



POLITECNICO
MILANO 1863

Fondamenti di TELECOMUNICAZIONI

Prof. Marco Mezzavilla

Lezione 2 - Concetti base

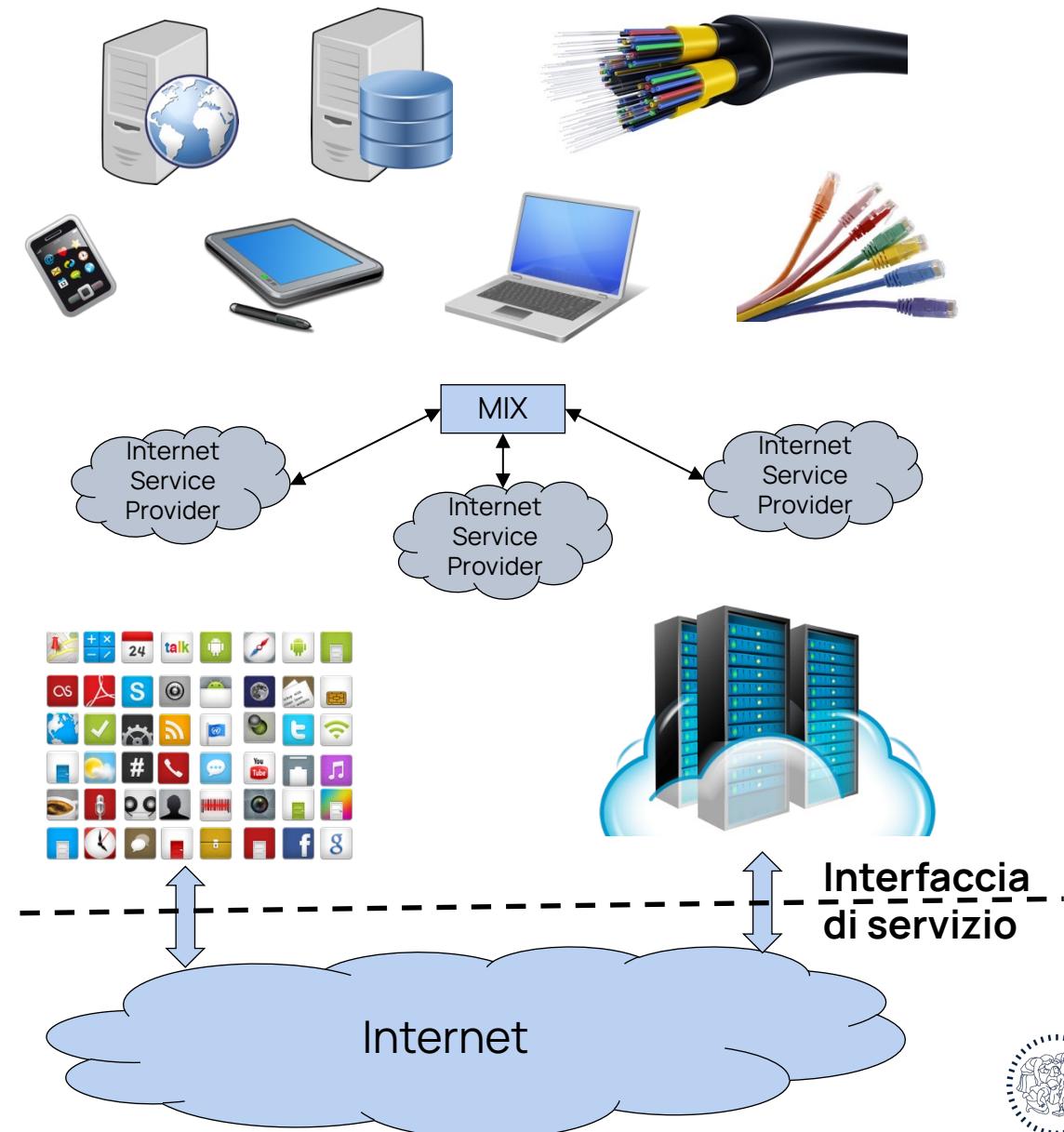
INDICE

CONCETTI BASE

- 1. Componenti fisiche**
 - Terminali, collegamenti, nodi di rete
- 2. Architettura di rete**
 - Topologia, tipi
- 3. Accesso alla rete Internet**
 - Dial-up, ADSL, fibra, cellulare
- 4. Servizi e protocolli di comunicazione**
- 5. Comutazione di circuito Vs. pacchetto**

Com'è fatta la rete?

- 1) Infrastruttura fisica fatta di componenti fisiche
- 2) Architettura di rete e metodi d'accesso alla rete Internet
- 3) Servizi e protocolli di comunicazione tra le componenti del sistema

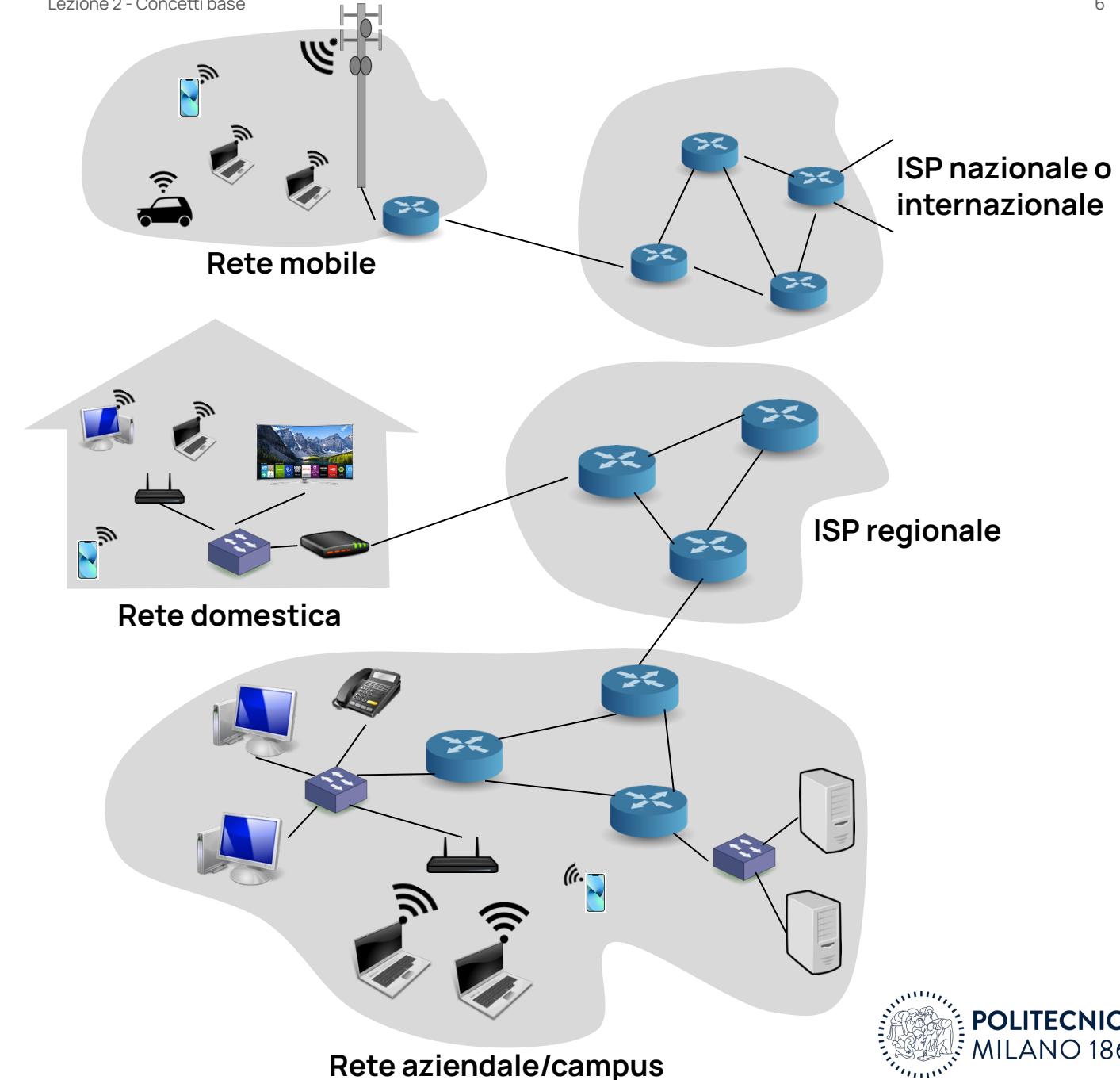


COMPONENTI FISICHE

01

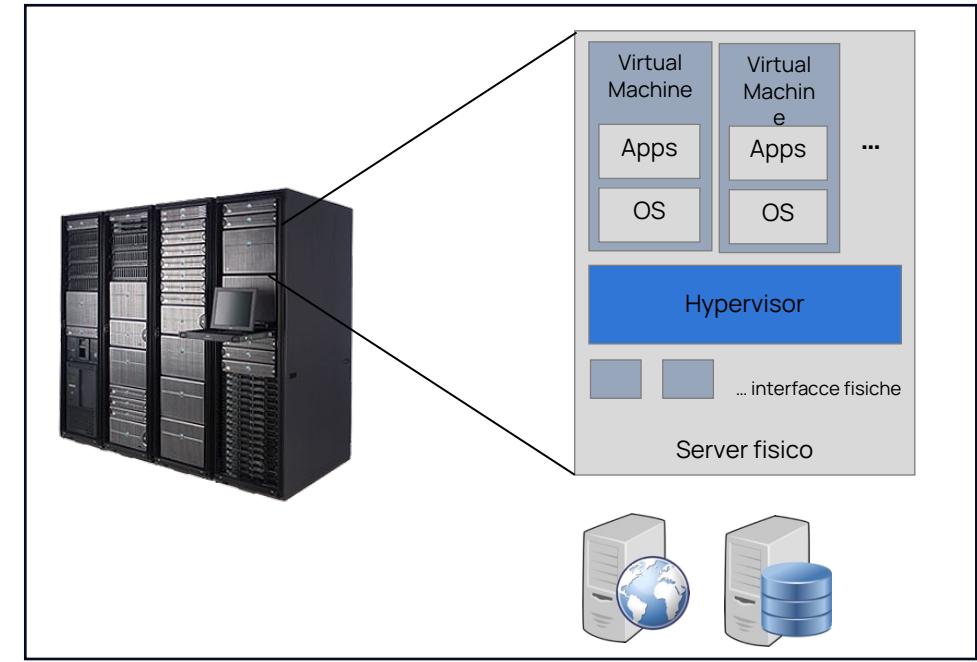
Componenti fisiche

- ❑ 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, ...)



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



Oggetti intelligenti



Dispositivi personali

Componenti fisiche: Link (collegamenti)

- I collegamenti possono essere di natura fisica molto diversa (fibra ottica, cavi coassiali, ethernet, 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)

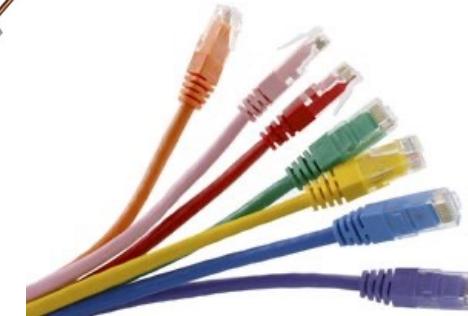
Caratteristica	Cavo coassiale	Cavo Ethernet	Cavo in fibra ottica
Velocità	Fino a 1 Gbps (tipico), 10 Gbps (DOCSIS 3.1)	100 Mbps fino a 10 Gbps (a seconda della categoria)	40 Gbps fino a 100 Gbps e oltre
Larghezza di banda	Fino a 1 GHz	Fino a 500 MHz (Cat6a)	Estremamente alta (nell'ordine dei Terahertz)
Distanza	Lunghe distanze (fino a chilometri)	Fino a 100 metri	Fino a 80 km o più
Attenuazione	Moderata su lunghe distanze	Aumenta oltre i 100 metri	Molto bassa, anche su lunghe distanze
Interferenze	Altamente resistente alle interferenze	Suscettibile (UTP), resistente (STP)	Immune a EMI e RFI
Latenza	Moderata	Bassa	Molto bassa
Costo	Moderato	Basso (UTP) a moderato (STP, categorie alte)	Storicamente alto, ora in diminuzione



Fibra ottica



Cavi coassiali



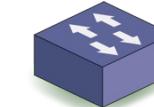
Cavi Ethernet



Antenne radio

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



ARCHITETTURA DI RETE

02

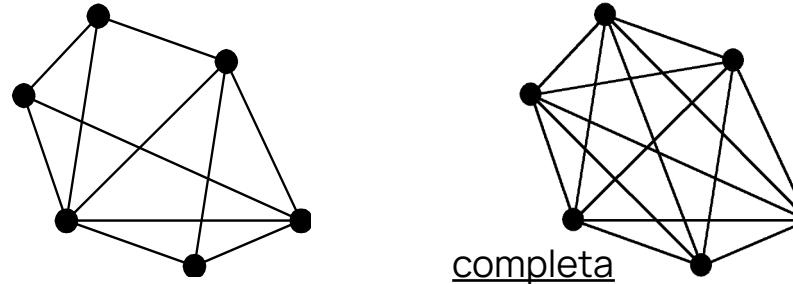
Architettura di rete

CLASSIFICAZIONE

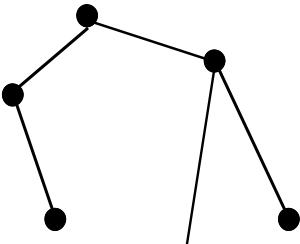
- Grado di Integrazione**
 - Reti dedicate
 - Telefonia
 - Dati
 - Video
 - Reti integrate
 - Sviluppo molto recente
 - Servizi eterogenei integrati
 - Qualità più alta
 - Economie di scala
- Topologia**
 - Grafo di Interconnessione (maglia, albero, stella, etc.)
- Estensione di una rete di TLC**
 - Locale
 - Metropolitana

Architettura di rete

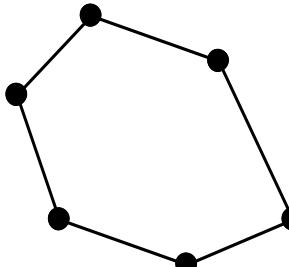
Maglia



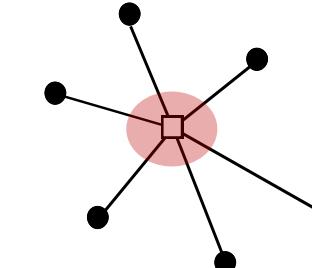
Albero



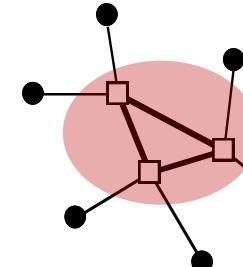
Anello



Stella

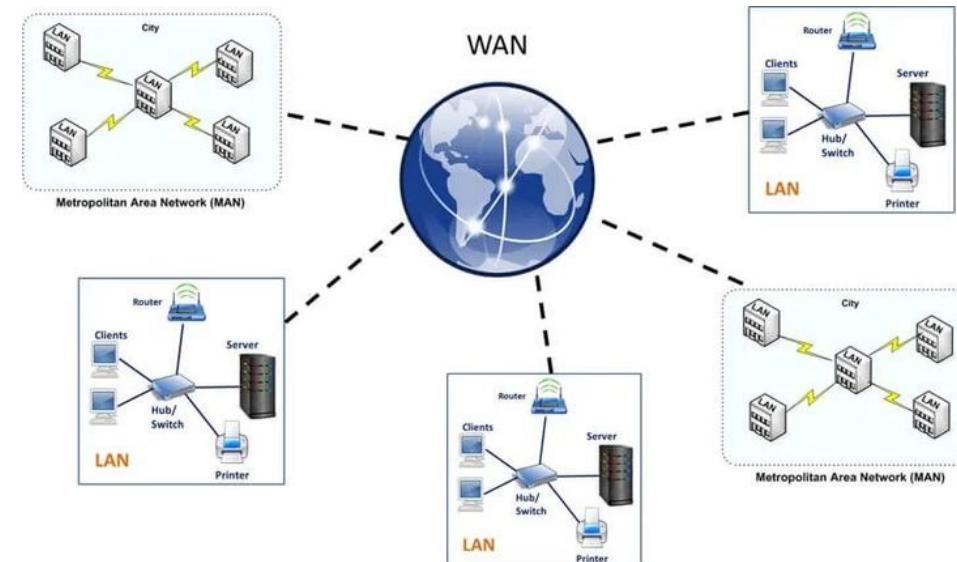
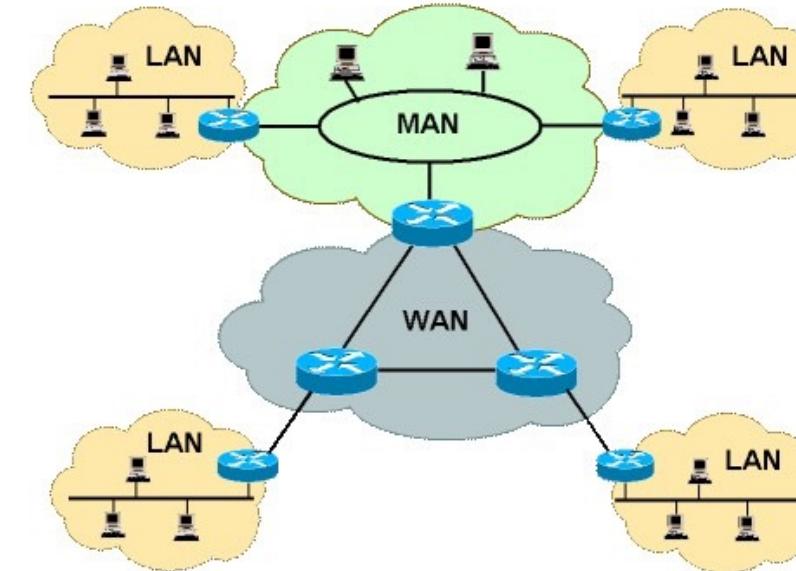


Maglia + stella



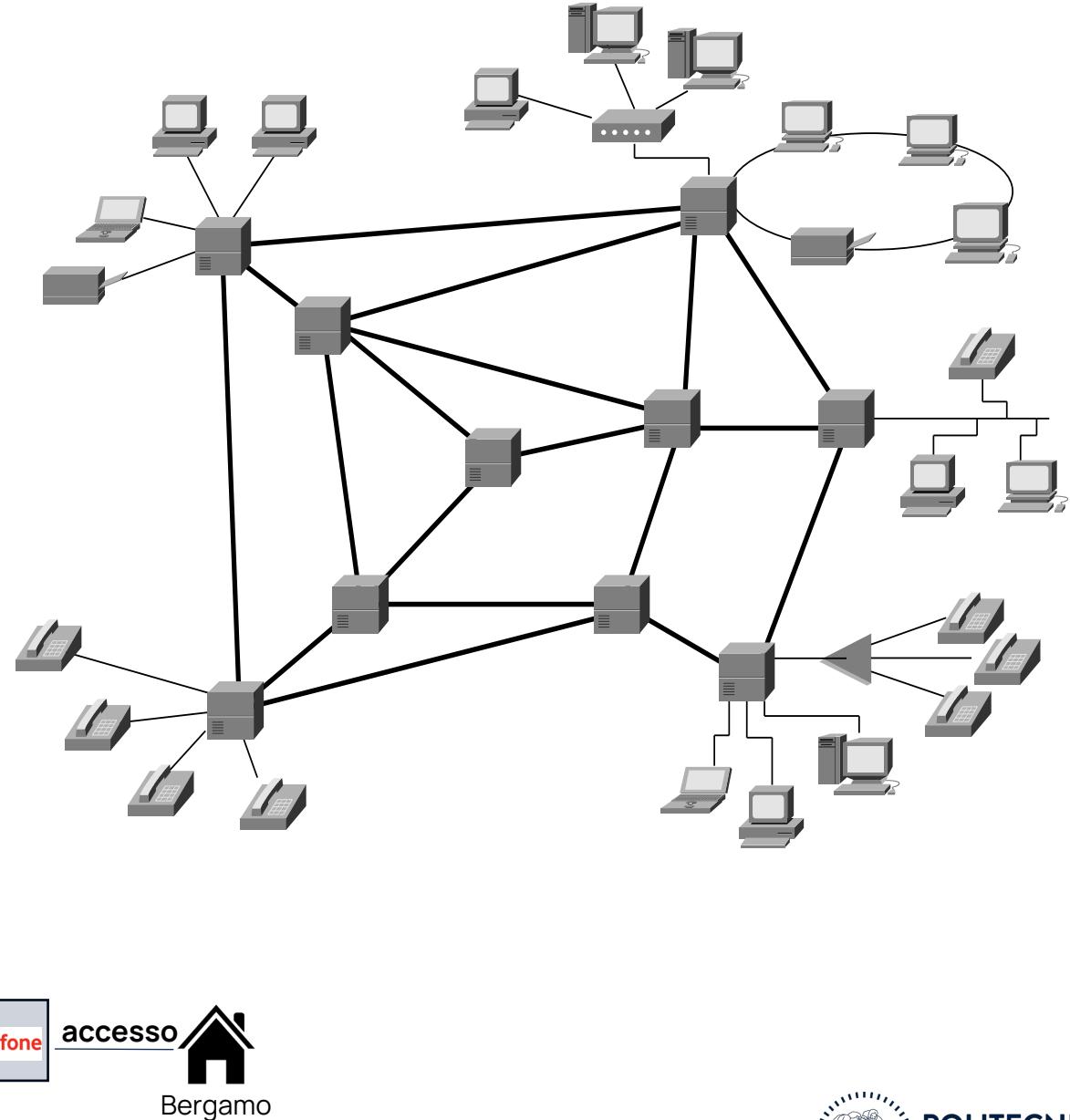
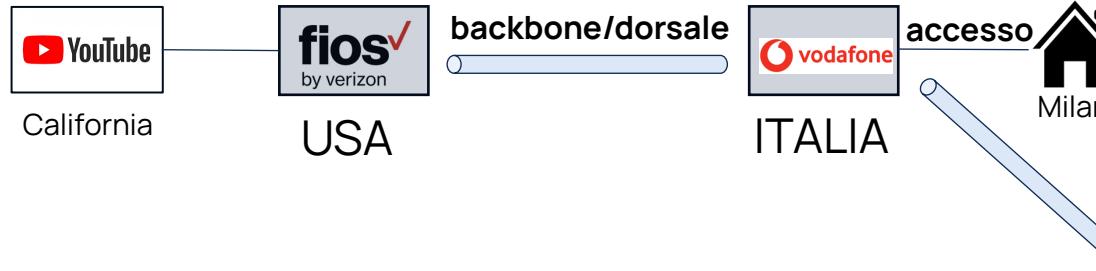
Architettura di rete

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



Architettura di rete

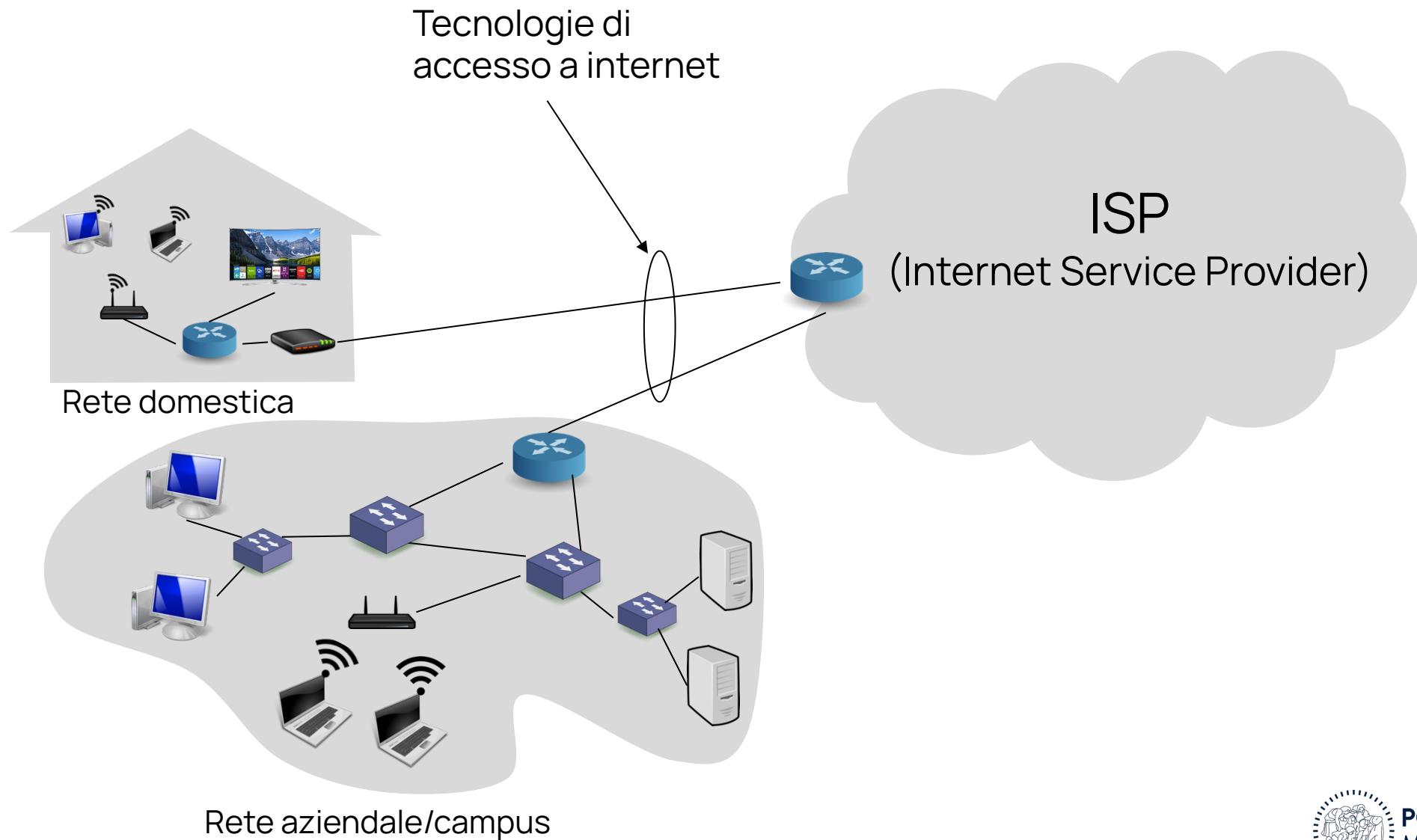
- Rete di **backbone/dorsale** (a lunga distanza)
- Rete di **accesso** o di distribuzione
- Criterio generale dimensionamento di rete
 - Condivisione max di risorse
 - Limitazione max di risorse indivise



ACCESSO ALLA RETE INTERNET

03

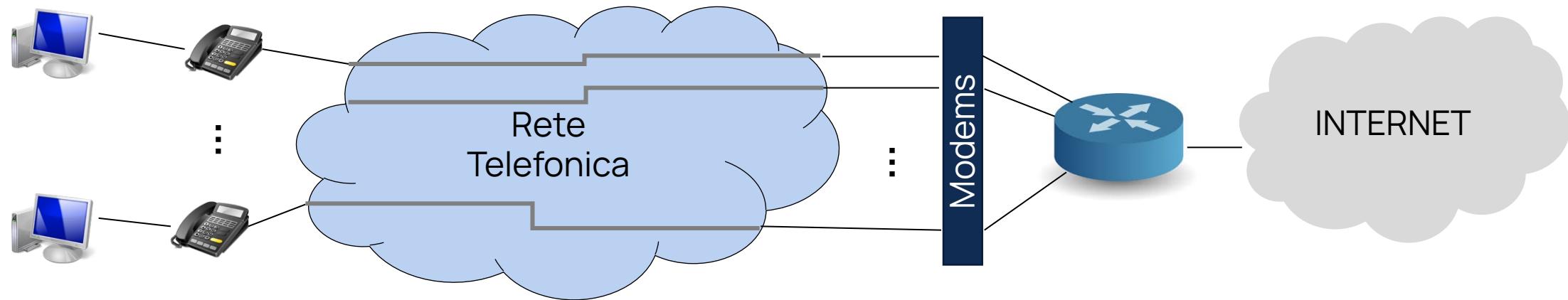
Accesso alla rete Internet



Accesso alla rete Internet: Dialup

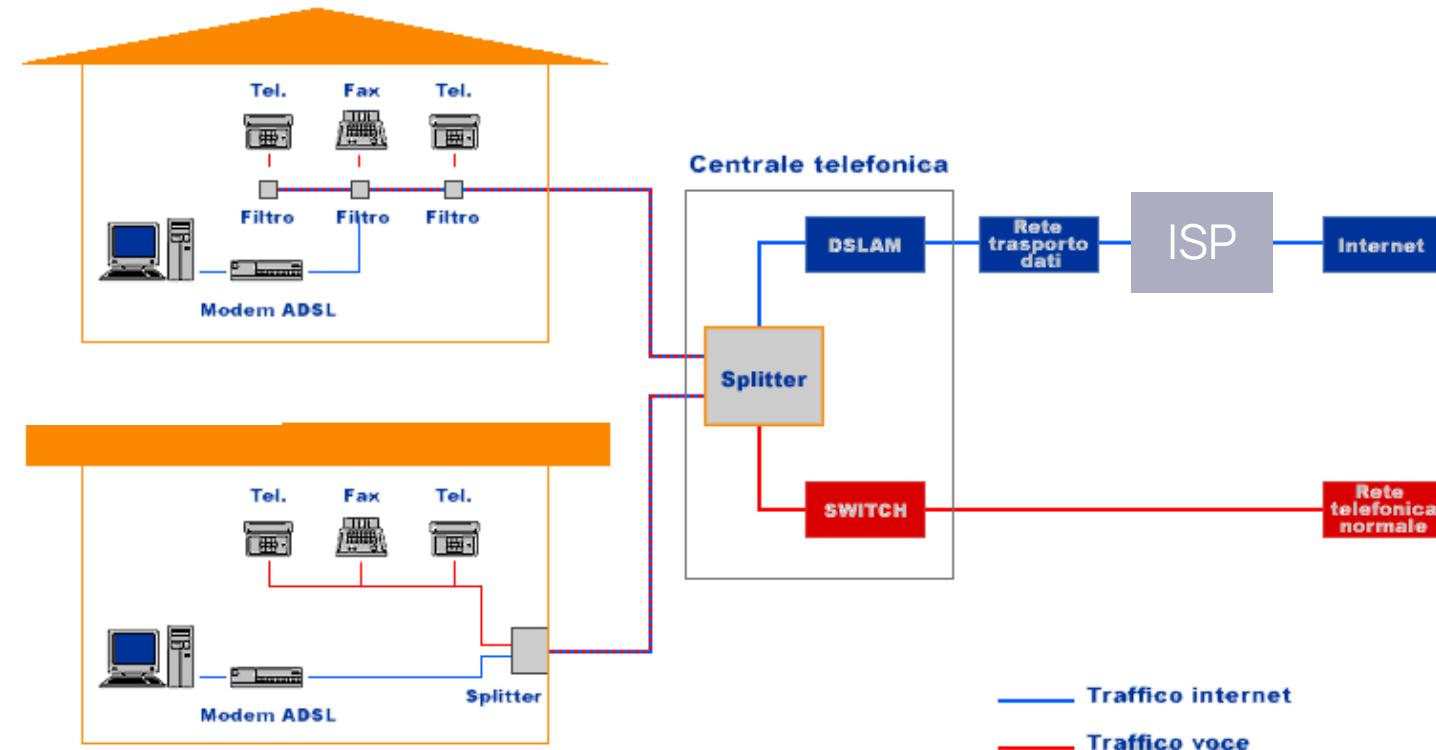
Dialup via modem

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



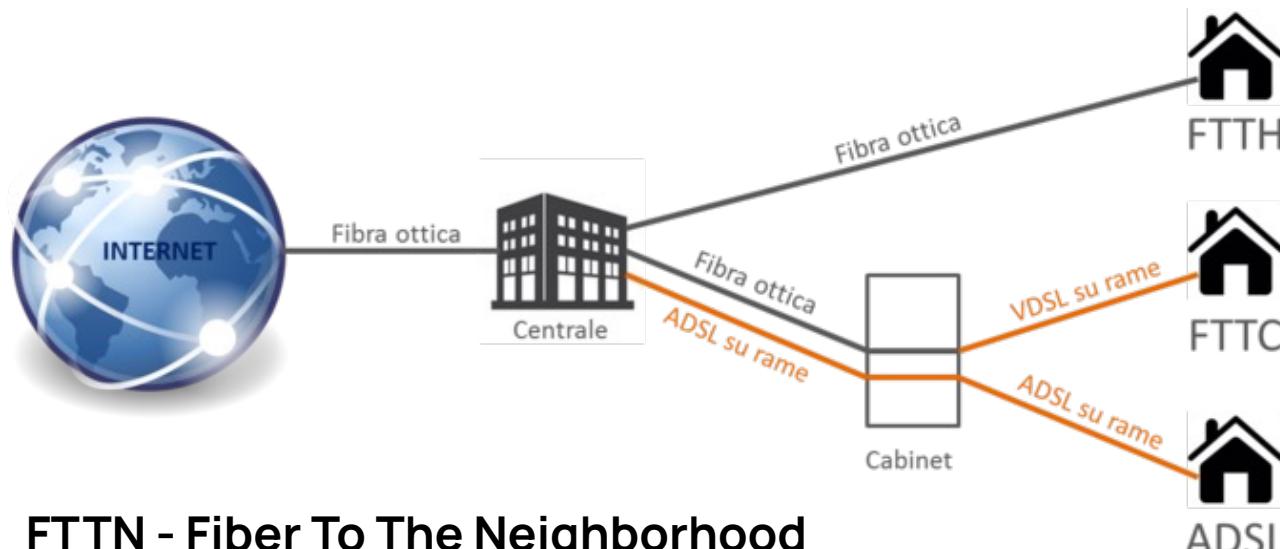
Accesso alla rete Internet: ADSL

- **ADSL: asymmetric digital subscriber line**
 - Utilizzo del cavo in rame (detto doppino telefonico) fino alla centrale
 - Limitazione in prestazioni a causa del rame (fino a 1 Mbps upstream, fino a 20 Mbps downstream)



Accesso alla rete Internet: Fibra

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

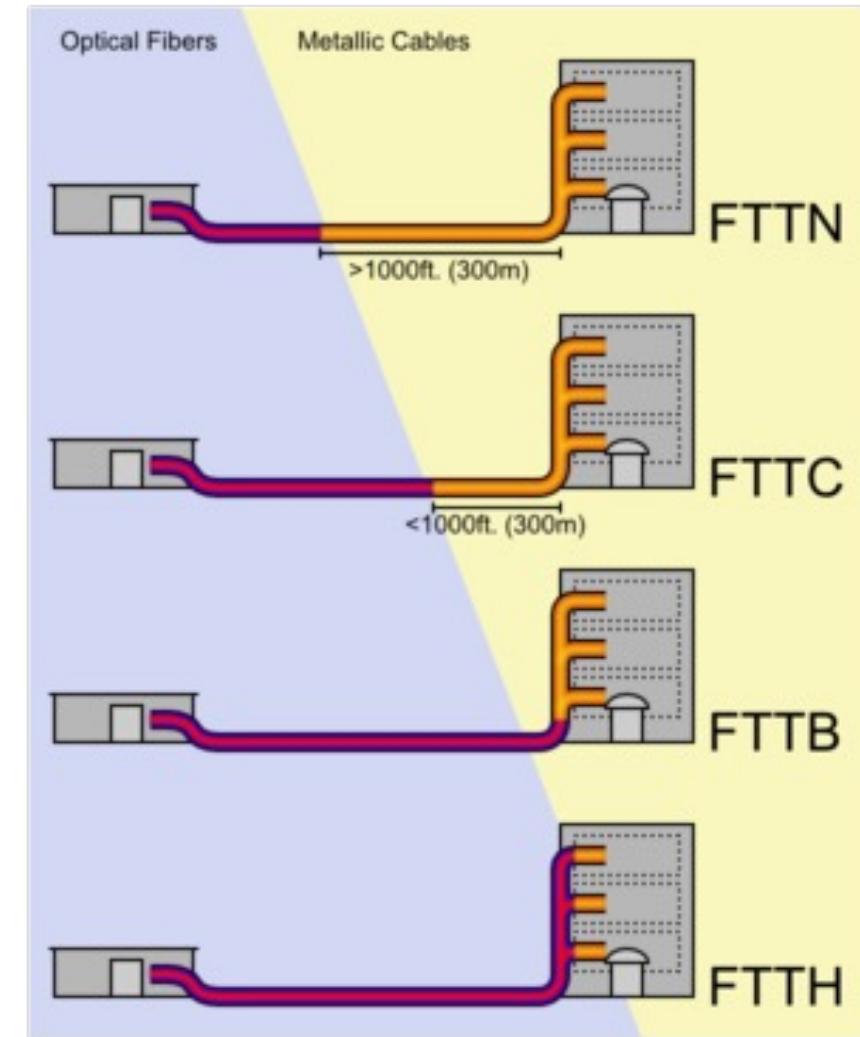


FTTN - Fiber To The Neighborhood

FTTC - Fiber To The Curb

FTTB - Fiber To The Basement

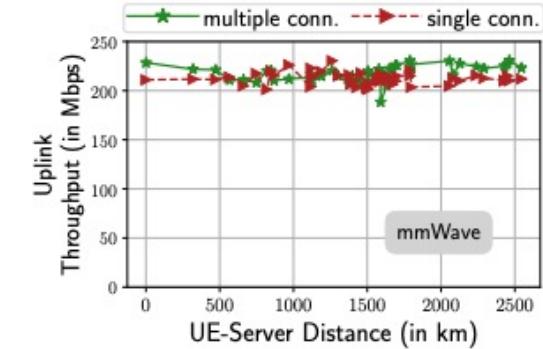
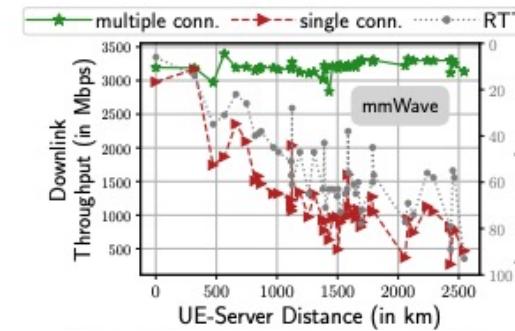
FTTH - Fiber To The Home



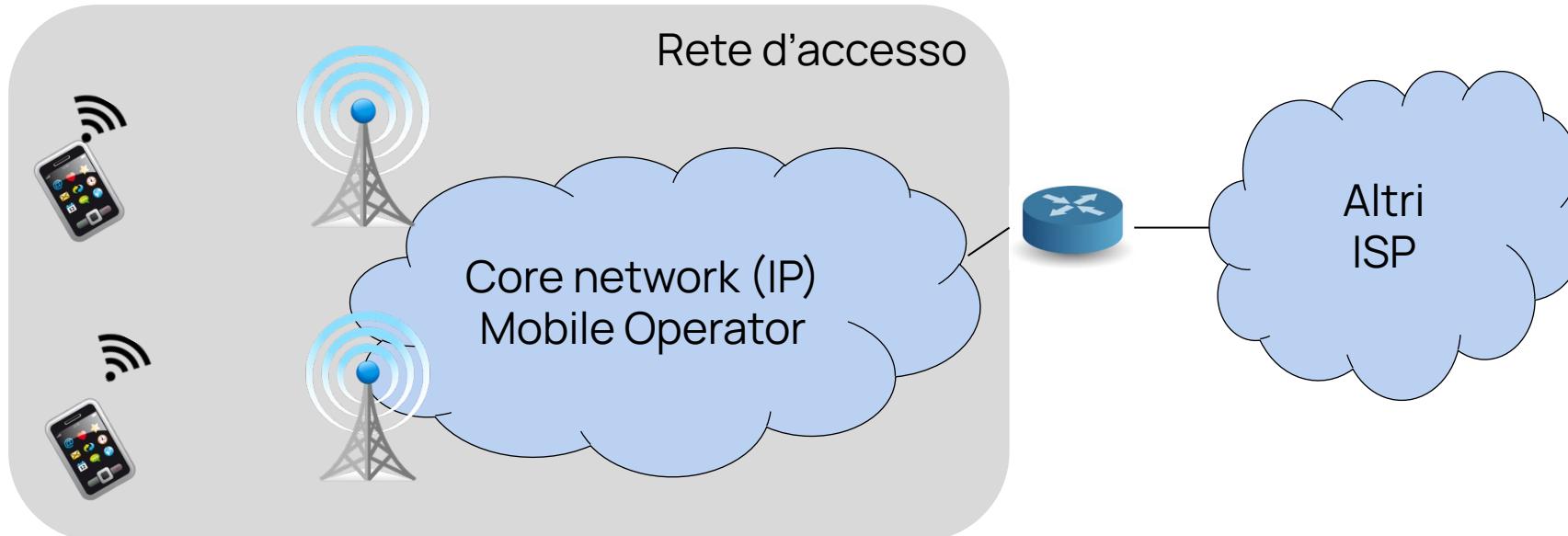
Accesso alla rete Internet: Rete Cellulare

□ Reti cellulari

- GPRS/EDGE ~ 200 kbps
- HSPA ~ 14,5(down)/5,7(up) Mbps
- LTE ~ 300(down)/85(up) Mbps
- 5G ~ 3000 (down)/250(up) Mbps



A Variegated Look at 5G in the Wild: Performance, Power, and QoE Implications

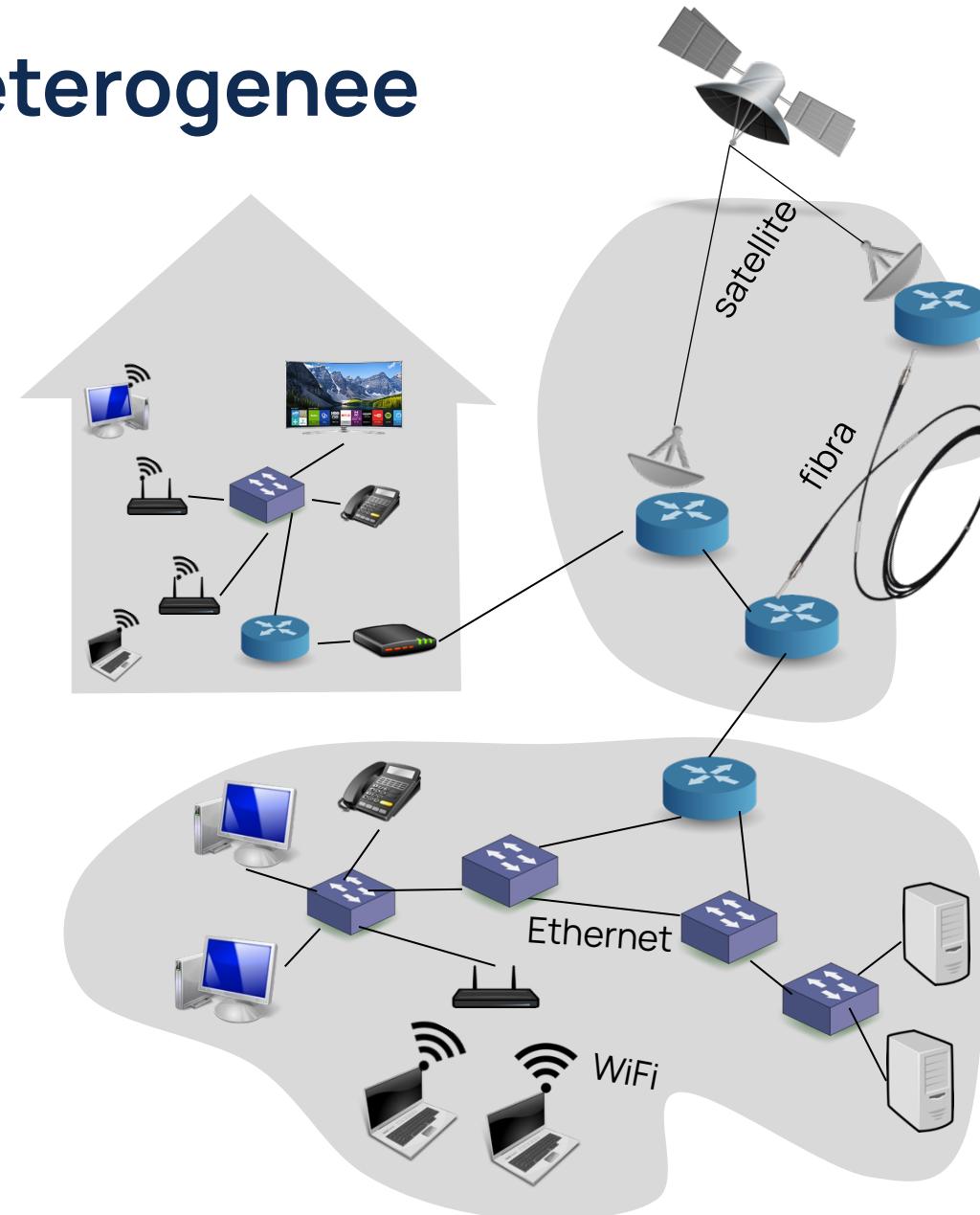


SERVIZI E PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE

04

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



Reti di reti

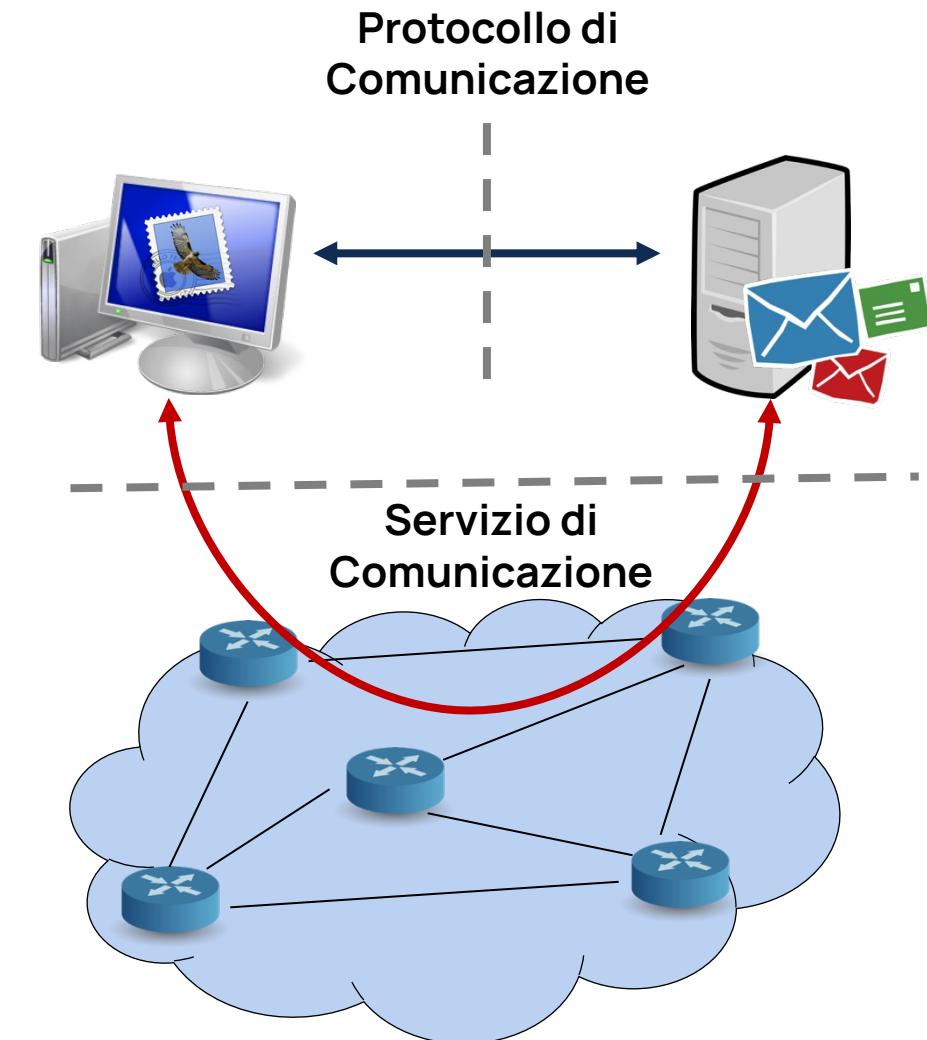
- ❑ Nella descrizione di cosa sia Internet da punto di vista fisico e di servizio non dobbiamo trascurare un aspetto architetturale fondamentale:

Internet in realtà è un puzzle di tante reti interconnesse

- ❑ Questo ha due risvolti importanti:
 - ❑ La tecnologia di Internet (IP - Internet Protocol) può essere usata per **interconnettere sotto-reti di tipo eterogeno**
 - ❑ L'intera rete Internet mondiale è composta da **tante reti gestite da operatori indipendenti** (ISP – Internet Service Provider) che si accordano per collegarle insieme

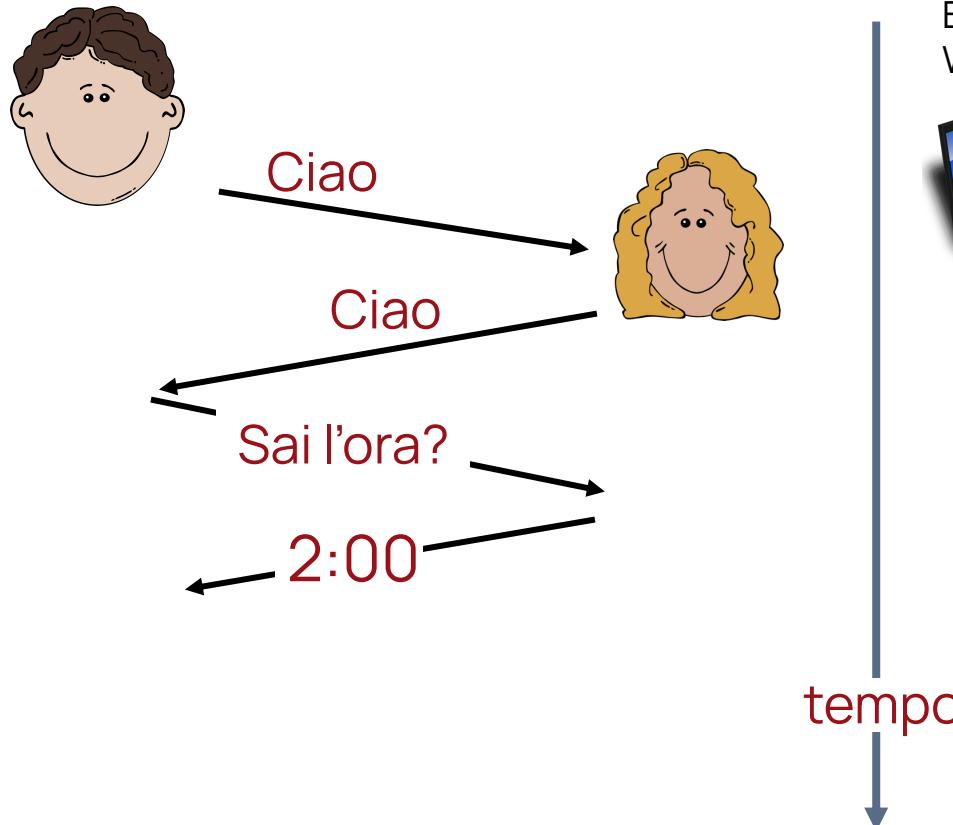
Servizi e protocolli di comunicazione

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



Cos'è un protocollo

Protocollo umano



Protocollo di rete



□ Regole e convenzioni

- SINTASSI: Quello che posso dire
- SEMANTICA: Il significato di quello che voglio dire

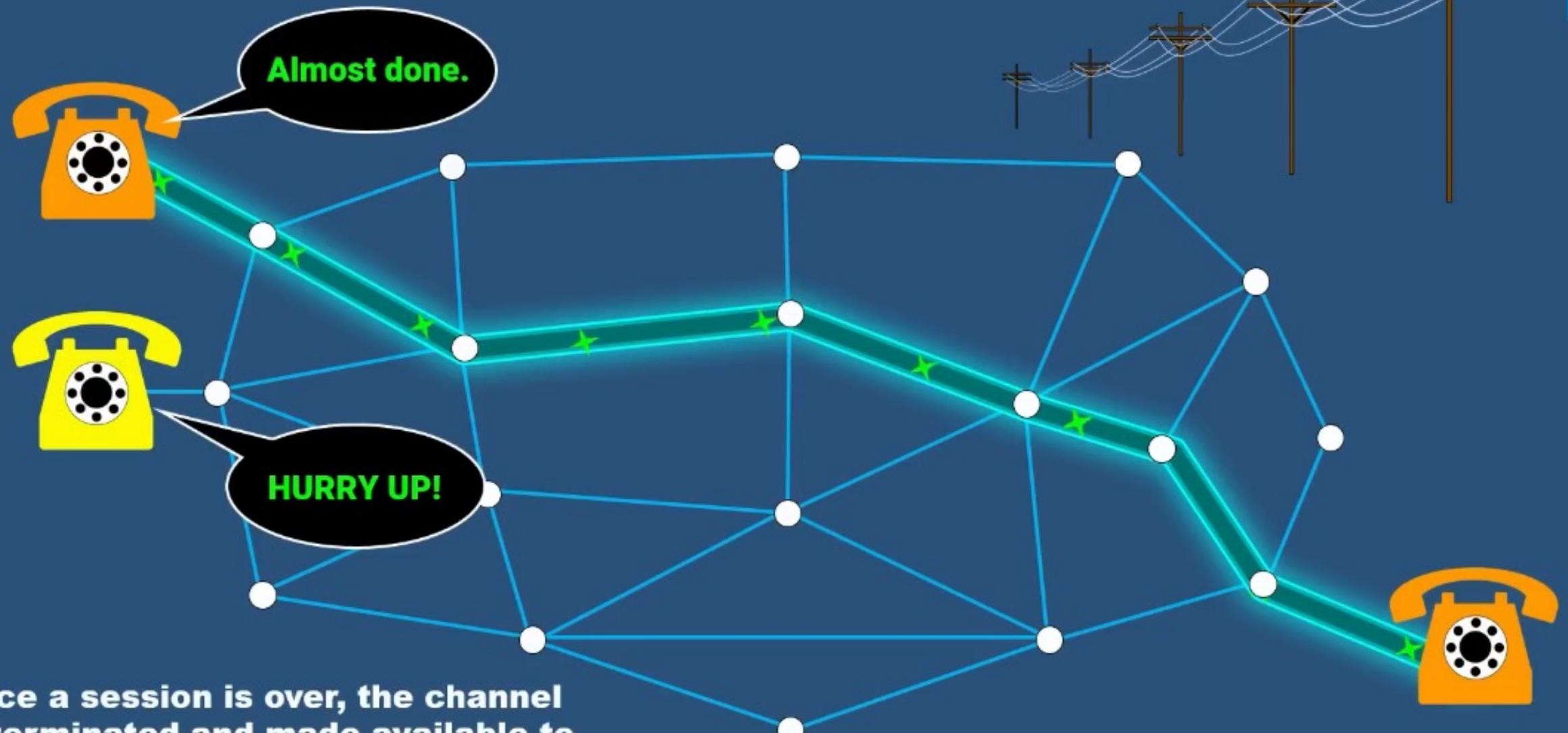
COMMUTAZIONE DI CIRCUITO Vs. PACCHETTO

05



CIRCUIT SWITCHING

Primarily used in telephone systems.



Once a session is over, the channel is terminated and made available to other devices to use.



PACKET SWITCHING

Used on the internet.

Thanks



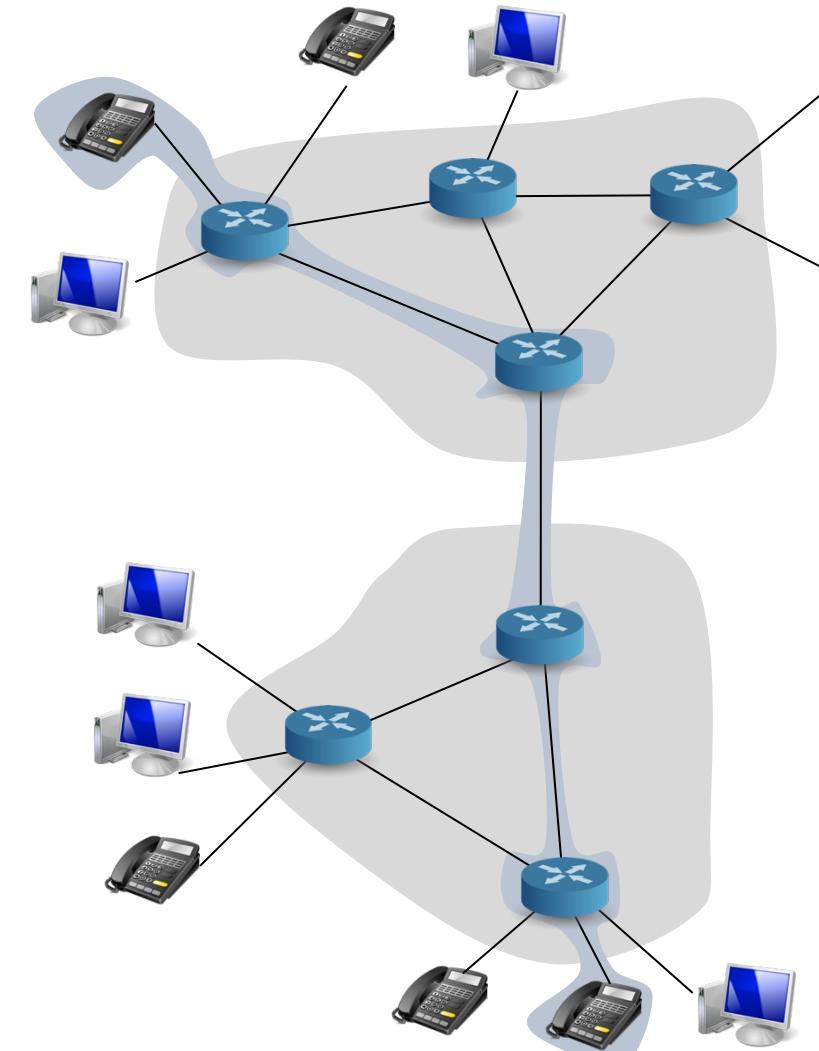
Nice car!



Data is broken down into individual packets that take different routes to the destination.

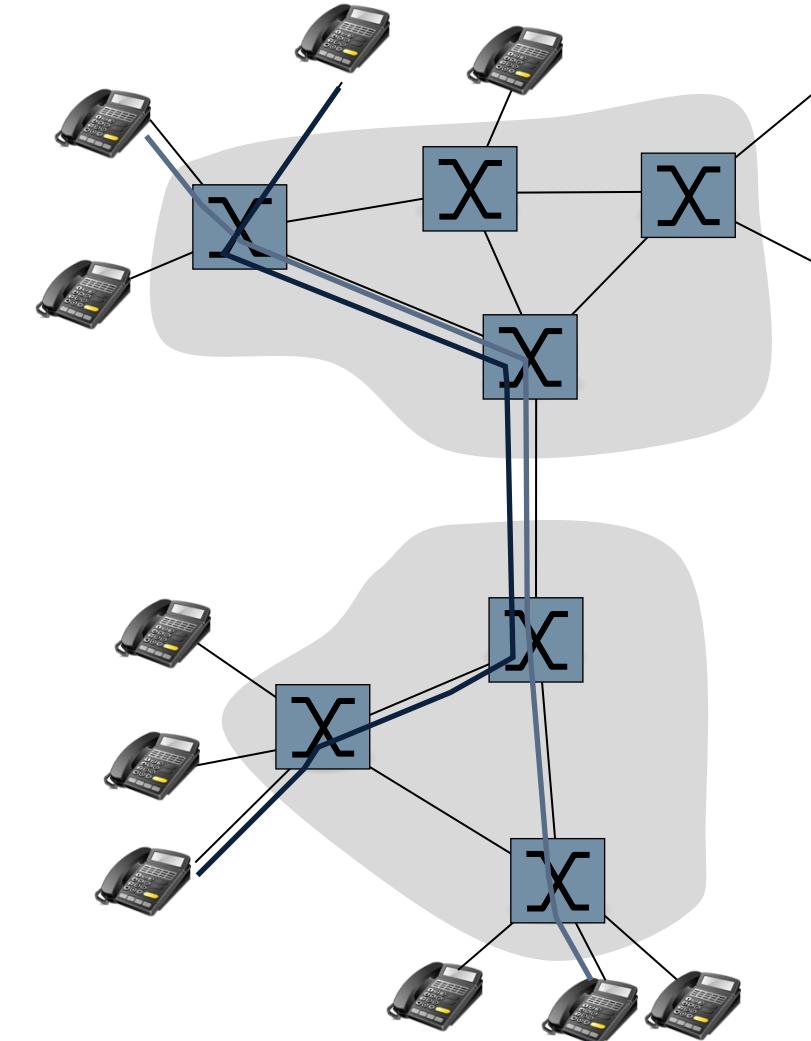
Come funziona la rete Internet?

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

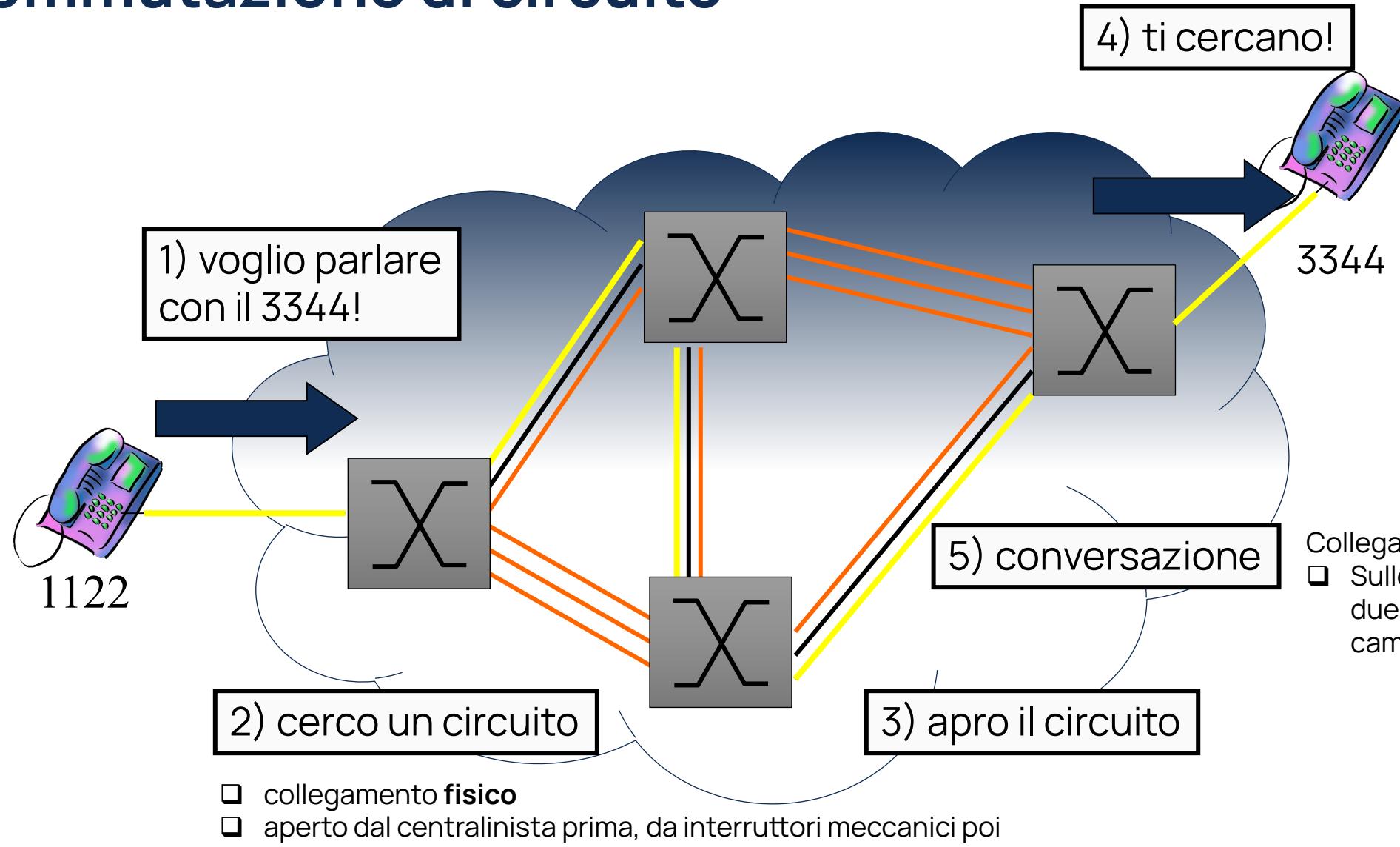


Commutazione di circuito

- Le risorse per la comunicazione sono riservate per la chiamata
 - Esempio: **rete telefonica**



Commutazione di circuito



Collegamento **bidirezionale**

- Sullo stesso cavo oppure su due cavi diversi lungo lo stesso cammino

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)



Suddivisione della *banda* (cioè della capacità di trasmettere un certo numero di bit al secondo) in “pezzi”

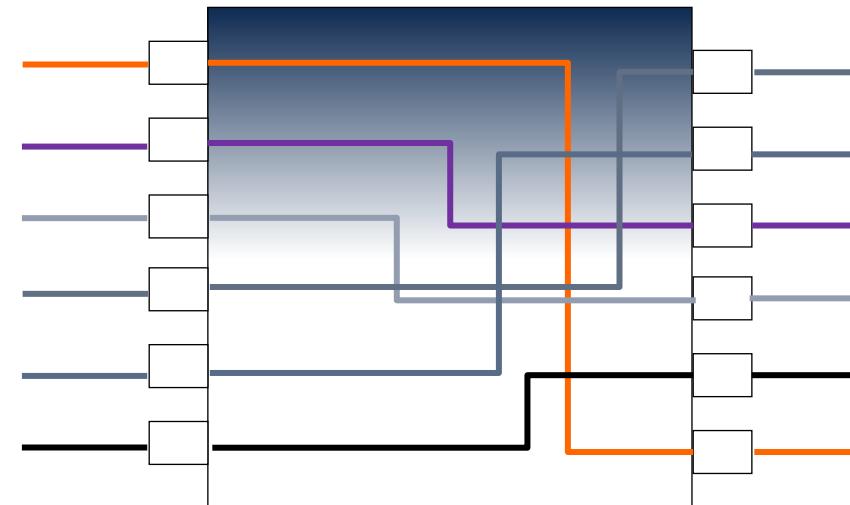
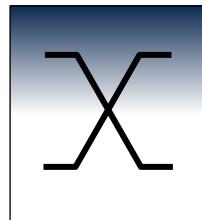
- Divisione di frequenza
- Divisione di tempo



Commutazione di circuito

□ Modello di nodo (commutatore a circuito)

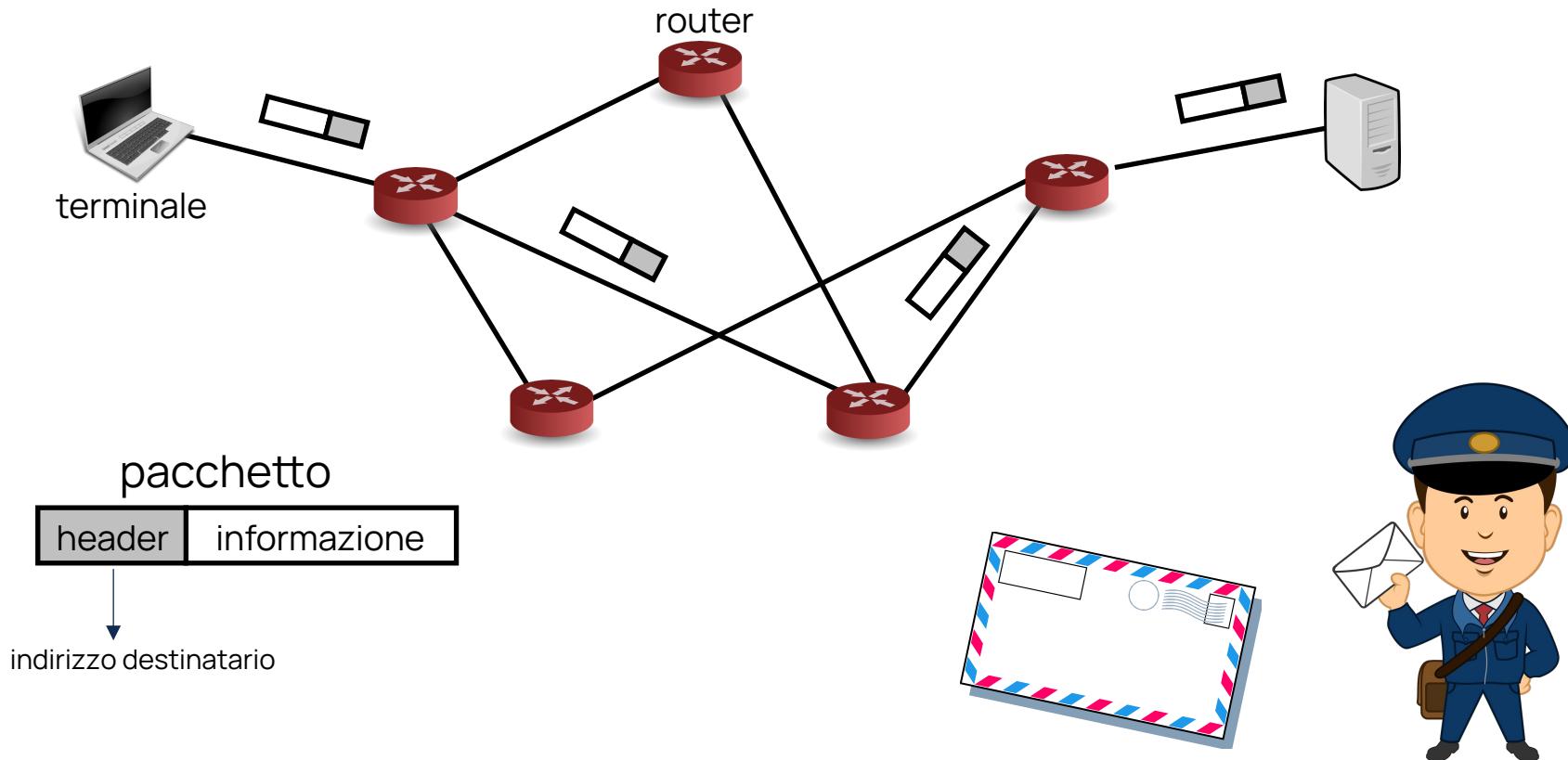
- La capacità dei canali in ingresso è pari alla capacità (in bit al secondo) di quelli in uscita
- Non viene fatta alcuna elaborazione del segnale
- Non serve memorizzare temporaneamente l'informazione



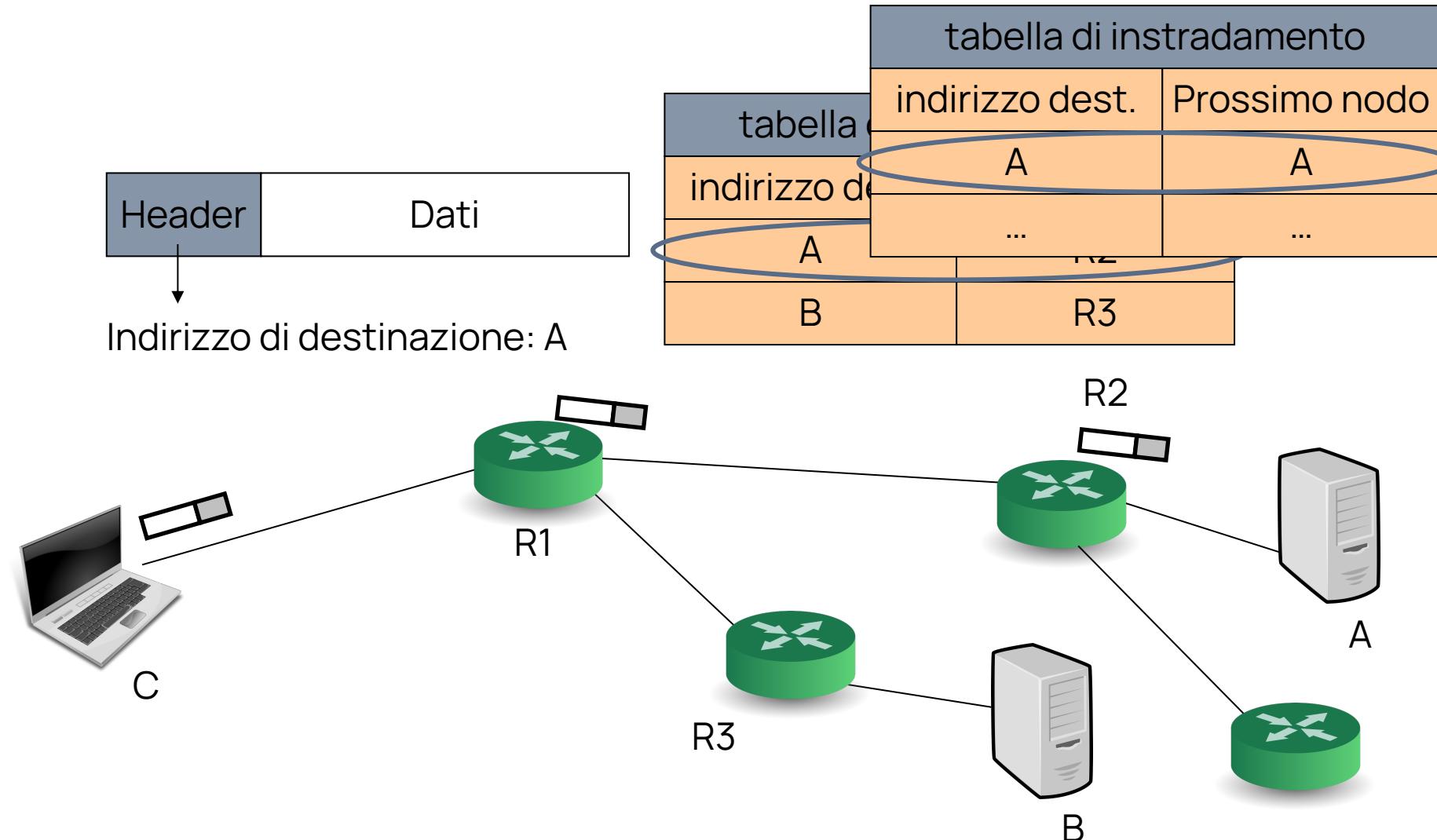
Commutazione di pacchetto

Informazione suddivisa in pezzi (pacchetti)

- Esempio:
 - Un testo di 10 pagine viene diviso in 10 pacchetti contenenti una pagina ognuno
 - I 10 pacchetti vengono trasmessi contemporaneamente (e indipendentemente)

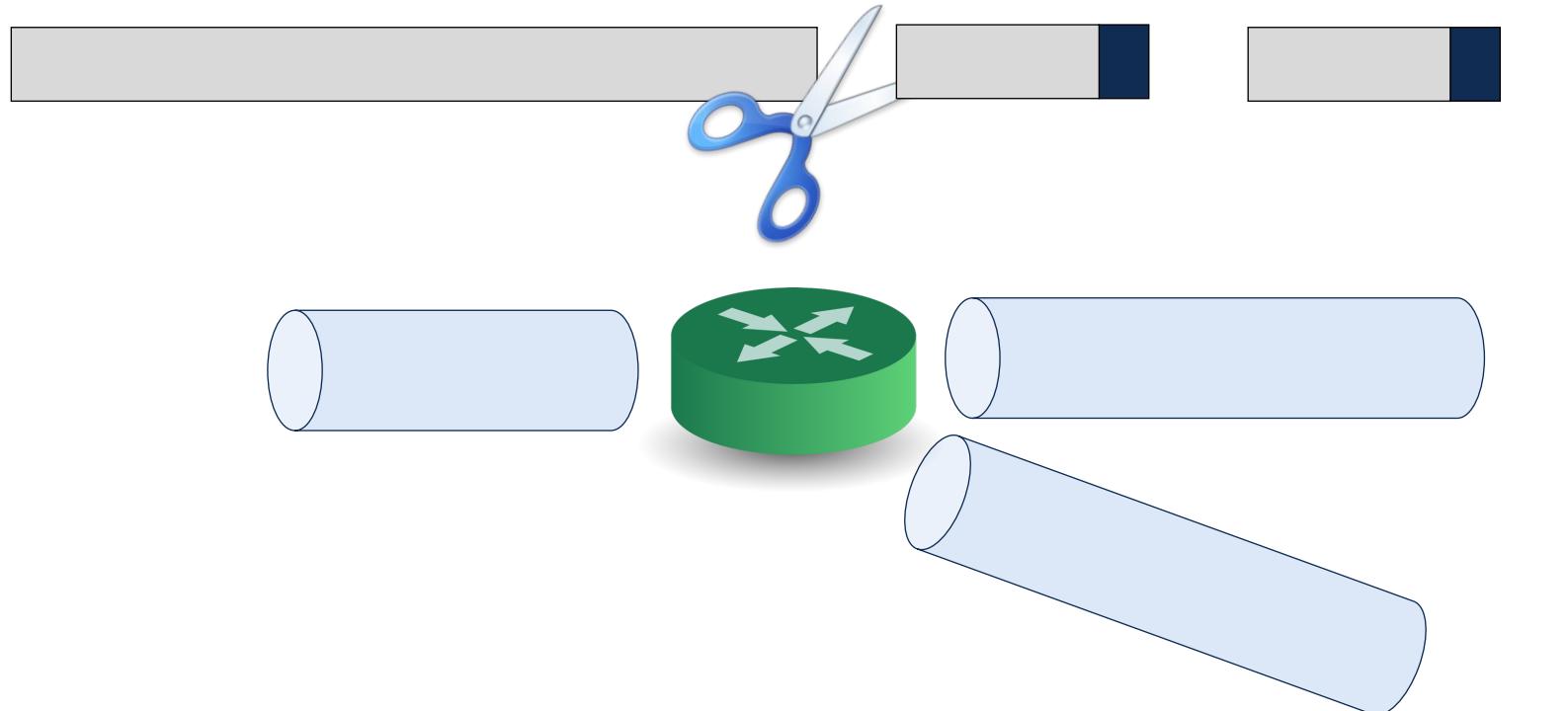


Commutazione di pacchetto



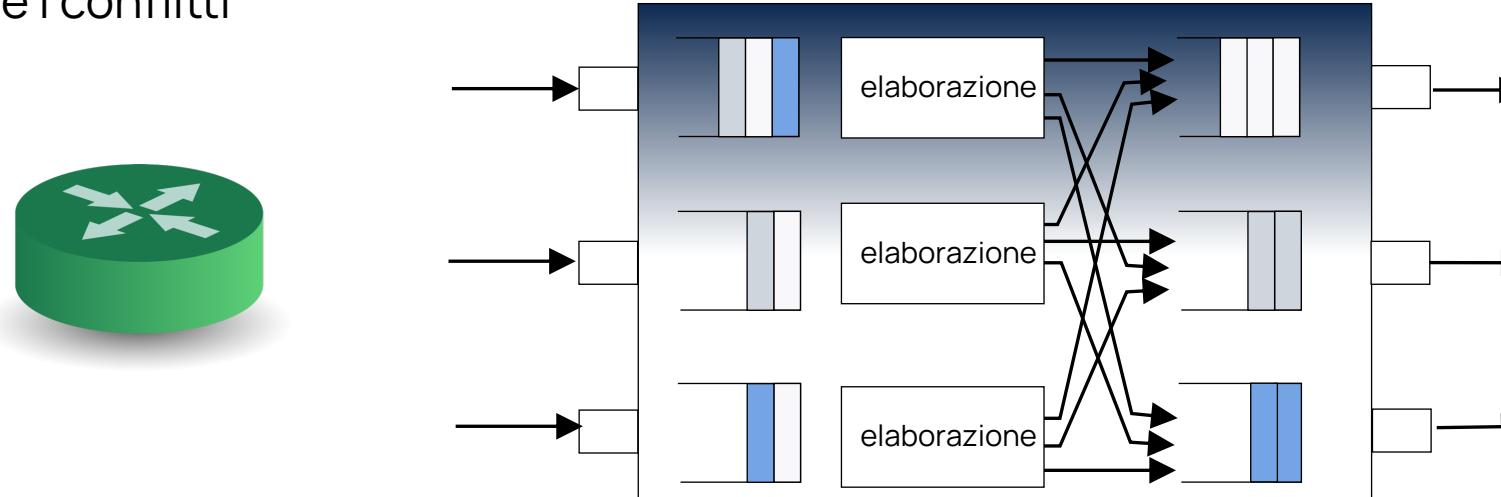
Commutazione di pacchetto

- ❑ 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



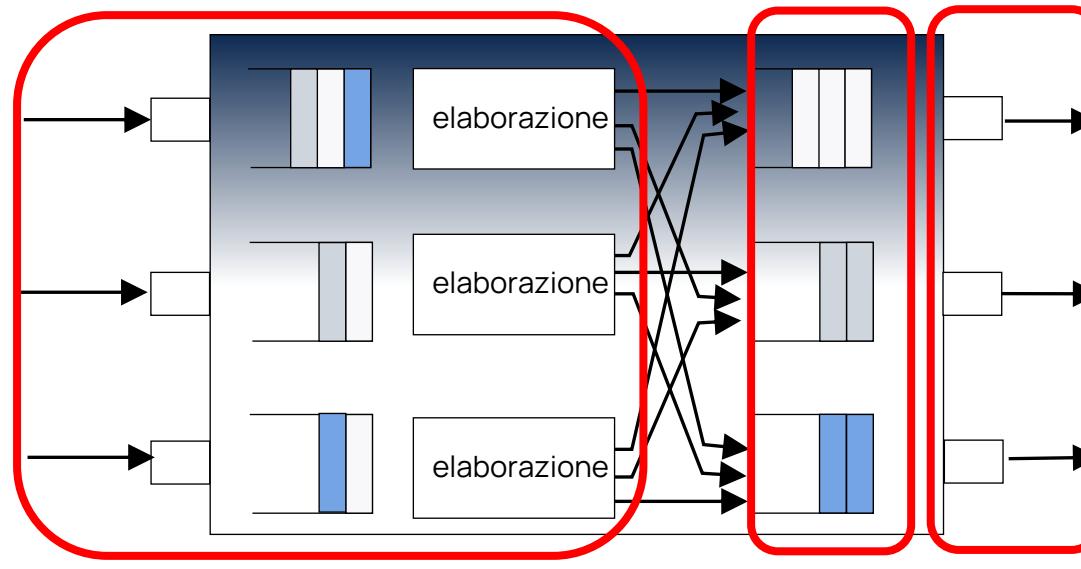
Commutazione di pacchetto

- Modello di nodo (**packet switch/router**)
 - L'arrivo dei pacchetti è **asincrono**
 - La capacità dei collegamenti è **arbitraria** (10 Gbps Vs. 1 Gbps, etc.)
 - Possono esserci **conflitti** temporali per la trasmissione (due pacchetti che vogliono raggiungere la stessa destinazione)
 - Serve **memorizzare** temporaneamente i pacchetti per analizzare gli indirizzi di destinazione e per gestire i conflitti



Commutazione di pacchetto

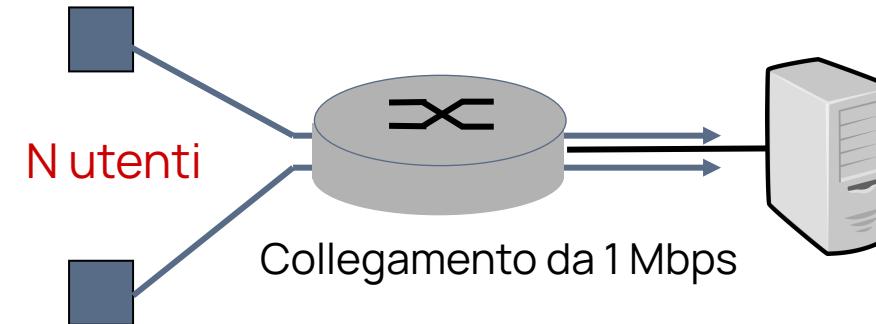
- ❑ Contesa per le risorse
 - ❑ **Store and forward**: il commutatore deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter cominciare a trasmettere sul collegamento in uscita
 - ❑ **Scheduling e gestione delle code**: ordinamento dei pacchetti
 - ❑ First In, First Out (FIFO) : Chi primo arriva primo alloggia
 - ❑ Weighted Fair Queuing (WFQ) : Priorità pesata per ogni utente
 - ❑ Round Robin: Stessa priorità ad ogni utente
- ❑ **Multiplazione statistica**: usare al meglio (statisticamente) le risorse a disposizione



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 probabilità (distribuzione binomiale)

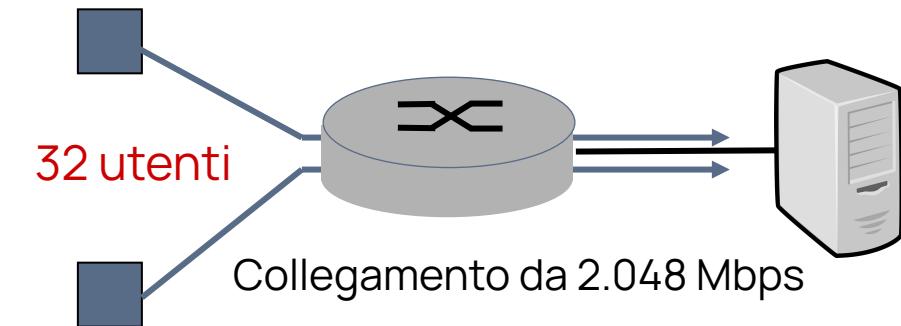


La commutazione di pacchetto consente a più utenti di usare la rete!

Confronto tra pacchetto e circuito

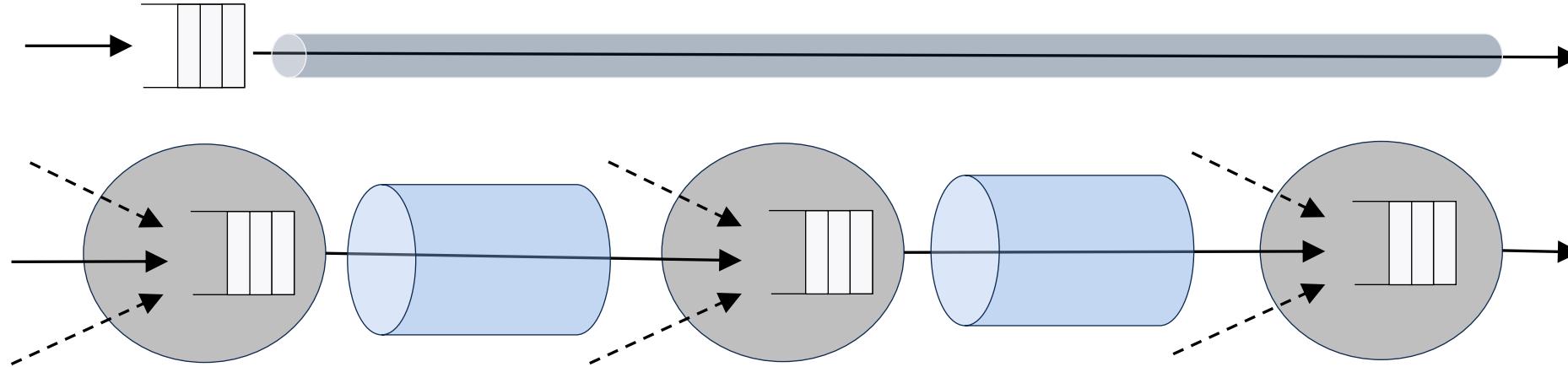
Esempio:

- 1 collegamento da 2.048 Mbps
- 32 utenti. Ciascun utente:
 - Chiede pagine web di 50 KB ogni 62.5s in media
- Commutazione di circuito:**
 - 1 canale 64 kbps per utente ($2048 \text{ kbps} / 32$)
 - 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 (legge di Little)



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*

Fondamenti di TELECOMUNICAZIONI

Prof. Marco Mezzavilla
marco.mezzavilla@polimi.it