

# *Reti di Elaboratori*

Gaia Maselli  
maselli@di.uniroma1.it  
Via Salaria 113

Ricevimento: su appuntamento (e fine lezione)

Pagina web del corso: [http://twiki.di.uniroma1.it/twiki/view/Reti\\_elab/MZ\\_20182019/WebHome](http://twiki.di.uniroma1.it/twiki/view/Reti_elab/MZ_20182019/WebHome)



# Informazioni sul corso

## ■ Esercitazioni:

- Con me
- Dott. Mauro Piva
- Dott. Andrea Coletta



Programmazione di rete in C

## ■ Materiale didattico

- Libro di testo: **Forouzan e Mosharraf, "Reti di calcolatori Un approccio top-down" edizione italiana McGrawHill**
- Testo alternativo: Kurose, Ross, "Computer Networking: A Top-Down Approach" (6th Edition)
- Le slide presentate a lezione (disponibili su twiki dopo la lezione)
- Lo studio dei protocolli presentati a lezione può essere approfondito con la lettura dei relativi RFC, scaricabili al link: <http://www.ietf.org/rfc.html>
- Guida TCP/IP online: [http://www.tcpipguide.com/free/t\\_toc.htm](http://www.tcpipguide.com/free/t_toc.htm)
- No Wikipedia !!!

## ■ Esame

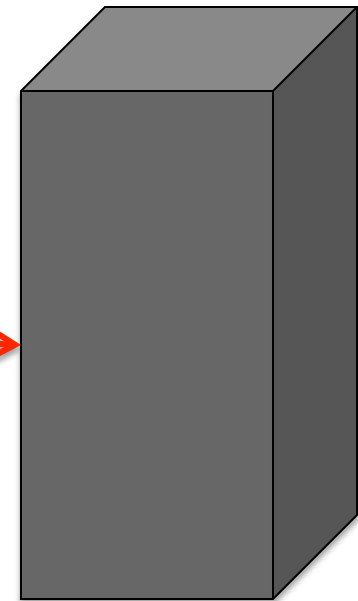
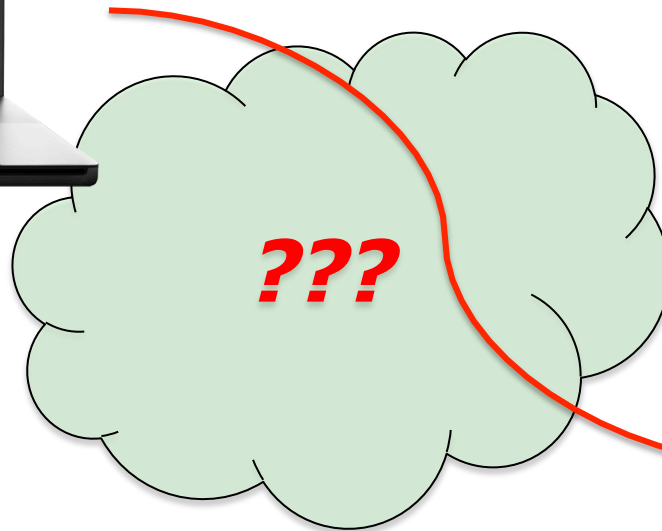
- Scritto (Esonero + Appelli d'esame)

# Focus del corso

Cosa succede  
all'interno  
della rete?



**Client**

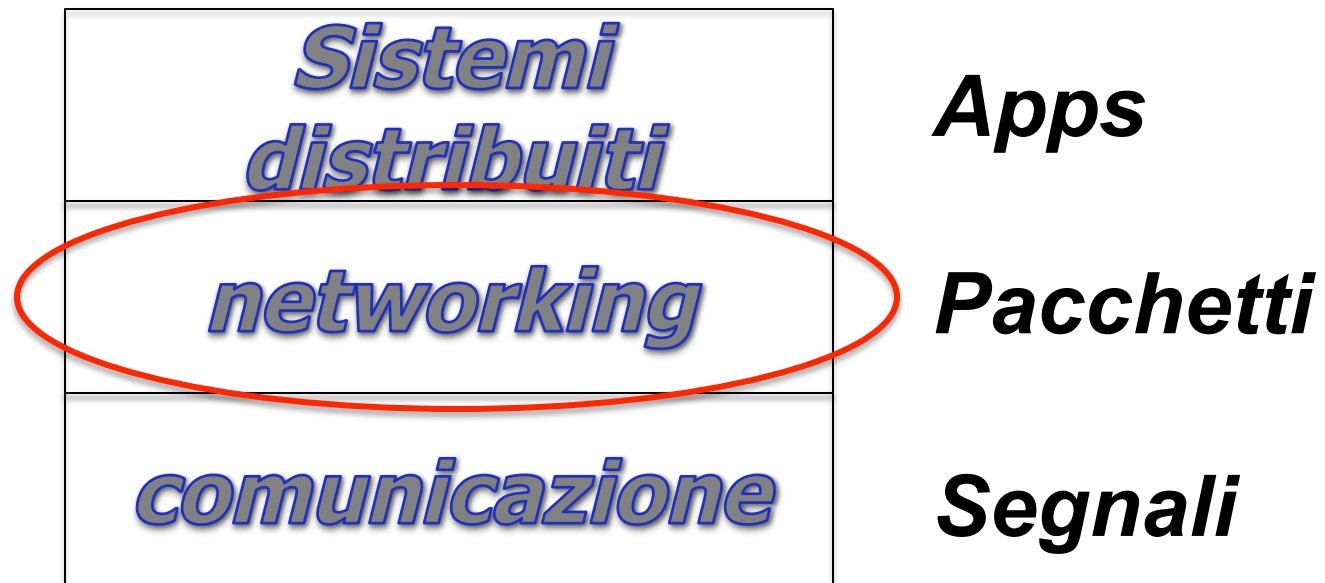


**Server**

**TCP/IP, DNS, HTTP, NAT, SSL, ...**

# Focus del corso

- Networking



# Motivazioni

- Imparare come funziona Internet
  - Cosa succede quando usiamo un browser
  - Cosa sono TCP/IP, DNS, HTTP, SSL, NAT, etc.
- Acquisire i *concetti fondamentali* relativi alle reti di elaboratori: livelli, servizi e protocolli;
  - ➔ si applicano a tutte le reti (wi-fi, satellitari, ...)
- Conoscere le problematiche fondamentali, e relative soluzioni, incontrate nella definizione dello stack protocollare di una moderna architettura di rete (es. affidabilità, sicurezza)
- Conoscere le caratteristiche e il funzionamento dei vari livelli e protocolli dell'architettura di rete TCP/IP;

# Perchè

- Impatto sociale



*PayPal*



- Prospettive di lavoro

- networking componente importante (tradizionale e SDN)

- Impatto economico

Google

amazon

ebay



# Questo corso non è

- Corso pratico per diventare sistemista o amministratore di rete
- Corso per certificazione CISCO

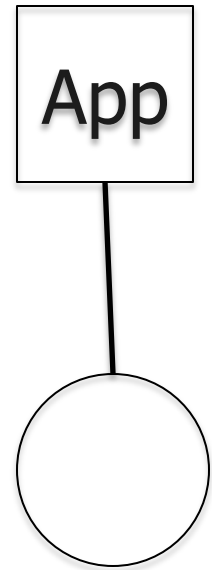
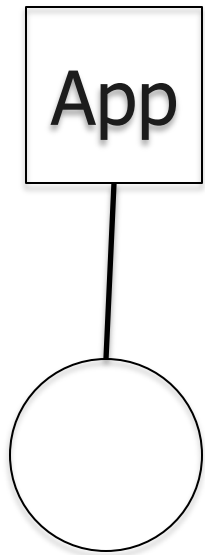
Si vuole dare una conoscenza di base che duri nel tempo astraendo da dettagli che cambiano repentinamente

# Obiettivo della lezione odierna

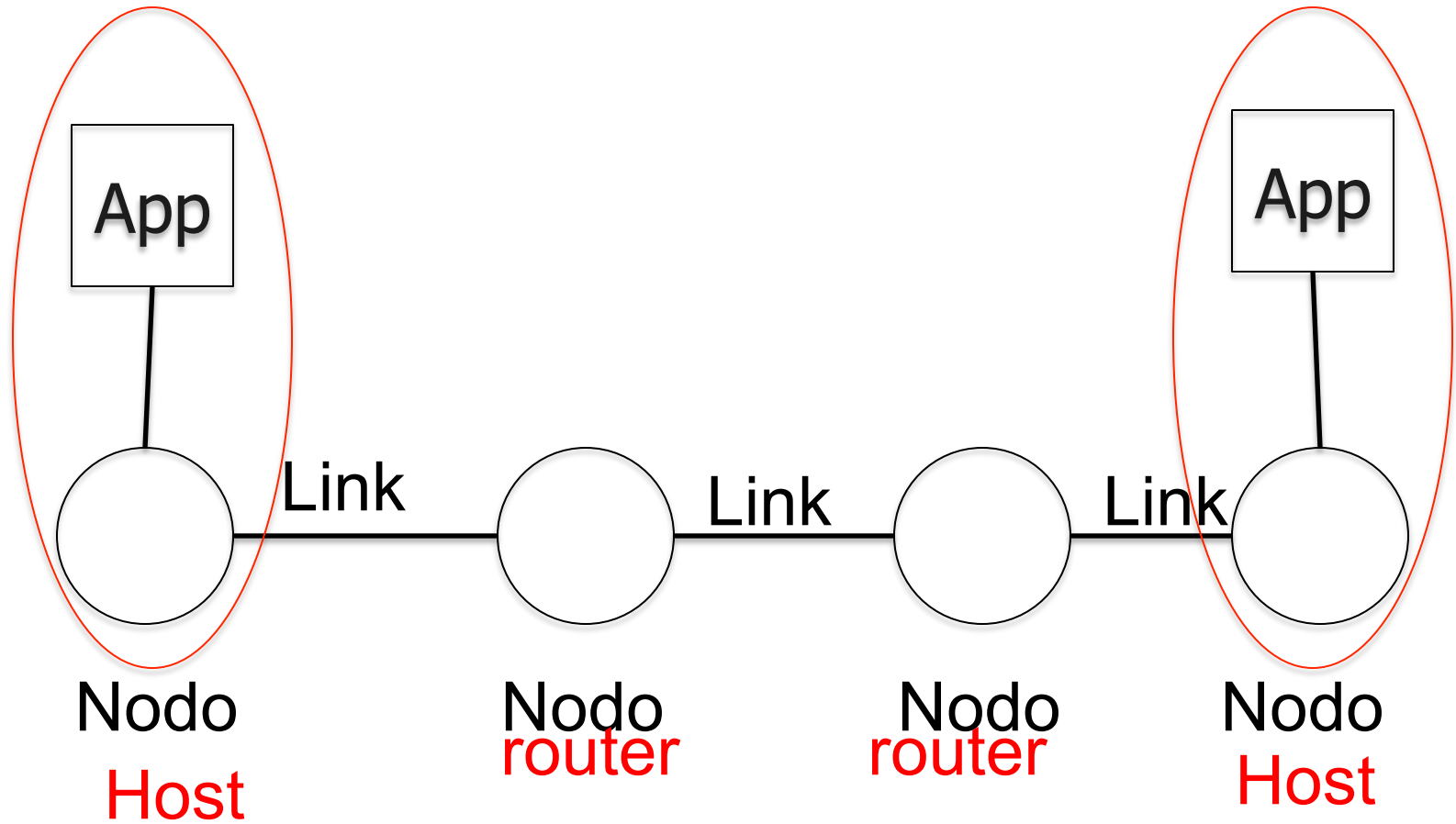
- Definizione di rete in termini delle sue componenti fisiche
- Classificazione delle reti
  - Dimensione (LAN, WAN, etc.)
  - Modo di operare (commutazione)
- Internet e reti di accesso



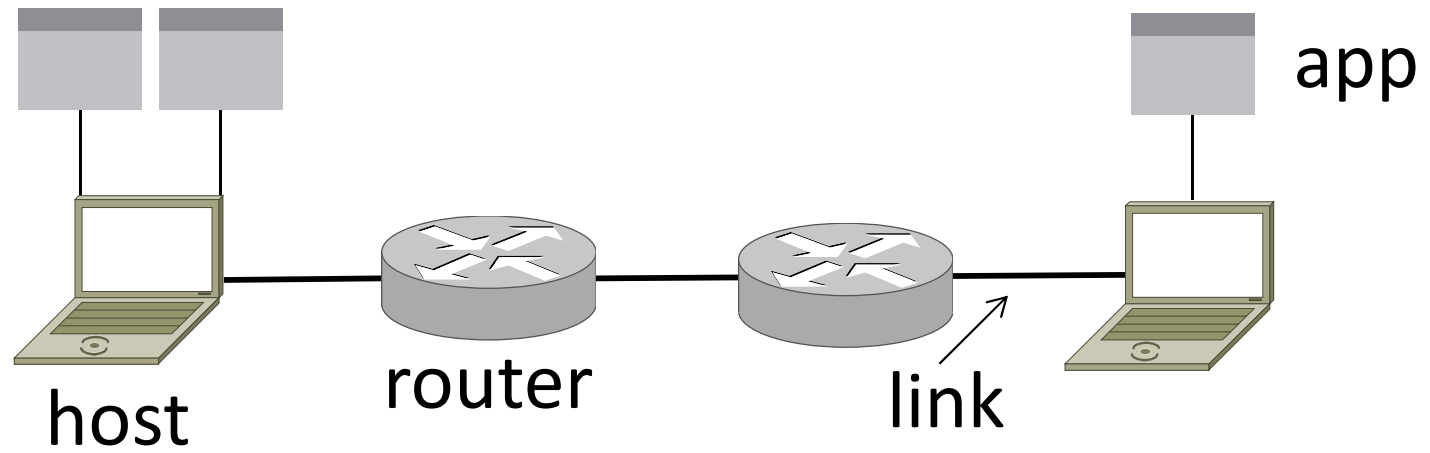
# Rete



# Rete



# Rete



# Le reti: dispositivi

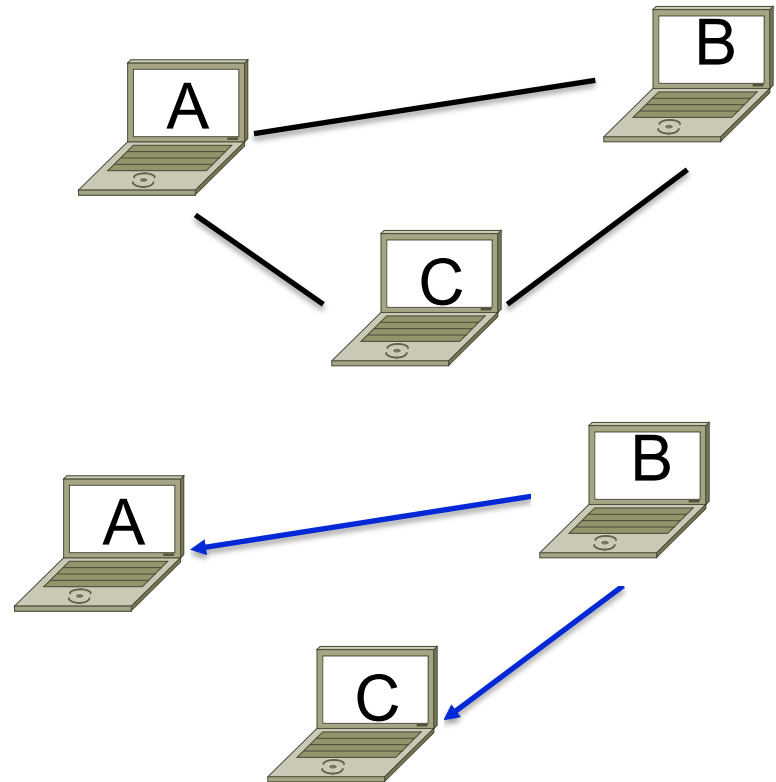
- Una rete è composta di dispositivi in grado di **scambiarsi informazioni**, quali sistemi terminali (end system), e dispositivi di interconnessione
- I sistemi terminali possono essere di due tipi
  - Host: macchina in genere di proprietà degli utenti e dedicata ad eseguire applicazioni
    - Computer desktop
    - Portatile
    - Cellulare
    - Tablet
  - Server: è tipicamente un computer con elevate prestazioni destinato a eseguire programmi che forniscono servizio a diverse applicazioni utente come, per esempio, la posta elettronica o il Web
    - gestiti da amministratori di sistema
    - includono stampanti

# Le reti: dispositivi

- I dispositivi di interconnessione rigenerano/modificano il segnale che ricevono e si distinguono in
  - Router dispositivi che collegano una rete ad altre reti
  - Switch (commutatori) collegano più sistemi terminali a livello locale
  - Modem trasformano la codifica dei dati

# Le reti: collegamenti

- I dispositivi di rete vengono collegati utilizzando mezzi trasmissivi cablati o wireless genericamente chiamati **link** (**collegamenti**)
- Collegamenti cablati (o guidati)
  - rame
  - fibra ottica
- Collegamenti wireless
  - onde elettromagnetiche
  - satellite



# Mezzi trasmissivi cablati

- **Bit:** viaggia da un sistema terminale a un altro, passando per una serie di coppie trasmittente-ricevente
- **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

## Doppino intrecciato (TP: twister pair)

- due fili di rame distinti
  - tradizionale cavo telefonico
- intreccio di quattro coppie di fili
  - Ethernet



# Mezzi trasmissivi cablati: cavo coassiale e fibra ottica

## Cavo coassiale:

- due conduttori in rame concentrici
- Bidirezionale
- Usato per cablatura reti locali ad alta velocità
- Molto resistente alle interferenze
- Soppiantato dalla fibra ottica



## Fibra ottica:

- Mezzo sottile e flessibile che conduce impulsi di luce (ciascun impulso rappresenta un bit)
- Alta frequenze trasmissiva:
  - ❖ Elevata velocità di trasmissione punto-punto (da 10 a 100 Gbps)
- Basso tasso di errore, ripetitori distanziati, immune all'interferenza elettromagnetica
- Mezzo prevalente delle dorsali internet





# Mezzi trasmissivi wireless: canali radio

- **Mezzi a onda libera (wireless):**
  - i segnali si propagano nell'atmosfera e nello spazio esterno
- 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-IEEE802.11)**
  - 11 Mbps, 54 Mbps
- **wide-area (es.: cellulari)**
  - es.: 3G: ~ 1 Mbps
- **satellitari**
  - canali fino a 45 Mbps channel (o sottomultipli)
  - ritardo punto-punto di 270 msec
  - geostazionari/a bassa quota

**-> nozioni di reti wireless in questo corso + corso di IoT alla magistrale**

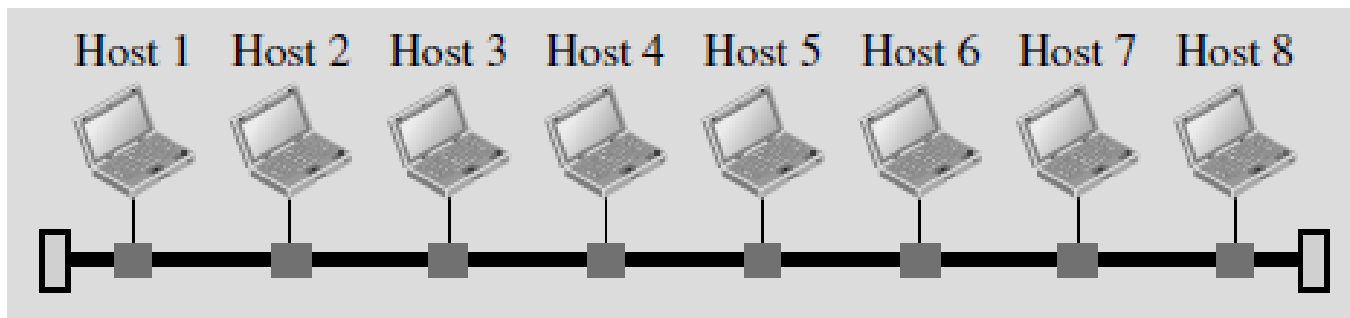
# Classificazione delle reti

<b>Scale</b>	<b>Type</b>	<b>Example</b>
Vicinity	PAN (Personal Area Network)	Bluetooth (e.g., headset)
Building	LAN (Local Area Network)	WiFi, Ethernet
City	MAN (Metropolitan Area Network)	Cable, DSL
Country	WAN (Wide Area Network)	Large ISP
Planet	The Internet (network of all networks)	The Internet!

# Le reti LAN: Local Area Network

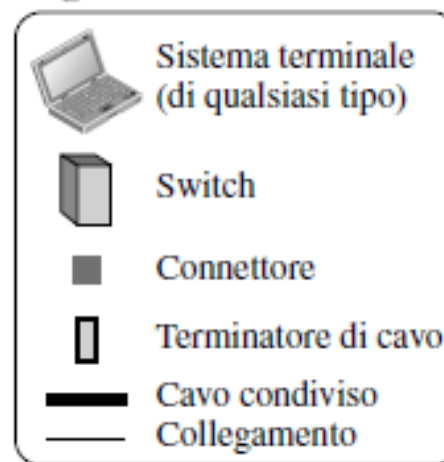
- Solitamente una rete privata che collega i sistemi terminali in un singolo ufficio (azienda, università)
- Ogni sistema terminale nella LAN ha un indirizzo che lo identifica univocamente nella rete
- Non specifica un numero minimo o massimo di dispositivi
- Nata con lo scopo di condividere risorse tra i sistemi terminali che ne facevano parte, oggi giorno si connette ad altre LAN o WAN per consentire comunicazione su larga scala
  - LAN con cavo condiviso (mezzo broadcast)
  - LAN a commutazione (con switch)

# Esempio di LAN con cavo condiviso (broadcast)



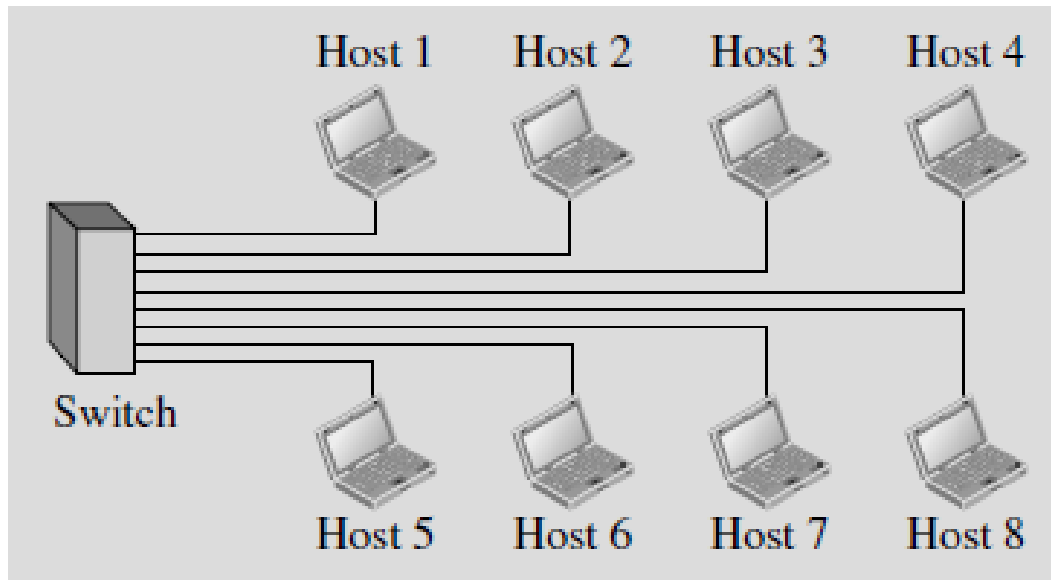
a. LAN con cavo condiviso (obsoleta)

## Legenda

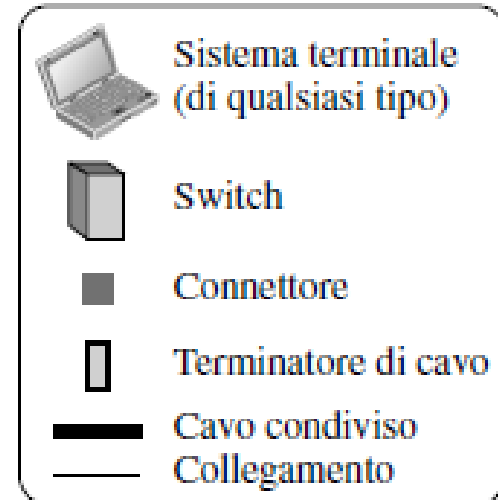


- ❑ Il pacchetto inviato da un dispositivo viene ricevuto da tutti gli altri
- ❑ Solo il destinatario elabora il pacchetto, tutti gli altri lo ignorano

# Esempio di LAN con switch di interconnessione



## Legenda



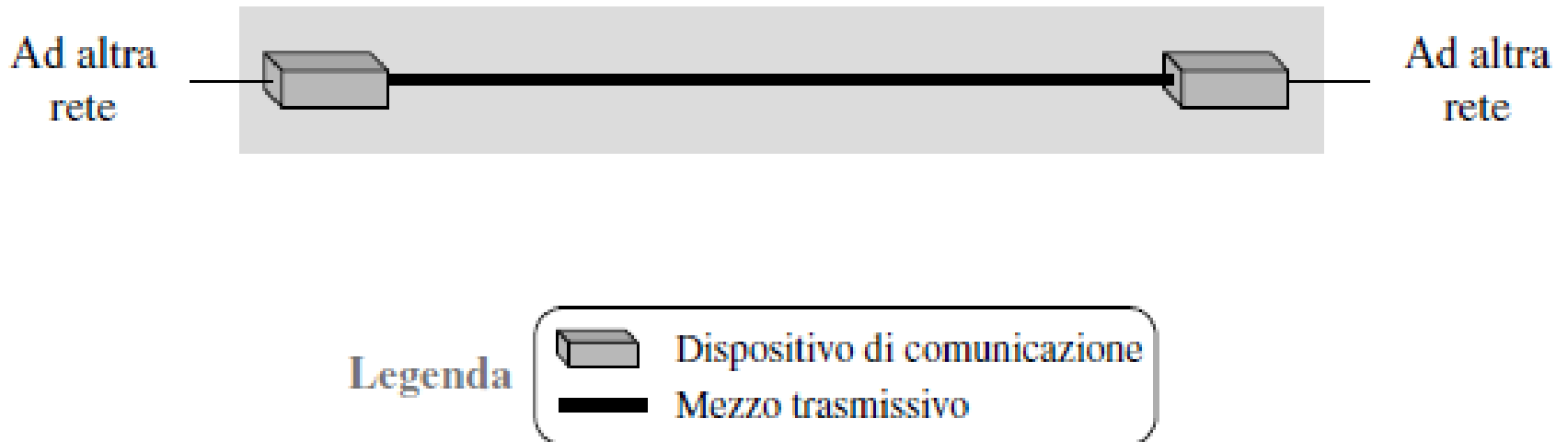
## b. LAN con switch (moderna)

- Ogni dispositivo in rete è direttamente collegato allo switch
- Lo switch è in grado di riconoscere l'indirizzo di destinazione e di inviare il pacchetto al solo destinatario senza inviarlo agli altri dispositivi
- Lo switch riduce il traffico nella LAN e consente a più coppie di dispositivi di comunicare contemporaneamente fra di loro (se non vi sono sorgente e destinazione in comune)

# Le reti WAN: Wide Area Network

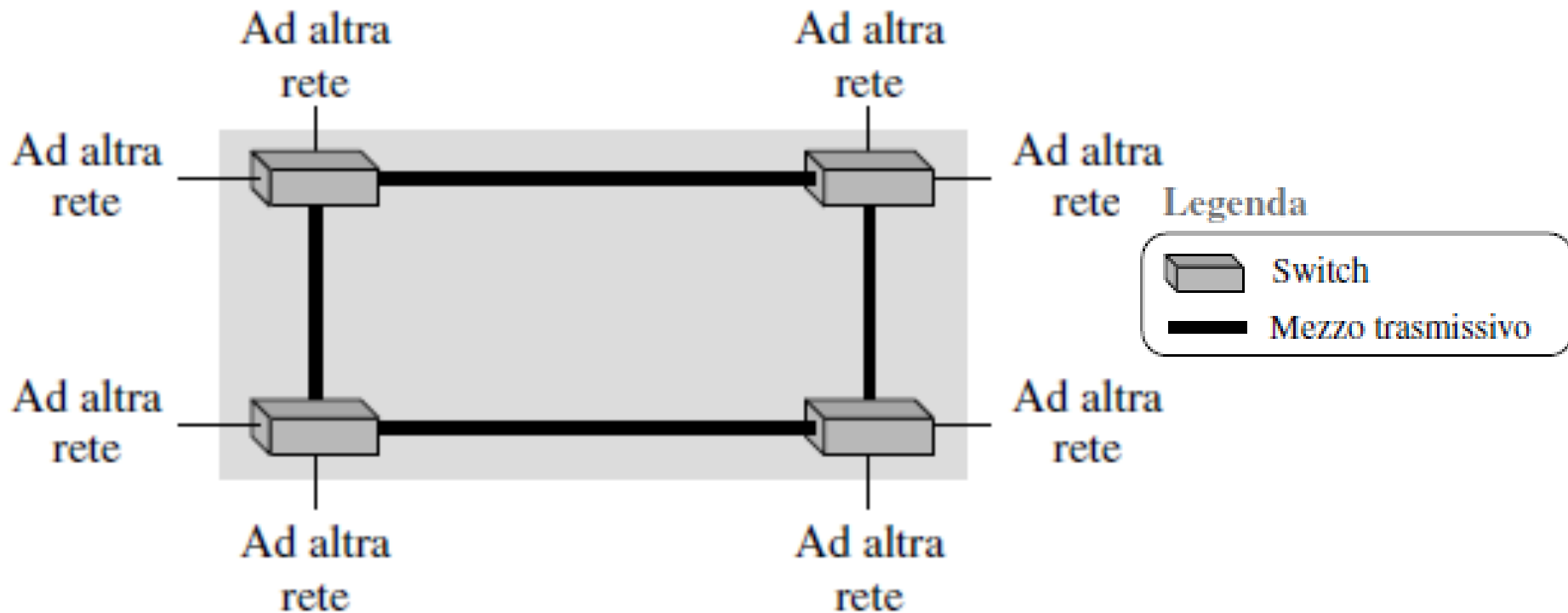
- Rete geografica – interconnessione di dispositivi in grado di comunicare, con notevoli differenze rispetto alle LAN
- Può servire una città, una regione, o una nazione
- Interconnette dispositivi di connessione quali, switch, router, modem
- Gestita da un operatore di telecomunicazioni (Internet Service Provider - ISP) che fornisce i suoi servizi alle organizzazioni che ne fanno uso
  - WAN punto-punto
  - WAN a commutazione (switched)

# Esempio di WAN punto-punto



- Collega due mezzi di comunicazione tramite un mezzo trasmissivo (cavo o wireless)

# WAN a commutazione

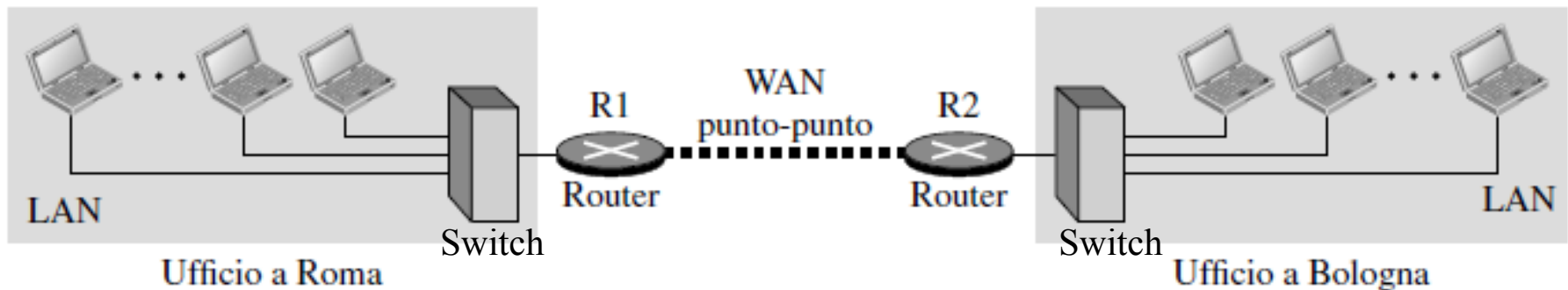


- Rete con più di due punti di terminazione
- Viene utilizzata nelle dorsali di Internet

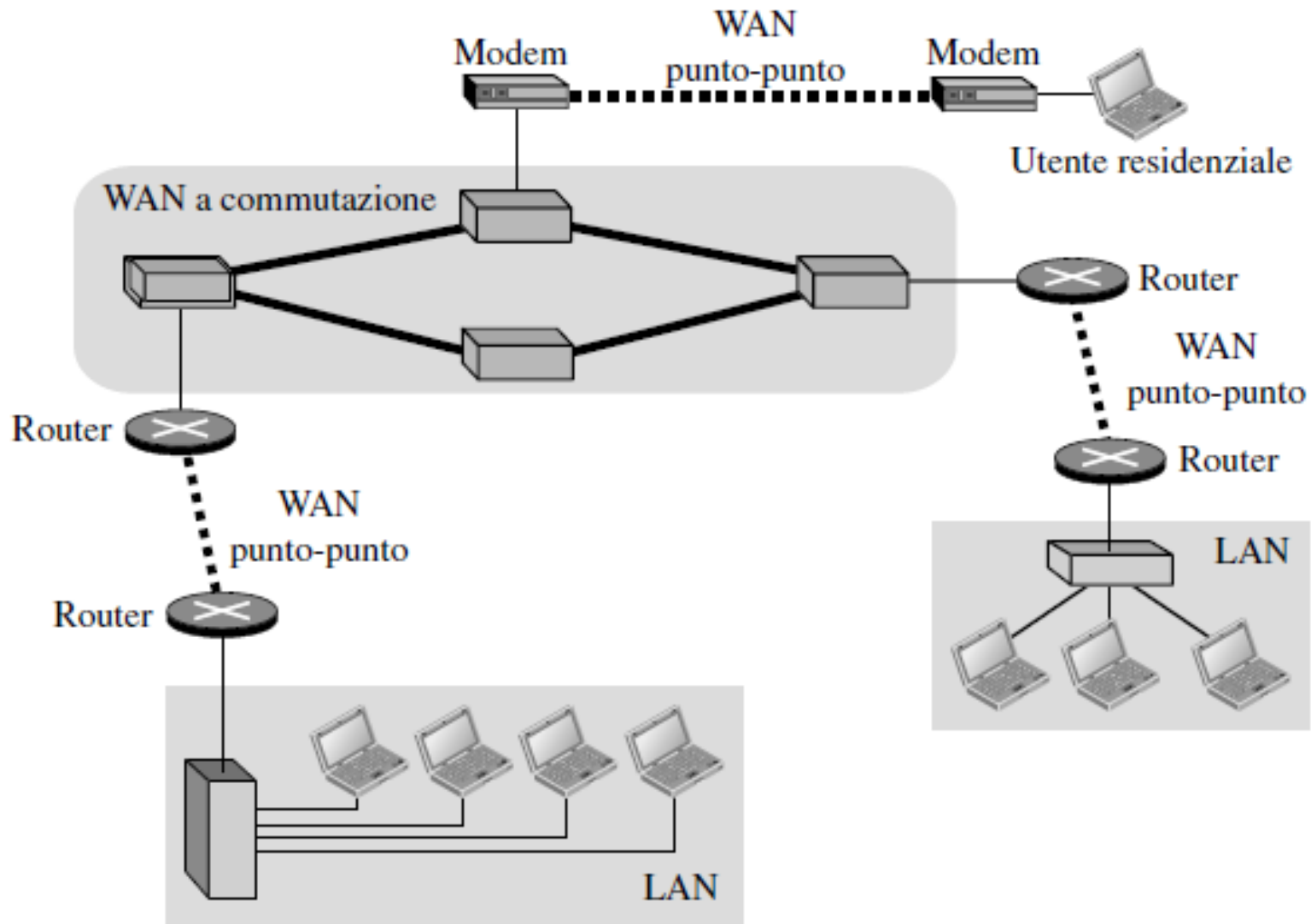


# Internetwork composta da due LAN e una WAN punto-punto

- Oggigiorno è difficile trovare LAN o WAN isolate: esse sono in genere connesse fra di loro per formare una internetwork, o internet
- Esempio: un'azienda ha due uffici in due città differenti. In ciascun ufficio esiste una LAN che consente agli impiegati di comunicare l'uno con l'altro.
- Per mettere in comunicazione le due LAN l'azienda affitta un'apposita WAN punto-punto da un ISP, realizzando una internetwork o internet privata
- I router instradano i pacchetti da una LAN all'altra



# Rete eterogenea composta da quattro WAN e tre LAN

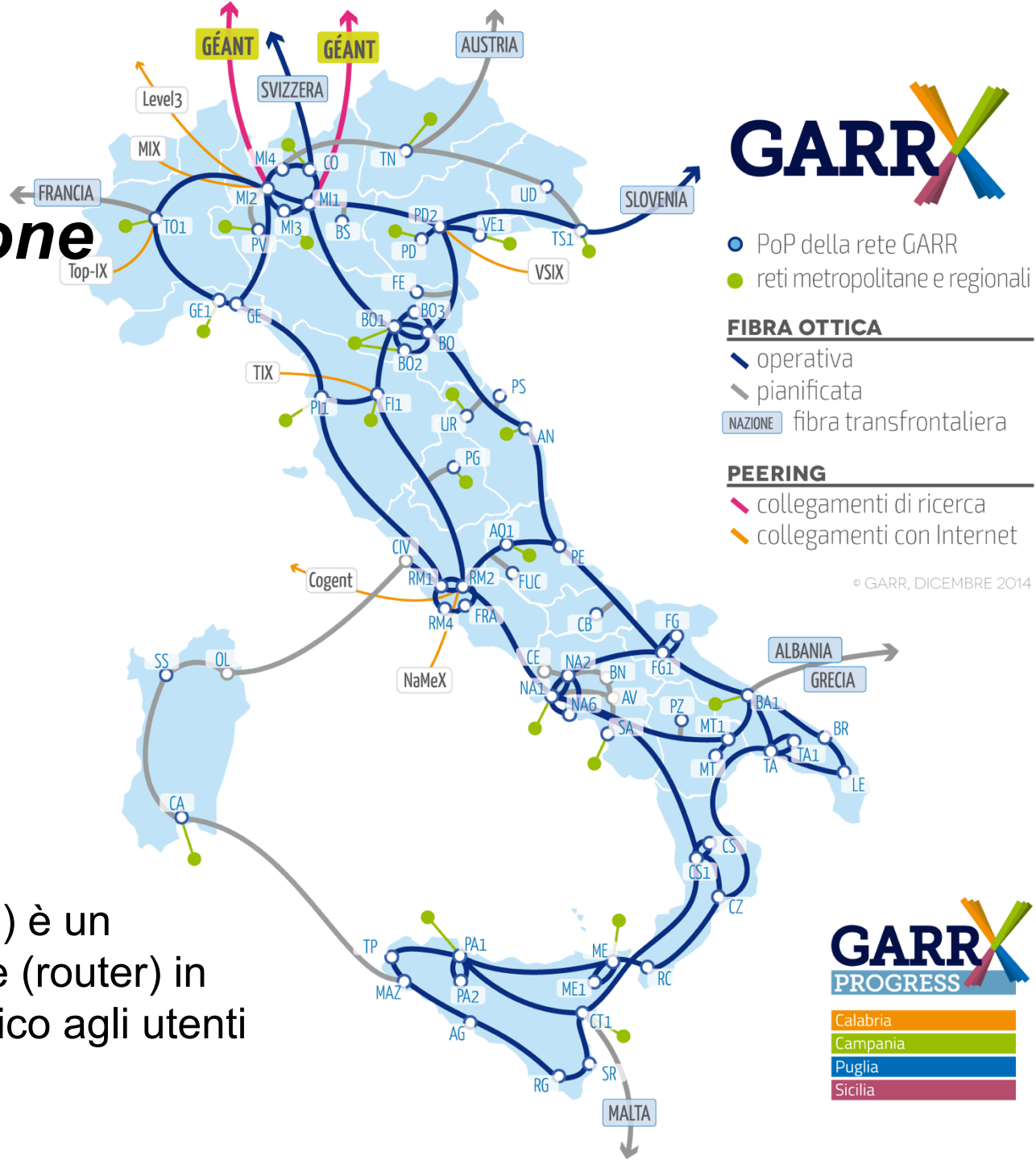


# WAN: la rete GARR

- La rete GARR interconnette ad altissima capacità *università, centri di ricerca, biblioteche, musei, scuole* e altri luoghi in cui si fa istruzione, scienza, cultura e innovazione su tutto il territorio nazionale.
- È un'infrastruttura in **fibra ottica** che utilizza le più avanzate tecnologie di comunicazione e si sviluppa su circa **15.000 km** tra collegamenti di dorsale e di accesso.
- Oggi la capacità delle singole tratte della dorsale arriva a **100 Gbps**, mentre quella dei collegamenti di accesso può raggiungere i 40 Gbps in base alle necessità di banda della sede. Grazie alla grande scalabilità delle tecnologie utilizzate, queste capacità possono evolvere facilmente insieme alle necessità degli utenti. È prossimo infatti il primo collegamento utente a 100 Gbps.
- <http://www.garr.it/it/infrastrutture/rete-nazionale/infrastruttura-di-rete-nazionale>

# GARR

## Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti della Ricerca



**POP (Point of Presence)** è un punto di accesso alla rete (router) in grado di instradare il traffico agli utenti finali ad esso connessi



# Commutazione (Switching)

Una internet (internetwork) è una combinazione di link e dispositivi capaci di scambiarsi informazioni.

In particolare i sistemi terminali appartenenti alla rete comunicano tra di loro per mezzo di dispositivi come **switch** e **router** che si trovano nel percorso (o rotta) tra i sistemi sorgente e destinazione.

Ci sono due tipi di reti basate su switch:

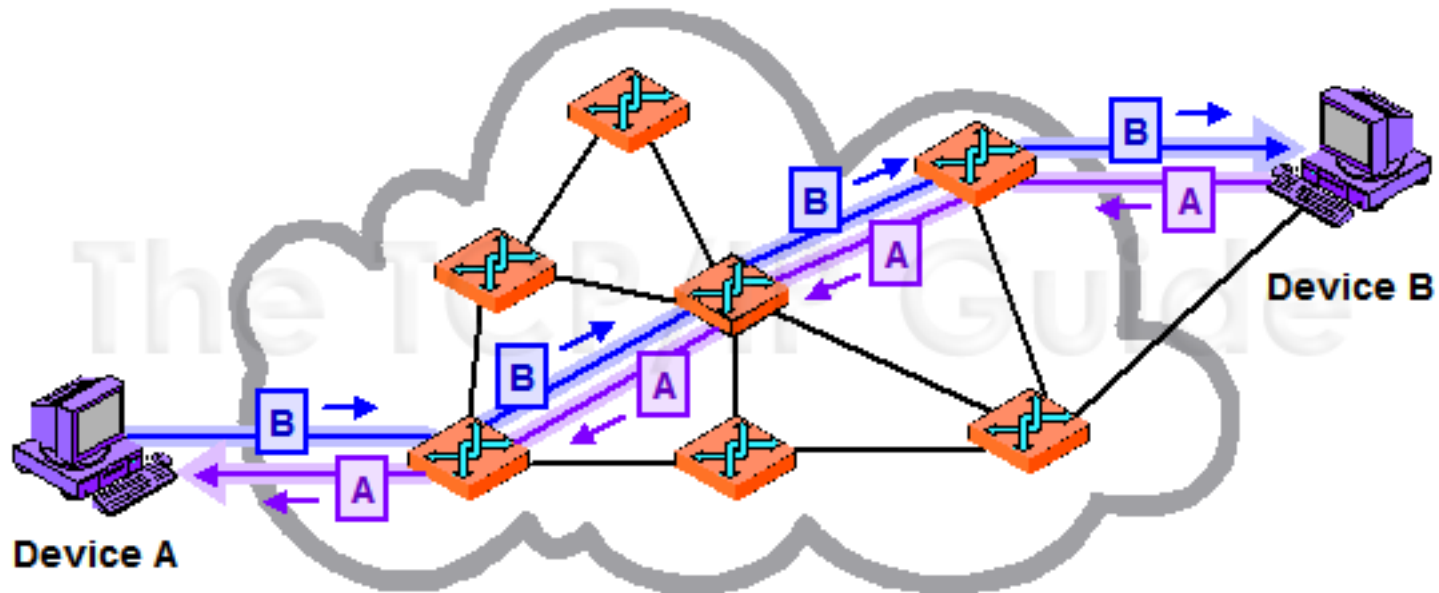
- ❑ Reti a commutazione di circuito (circuit-switched network)
- ❑ Reti a commutazione di pacchetto (packet-switched network)

# Rete a commutazione di circuito

- Tra due dispositivi è sempre disponibile un collegamento dedicato, chiamato **circuito**, usato per l'intera comunicazione
- Le risorse necessarie al circuito sono riservate per l'intera durata della comunicazione
- Le informazioni riguardanti il circuito vengono mantenute dalla rete
- Analogia con il sistema telefonico
  - cosa succede quando si esegue una telefonata?

# Rete a commutazione di circuito

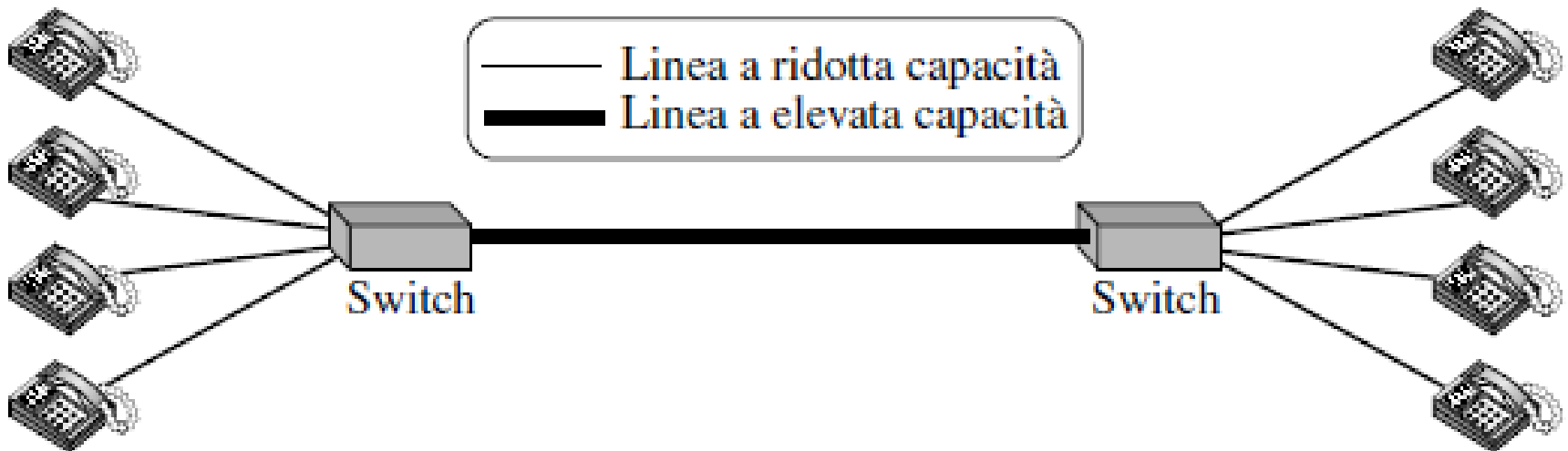
- Anche se esistono più percorsi tra due dispositivi in comunicazione, solo uno di questi verrà usato per l'intera comunicazione



- Comunicazioni diverse tra gli stessi dispositivi possono usare circuiti stabiliti su percorsi diversi

# Rete a commutazione di circuito: efficienza

- ❑ Esempio: la linea tra i due switch può gestire contemporaneamente quattro canali voce (condivisa tra tutte le coppie di apparecchi telefonici)
- ❑ 4 persone da un lato comunicano con le 4 persone dall'altro lato
  - ➔ capacità della linea completamente utilizzata
- ❑ Solo una persona da un lato è collegata con una persona dall'altro lato
  - ➔ solo  $\frac{1}{4}$  della capacità viene utilizzata
  - ➔ inefficiente perchè sottoutilizzata





# Commutazione di circuito

Risorse di rete (ad es. ampiezza di banda, *bandwidth*) **suddivise in "pezzi"**

- ciascun "pezzo" viene allocato ai vari collegamenti
- le risorse rimangono *inattive* se non utilizzate (*non c'è condivisione*). Es. pause durante conversazione telefonica

- suddivisione della banda in "pezzi"
  - divisione di frequenza
  - divisione di tempo

# Commutazione di circuito: FDM e TDM

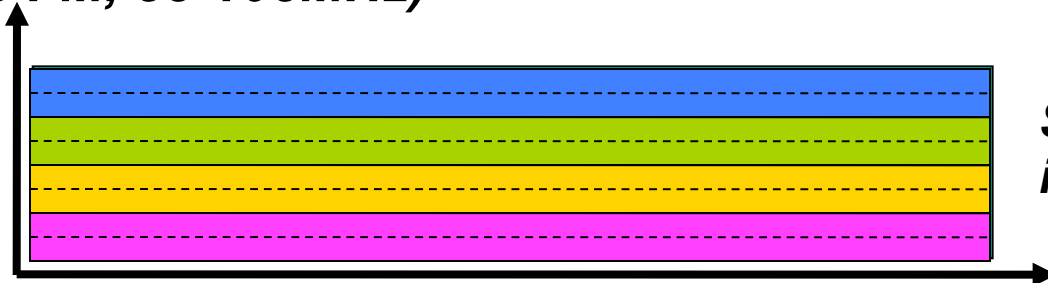
**FDM: Frequency Division Multiplexing**  
(es. Stazioni radio FM, 88-108MHz)

**Esempio:**

**4 utenti**



*frequenza*

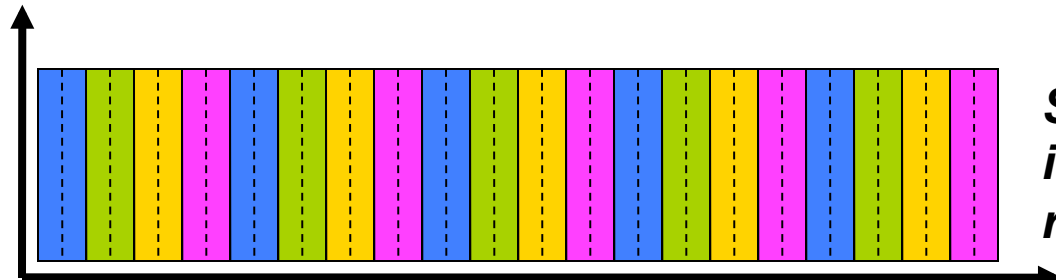


**Suddivisione  
in 4 bande**

*tempo*

**TDM: Time Division Multiplexing**

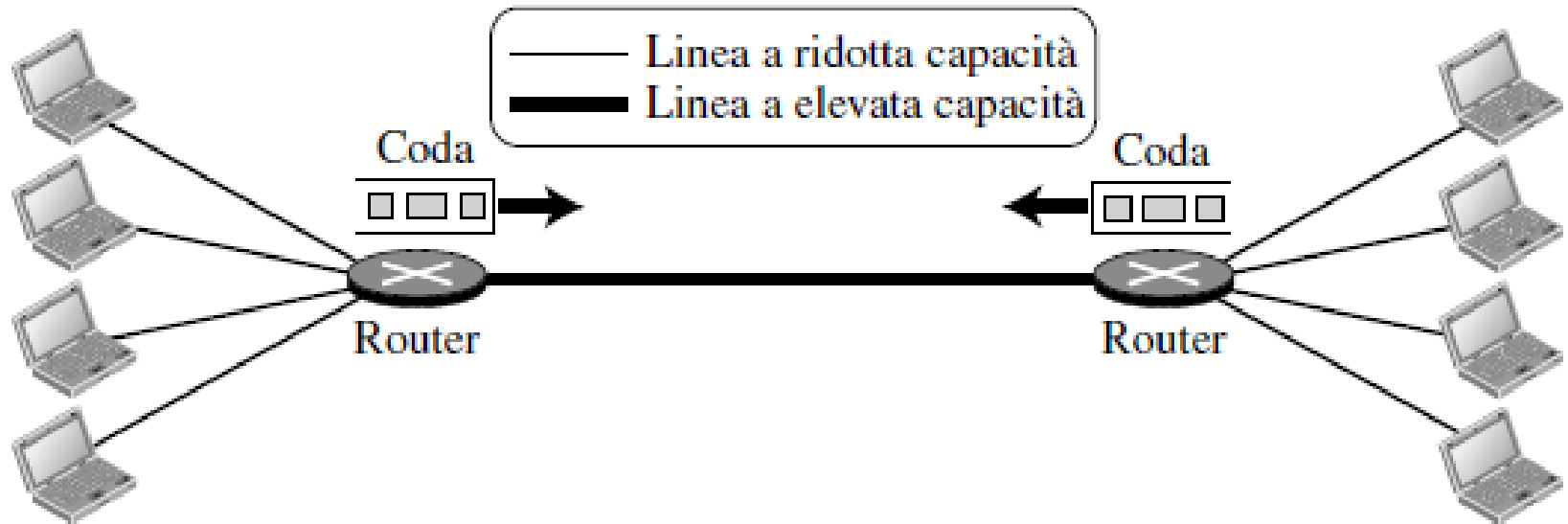
*frequenza*



**Suddivisione  
in frame  
ripartiti in slot**

*tempo*

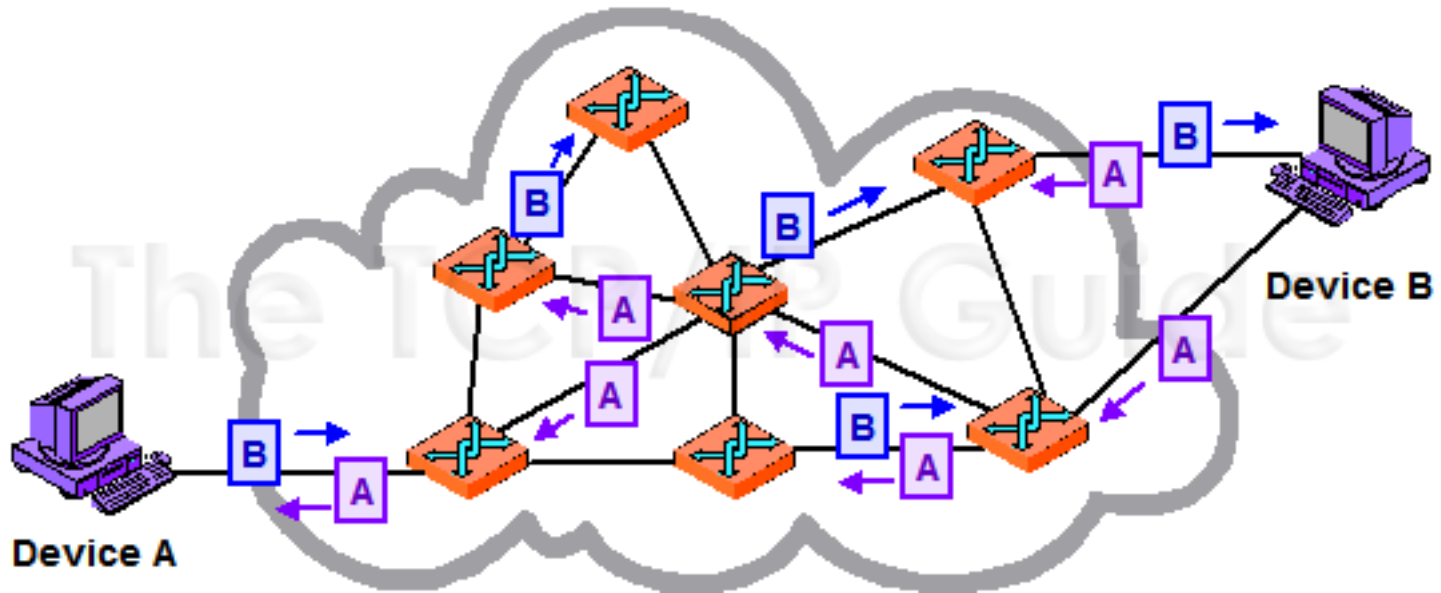
# Rete a commutazione di pacchetto (**store and forward**)



- ❑ La comunicazione fra i due lati viene effettuata trasmettendo blocchi di di dati chiamati *pacchetti* (I messaggi vengono suddivisi in blocchi di informazioni con una lunghezza massima)
- ❑ Invece di avere una comunicazione continua, i due dispositivi comunicano scambiandosi pacchetti di dati
- ❑ Non viene riservata alcuna risorsa per la comunicazione
- ❑ Gli switch memorizzano (store) e inoltrano (forward) i pacchetti provenienti dai vari dispositivi

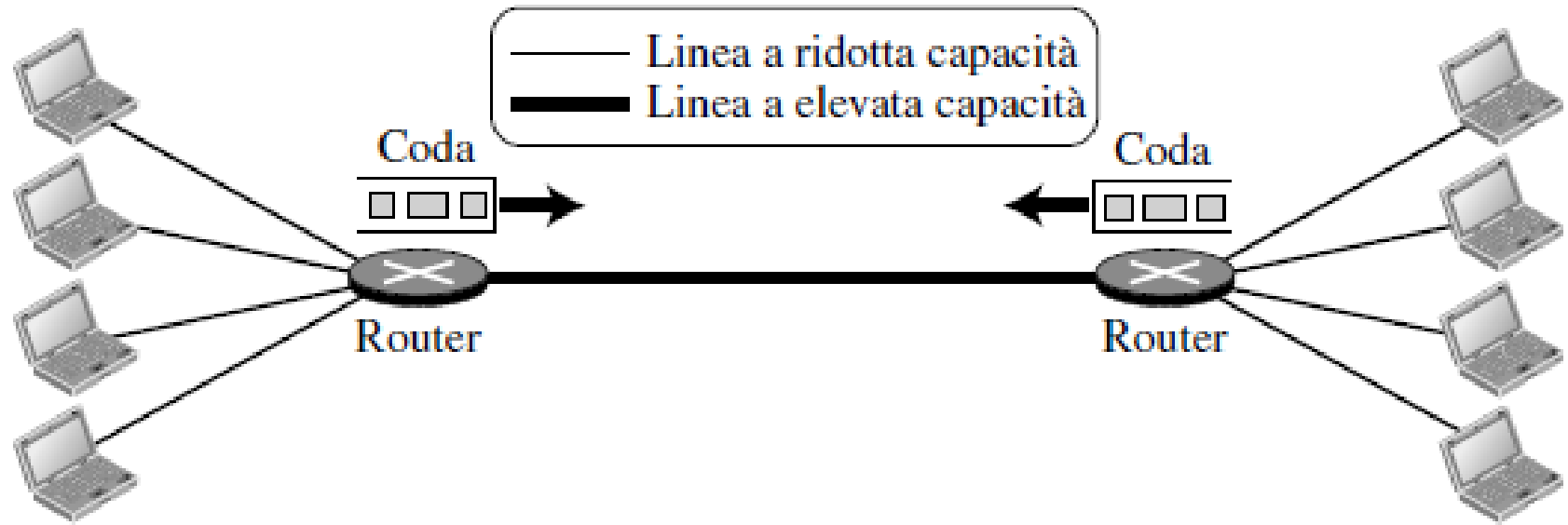
# Rete a commutazione di pacchetto

- ❑ Non c'è un percorso specifico che viene usato per il trasferimento di dati tra due dispositivi



- ❑ Blocchi di dati, anche dello stesso file o comunicazione, possono prendere percorsi diversi nel viaggio dalla sorgente alla destinazione e arrivare a destinazione in un ordine diverso
- ❑ Analogia con il sistema postale

# Rete a commutazione di pacchetto (store and forward)



- ❑ Se solo due dispositivi, uno per lato, comunicano tra di loro, non c'è alcun tempo di attesa per i pacchetti
- ❑ Se invece più dispositivi comunicano tra di loro e la linea di comunicazione non ha una capacità tale da inviare tutti i pacchetti che arrivano, allora il router deve memorizzarli in una coda
  - ➔ I pacchetti possono incorrere in qualche ritardo
  - ➔ Più utenti possono usare la rete

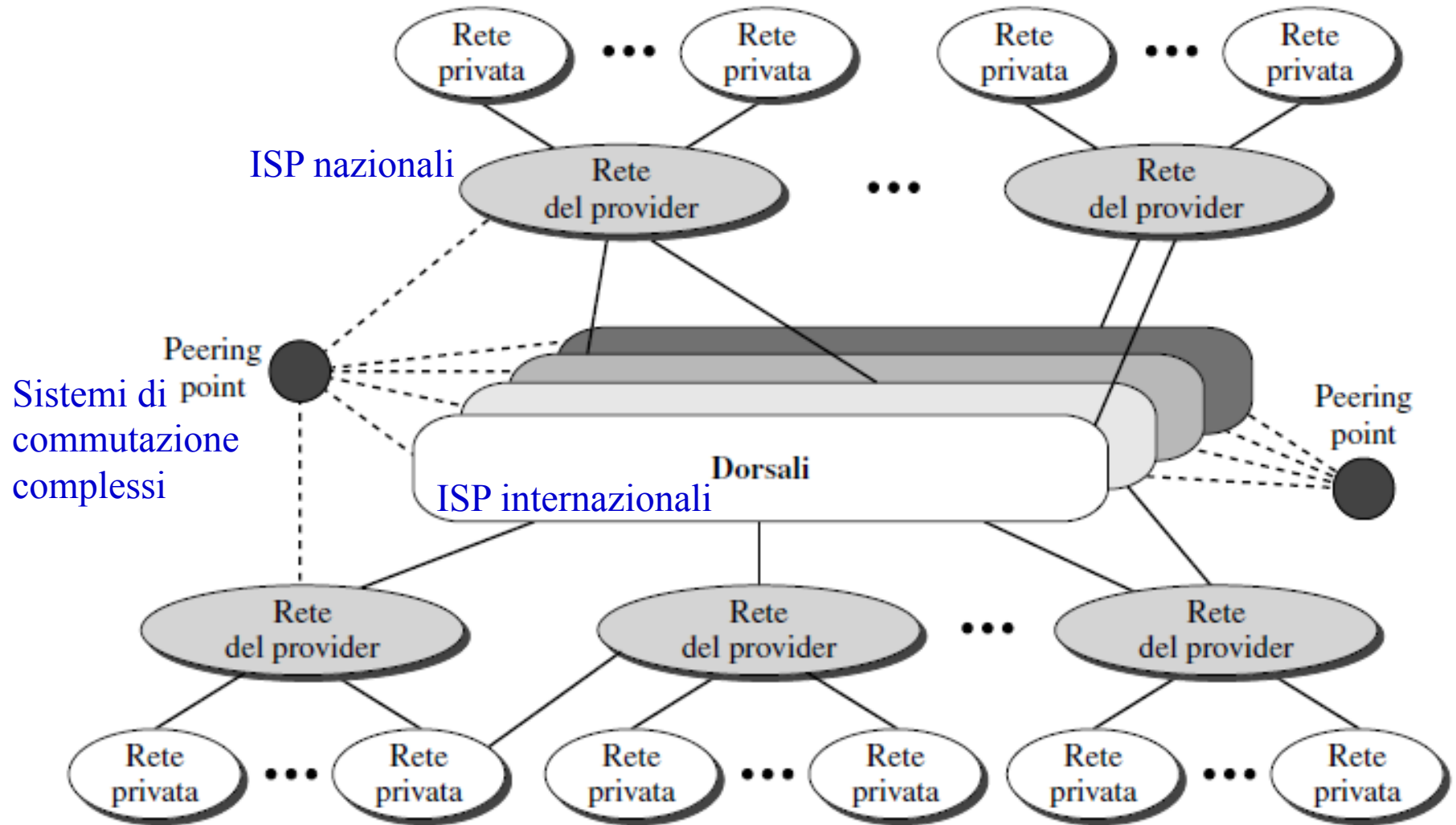
# Internet

Si è detto che una internet (con i minuscola) è costituita da due o più reti interconnesse.

L'internet più famosa è chiamata Internet (I maiuscola) ed è composta da migliaia di reti interconnesse.

E' una rete a commutazione di pacchetto

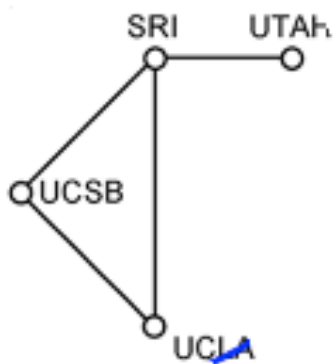
# Rappresentazione concettuale di Internet



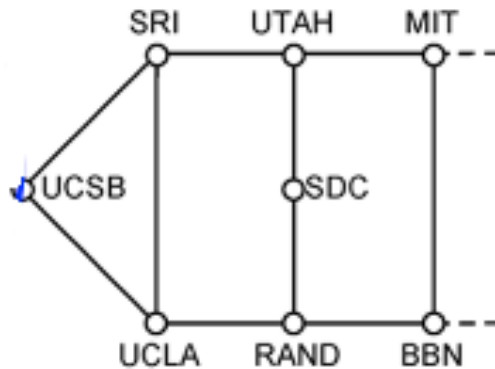
# ARPANET

## Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET)

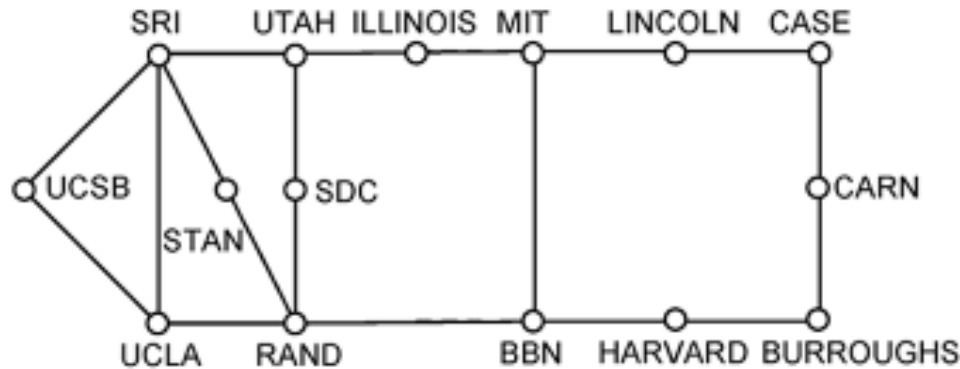
- Prima rete packet-switched ad implementare lo stack TCP/IP
- Progettata per scopi accademici e di ricerca



(a) Dec. 1969.



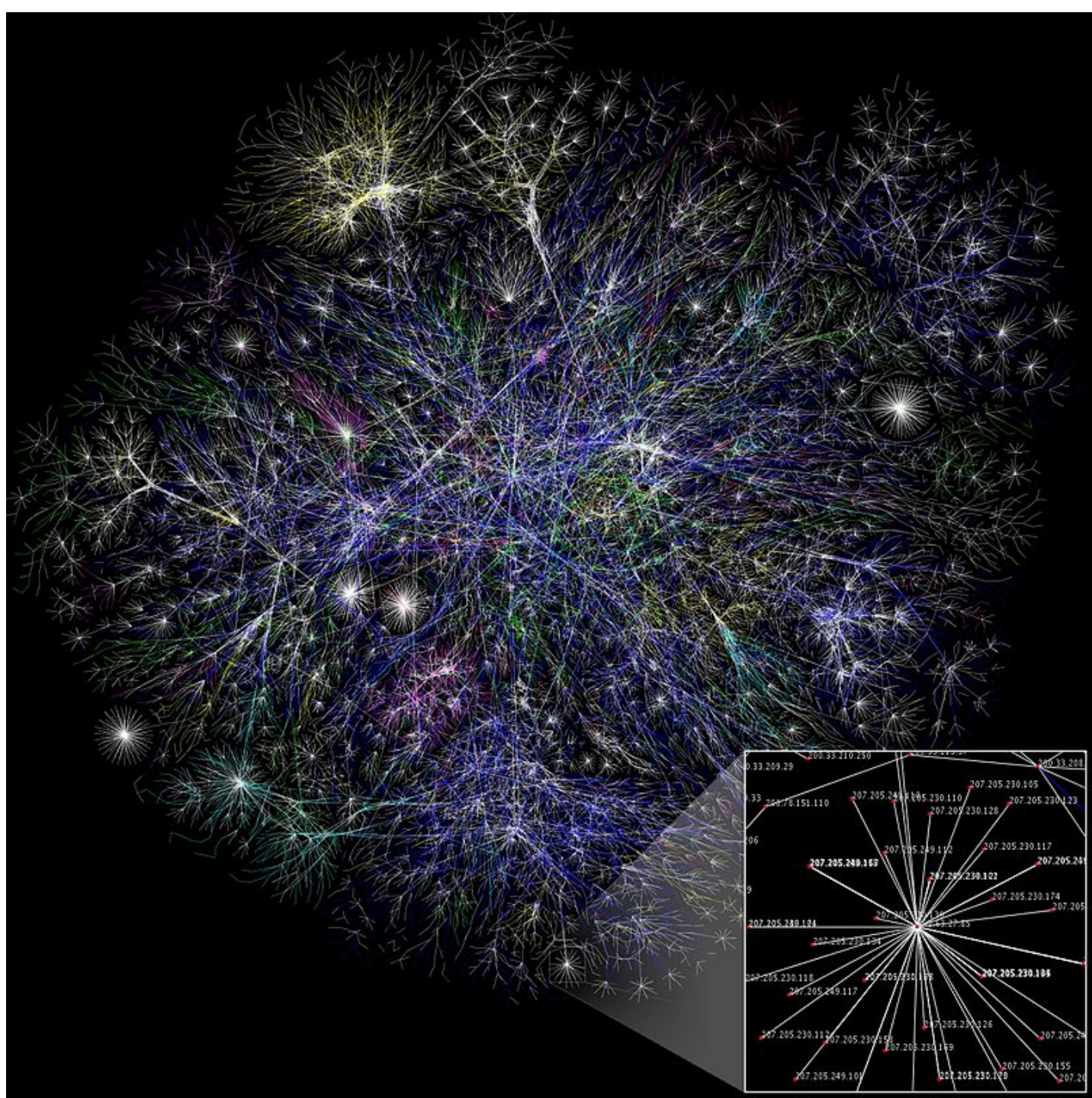
(b) July 1970.



(c) March 1971.



# Internet oggi



# L'accesso a Internet

Internet è una internetwork che consente a qualsiasi utente di farne parte.

L'utente, tuttavia, deve essere fisicamente collegato a un ISP, solitamente mediante una WAN punto-punto.

Il collegamento che connette l'utente al primo router di Internet è detto **rete di accesso**.

# L'accesso a Internet

## ☐ Accesso via rete telefonica

- ❖ Servizio dial-up (via modem)
- ❖ Servizio DSL (Digital Subscriber Line)

## ☐ Accesso tramite reti wireless

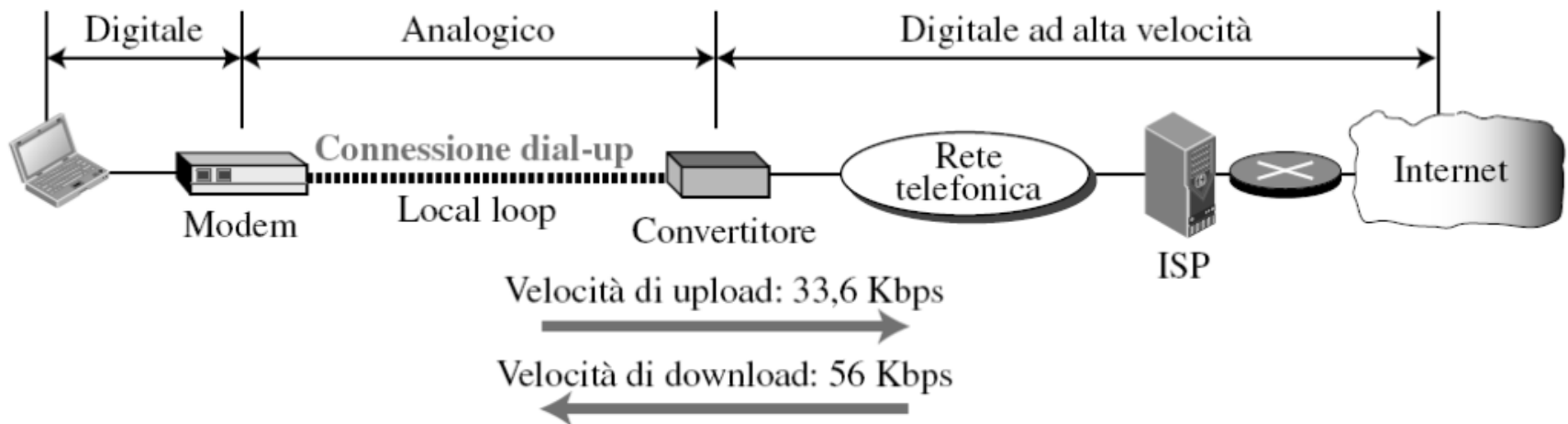
- ❖ Wi-Fi
- ❖ Cellulare

## ☐ Collegamento diretto

- ❖ Aziende di grandi dimensioni possono divenire ISP locali, affittando delle reti WAN da un operatore

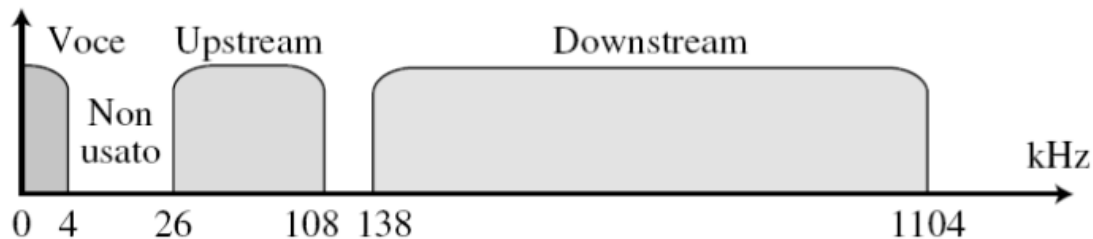
# Accesso via rete telefonica

- E' possibile collegarsi a Internet modificando la linea telefonica fra la sede del dispositivo che vuole connettersi (casa, azienda, etc.) e la centrale telefonica con una WAN punto-punto
  - Servizio dial-up: inserire sulla linea telefonica un modem (modulatore-demodulatore) che converte i dati digitali (del computer) in analogici (per trasmetterli sulla linea telefonica) e viceversa.
  - Lento e impossibilità di parlare e navigare contemporaneamente



# Accesso via rete telefonica

- Servizio DSL (Digital Subscriber Line): tecnologia che supporta la comunicazione digitale ad alta velocità sulla linea telefonica
- Divisione del collegamento tra abitazione e ISP in tre bande di frequenza non sovrapposte .
- Veloce e possibilità di utilizzare voce e dati contemporaneamente.



# Accesso tramite Ethernet

- Nelle reti aziendali e universitarie le tecnologie usate per l'accesso a Internet sono
  - Ethernet
    - Lo switch (Ethernet) della LAN è generalmente collegato a un router istituzionale che è connesso ai router della dorsale

# Accesso wireless

## ■ Wi-Fi

- Access Point (locale) connesso alla Ethernet cablata
- Raggio di azione di qualche decina di metri

## ■ Cellulare

- Si usa la rete cellulare
- Access point (base station) della compagnia telefonica cellulare, con raggio di azioni di decine di chilometri