



# Evoluzione delle architetture di rete e dei servizi di telecomunicazione

## Parte 1: Fondamenti

Slide adattate da:

J. Kurose, K. Ross: *"Reti di calcolatori e Internet (4a edizione)"*. Pearson Addison Wesley



# Introduzione

## ■ Obiettivi

- introdurre la terminologia e i concetti di base
- Internet come fonte di esempi

## ■ Panoramica

- cos'è Internet ?
- cos'è un protocollo ?
- host, reti di accesso, mezzi trasmissivi
- commutazione di circuito e commutazione di pacchetto
- struttura di Internet
- prestazioni: ritardi, perdite e throughput



# Che cos'è Internet ?



PC



server



Portatile



Telefono  
cellulare



Punti di  
accesso



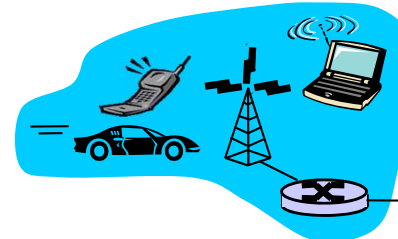
Collegam.  
cablato



router

- *Host = sistema terminale*
- *Applicazioni di rete*
- *Collegamenti*
  - rame, fibra ottica, onde elettromagnetiche, satellite
  - Frequenza di trasmissione = *ampiezza di banda*
- *Router = instrada i pacchetti verso la loro destinazione finale*

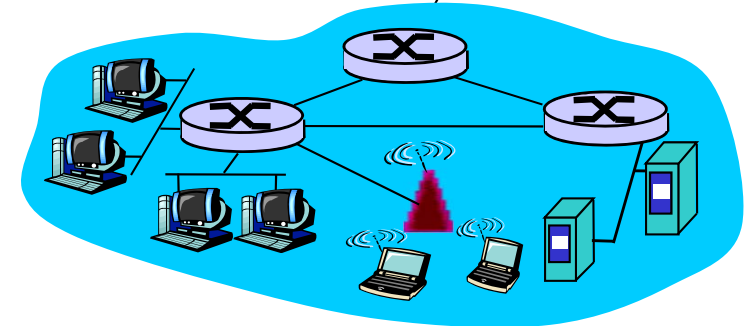
Rete mobile



Rete domestica



Rete aziendale



ISP nazionale  
o internazionale

ISP distrettuale



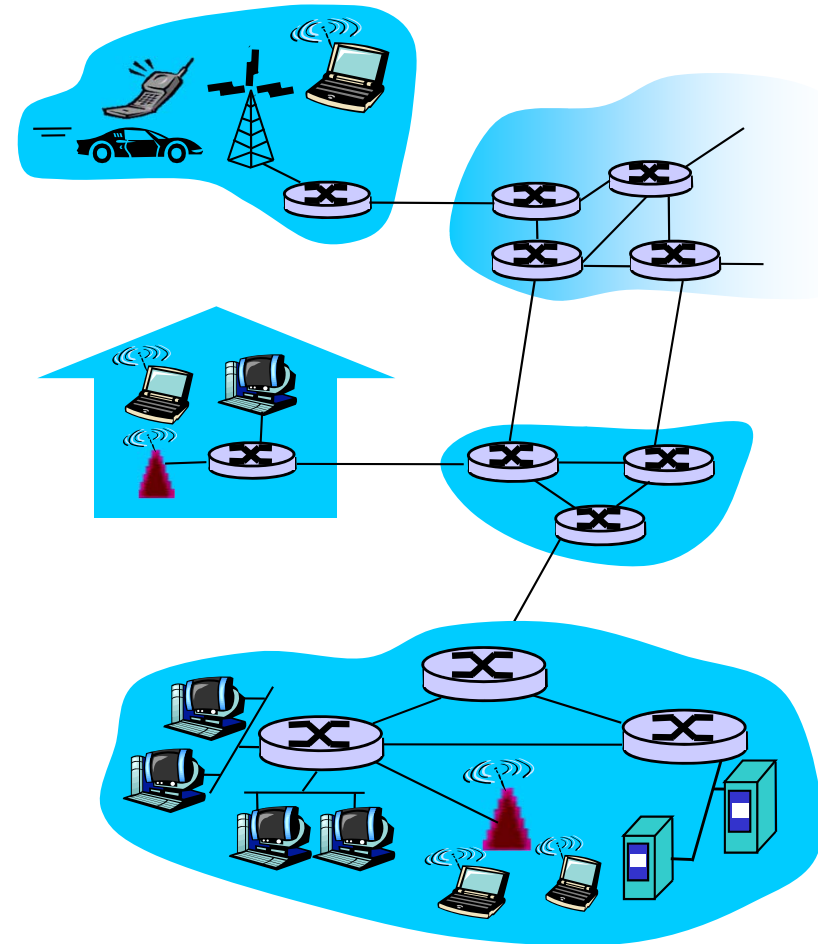
# Che cos'è Internet ?

## ■ Infrastruttura di comunicazione per applicazioni distribuite

- Social networks, Web, VoIP, e-mail, giochi, e-commerce, condivisione di file

## ■ Servizi forniti alle applicazioni

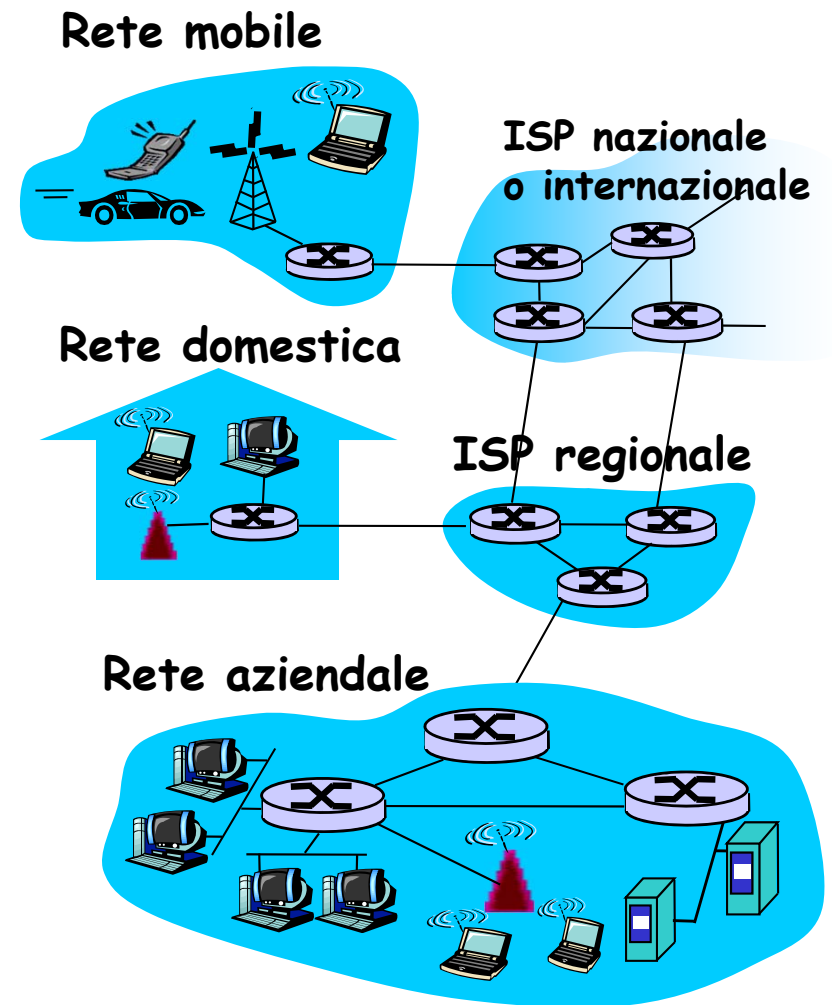
- Servizio affidabile dalla sorgente alla destinazione
- Servizio "best effort" (non affidabile) senza connessione





# Che cos'è Internet ?

- Un **protocollo** definisce il formato e l'ordine dei messaggi scambiati fra due o più entità in comunicazione
  - es.: TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- **Internet: "rete delle reti"**
  - struttura gerarchica
  - Internet pubblica e intranet private
- Standard Internet
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force





# Cos'è un protocollo ?

## Protocolli umani:

- "Che ore sono?"
- "Ho una domanda"
- Presentazioni

... invio di specifici messaggi  
... quando il messaggio è ricevuto, vengono intraprese specifiche azioni, o si verificano altri eventi

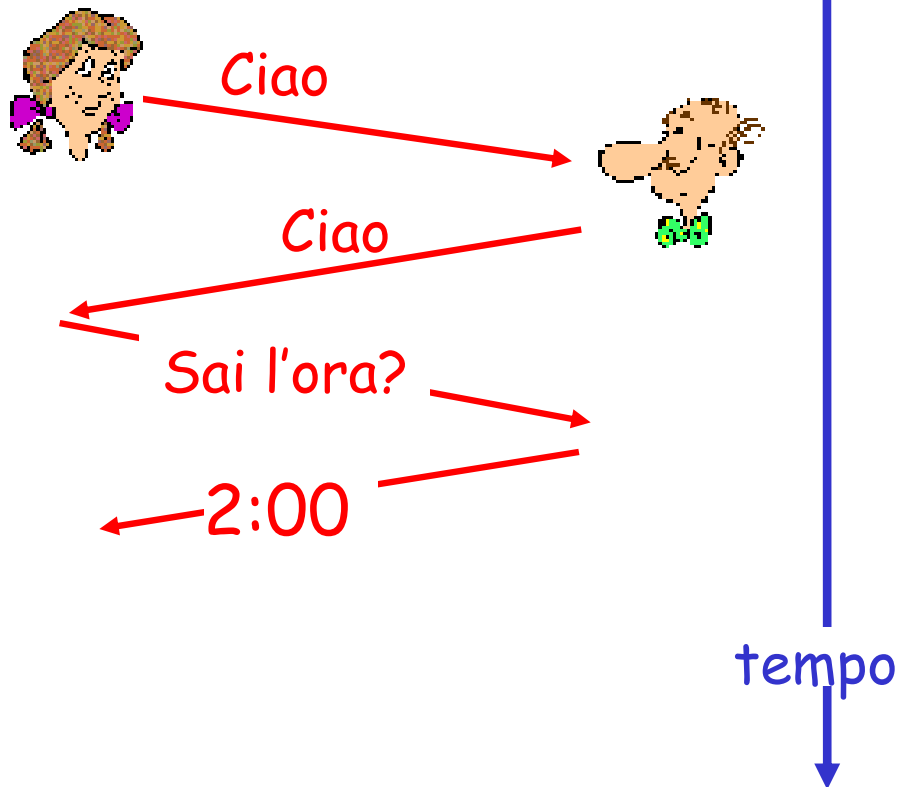
## Protocolli di rete:

- Dispositivi hardware e software
- Tutta l'attività di comunicazione in Internet è governata dai protocolli

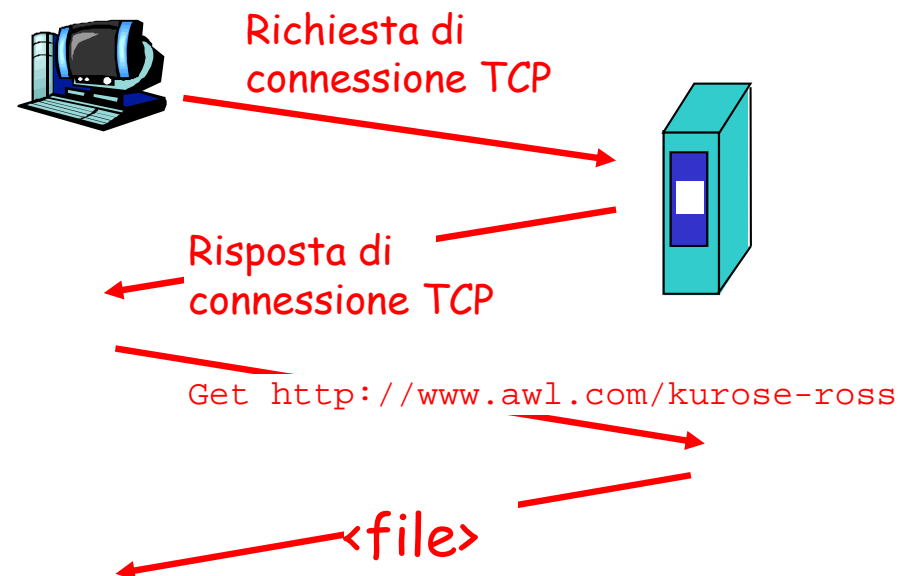


# Cos'è un protocollo ?

## Protocollo umano



## Protocollo di rete







# Struttura di rete

## ■ ai confini della rete

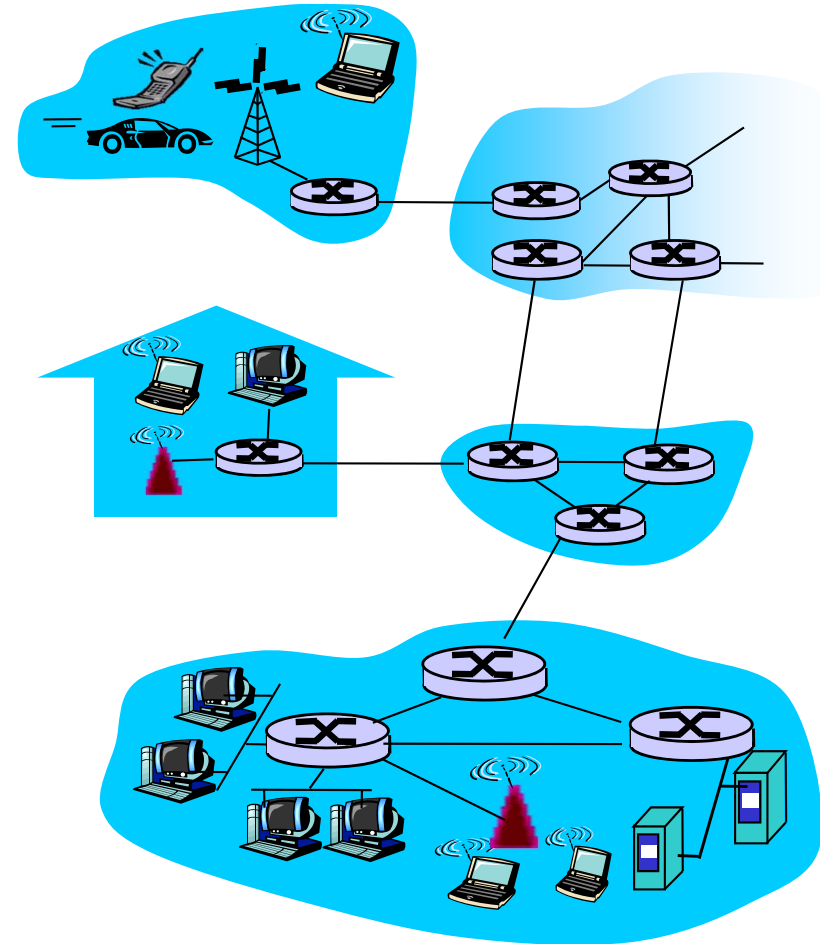
- applicazioni
- sistemi terminali

## ■ reti, dispositivi fisici

- collegamenti cablati
- wireless

## ■ al centro della rete

- router interconnessi
- la rete delle reti







# Ai confini della rete

## ■ sistemi terminali (host)

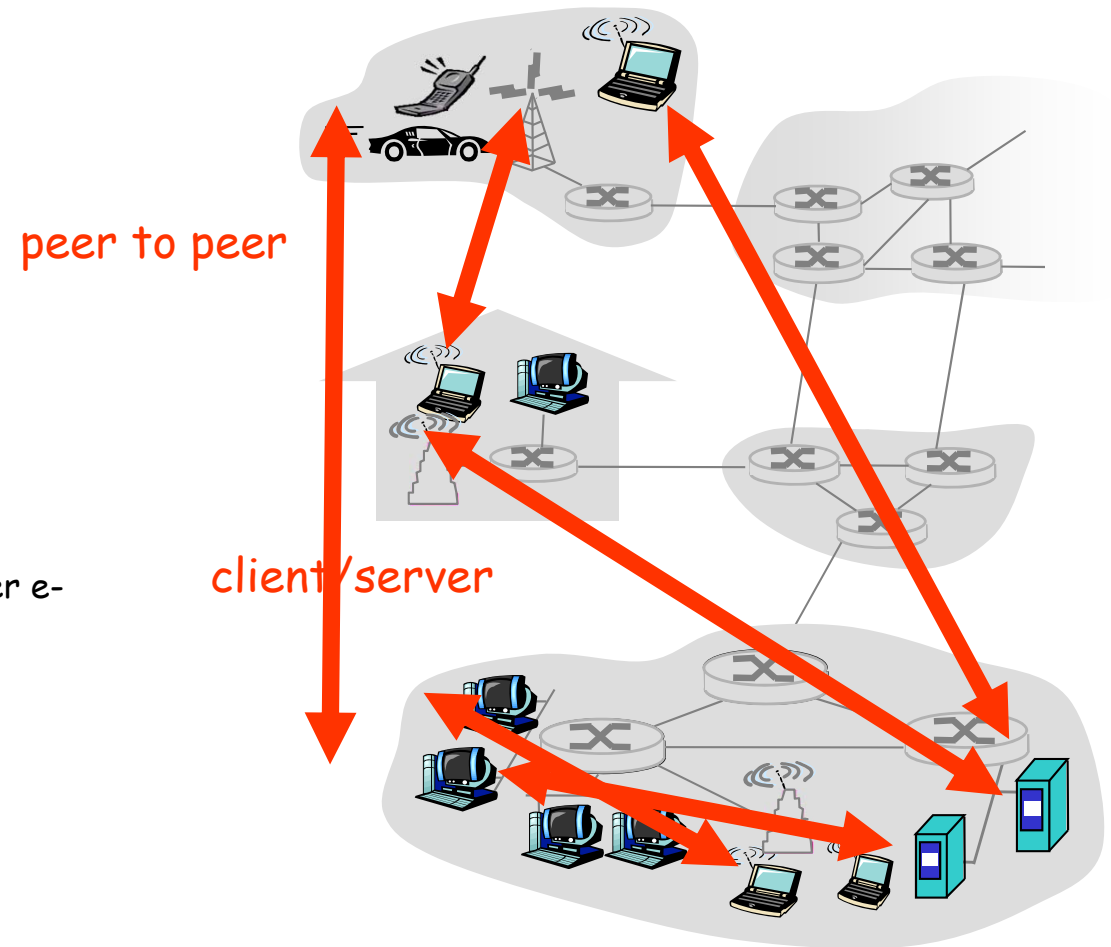
- fanno girare programmi applicativi
  - es.: Web, e-mail
- situati all'estremità di Internet

## ■ architettura client/server

- L'host client richiede e riceve un servizio da un programma server in esecuzione su un altro terminale
  - es.: browser/server Web ; client/server e-mail

## ■ architettura peer to peer

- uso limitato (o inesistente) di server dedicati
  - es.: Skype, Bit Torrent





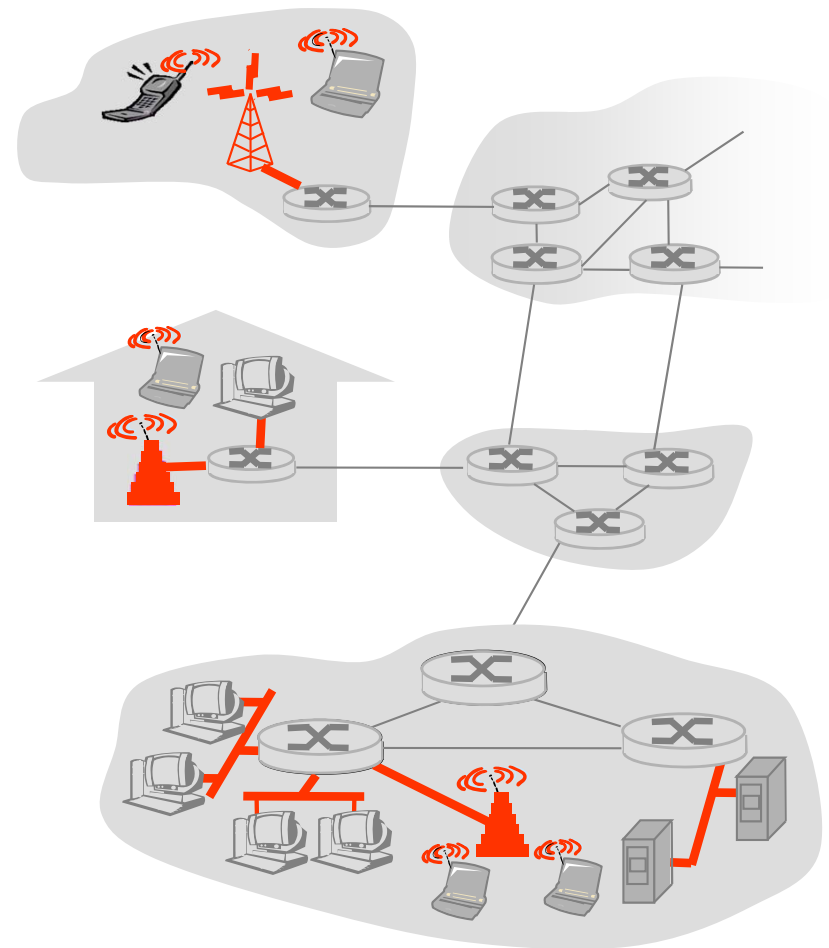
# Reti d'accesso e mezzi fisici

**D: Come collegare sistemi terminali e router esterni?**

- reti di accesso residenziale
- reti di accesso aziendale (università, istituzioni, aziende)...
- reti di accesso mobile

**Ricordate:**

- Banda (bit rate - bit/s) disponibile?
- condivise o dedicate?

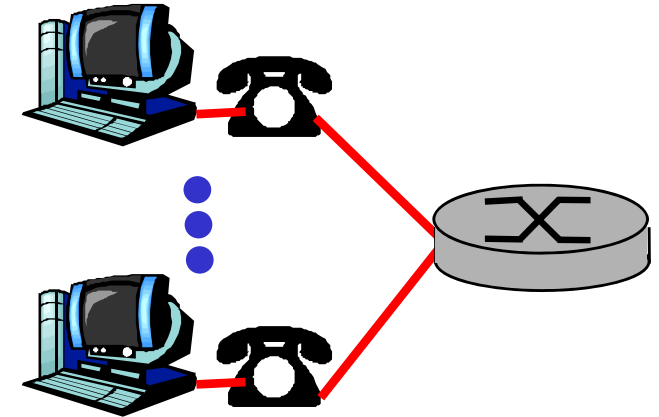




# Accesso residenziale: punto-punto

## ■ Modem dial-up

- fino a 56 Kbps di accesso diretto al router (ma spesso è inferiore)
- non è possibile "navigare" e telefonare allo stesso momento

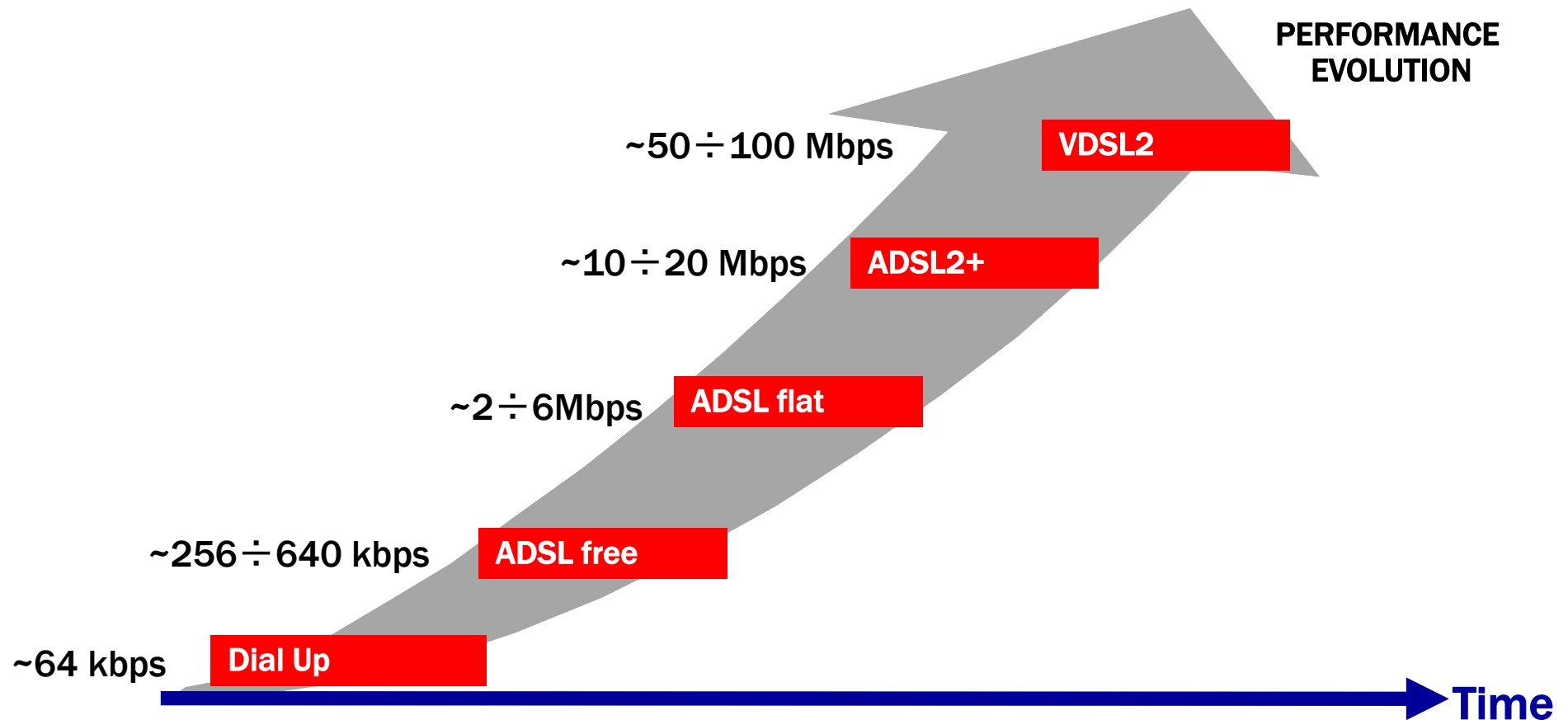


## ■ DSL: digital subscriber line

- installazione: in genere da un operatore di rete
- ~ 30 Mbps in upstream
- ~ 100 Mbps in downstream
- linea dedicata



# Accesso a Larga Banda di rete fissa



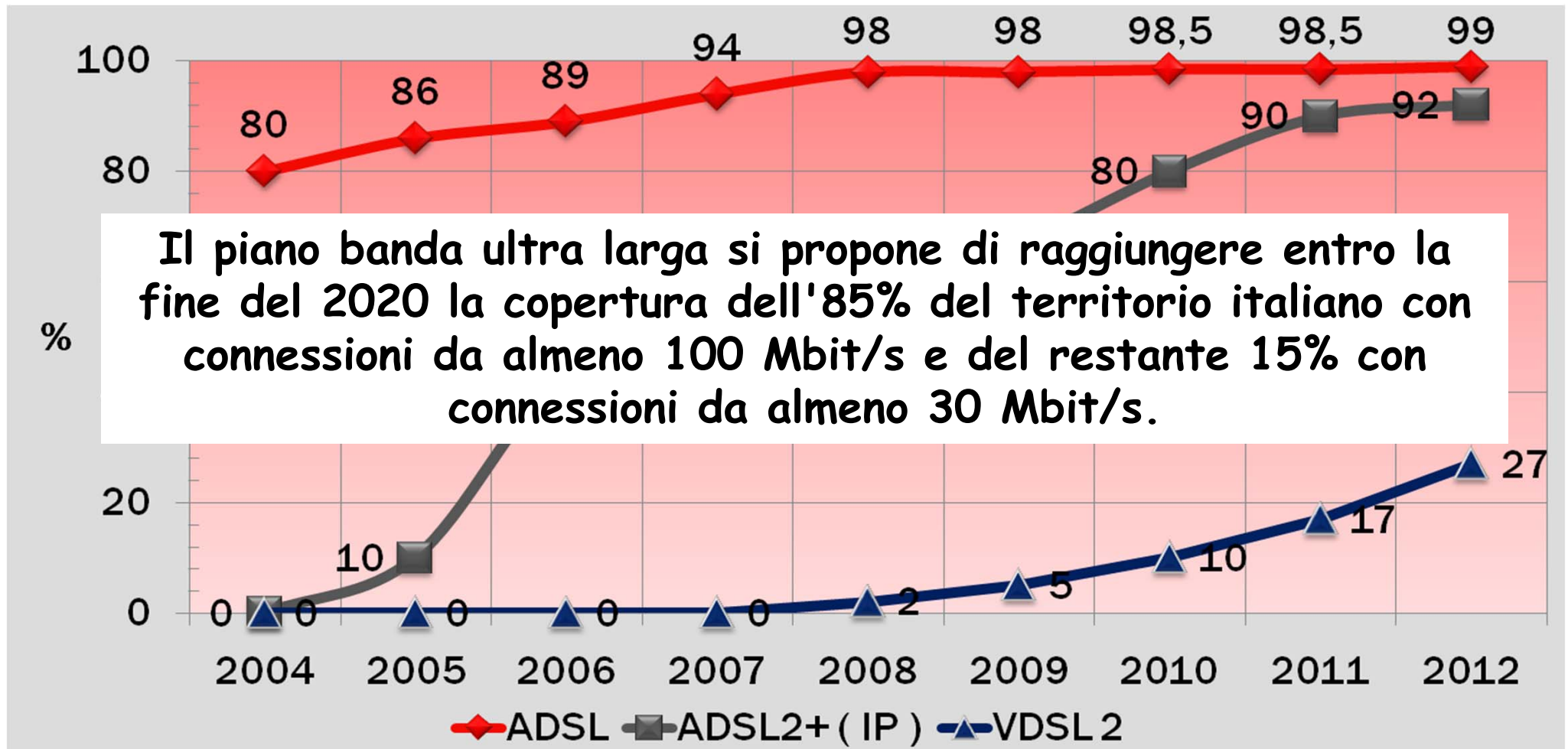


# Sistemi XDSL

| Family                        | ITU     | Name                         | Ratified | Maximum Speed capabilities |
|-------------------------------|---------|------------------------------|----------|----------------------------|
| ADSL                          | G.992.1 | G.dmt                        | 1999     | 7 Mbps down<br>800 kbps up |
| ADSL2                         | G.992.3 | G.dmt.bis                    | 2002     | 8 Mb/s down<br>1 Mbps up   |
| ADSL2plus                     | G.992.5 | ADSL2plus                    | 2003     | 24 Mbps down<br>1 Mbps up  |
| ADSL2-RE                      | G.992.3 | Reach Extended               | 2003     | 8 Mbps down<br>1 Mbps up   |
| SHDSL<br>(updated 2003)       | G.991.2 | G.SHDSL                      | 2003     | 5.6 Mbps up/down           |
| VDSL                          | G.993.1 | Very-high-data-rate DSL      | 2004     | 55 Mbps down<br>15 Mbps up |
| VDSL2 -12 MHz<br>long reach   | G.993.2 | Very-high-data-rate DSL<br>2 | 2005     | 55 Mbps down<br>30 Mbps up |
| VDSL2 - 30 MHz<br>Short reach | G.993.2 | Very-high-data-rate DSL<br>2 | 2005     | 100 Mbps up/down           |



# Evoluzione della copertura a Larga Banda di rete fissa





# Rete di Distribuzione Telefonica

## ■ Obiettivo

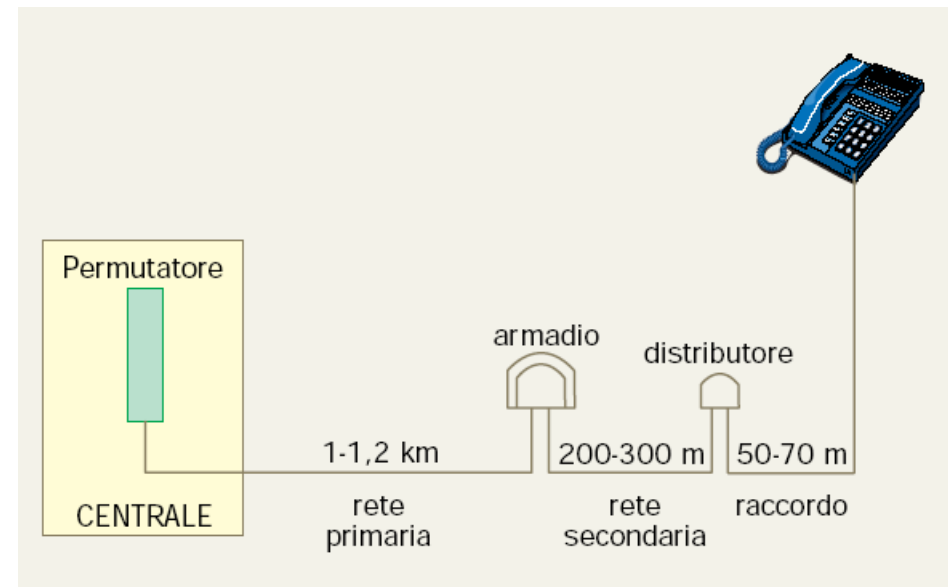
- Trasporto e trattamento del segnale dalla centrale (SL) all'apparecchio del cliente

## ■ E' costituita da

- Portanti fisici (cavi in rame)
- Attestazioni e terminazioni
- Apparati trasmissivi
- Altri dispositivi

## ■ Si suddivide nelle seguenti sezioni

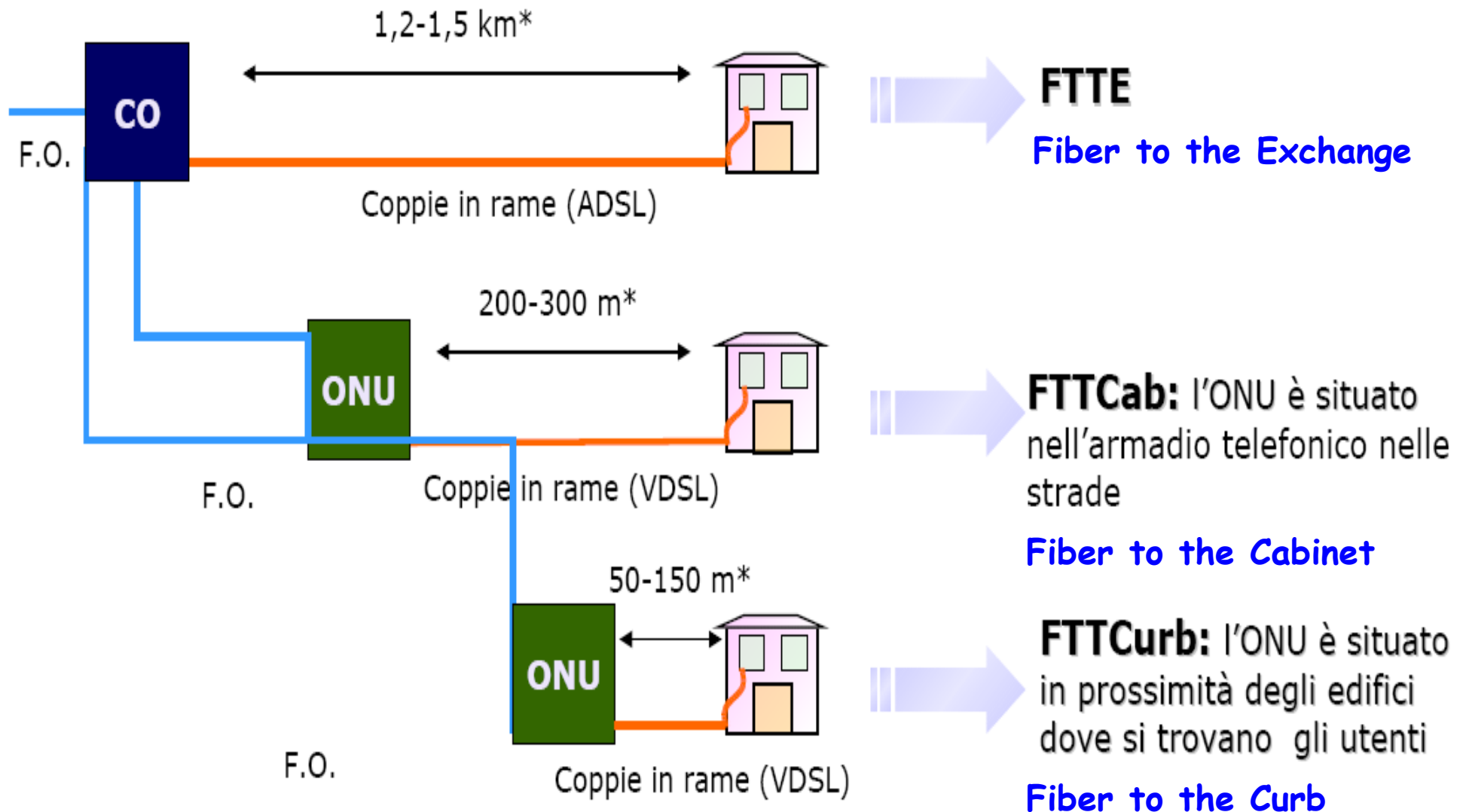
- Rete Primaria (~ 1 km)
- Rete Secondaria (~ 200 m)
- Raccordo (~ 50 m)





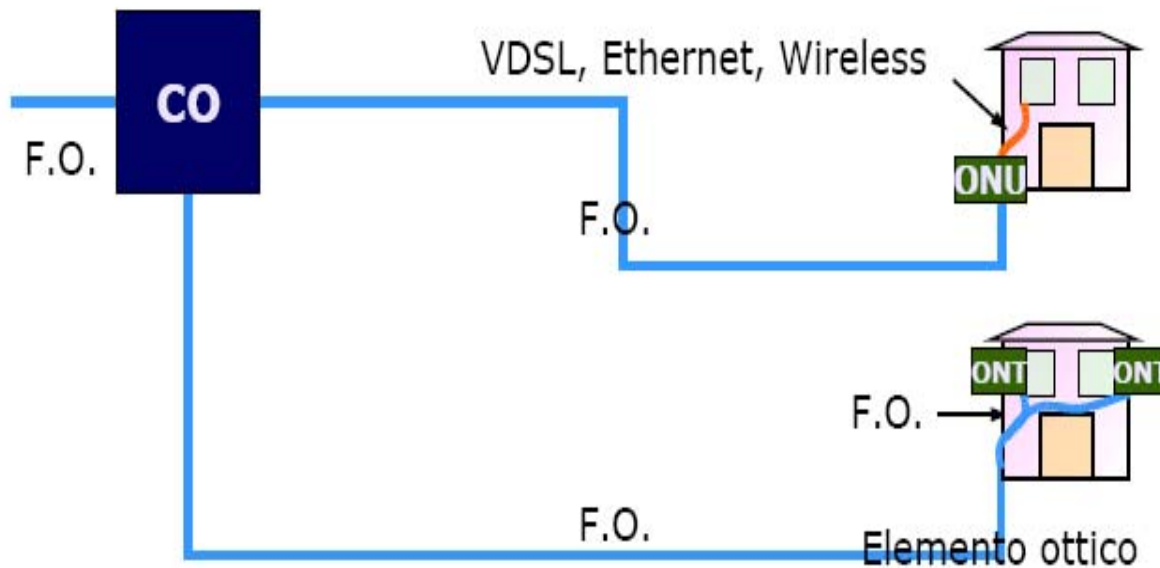


# Architetture ibride rame-fibra (FTTx)





# Architetture FTTx



**FTTB:** nelle aree con edifici a sviluppo verticale

**Fiber to the Building**

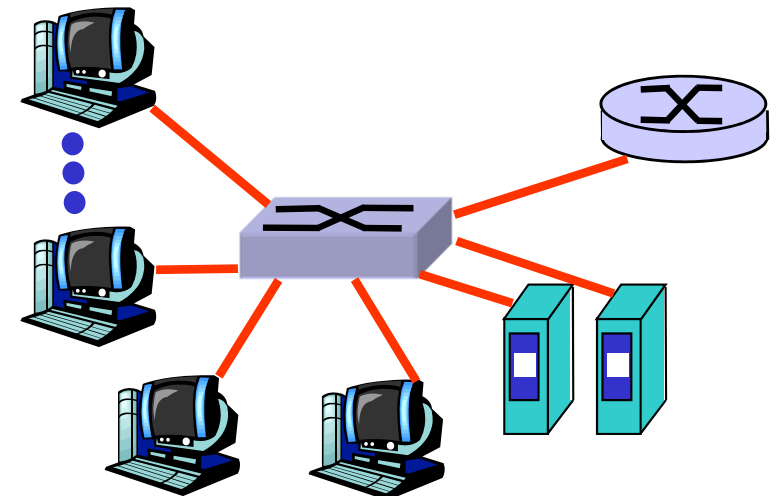
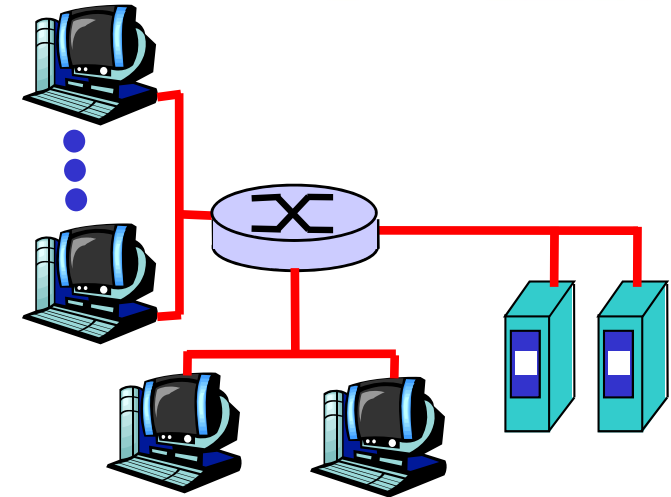
**FTTH:** anche nel caso di case individuali

**Fiber to the Home**



# Accesso aziendale: reti locali (LAN)

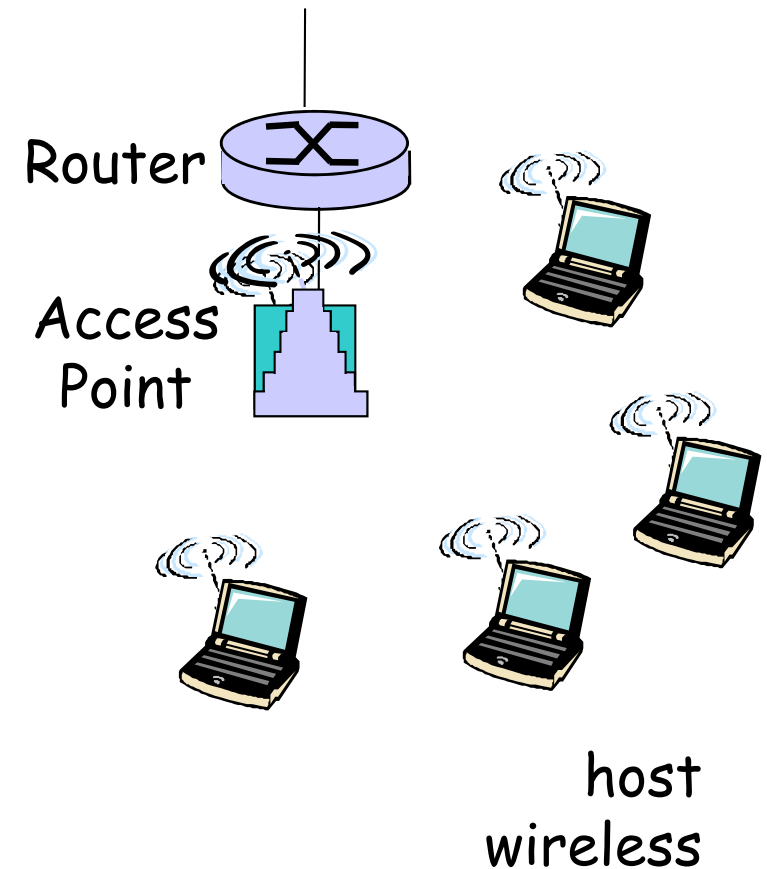
- Una LAN collega i sistemi terminali di aziende e università ad un router
- Ethernet
  - 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, 10 Gb/s, 100 Gbit/s
  - Sistemi terminali collegati mediante uno switch





# Accesso wireless

- Una rete condivisa d'accesso wireless collega i sistemi terminali al router
  - Access Point (AP)
- **Wireless LAN**
  - 802.11b/g (WiFi): 11 o 54 Mbps
- **Rete d'accesso wireless geografica**
  - gestita da un provider di telecomunicazioni
  - ~ 1 Mbps per i sistemi cellulari (4G)...
  - WiMax per aree più grandi

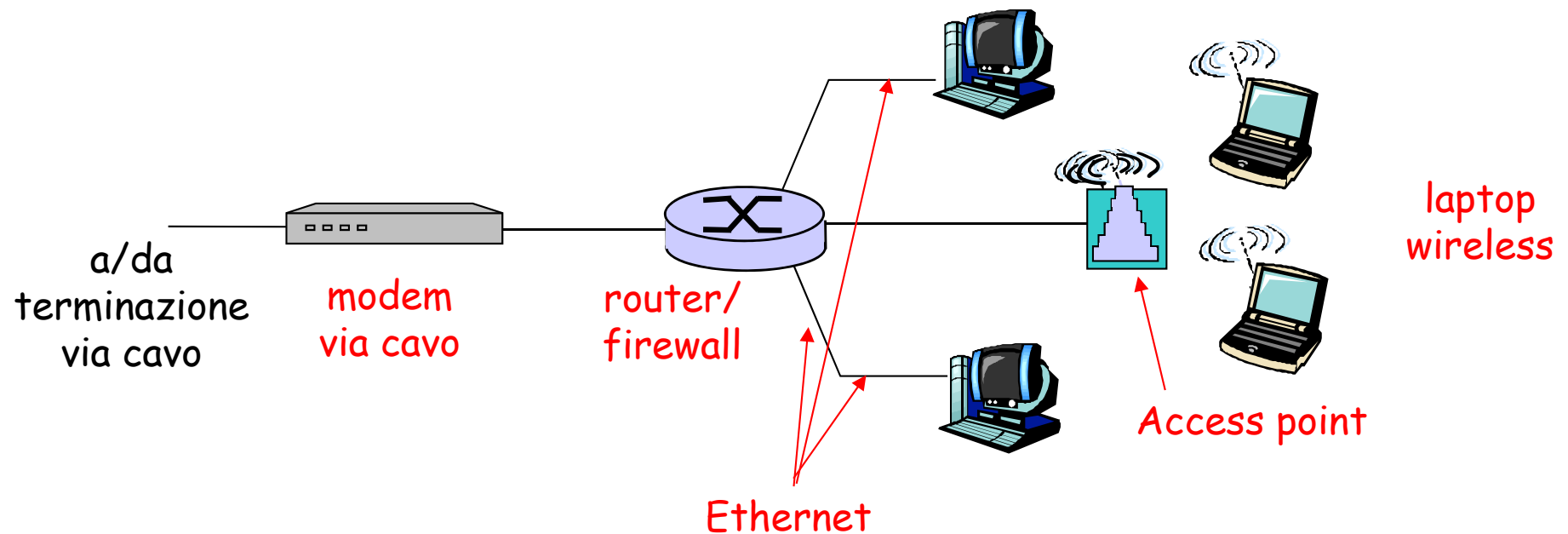




# Reti domestiche

## ■ Componenti di una tipica rete domestica

- DSL o modem via cavo
- router/firewall/NAT
- Ethernet
- Punto d'accesso wireless





# Mezzi trasmissivi

## ■ Mezzo fisico

- ciò che sta tra il trasmittente e il ricevente

## ■ Mezzi guidati

- i segnali si propagano in un mezzo fisico: fibra ottica, filo di rame o cavo coassiale

## ■ Mezzi a onda libera

- i segnali si propagano nell'atmosfera e nello spazio esterno

## ■ Twisted Pair (TP)

- due fili di rame distinti
  - Categoria 3: tradizionale cavo telefonico, 10 Mbps Ethernet
  - Categoria 5: 100 Mbps Ethernet

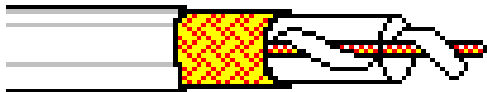




# Mezzi trasmissivi: cavo coassiale e fibra ottica

## ■ Cavo coassiale

- due conduttori in rame concentrici
- bidirezionale
- banda base:
  - singolo canale sul cavo
  - legacy Ethernet
- banda larga



## ■ Fibra ottica

- Mezzo sottile e flessibile che conduce impulsi di luce
- Alta frequenze trasmissiva:
  - Elevata velocità di trasmissione punto-punto (da 10 a 100 Gps)
- Basso tasso di errore, immune all'interferenza elettromagnetica





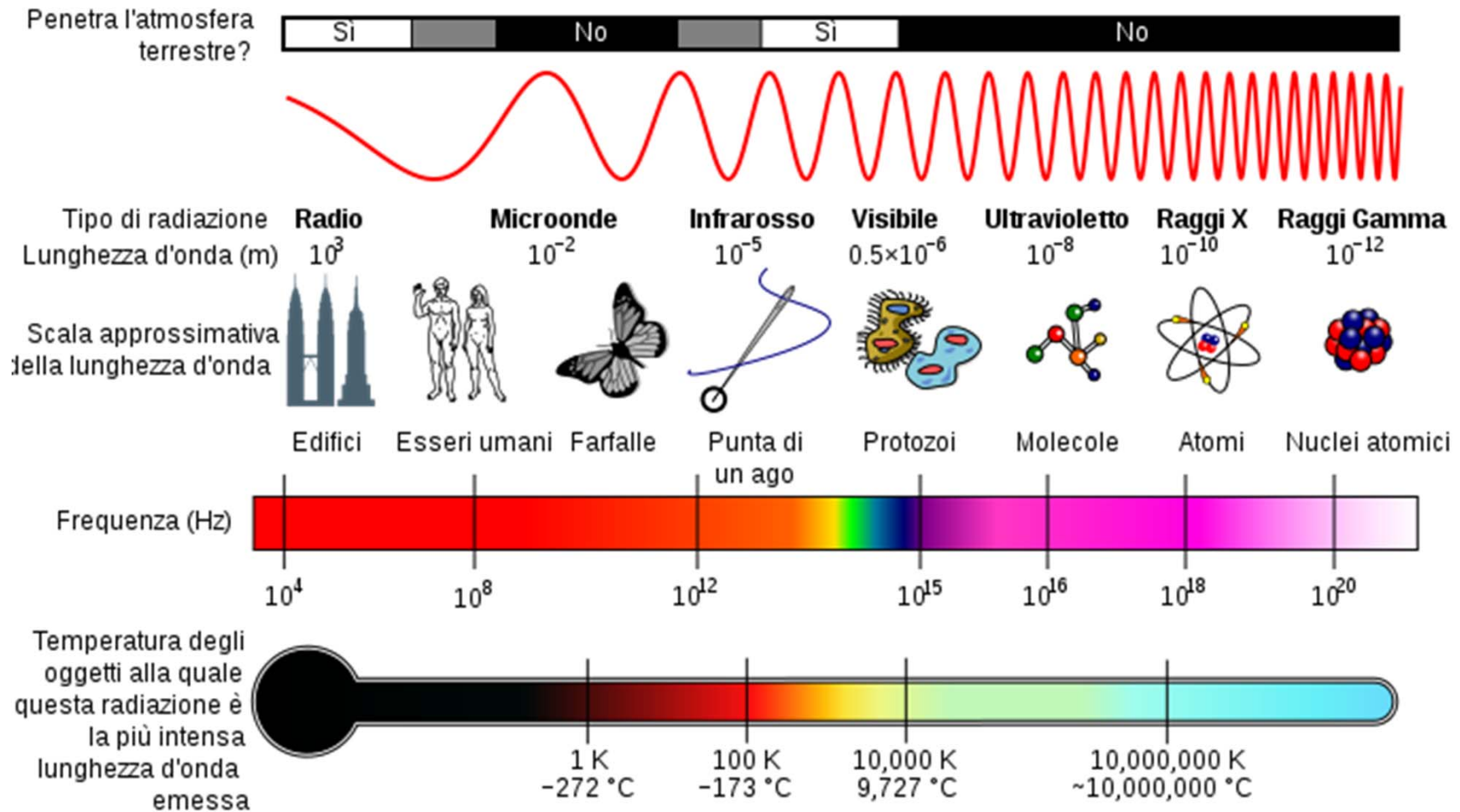


# Mezzi trasmissivi: canali radio

- Trasportano segnali nello spettro elettromagnetico
  - non richiedono l'installazione fisica di cavi
  - bidirezionali
  - effetti dell'ambiente di propagazione:
    - riflessione
    - ostruzione da parte di ostacoli
    - interferenza
- Tipi di canali radio
    - Microonde terrestri
      - es.: canali fino a 45 Mbps
    - LAN (es.: Wifi)
      - 11 Mbps, 54 Mbps
    - Wide-area (es.: cellulari)
      - es.: 3G: ~ 1 Mbps
    - Satellitari
      - canali fino a 45 Mbps (o sottomultipli)
      - ritardo punto-punto di 270 msec
      - geostazionari/a bassa quota



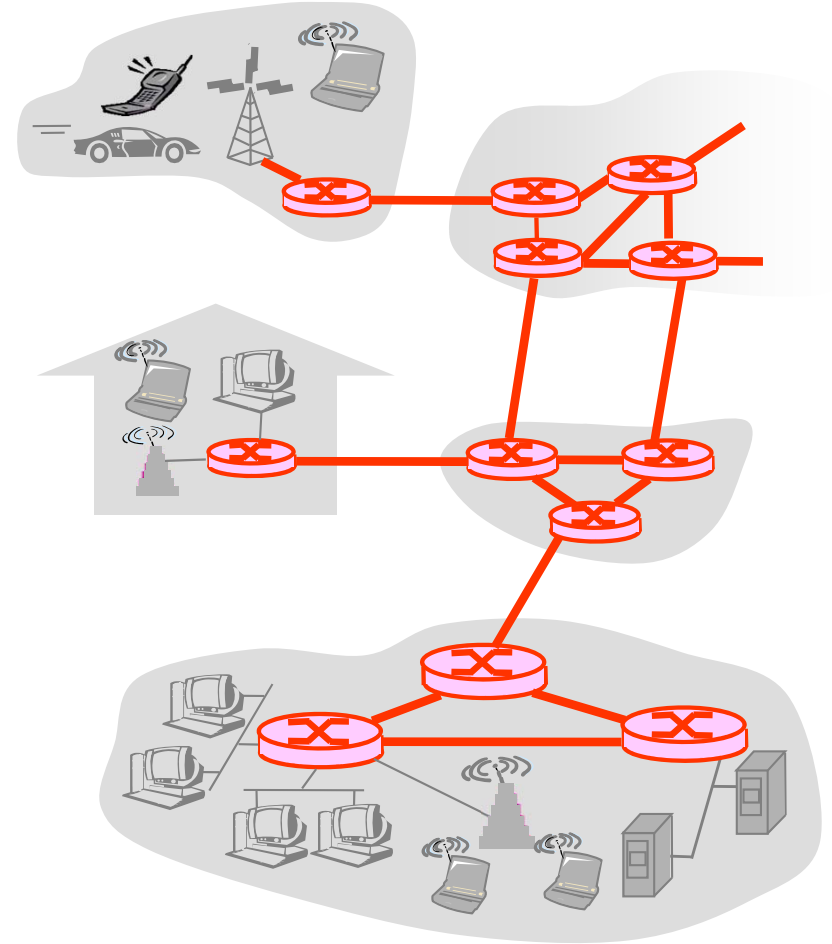
# Spettro elettromagnetico





# Il nucleo della rete

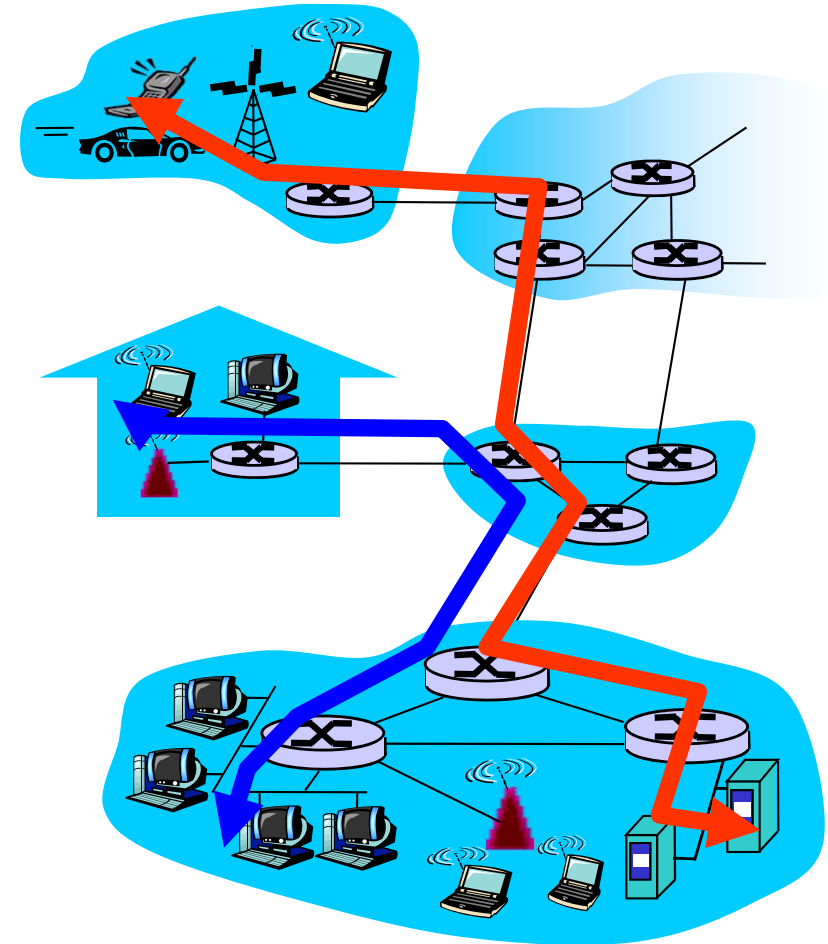
- Rete magliata di router che interconnettono i sistemi terminali
- Come vengono trasferiti i dati attraverso la rete ?
  - **Commutazione di circuito**: circuito dedicato per l'intera durata della sessione (es. rete telefonica)
  - **Commutazione di pacchetto**: il flusso informativo è suddiviso in pacchetti che utilizzano le risorse su richiesta, e di conseguenza potrebbero dover attendere per accedere a un collegamento





# Commutazione di circuito (Circuit Switching - CS)

- Risorse punto-punto riservate alla “**chiamata**”
  - Banda sui link, capacità nei commutatori
  - risorse dedicate alla chiamata: non c'è condivisione
  - prestazioni garantite (es. delay)
  - necessaria una fase di instaurazione della chiamata





# Commutazione di circuito

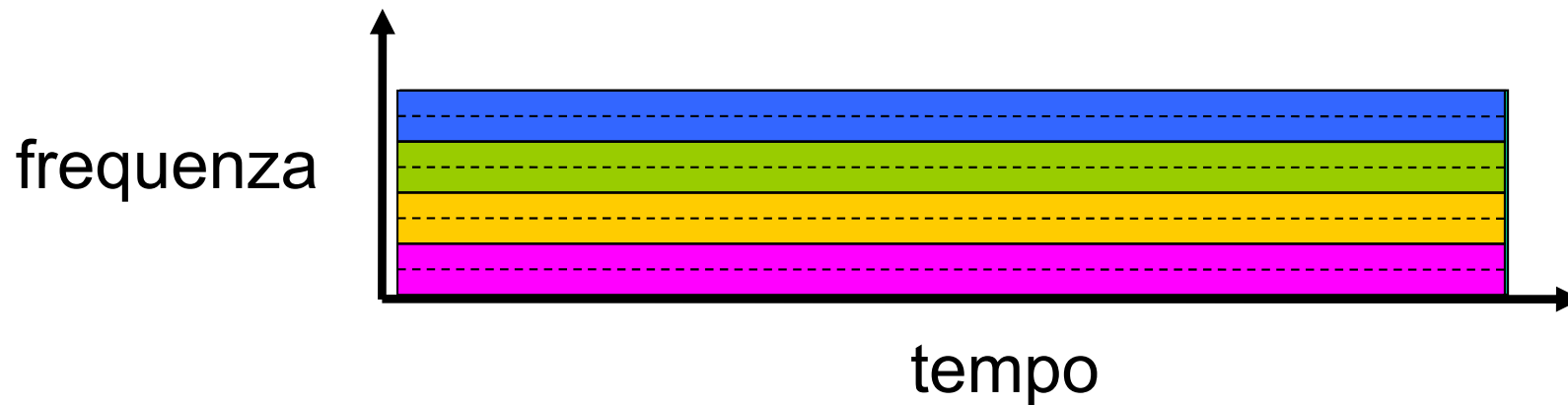
- Risorse di rete (**banda**) suddivise in "porzioni" (**canali**)
- un canale viene assegnato ad una comunicazione (**chiamata**)
- le risorse rimangono inattive se non utilizzate dalla comunicazione
  - non c'è condivisione di canale
- Suddivisione della banda in "canali"
  - divisione di frequenza
  - divisione di tempo



# Commutazione di circuito: FDM e TDM

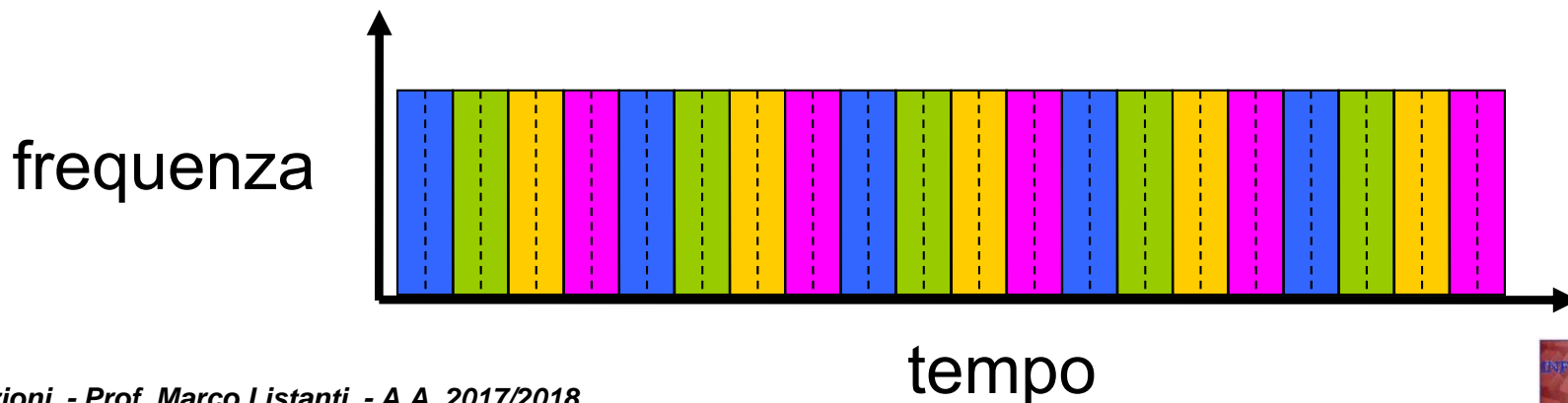
## FDM (Frequency Division Multiplexing)

Multiplazione nel dominio della frequenza



## TDM (Time Division Multiplexing)

Multiplazione nel dominio del tempo



Esempio:

4 comunicazioni







# Un esempio numerico

- Quanto tempo occorre per inviare un file di 640.000 bit dall'host A all'host B su una rete a commutazione di circuito ?
  - Tutti i collegamenti presentano un bit rate di 2.048 Mbps
  - Ciascun collegamento utilizza TDM con 32 slot/sec
  - Si impiegano 500 ms per stabilire un circuito punto-punto
- Provate a calcolare il ritardo





# Commutazione di pacchetto (Packet Switching - PS)

## ■ Il flusso di dati punto-punto viene suddiviso in pacchetti

- I pacchetti condividono le risorse di rete
- Ciascun pacchetto al momento della trasmissione utilizza completamente il canale
- Le risorse vengono usate a seconda delle necessità
- **MULTIPLAZIONE STATISTICA**

## ■ Store and forward

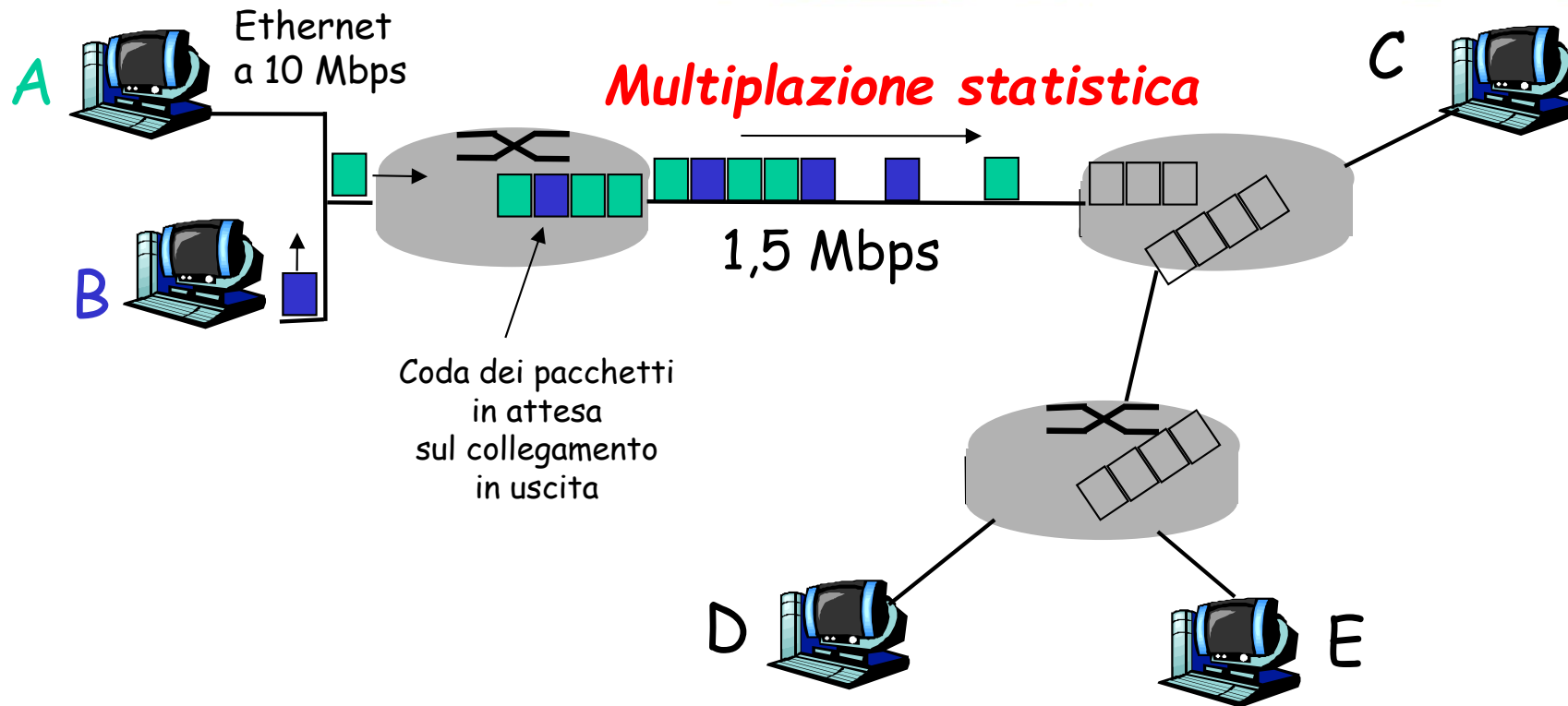
- il commutatore deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter cominciare a trasmettere sul collegamento in uscita

## ■ Contesa per le risorse (**resource contention**)

- Fenomeno di **congestione**:
  - La richiesta di risorse può eccedere il quantitativo disponibile
- In caso di congestione i pacchetti sono memorizzati in un buffer in attesa dell'utilizzo del collegamento

Larghezza di banda suddivisa in pezzi"  
Allocazione dedicata  
Risorse riservate

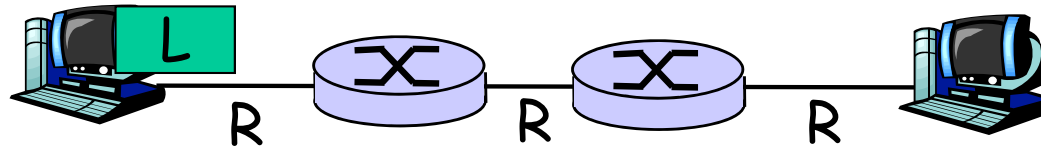
# Multiplazione statistica



- La sequenza dei pacchetti A e B non segue uno schema prefissato  
Condivisione di risorse su richiesta: **multiplazione statistica**
- TDM: ciascun host ottiene uno slot di tempo dedicato unicamente a quella connessione.



# Store-and-forward



- Occorrono  $L/R$  secondi per trasmettere un pacchetto di  $L$  bit su un collegamento in uscita da  $R$  bps

- store and forward

- l'intero pacchetto deve arrivare al router prima che questo lo trasmetta sul link successivo

- ritardo =  $3L/R$  (supponendo che il ritardo di propagazione sia zero)

- Occorre approfondire .....

- Esempio:

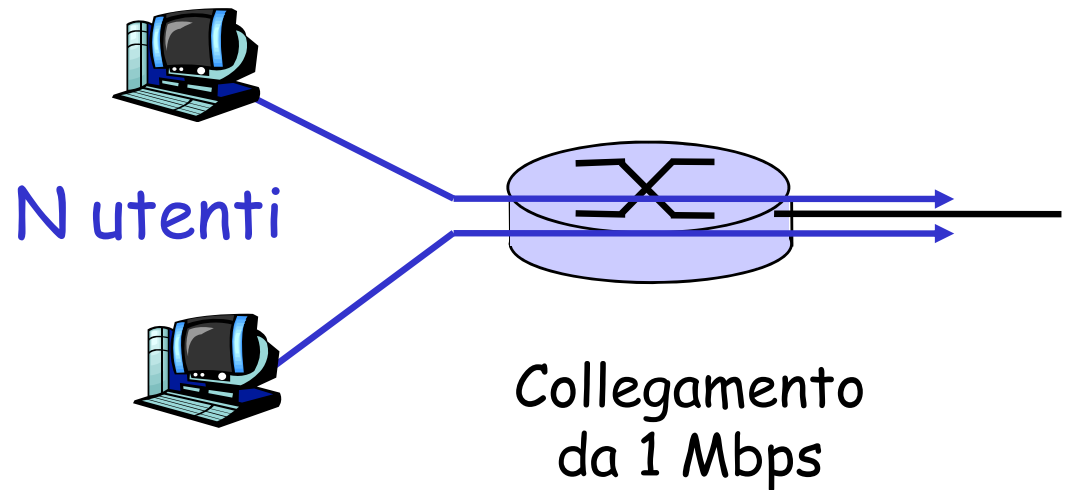
- $L = 7,5$  Mbit
  - $R = 1,5$  Mbps
  - ritardo = 15 sec



# Confronto CS e PS

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

- 1 collegamento da 1 Mbps
- Ciascun utente:
  - 100 kbps quando è "attivo"
  - attivo per il 10% del tempo
- Commutazione di circuito:
  - 10 utenti
- commutazione di pacchetto:
  - con 35 utenti, la probabilità di averne > 10 attivi è inferiore allo 0,0004



D: come è stato ottenuto il valore 0,0004?



# Confronto CS e PS

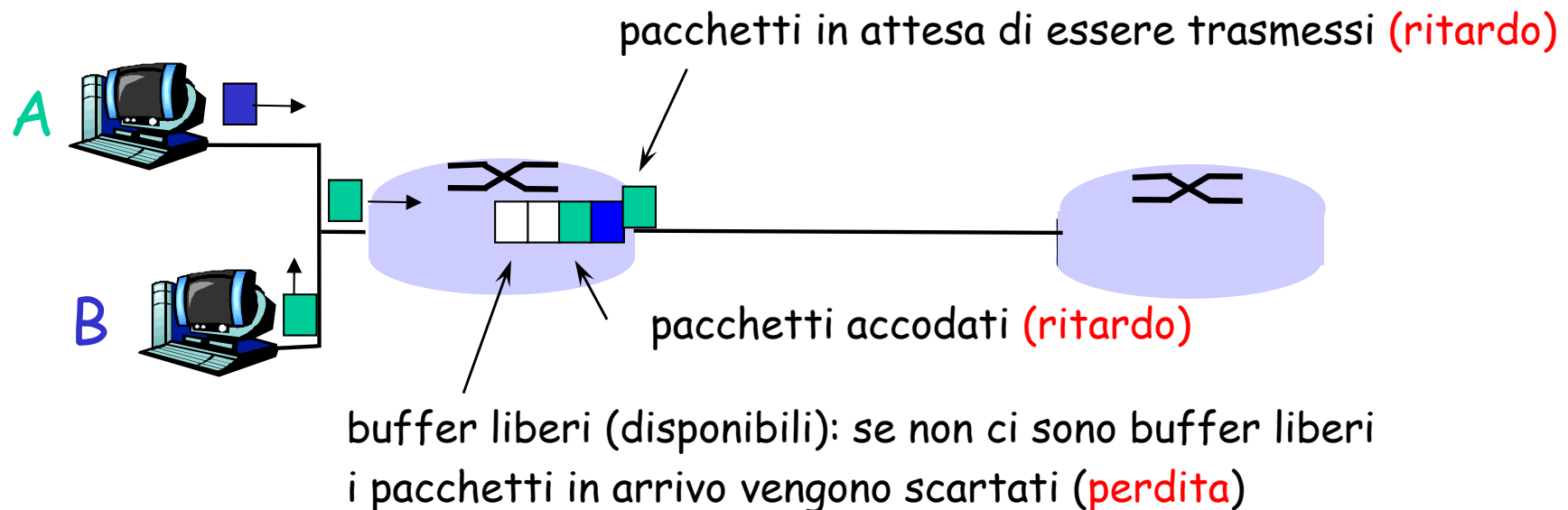
**La commutazione di pacchetto è la "scelta vincente ?"**

- **Ottimale per i dati a "burst"**
  - Condivisione delle risorse
  - Più semplice della CS, non necessita l'instaurazione della chiamata
- **Congestione**
  - Pericolo di elevati ritardi e di perdita di pacchetti
  - Sono necessari protocolli per il trasferimento affidabile dei dati e per il controllo della congestione
- **D: Come ottenere un comportamento simile al circuito ?**
  - è necessario fornire garanzie di larghezza di banda per le applicazioni audio/video
  - Problema difficile



# Ritardi e perdita

- I pacchetti sono memorizzati nei buffer dei router
- Se il tasso di arrivo dei pacchetti eccede la capacità del collegamento i pacchetti si accodano nei buffer, in attesa del proprio turno di trasmissione





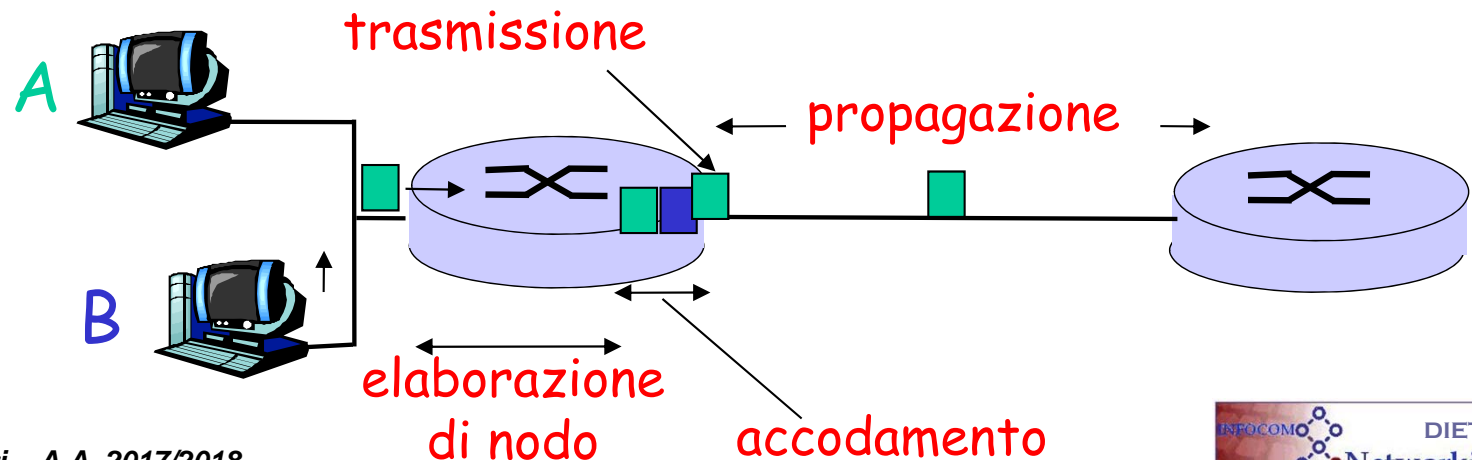
# Quattro cause di ritardo per i pacchetti

## 1. Ritardo di elaborazione del nodo

- Terminazione dei protocolli di strato di link (es. Controllo e recupero degli errori sui bit dei pacchetti)
- individuazione del link di uscita (intradamento)

## 2. Ritardo di accodamento

- attesa di trasmissione
- livello di congestione del router







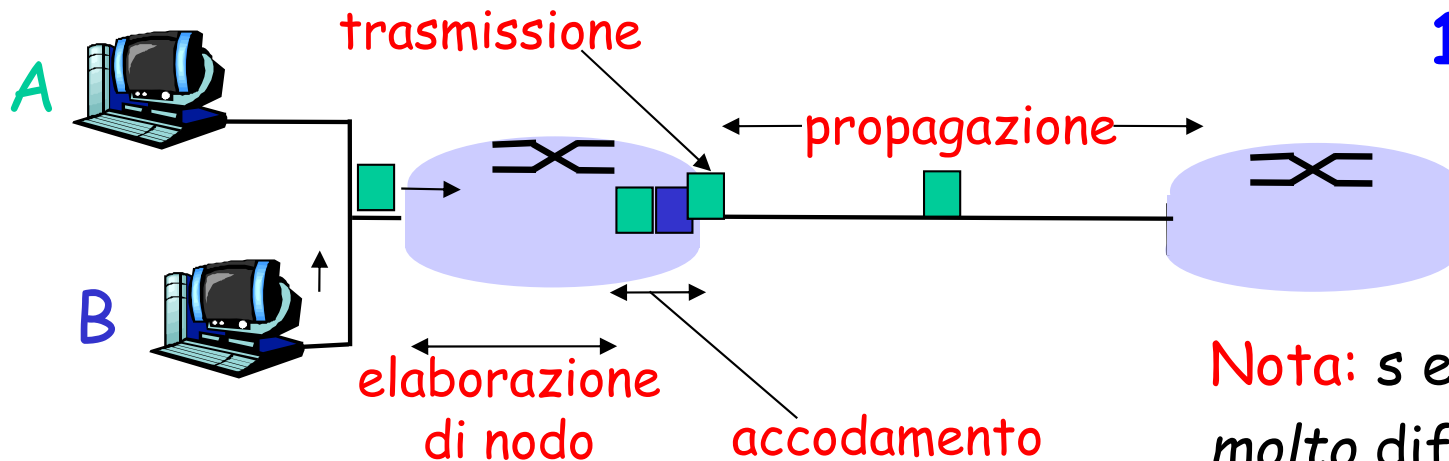
# Ritardo nelle reti PS

## 3. Ritardo di trasmissione ( $L/R$ )

- $R$  = frequenza di trasmissione del collegamento (in bps)
- $L$  = lunghezza del pacchetto (in bit)
- Ritardo di trasmissione =  $L/R$

## 4. Ritardo di propagazione ( $d/s$ )

- $d$  = lunghezza del collegamento fisico
- $s$  = velocità di propagazione del collegamento ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- Ritardo di propagazione =  $d/s$



$$1/s = 5 \mu\text{s/km}$$

**Nota:**  $s$  e  $R$  sono due quantità molto differenti!



# Ritardo di link

$$d_{\text{link}} = d_{\text{elab}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trasm}} + d_{\text{prop}}$$

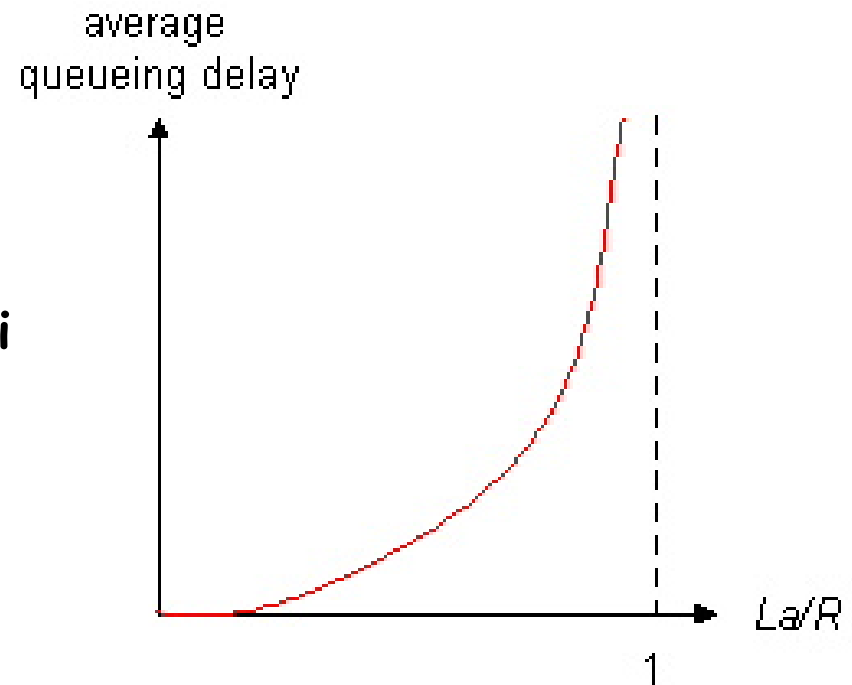
- $d_{\text{elab}}$  = ritardo di elaborazione (**processing delay**)
  - in genere pochi microsecondi, o anche meno
- $d_{\text{queue}}$  = ritardo di accodamento (**queuing delay**)
  - dipende dalla congestione
- $d_{\text{trasm}}$  = ritardo di trasmissione (**transmission delay**)
  - $= L/R$ , elevato nei collegamenti a basso bit rate
- $d_{\text{prop}}$  = ritardo di propagazione (**propagation delay**)
  - da pochi microsecondi a centinaia di millisecondi



# Ritardo di accodamento

- $R$  = frequenza di trasmissione (bps)
- $L$  = lunghezza del pacchetto (bit)
- $a$  = tasso medio di arrivo dei pacchetti

$L \cdot a / R$  = intensità di traffico



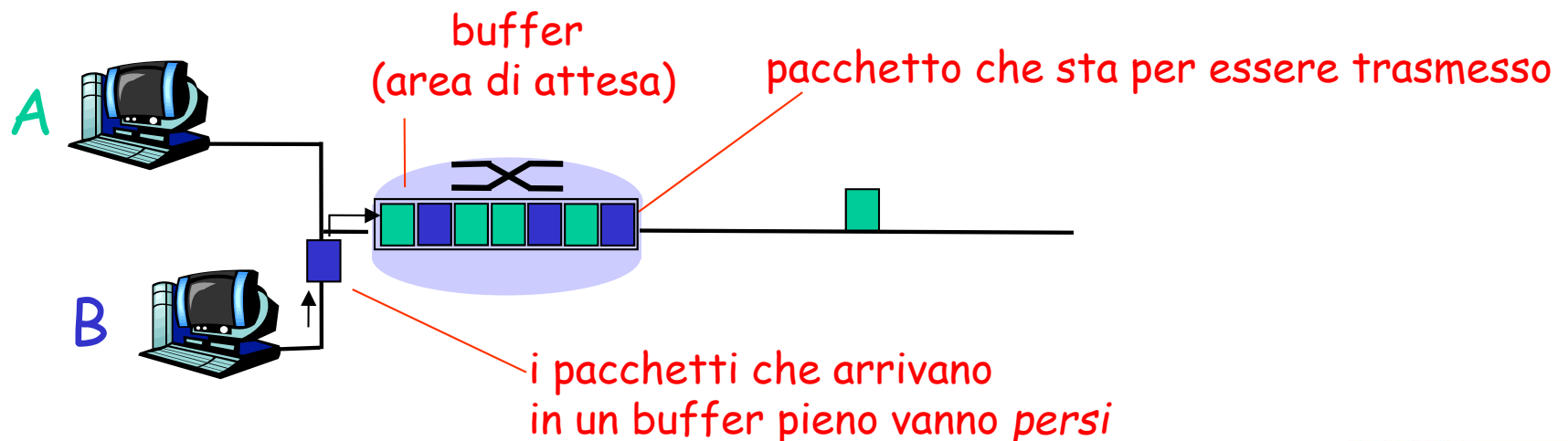
- $L \cdot a / R \sim 0$ : ritardo molto limitato
- $L \cdot a / R \rightarrow 1$ : il ritardo cresce in modo fortemente non lineare
- $L \cdot a / R > 1$ : più "lavoro" in arrivo di quanto possa essere effettivamente svolto, ritardo medio infinito



# Perdita di pacchetti

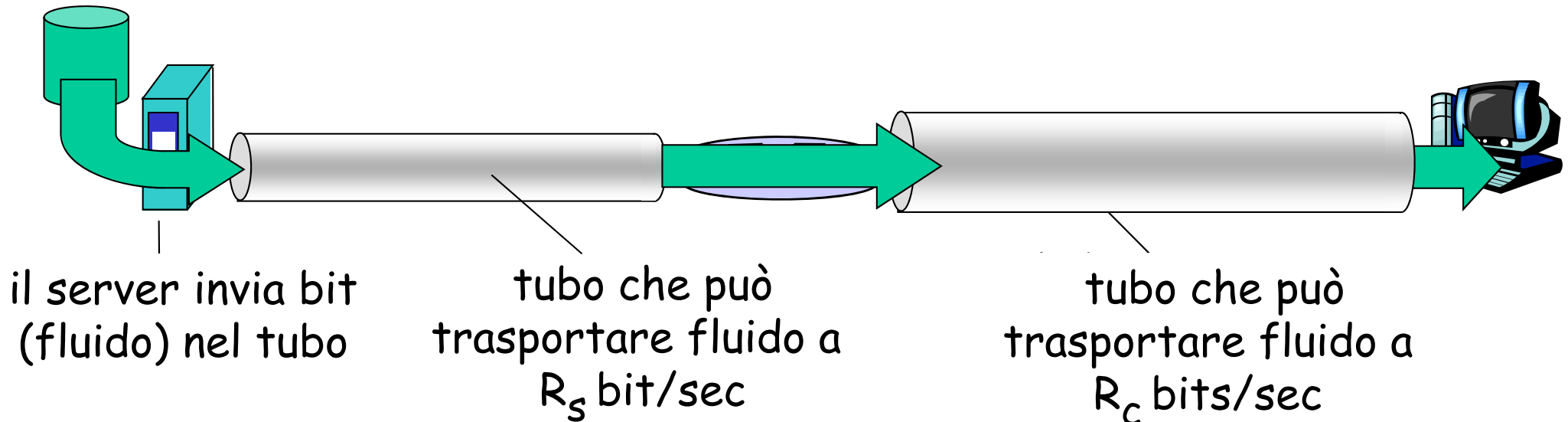
## ■ I buffer hanno capacità finita

- quando il pacchetto trova la coda piena, viene scartato (e quindi va perso)
- In dipendenza del protocollo utilizzato, un pacchetto perso può essere ritrasmesso dal nodo precedente, dal sistema terminale che lo ha generato, o non essere ritrasmesso affatto



# Throughput

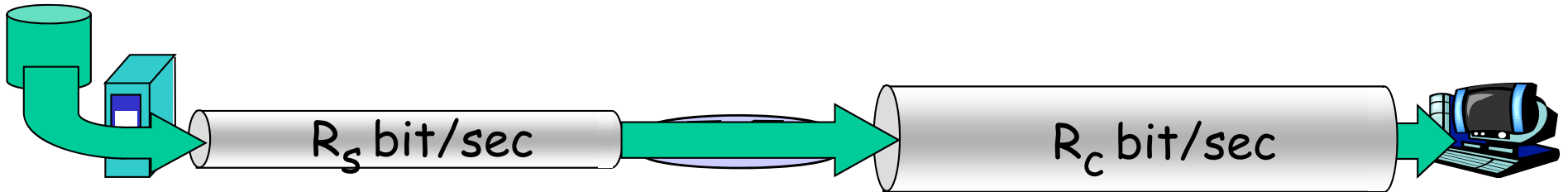
- Frequenza (bit/unità di tempo) alla quale i bit sono trasferiti tra mittente e ricevente
  - **istantaneo**: in un determinato istante
  - **medio**: in un periodo di tempo più lungo



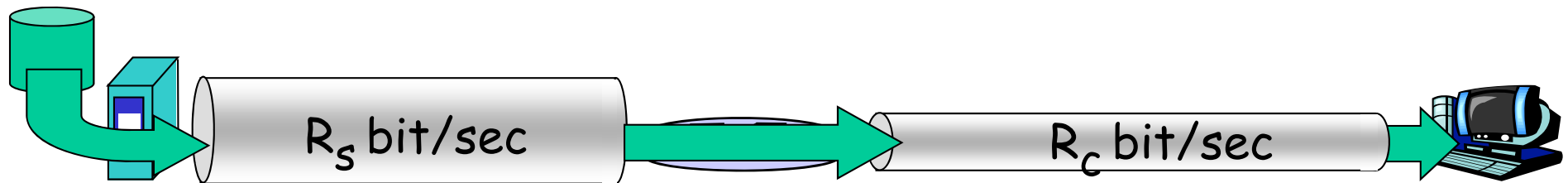


# Throughput (segue)

- $R_s < R_c$  Qual è il throughput medio end to end ?



- $R_s > R_c$  Qual è il throughput medio end to end ?



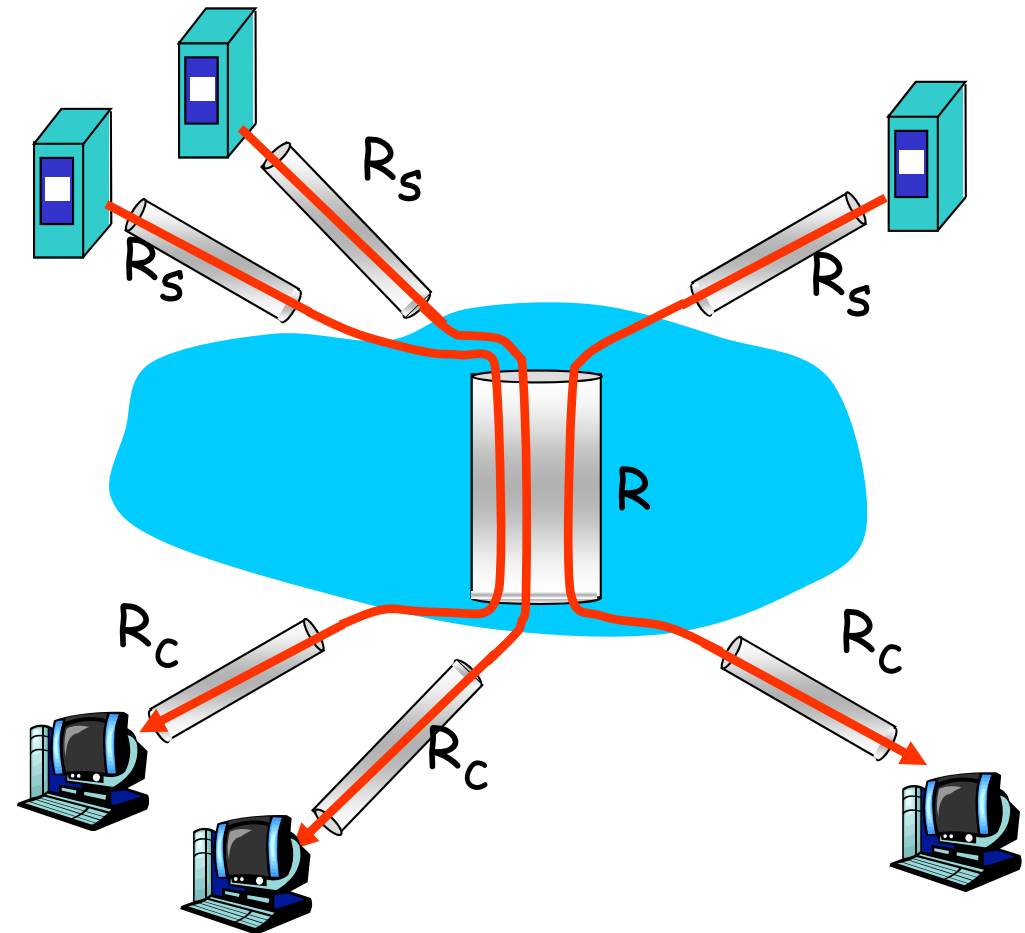
## Collo di bottiglia (*Bottleneck*)

Link di un percorso punto-punto che vincola il throughput end to end



# Throughput: scenario Internet

- Throughput end to end per ciascuna connessione
  - $\min(R_c, R_s, R/10)$
- In pratica,  $R_c$  o  $R_s$  (link terminali) possono costituire il bottleneck del collegamento



10 collegamenti (equamente) condivisi  
collegamento collo di bottiglia  $R$  bit/sec

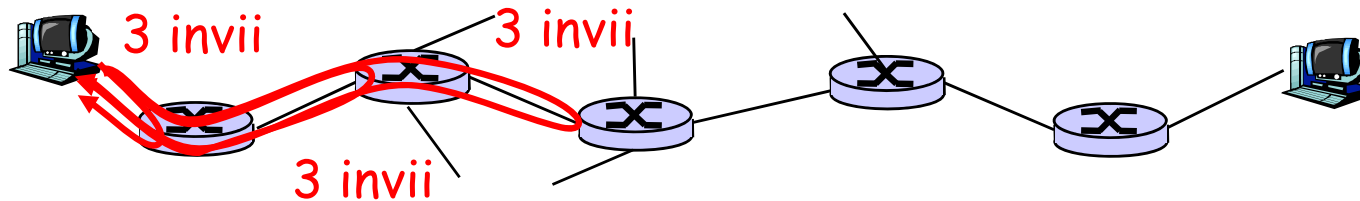




# Ritardi e percorsi in Internet

## ■ Traceroute

- programma diagnostico che fornisce una misura del ritardo dalla sorgente al router lungo i percorsi Internet punto-punto verso la destinazione.
- invia tre pacchetti che raggiungeranno il router  $i$  sul percorso verso la destinazione
- il router  $i$  restituirà i pacchetti al mittente
- il mittente calcola l'intervallo tra trasmissione e risposta





# Ritardi e percorsi in Internet

**traceroute:** da gaia.cs.umass.edu a www.eurecom.fr

|    |   |        |        |  |
|----|---|--------|--------|--|
|    |   |        |        | 3 misure di ritardo da<br>gaia.cs.umass.edu a cs-gw.cs.umass.edu |
| 1  | cs-gw (128.119.240.254)                         | 1 ms   | 1 ms   | 2 ms   |
| 2  | border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) | 1 ms   | 1 ms   | 2 ms   |
| 3  | cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130)           | 6 ms   | 5 ms   | 5 ms   |
| 4  | jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129)   | 16 ms  | 11 ms  | 13 ms  |
| 5  | jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136)    | 21 ms  | 18 ms  | 18 ms  |
| 6  | abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9)    | 22 ms  | 18 ms  | 22 ms  |
| 7  | nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46)       | 22 ms  | 22 ms  | 22 ms  |
| 8  | 62.40.103.253 (62.40.103.253)                   | 104 ms | 109 ms | 106 ms   |
| 9  | de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129)           | 109 ms | 102 ms | 104 ms   |
| 10 | de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50)               | 113 ms | 121 ms | 114 ms   |
| 11 | renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54)      | 112 ms | 114 ms | 112 ms   |
| 12 | nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13)          | 111 ms | 114 ms | 116 ms   |
| 13 | nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102)           | 123 ms | 125 ms | 124 ms   |
| 14 | r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110)      | 126 ms | 126 ms | 124 ms   |
| 15 | eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54)     | 135 ms | 128 ms | 133 ms   |
| 16 | 194.214.211.25 (194.214.211.25)                 | 126 ms | 128 ms | 126 ms   |
| 17 | * * *   |        |        |  |
| 18 | * * *   |        |        |  |
| 19 | fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142)            | 132 ms | 128 ms | 136 ms   |

collegamento  
transoceanico

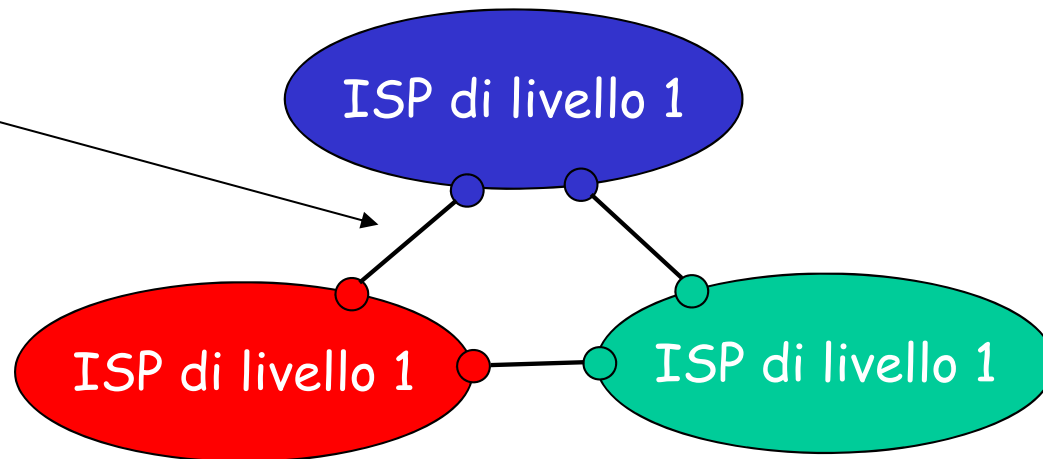
\* \* \* nessuna risposta (risposta persa, il router non risponde)



# Struttura di Internet: rete di reti

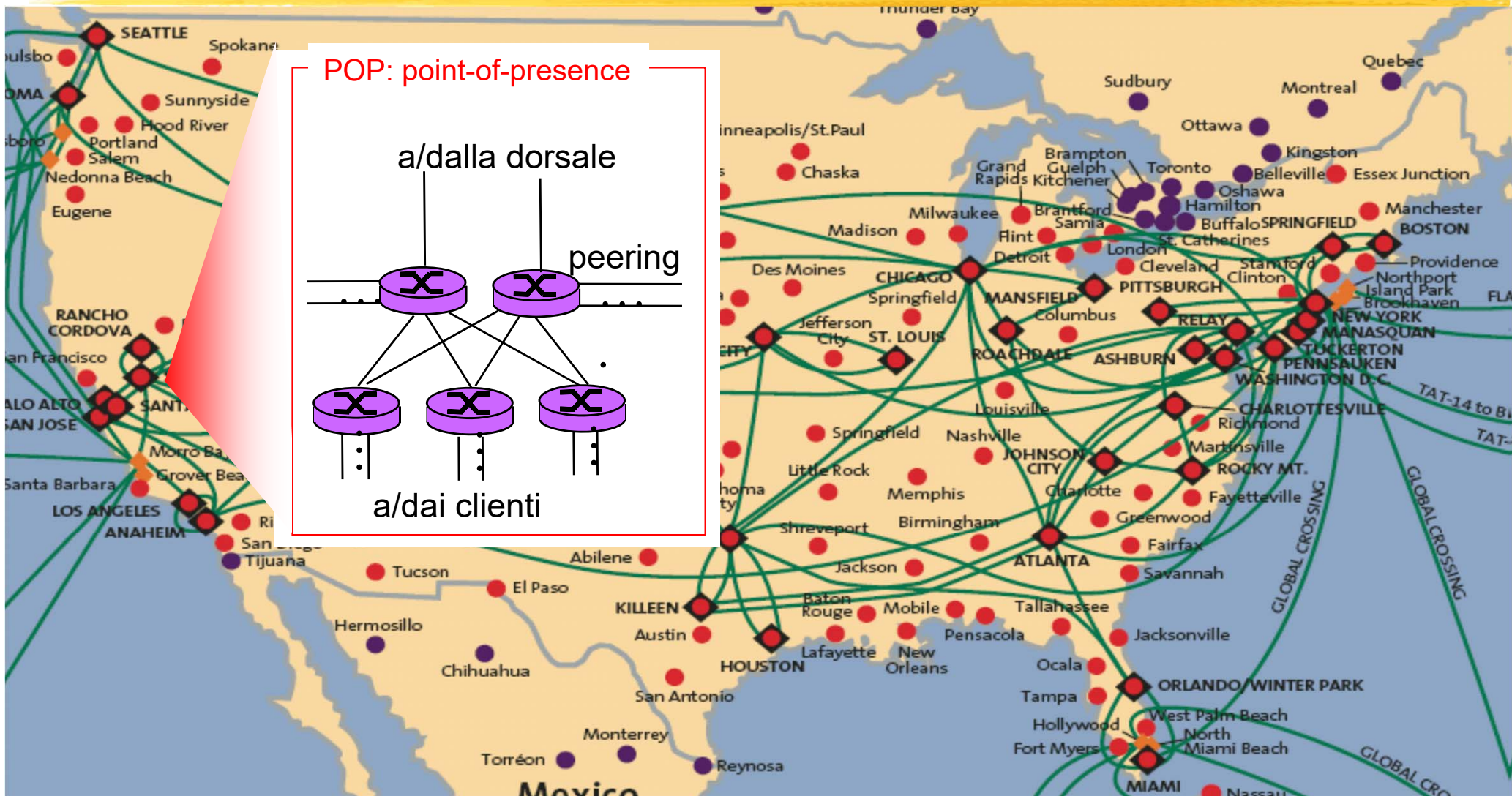
- **Fondamentalmente gerarchica**
  - al centro: **"ISP di livello 1"**
    - Verizon, Sprint, AT&T, Cable&Wireless
    - copertura nazionale/internazionale
  - Comunicano tra di loro come "pari"

Gli ISP di livello 1 sono direttamente connessi a ciascuno degli altri ISP di livello 1





# ISP di livello 1 - Un esempio: Sprint





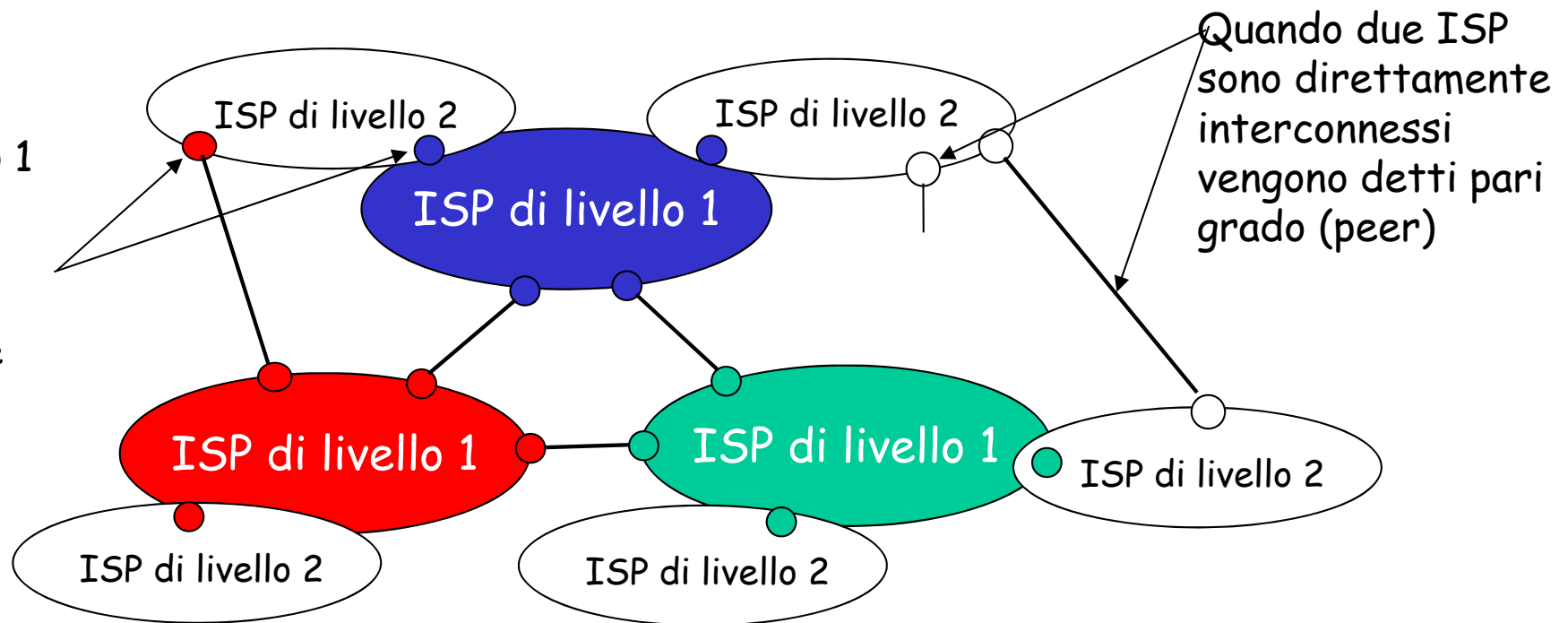


# Struttura di Internet

- **ISP di livello 2: ISP più piccoli (nazionali o distrettuali)**
  - Si può connettere solo ad alcuni ISP di livello 1, e possibilmente ad altri ISP di livello 2

Un ISP di livello 2 paga l'ISP di livello 1 che gli fornisce la connettività per il resto della rete

■ un ISP di livello 2 è cliente di un ISP di livello 1





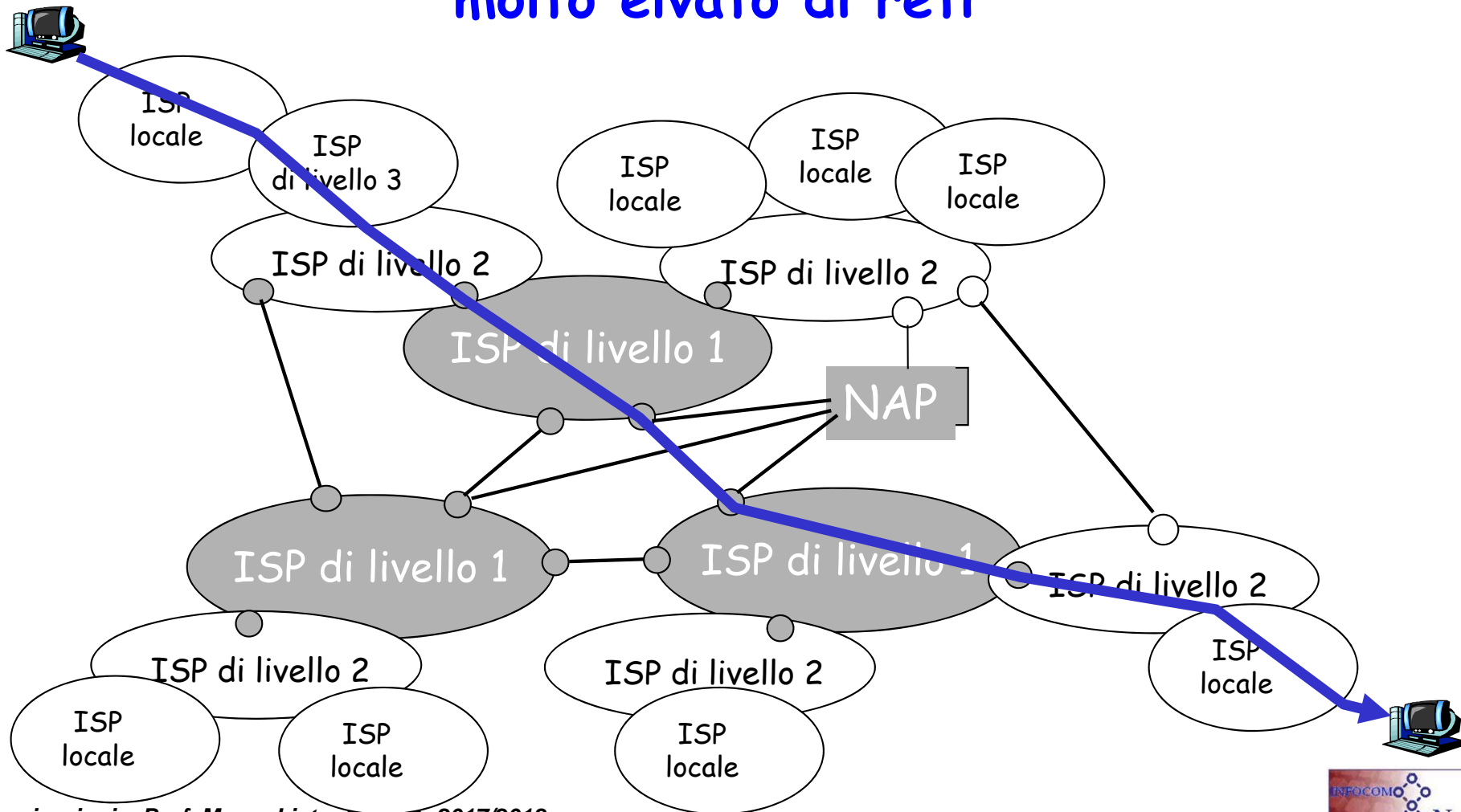
- Reti "ultimo salto" (*last hop network*), le più vicine ai sistemi terminali





# Struttura di Internet

- Un pacchetto attraversa un numero anche molto elevato di reti







# Elementi architettureali di una Computer Network

- Trasmissioni digitali
- Scambio di **frames** tra elementi di rete adiacenti
  - Framing e error control
- **Medium access control (MAC)** regola l'accesso ai mezzi condivisi
- **Indirizzi** identificano il punto di accesso alla rete (interfaccia)
- Trasferimento dei **pacchetti** in rete
- Calcolo distribuito delle **tabelle di routing**



# Elementi architettureali di una Computer Network

- Congestion control all'interno della rete
- Internetworking tra reti diverse
- Segmentazione e riassetblaggio dei messaggi in pacchetti all'ingresso e all'uscita da una rete
- Protocolli di trasporto end-to-end per comunicazioni tra processi
- Applicazioni che utilizzano le informazioni che attraversano la rete
- Intelligenza ai bordi della rete



# Evoluzione delle architetture di rete e dei servizi di telecomunicazione

## Parte 2: Evoluzione delle reti



# Trends nell'evoluzione della rete

## ■ I servizi sono gli elementi trainanti

- Costruire una rete richiede notevoli investimenti
- I servizi generano ricavi che guidano l'evoluzione dell'architettura della rete

## ■ Tendenze attuali

- Multimedia applications
- Segnalazione evoluta
- Molti fornitori di servizi e reti overlay
- Il networking è un business



# Applicazioni Multimediali

- **Digitalizzazione di qualsiasi media**
  - Voce digitale standard nei telefoni cellulari
  - Cassette musicali sostituite da CDs e MP3
  - Macchine fotografiche sostituite da videocamere digitali
- **Video: digital storage and transmission**
  - Cassette video analogiche (VCR) sostituite da DVD
  - TV broadcast analogica TV sostituita dalla TV digitale
  - VCR cameras/recorders sostituiti da digital video recorders and cameras
- **Possibilità di offrire applicazioni multimediali ad alta qualità in rete**



# Segnalazione evoluta

## ■ Segnalazione di rete

- La commutazione di pacchetto connectionless mantiene la rete semplice e evita la complessità dovuta ai sistemi di segnalazione
- ma..
- Grandi flussi di pacchetti possono essere trattati più efficientemente mediante meccanismi circuit-like che richiedono protocolli di segnalazione
- La gestione di cammini ottici richiedono protocolli di segnalazione
- Quindi devono essere definiti nuovi sistemi di segnalazione

## ■ Segnalazione End-to-End

- Applicazioni Session-oriented richiedono un protocollo di segnalazione tra endpoints
- Session Initiation Protocol (SIP)



# Servers & Services

- **Molte applicazioni Internet comportano interazioni tra client (host) e server (computer)**
  - Client e server sono posti ai bordi di Internet
  - SMTP, HTTP, DNS, ...
  
- **Servizi telefonici avanzati richiedono l'utilizzo di server**
  - Caller ID, voice mail, mobility, roaming, . . .
  - Questi server sono all'interno della rete telefonica
  - Internet-based servers ai bordi della rete possono fornire le stesse funzionalità





# P2P and Overlay Networks

- Nel modello client-server le risorse dei client sono spesso sottoutilizzate
- Le applicazioni Peer-to-Peer (P2P) rendono possibile la condivisione delle risorse dei client
  - Napster, Gnutella, Kazaa, Skype
  - Processing & storage (SETI@home)
  - Information & files (MP3s)
  - Creazione di server distribuiti virtuali
- I sistemi P2P creano reti overlay di tipo dinamico
  - Host che sono online in un istante si connettono direttamente uno all'altro per permettere la condivisione delle proprie risorse
  - Produzione di grandi volumi di traffico
  - Problemi di gestione delle rete
  - Nuove opportunità di businesses



# Operations, Administration Maintenance e Billing

- **Reti di comunicazione come le reti di trasporto**
  - I flussi di traffico devono essere monitorati e controllati
  - I pedaggi devono essere raccolti
  - Le strade devono essere mantenute
  - Deve essere prevista l'evoluzione del traffico per pianificare la crescita della rete
- **Funzioni esistenti ed evolute nella rete telefonica**
- **In via di sviluppo in reti IP**



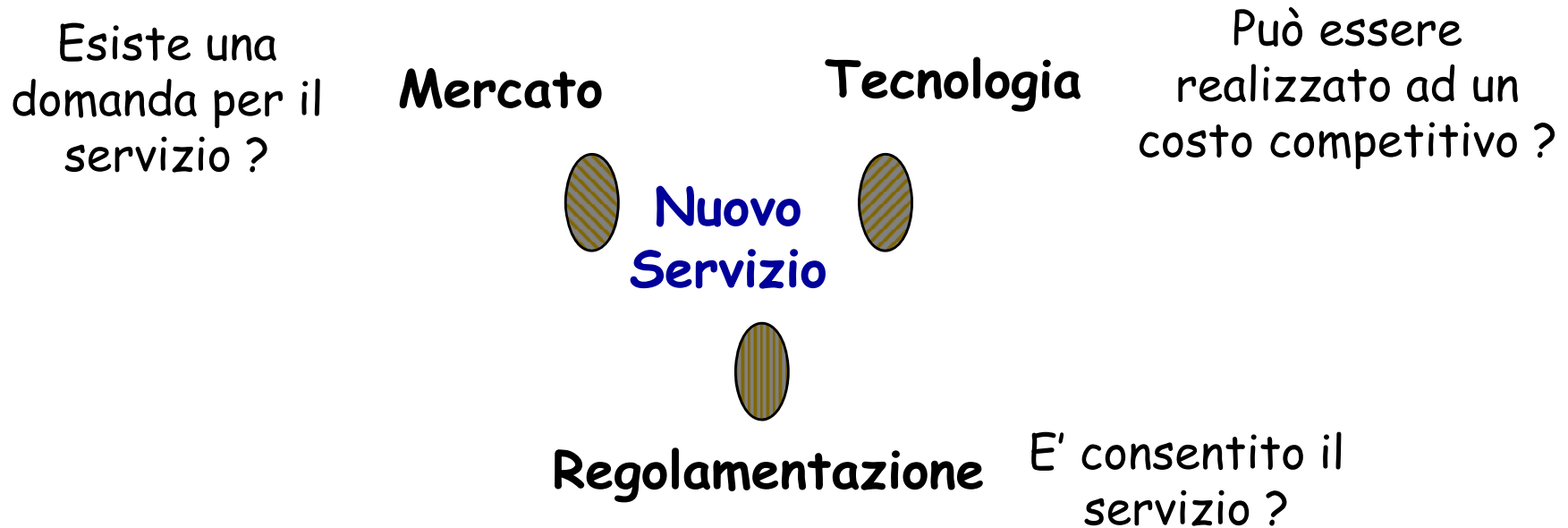
# Evoluzione delle architetture di rete e dei servizi di telecomunicazione

## Parte 3: Fattori chiave nell'evoluzione delle reti



# Fattori di successo di un servizio

- Il successo di un nuovo servizio non dipende solo dalla tecnologia
- I fattori da considerare di comunicazione sono tre





# Tecnologia di trasmissione

- **Costante miglioramento delle tecniche trasmissive**
- **Trasmissione ad alta velocità in coppie in rame**
  - DSL Internet Access
- **Sempre maggiore capacità nelle reti cellulari**
  - Abbassamento dei costi del servizio telefonico mobile
- **Capacità virtualmente illimitata nelle fibre ottiche**
  - Drastica diminuzione dei costi dei servizi telefonici a lunga distanza
- **Possibilità di supporto di "information intensive applications"**

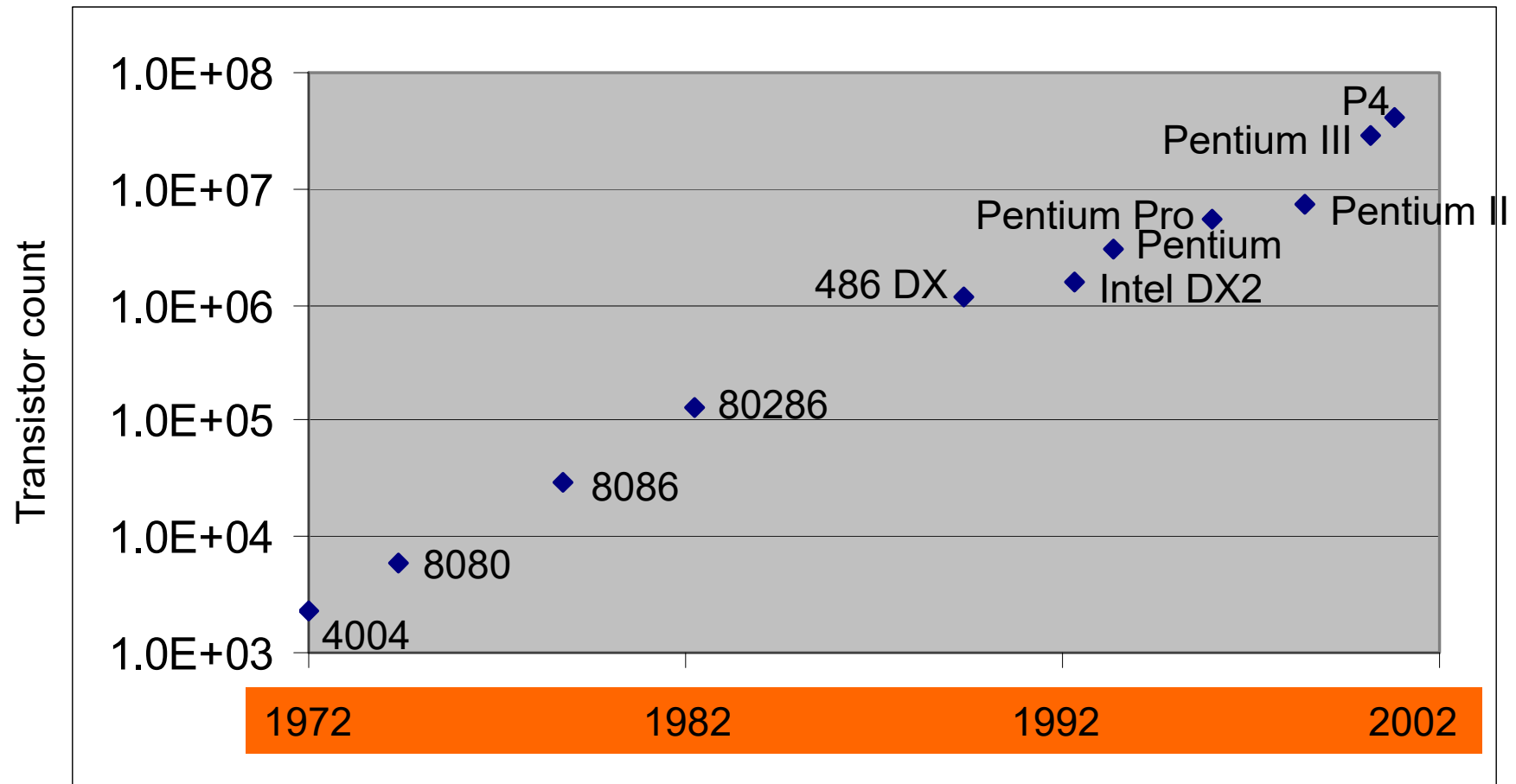


# Tecnologie di Elaborazione

- Costante miglioramento delle tecnologie di elaborazione e memorizzazione
- **Moore's Law**: raddoppio della densità di transistor per circuito integrato ogni due anni
- **RAM**: tabelle più grandi, sistemi più grandi
- **Digital signal processing**: trasmissione, multiplazione, framing, error control, crittografia
- **Network processors**: hardware dedicato per routing, switching, forwarding e traffic management
- **Microprocessors**: supporto di sofisticate applicazioni e protocolli applicativi
- Protocolli e applicazioni di rete a maggiore velocità e throughput



# Moore's Law







# Tecnologia del Software

- Funzionalità maggiori e sistemi più complessi
- TCP/IP nei sistemi operativi
- Java and virtual machines
- New application software
- Middleware to connect multiple applications
- Adaptive distributed systems

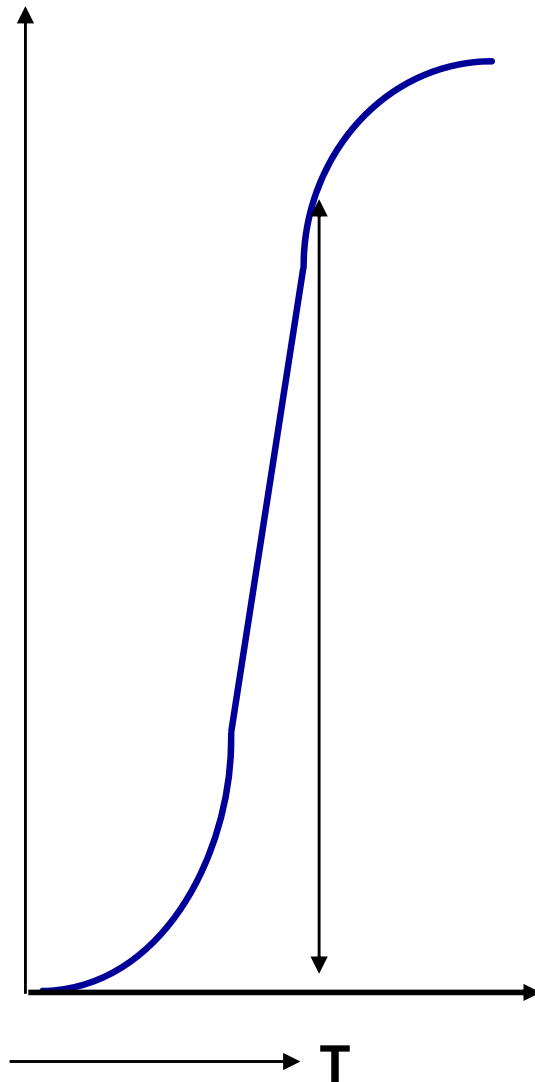


# Mercato

- **Network effect**: il vantaggio di un servizio aumenta con la dimensione della comunità che lo utilizza
  - **Metcalfe's Law**: il vantaggio di un servizio è proporzionale al quadrato del numero di utenti
- **Economies of scale**: il costo per utente diminuisce all'aumentare del volume di produzione
  - Telefoni cellulari, PDAs, PCs
  - Efficienza dalla moltiplicazione
- **S-curve**: l'evoluzione di un nuovo servizio è rappresentata da una "S-shaped curve", il punto è raggiungere una massa critica



# The S Curve



## Service Penetration & Network Effect

- Telephone: T=30 years
  - city-wide & inter-city links
- Automobile: T=30 years
  - roads
- Others
  - Fax
  - Cellular & cordless phones
  - Internet & WWW
  - Napster and P2P



# Regulation & Competition

- **Il servizio telefonico si è sviluppato in un regime di monopolio**
  - Altissimo costo dell'infrastruttura
  - Approccio vantaggioso, evoluzione prevedibile, ma lenta innovazione
- **La competizione è possibile con i progressi tecnologici**
  - Abbassamento dei costi della trasmissione a lunga distanza mediante la tecnologia ottica
  - Architetture di accesso alternative wired e wireless
  - Spettro Radio spectrum: asta vs. unlicensed
- **Basic connectivity vs. application provider**
  - Competizione per le parti che generano ritorni economici



# Standards

- Le nuove tecnologie sono spesso costose e rischiose
- Gli Standard permettono agli attori in gioco di condividere il rischio e gli eventuali benefici di un nuovo mercato
  - Costo ridotto d'entrata
  - Interoperabilità e "network effect"
  - Competere nell'innovazione
  - Completamento della catena del valore
    - Chips, systems, equipment vendors, service providers
- Esempio
  - 802.11 wireless LAN



# Standards Bodies

- **Internet Engineering Task Force (IETF)**
  - Sviluppo degli Internet standards
  - Request for Comments (RFCs): [www.ietf.org](http://www.ietf.org)
- **International Telecommunications Union (ITU)**
  - International telecom standards
- **IEEE 802 Committee**
  - Local area and metropolitan area network standards
- **Industry Organizations**
  - MPLS Forum, WiFi Alliance, World Wide Web Consortium



# RFCs list

| #       | Title   | Date published     | Related article | Made obsolete by | Notes |
|---------|---|--------------------|-----------------|------------------|-------|
| RFC 15  | Network Subsystem for Time-Sharing Hosts                    | September 25, 1969 | Telnet          |                  |       |
| RFC 114 | A FILE TRANSFER PROTOCOL                                    | April 16, 1971     | FTP             | 959              |       |
| RFC 172 | THE FILE TRANSFER PROTOCOL                                  | June 23, 1971      | FTP             | 265              |       |
| RFC 196 | A MAIL-BOX PROTOCOL   | July 20, 1971      | SMTP            | 221              |       |
| RFC 265 | THE FILE TRANSFER PROTOCOL                                  | November 17, 1971  | FTP             | 354              |       |
| RFC 354 | THE FILE TRANSFER PROTOCOL                                  | July 8, 1972       | FTP             | 542              |       |
| RFC 675 | SPECIFICATION OF INTERNET TRANSMISSION CONTROL PROGRAM      | December 1974      | Internet, TCP   |                  |       |
| RFC 760 | DOD STANDARD INTERNET PROTOCOL                              | January 1980       | IPv4            | 791              |       |
| RFC 765 | FILE TRANSFER PROTOCOL                                      | June 1980          | FTP             | 959              |       |
| RFC 768 | User Datagram Protocol                                      | August 28, 1980    | UDP             |                  |       |
| RFC 772 | MAIL TRANSFER PROTOCOL                                      | September 1980     | SMTP            | 780              |       |
| RFC 783 | THE TFTP PROTOCOL (REVISION 2)                              | June 1981          | TFTP            | 1350             |       |
| RFC 790 | ASSIGNED NUMBERS  | September 1981     | IPv4            | 820              |       |
| RFC 791 | Internet Protocol   | September 1981     | IPv4            |                  |       |
| RFC 792 | INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL                           | September 1981     | ICMP            |                  |       |
| RFC 793 | TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL                               | September 1981     | TCP             |                  |       |
| RFC 821 | SIMPLE MAIL TRANSFER PROTOCOL                               | August 1982        |                 | 2821             |       |
| RFC 822 | STANDARD FOR THE FORMAT OF ARPA INTERNET TEXT MESSAGES      | August 13, 1982    | SMTP            | 2822             |       |
| RFC 826 | An Ethernet Address Resolution Protocol                     | November 1982      | ARP             |                  |       |
| RFC 850 | Standard for Interchange of USENET Messages                 | June 1983          | Usenet          | 1036             |       |
| RFC 854 | TELNET PROTOCOL SPECIFICATION                               | May 1983           | Telnet          |                  |       |
| RFC 855 | TELNET OPTION SPECIFICATIONS                                | May 1983           |                 |                  |       |
| RFC 862 | Echo Protocol   | May 1983           | Echo            |                  |       |
| RFC 863 | Discard Protocol  | May 1983           | DISCARD         |                  |       |
| RFC 864 | Character Generator Protocol                                | May 1983           | CHARGEN         |                  |       |
| RFC 868 | Time Protocol   | May 1983           | TIME            |                  |       |
| RFC 903 | A Reverse Address Resolution Protocol                       | June 1984          | RARP            |                  |       |
| RFC 918 | POST OFFICE PROTOCOL  | October 1984       | POP v 1         | 937              |       |
| RFC 937 | POST OFFICE PROTOCOL - VERSION 2                            | February 1985      | POP v 2         |                  |       |
| RFC 951 | BOOTSTRAP PROTOCOL (BOOTP)                                  | September 1985     | BOOTP           |                  |       |
| RFC 959 | FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP)                                | October 1985       | FTP             |                  |       |
| RFC 966 | Host Groups: A Multicast Extension to the Internet Protocol | December 1985      | IGMP v 0        | 988              |       |
| RFC 977 | Network News Transfer Protocol                              | February 1986      | NNTP            | 3977             |       |
| RFC 988 | Host Extensions for IP Multicasting                         | July 1986          | IGMP v 0        | 1054, 1112       |       |

| #        | Title   | Date published | Related article        | Made obsolete by | Notes |
|----------|---|----------------|------------------------|------------------|-------|
| RFC 1034 | DOMAIN NAMES - CONCEPTS AND FACILITIES  | November 1987  | DNS                    |                  |       |
| RFC 1035 | DOMAIN NAMES - IMPLEMENTATION AND SPECIFICATION                                 | November 1987  | DNS                    |                  |       |
| RFC 1036 | Standard for Interchange of USENET Messages                                     | December 1987  | Usenet                 |                  |       |
| RFC 1054 | Host Extensions for IP Multicasting   | May 1988       | IGMP v 1               | 1112             |       |
| RFC 1055 | A Non-Standard for Transmission of IP Datagrams Over Serial Lines: SLIP         | June 1988      | SLIP                   |                  |       |
| RFC 1058 | Routing Information Protocol  | June 1988      | RIP v 1                |                  |       |
| RFC 1059 | Network Time Protocol (version 1) specification and implementation              | July 1988      | NTP v 1                |                  |       |
| RFC 1067 | A Simple Network Management Protocol (SNMP)                                     | August 1988    | SNMP v1                | 1098             |       |
| RFC 1071 | Computing the Internet Checksum   | September 1988 | Checksum               | 1141             |       |
| RFC 1081 | Post Office Protocol—Version 3  | November 1988  | POP v 3                | 1225             |       |
| RFC 1087 | Ethics and the Internet   | January 1989   | Internet Ethics        |                  |       |
| RFC 1094 | NFS: Network File System Protocol Specification                                 | March 1989     | NFS                    | 3010             |       |
| RFC 1098 | A Simple Network Management Protocol (SNMP)                                     | April 1989     | SNMP v1                | 1157             |       |
| RFC 1112 | Host Extensions for IP Multicasting   | August 1989    | IGMP v 1               |                  |       |
| RFC 1119 | Network Time Protocol (version 2) specification and implementation              | September 1989 | NTP v 2                |                  |       |
| RFC 1131 | OSPF  | October 1989   | OSPF                   | 1247             |       |
| RFC 1149 | A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers               | April 1, 1990  | IP over Avian Carriers |                  |       |
| RFC 1157 | A Simple Network Management Protocol (SNMP)                                     | May 1990       | SNMP v1                |                  |       |
| RFC 1176 | INTERACTIVE MAIL ACCESS PROTOCOL - VERSION 2                                    | August 1990    | IMAP v 2               |                  |       |
| RFC 1225 | Post Office Protocol—Version 3  | May 1991       | POP v 3                | 1460             |       |
| RFC 1247 | OSPF Version 2  | July 1991      | OSPF                   | 1583             |       |
| RFC 1294 | Multiprotocol Interconnect over Frame Relay                                     | January 1992   | Frame relay            |                  |       |
| RFC 1305 | Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis    | March 1992     | NTP v 3                |                  |       |
| RFC 1321 | The MD5 Message-Digest Algorithm  | April 1992     | MD5                    |                  |       |
| RFC 1350 | THE TFTP PROTOCOL (REVISION 2)  | July 1992      | TFTP                   |                  |       |
| RFC 1388 | RIP-Version 2 Carrying Additional Information                                   | January 1993   | RIP                    | 1723, 2453       |       |
| RFC 1436 | The Internet Gopher Protocol  | March 1993     | Gopher                 |                  |       |
| RFC 1441 | Introduction to version 2 of the Internet-standard Network Management Framework | April 1993     | SNMP v 2               |                  |       |
| RFC 1459 | Internet Relay Chat Protocol  | May 1993       | IRC                    |                  |       |
| RFC 1460 | Post Office Protocol—Version 3  | June 1993      | POP v 3                | 1725             |       |
| RFC 1487 | X.500 Lightweight Directory Access Protocol                                     | July 1993      | LDAP                   | 1777             |       |
| RFC 1490 | Multiprotocol Interconnect over Frame Relay                                     | July 1993      | Frame relay            | 2427             |       |