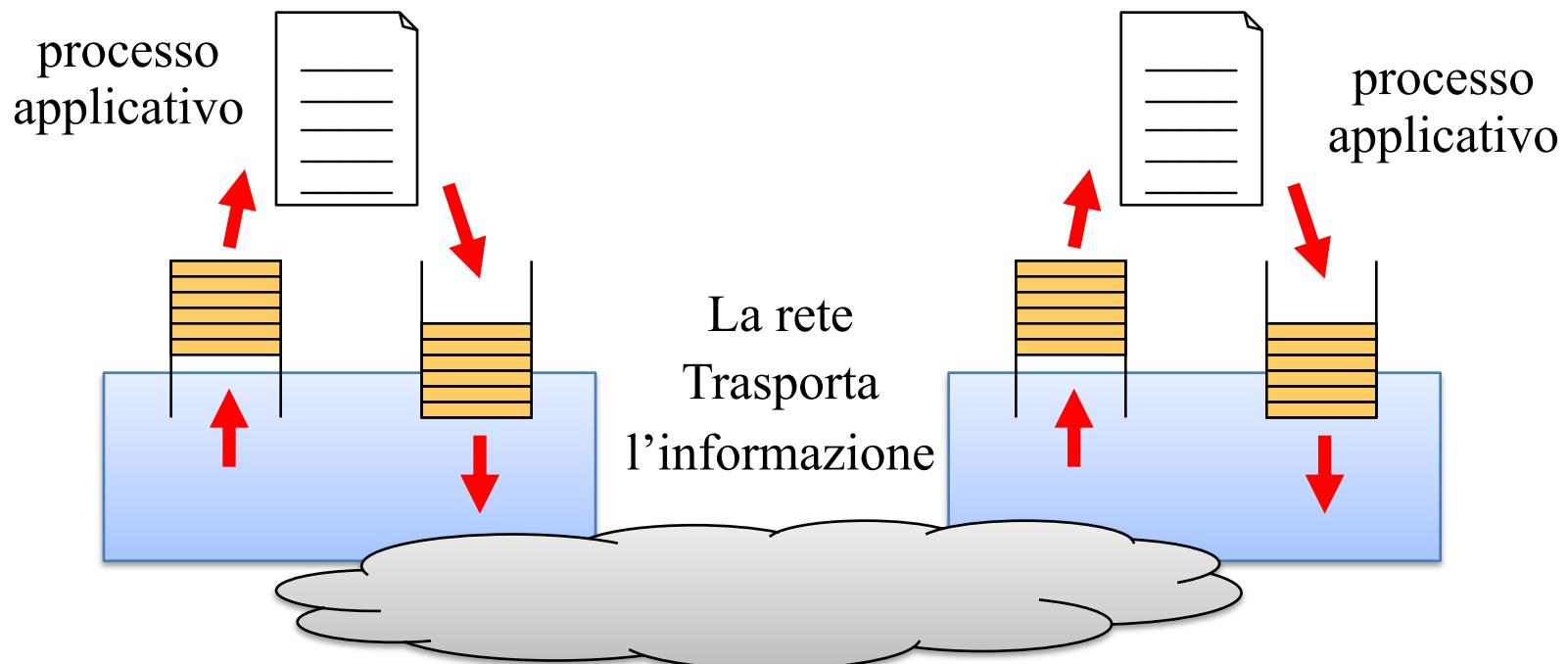
# Il servizio e i protocolli di comunicazione

- **Infrastruttura di comunicazione consente le applicazioni distribuite:**
  - Web, email, games, e-commerce, file sharing
- **Protocolli di comunicazione per inviare e ricevere messaggi**



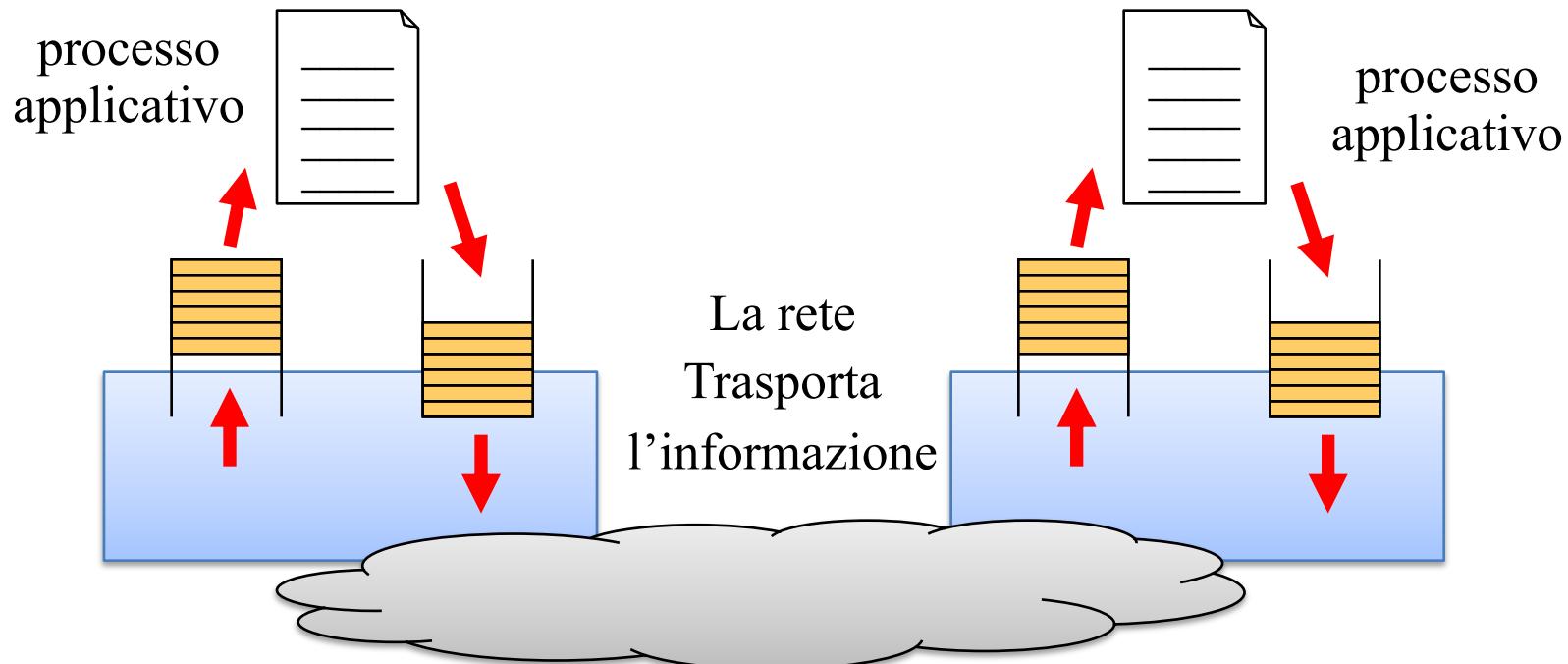
# Le applicazioni usano la rete

- La rete fornisce un servizio di comunicazione alle applicazioni per il trasporto delle informazioni tra i processi remoti
- Il servizio di trasporto offerto dalla rete alle applicazioni può essere di vari tipi



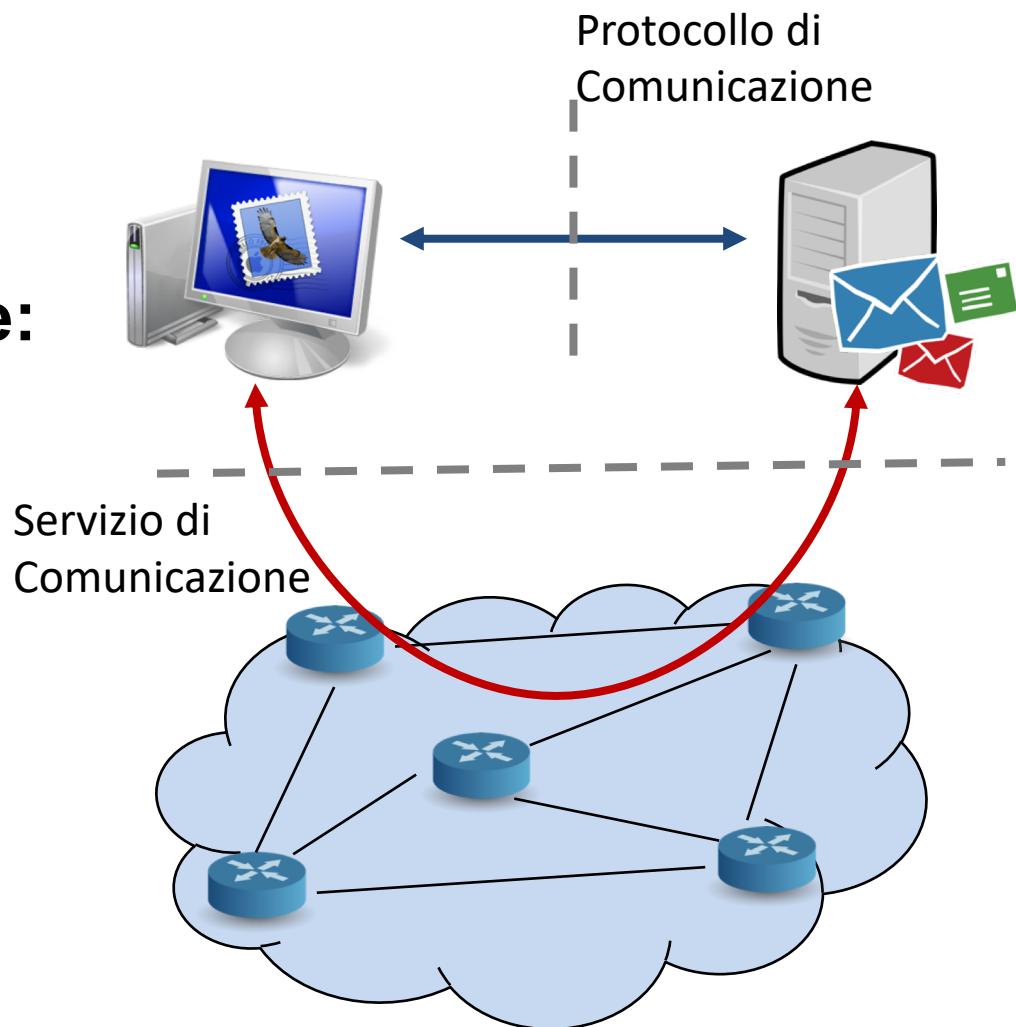
# Il trasporto delle informazioni

- Possono essere trasportati brevi messaggi in modo non affidabile (esempi: DNS, segnalazione, ecc.)
- Possono essere trasportate sequenze anche lunghe di byte in modo affidabile (web, email, file transfer, ecc.)



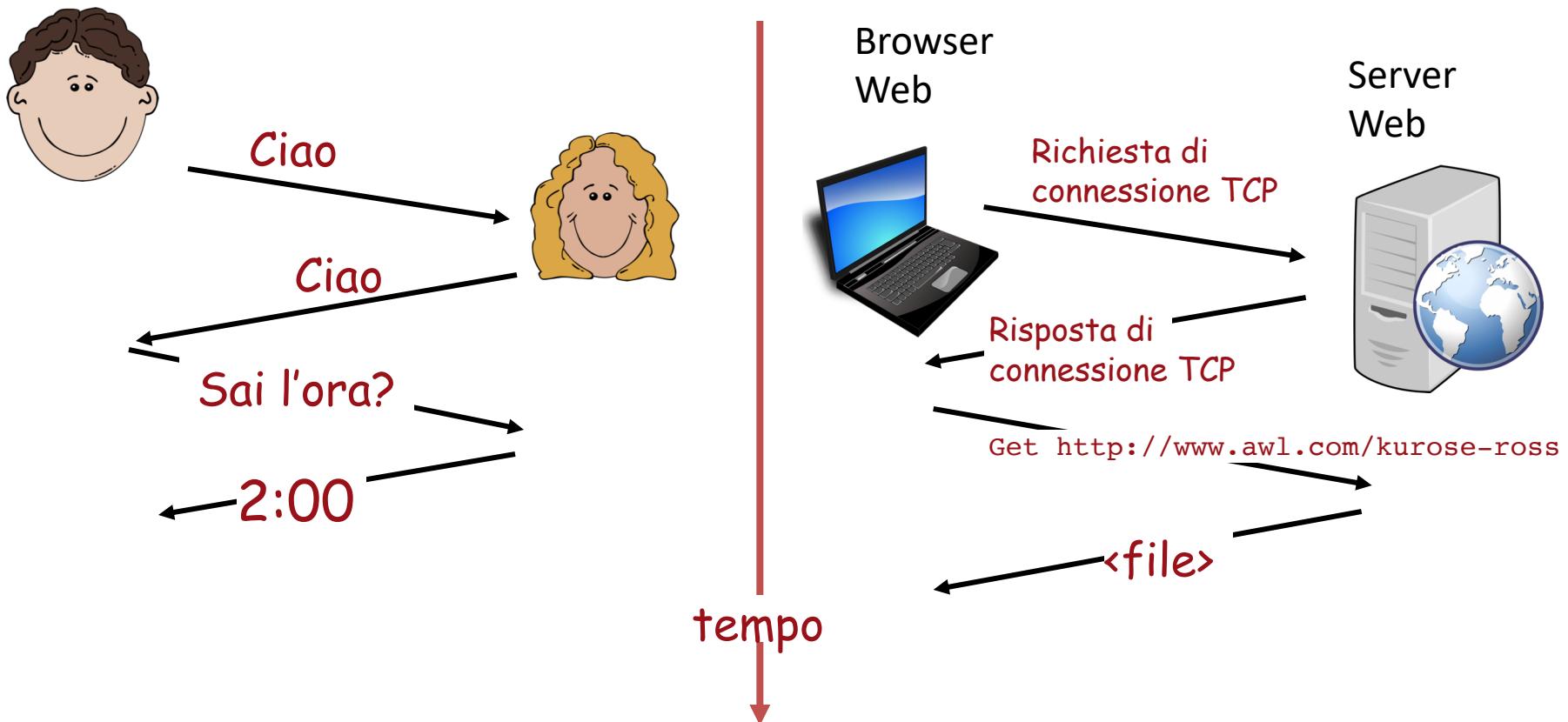
# Il servizio e i protocolli di comunicazione

- **Infrastruttura di comunicazione consente le applicazioni distribuite:**
  - Web, email, games, e-commerce, file sharing
- **Protocolli di comunicazione per inviare e ricevere messaggi**



# Cos'è un protocollo

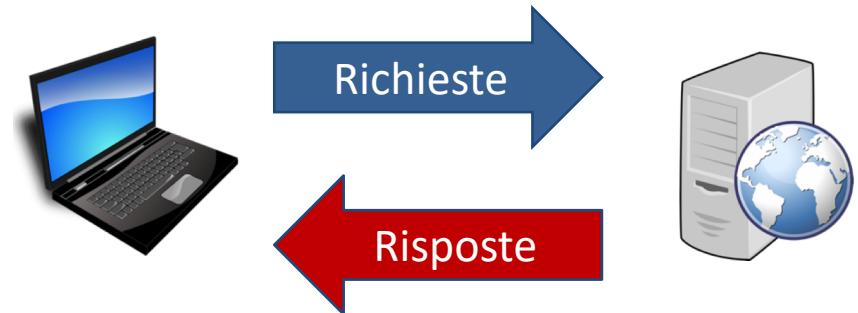
## Protocollo umano e protocollo di rete



# Protocolli di comunicazione: modelli

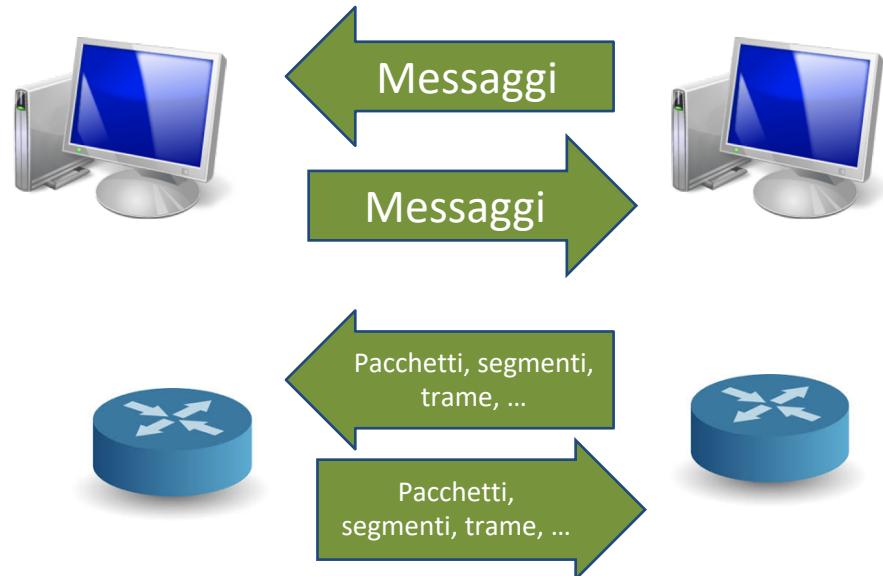
- **Modello client/server**

- client chiedono il servizio, i server lo forniscono
- I client fanno domande, i server rispondono



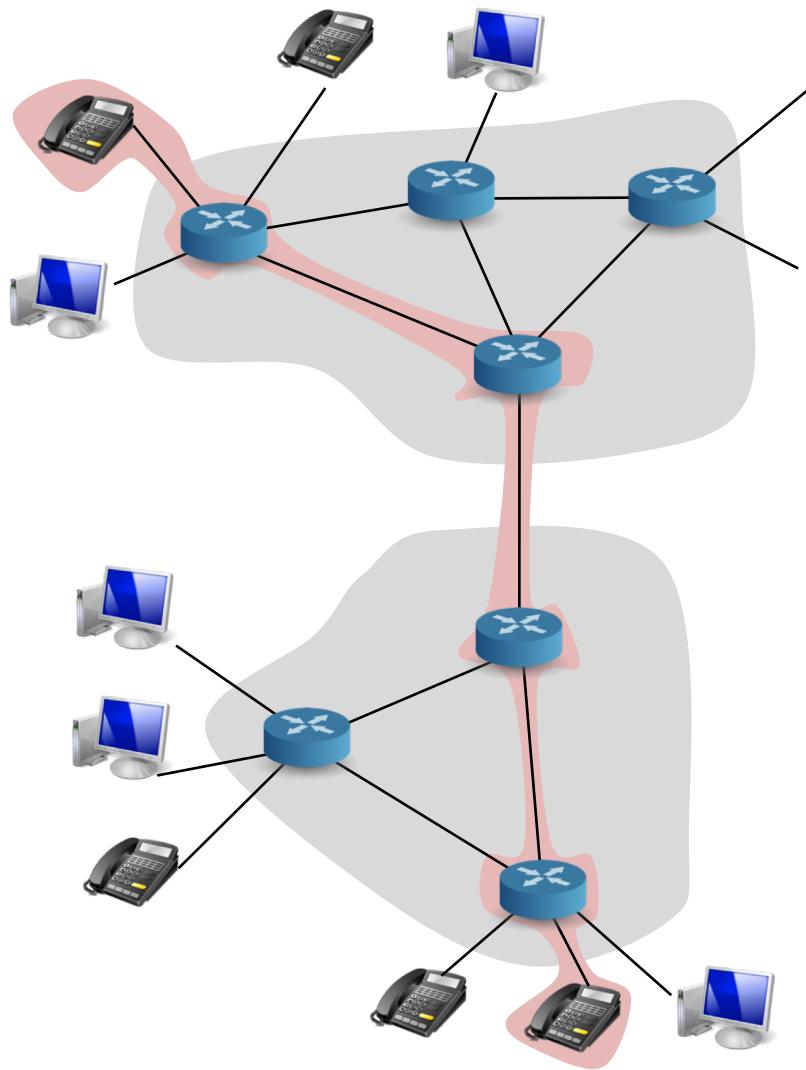
- **Modello peer-to-peer:**

- Tutti i terminali collaborano senza distinzione di ruoli (o quasi)



# Come funziona la rete Internet?

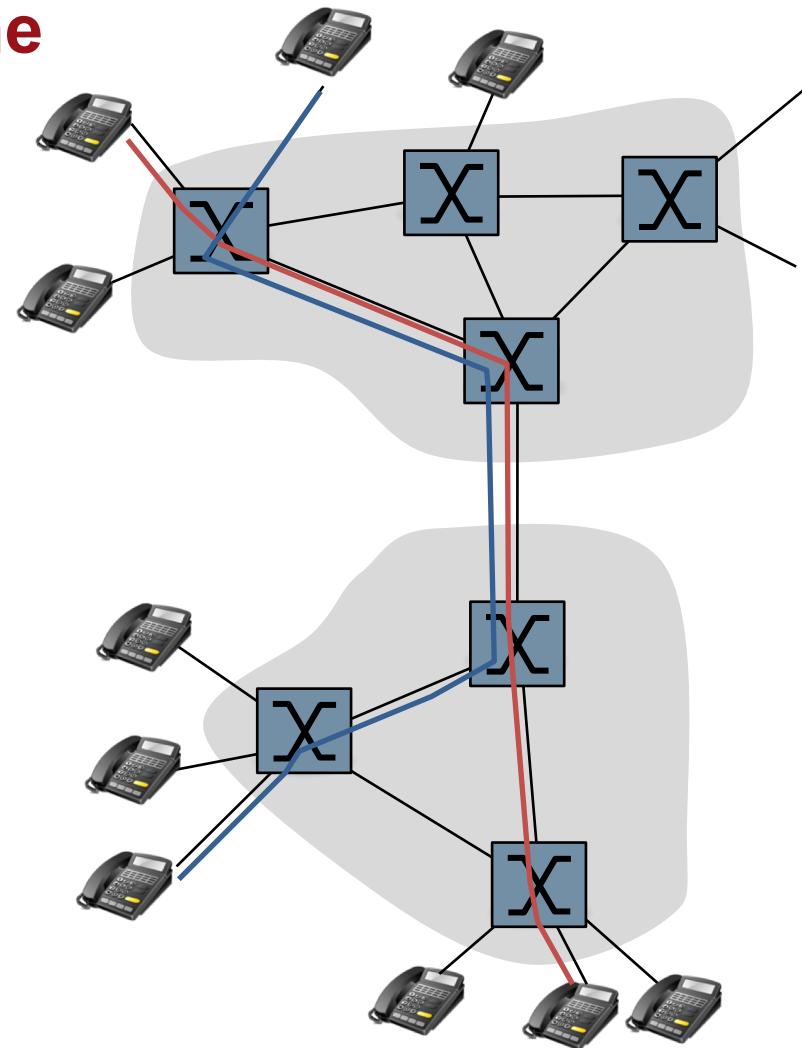
- Insieme di router interconnessi
- **Come viene trasferita l'informazione in rete?**
  - Comutazione di circuito: circuito dedicato per chiamata
  - Comutazione di pacchetto: dati inviati in rete con messaggi



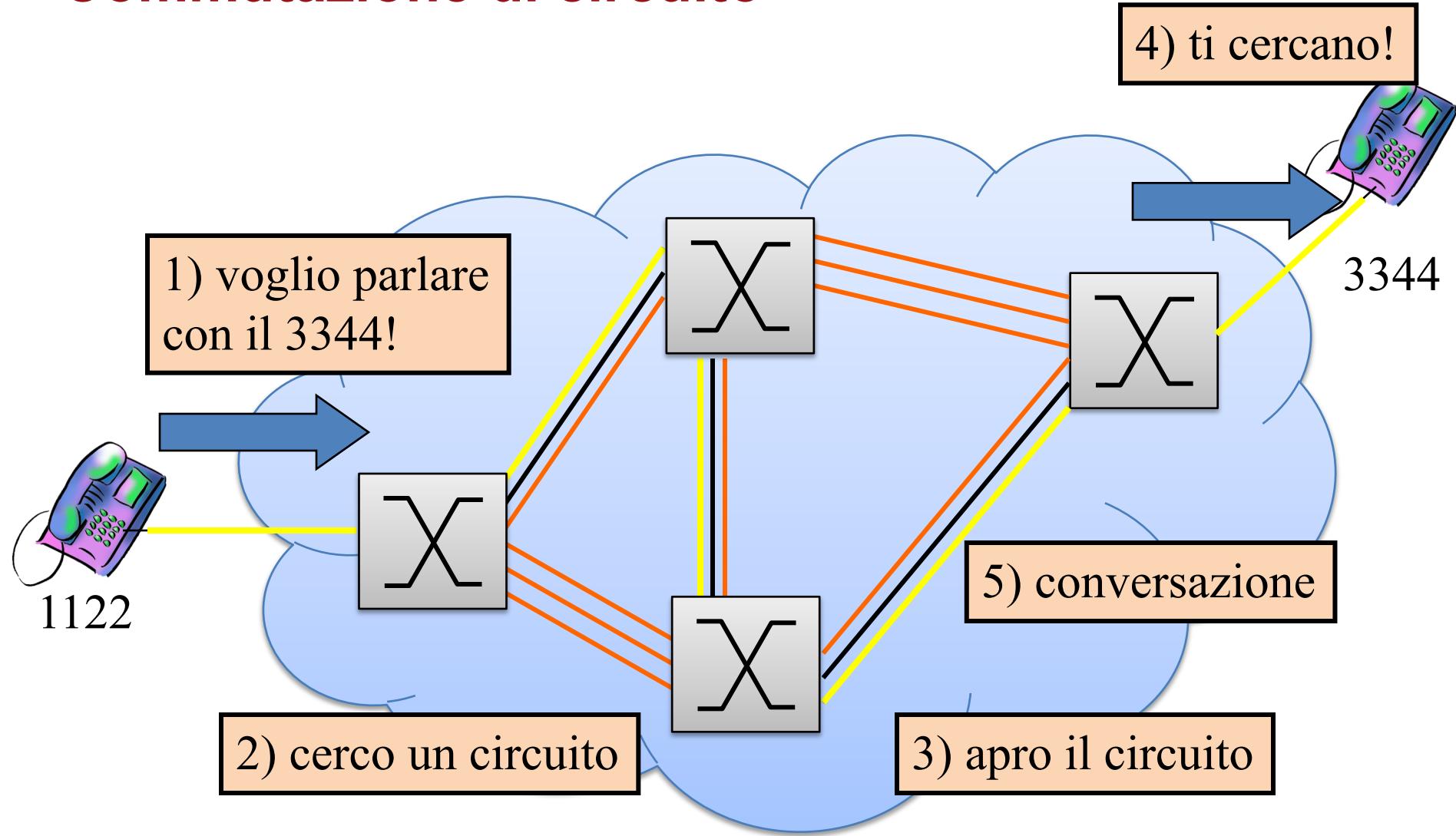
# Commutazione di circuito

**Le risorse per la comunicazione  
sono riservate per la chiamata**

- Esempio rete telefonica



# Commutazione di circuito



# Commutazione di circuito

- Risorse di rete **suddivise in “pezzi”**
- ciascun “pezzo” (= circuito) viene allocato ai vari collegamenti
- le risorse rimangono ***inattive*** se non utilizzate (*non c’è condivisione*)



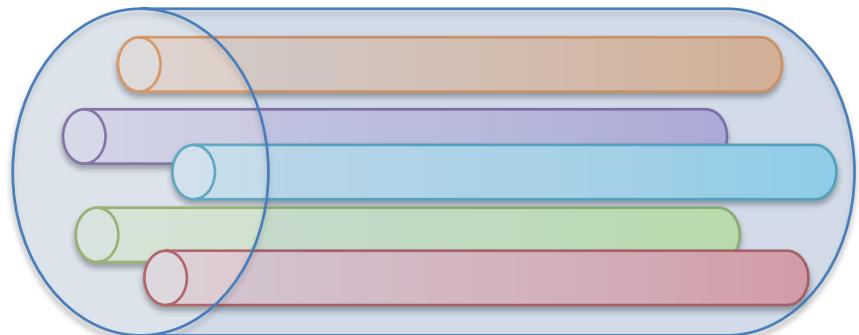
# Commutazione di circuito

- Risorse di rete suddivise in “pezzi”

suddivisione della **banda** (cioè della capacità di trasmettere un certo numero di bit al secondo)

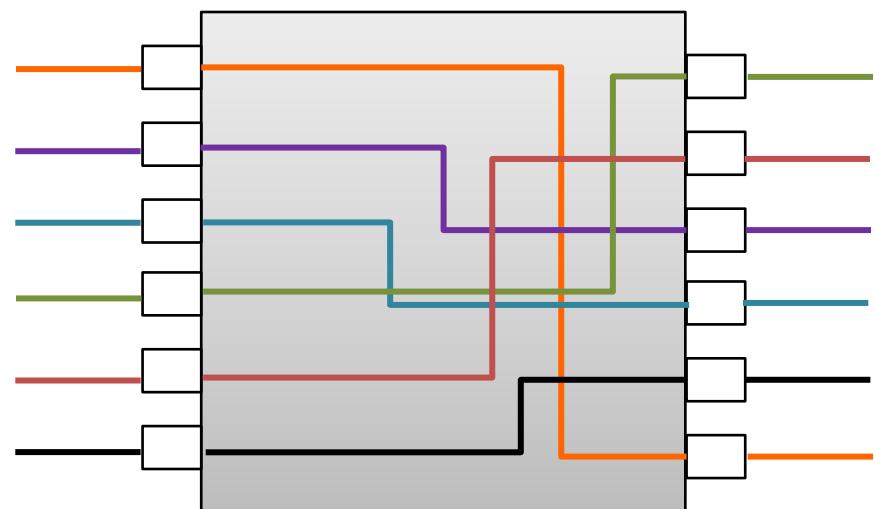
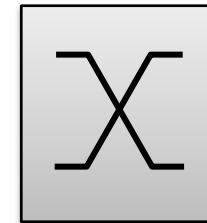
**in “pezzi”**

- divisione di frequenza
- divisione di tempo



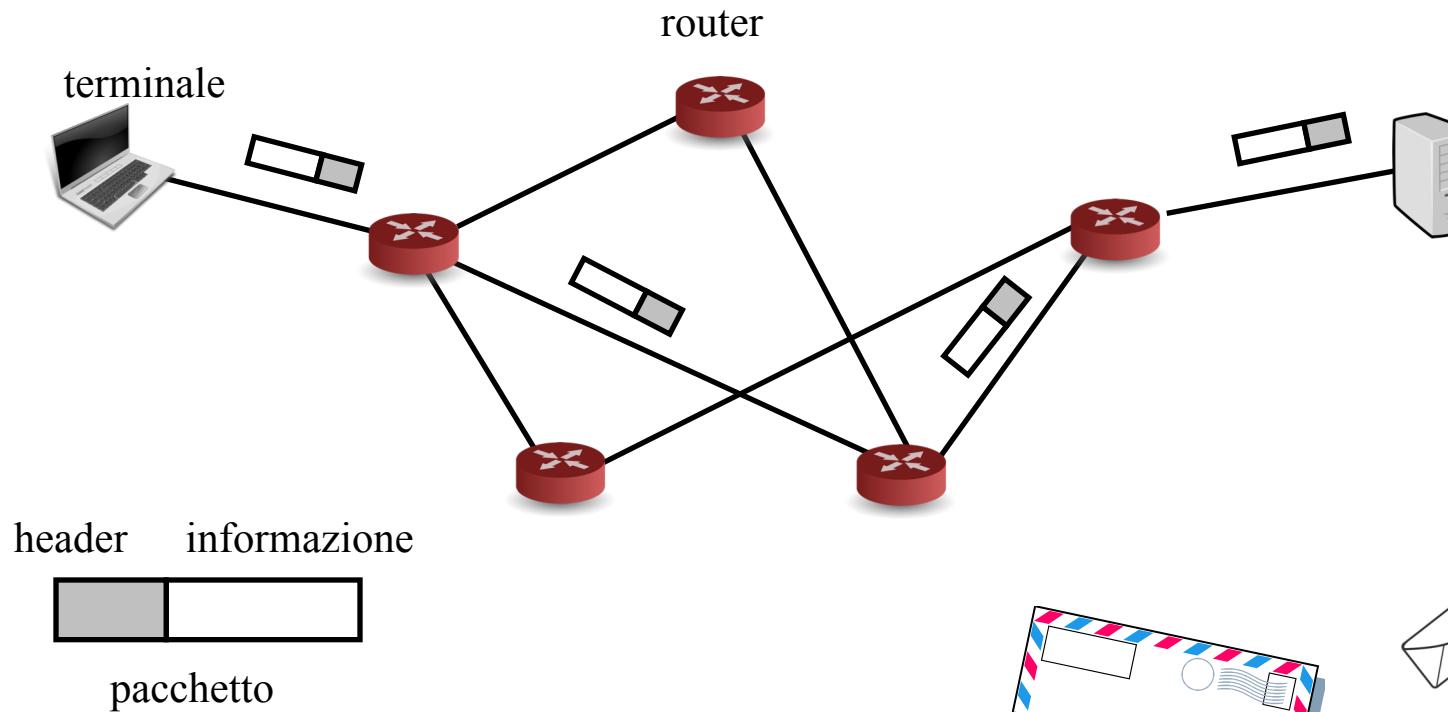
# Commutazione di circuito

- **Modello di nodo  
(comutatore a  
circuito)**
  - La capacità dei canali in ingresso è pari alla capacità (in bit al secondo) di quelli in uscita
  - Non serve memorizzare temporaneamente l'informazione

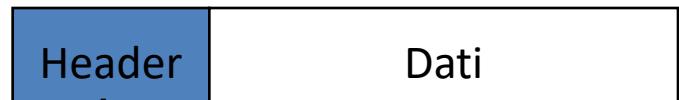


# Commutazione di pacchetto

- **Informazione suddivisa in pezzi**

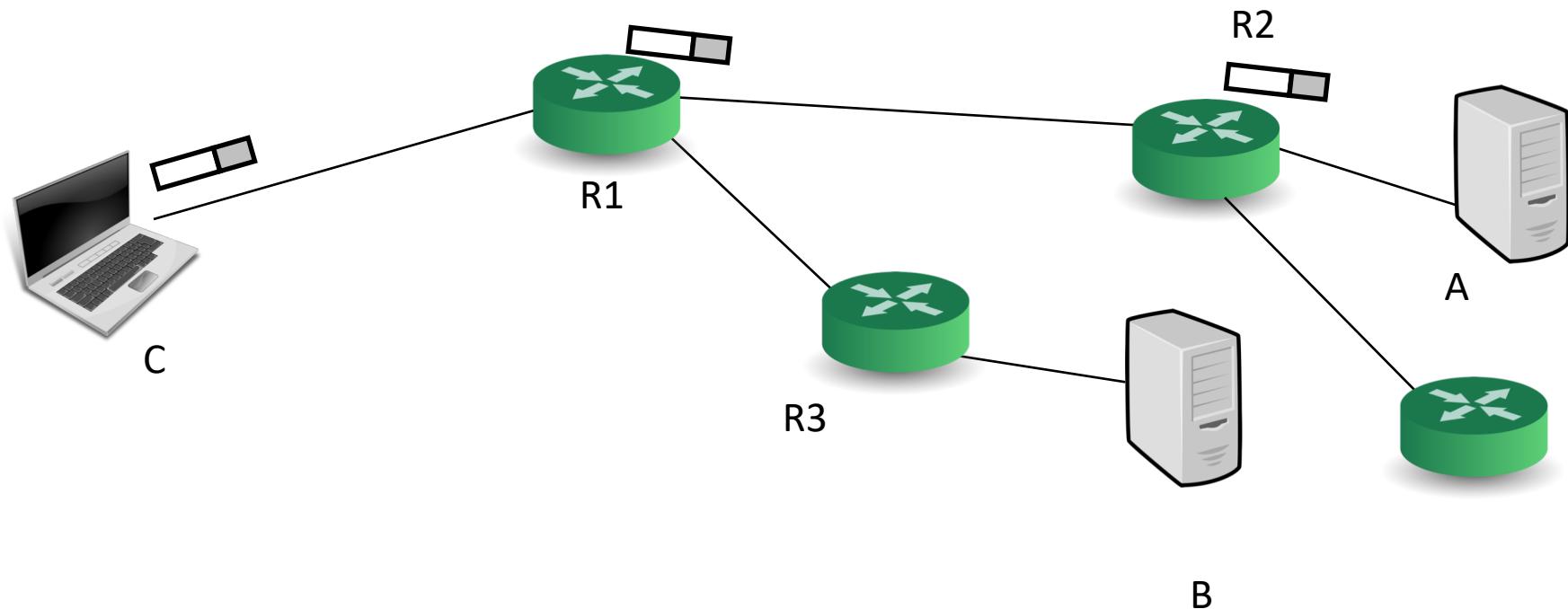


# Commutazione di pacchetto



Indirizzo di destinazione: A

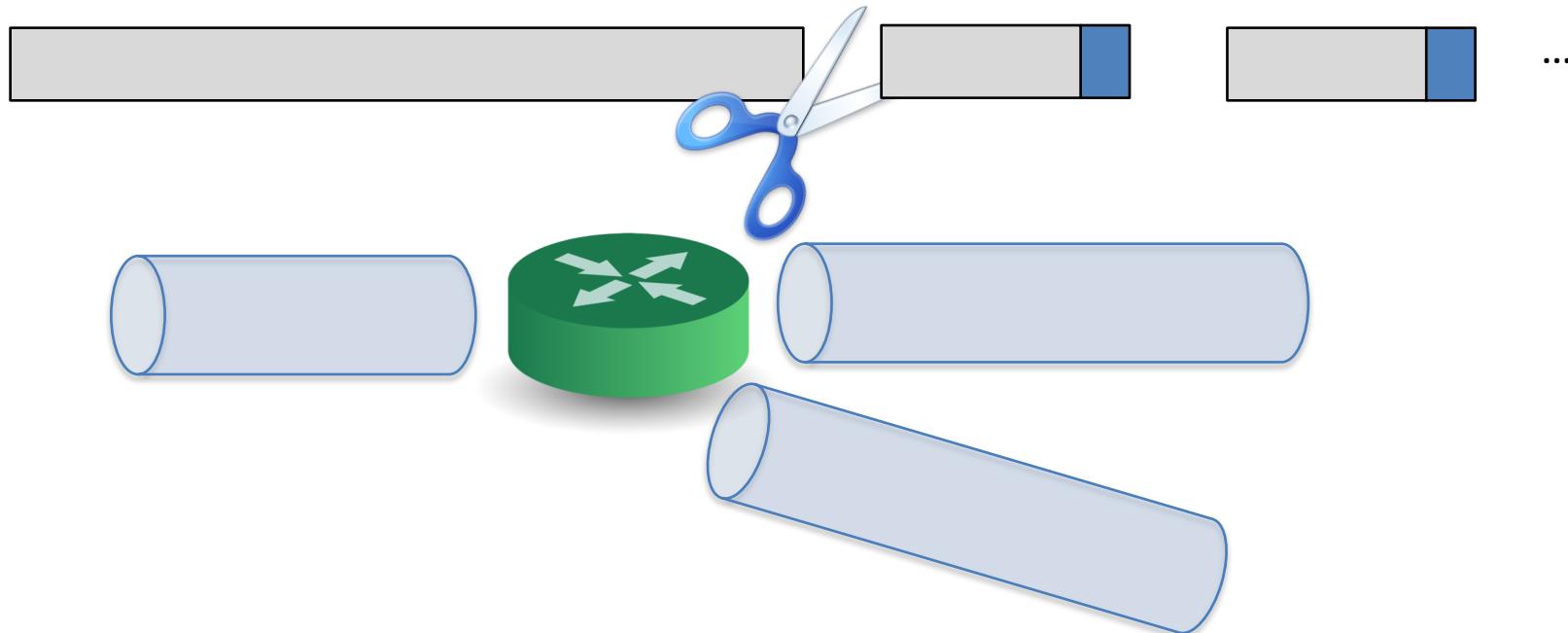
tabella di instradamento	
indirizzo dest.	Prossimo nodo
A	A
...	...
B	R3



# Commutazione di pacchetto

## Il flusso di dati viene suddiviso in *pacchetti*

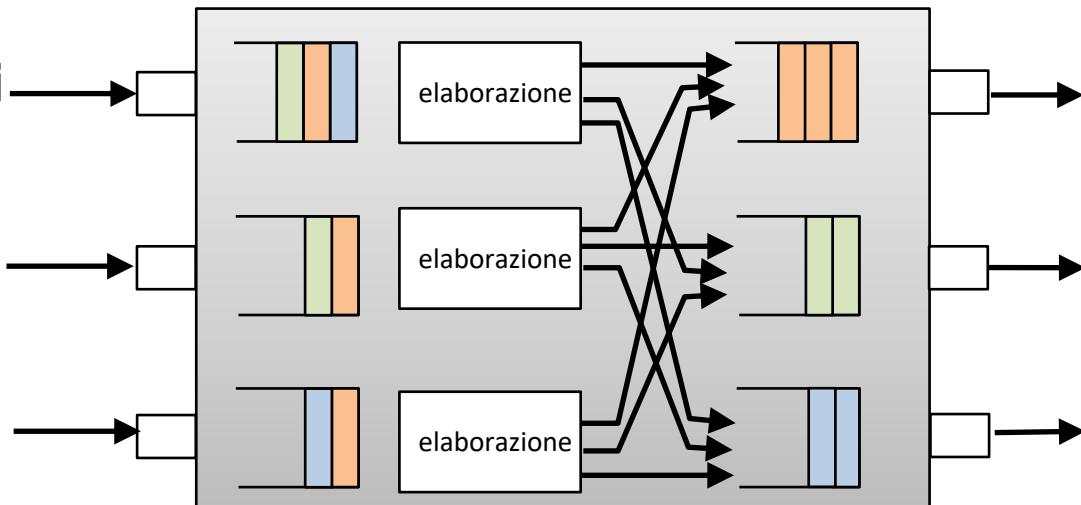
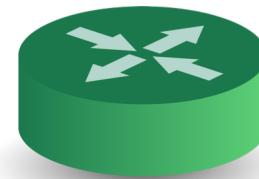
- I pacchetti di tutti gli utenti *condividono* le risorse di rete
- Ciascun pacchetto utilizza completamente il canale
- Le risorse vengono usate a seconda delle necessità



# Commutazione di pacchetto

- **Modello di nodo  
(packet switch/router)**

- L'arrivo dei pacchetti è **asincrono**
- La capacità dei collegamenti **arbitraria**
- Possono esserci **conflitti temporali** per la trasmissione
- Serve **memorizzare temporaneamente** per analizzare indirizzo destinazione e per gestire conflitti

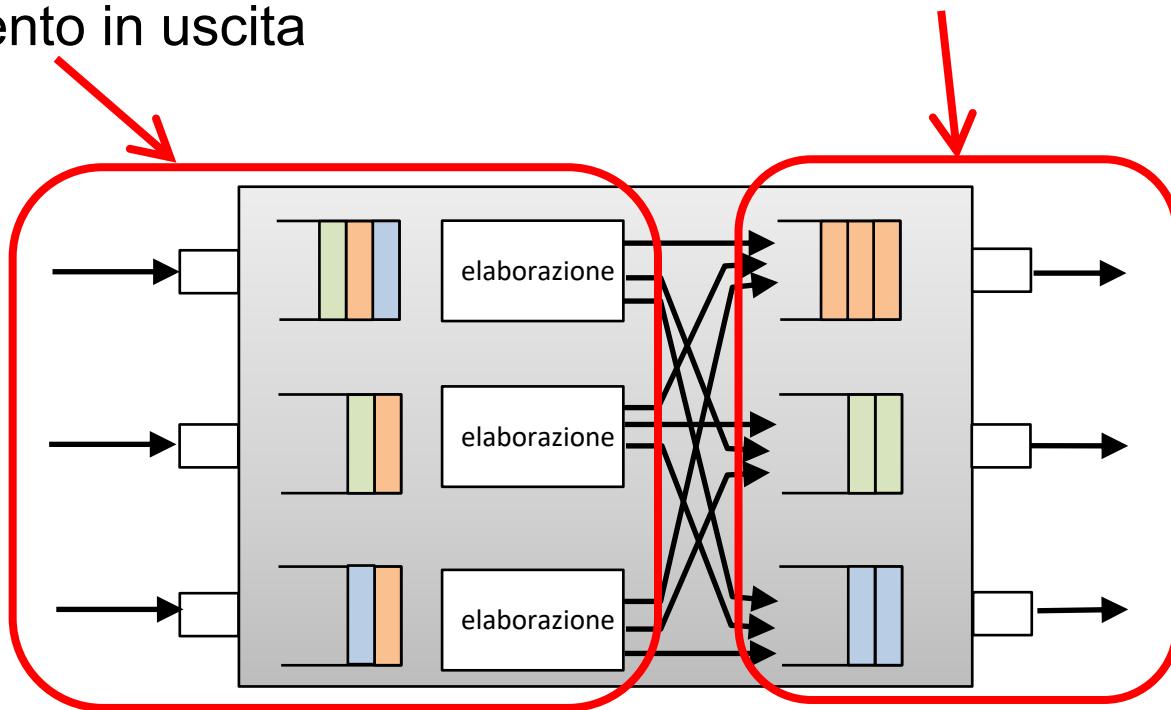


# Commutazione di pacchetto

## Contesa per le risorse:

**store and forward:** il commutatore deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter cominciare a trasmettere sul collegamento in uscita

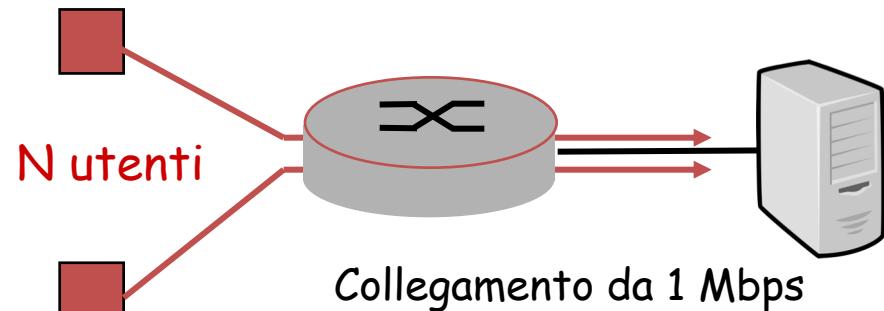
**Multiplazione statistica:** accodamento dei pacchetti, attesa per l'utilizzo del collegamento



# Confronto tra pacchetto e circuito

## Esempio:

- 1 collegamento da 1 Mbps
- Ciascun utente:
  - Genera 100 kbps quando è “attivo”
  - È attivo per il 10% del tempo
- **commutazione di circuito:**
  - 10 utenti ( $1 \text{ Mbps} / 100 \text{ kbps} = 10$ )



- **commutazione di pacchetto:**
  - con 35 utenti, la probabilità di averne > 10 attivi è inferiore a 0,0004  
(risultato di teoria della prob.)

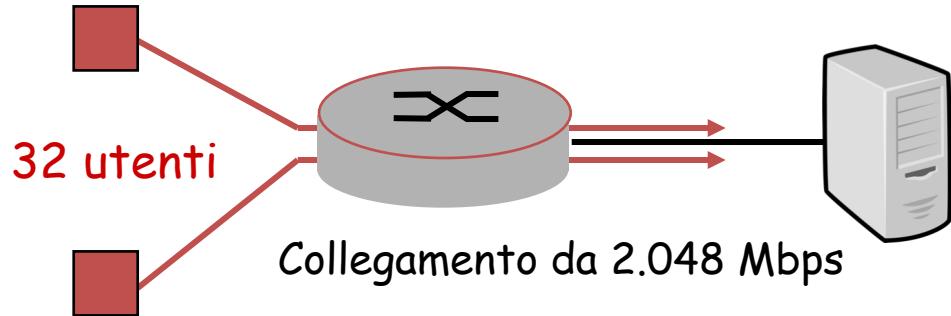
*La commutazione di pacchetto consente a più utenti di usare la rete!*



# Confronto tra pacchetto e circuito

## Esempio:

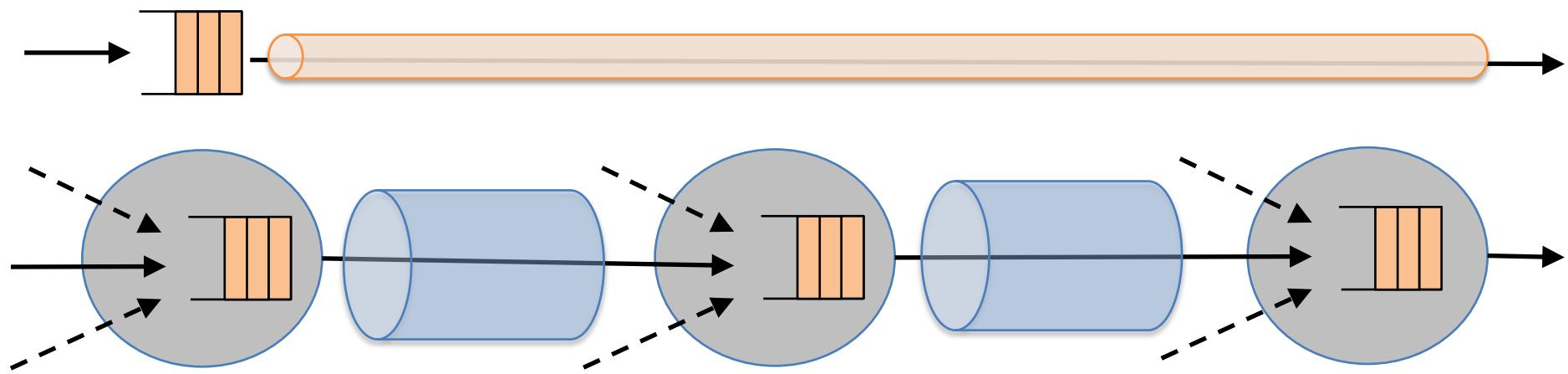
- 1 collegamento da 2.048 Mbps
- Ciascun utente:
  - Chiede pagine web di 50KB ogni 62.5s in media
- **commutazione di circuito:**
  - 1 canale 64 kbps per utente
  - Ritardo di trasferimento pagina web: 6.25s  
 $(400 \text{ kbit} / 64 \text{ kbps} = 6,25\text{s})$
- **commutazione di pacchetto:**
  - Ritardo di trasferimento medio pagina web: 0.22s  
(risultato di teoria delle code)



*La commutazione di pacchetto consente di scaricare le informazioni più velocemente!*



# Confronto tra pacchetto e circuito



**La commutazione di pacchetto è la scelta di Internet**

- **Il problema delle coda: ritardo e perdita di pacchetti**
  - Sono necessari protocolli per il trasferimento affidabile dei dati e per il controllo della congestione

