

Università di Roma Tor Vergata  
Corso di Laurea triennale in Informatica  
**Sistemi operativi e reti**  
A.A. 2016-17

Pietro Frasca

Parte II

Lezione 3 (27)

Martedì 14-03-2017

# Mezzi trasmissivi

- I mezzi trasmissivi si dividono in due categorie: **mezzi trasmissivi guidati** e **mezzi trasmissivi non guidati**.
- Esempi di mezzi trasmissivi guidati sono **doppini in rame, cavi coassiali, cavi in fibra ottica**.
- I mezzi trasmissivi non guidati sono le **onde radio** nella banda **terrestre** e **satellitare**. Nei mezzi trasmissivi **non guidati** le onde si propagano nello spazio, come in una wireless LAN o in un canale satellitare.

# Doppino

- Il mezzo trasmissivo più economico è il doppino che consiste in due fili, generalmente di rame o alluminio, isolati tra loro, avvolti a spirale e aventi diametro di circa 1 mm. L'avvolgimento dei fili consente la riduzione di interferenze elettriche con altri doppini vicini. Generalmente, molti doppini sono impaccati in un cavo e protetti da guaina esterna.



- Il doppino telefonico è usato per l'accesso residenziale a Internet, sia con i modem analogici che con ADSL.
- Gli **UTP** (***Unshielded Twisted Pair***) sono cavi costituiti da coppie di **doppino non schermato** e sono usati nelle reti locali (LAN).

- La velocità di trasmissione delle LAN attuali che usano i cavi UTP è di 10 Mbit/s (obsoleta), 100 Mbit/s e 1 Gbit/s.
- Le LAN utilizzano vari tipi di UTP tra i quali **categoria 3, categoria 5, 5e, 6.**
- L'UTP di **categoria 3**, è (sempre meno) usato per cablaggi di linee telefoniche e per dati. L'Ethernet a 10 Mbit/s, una tipologia di rete LAN, utilizza i doppini UTP di categoria 3.
- Gli UTP di **categoria 5 e 5e** hanno più avvolgimenti per centimetro di lunghezza e una guaina isolante in teflon. La categoria 5e può arrivare a velocità di trasmissione fino a 1 Gbit/s. I cavi di categoria 5 e 5e sono usati principalmente nelle Ethernet a 100 Mbit/s. La categoria **6a**, può raggiungere velocità trasmissive di 10 Gbps per distanze inferiori a un centinaio di metri.



Cavo UTP categoria 5



Connettore RJ-45

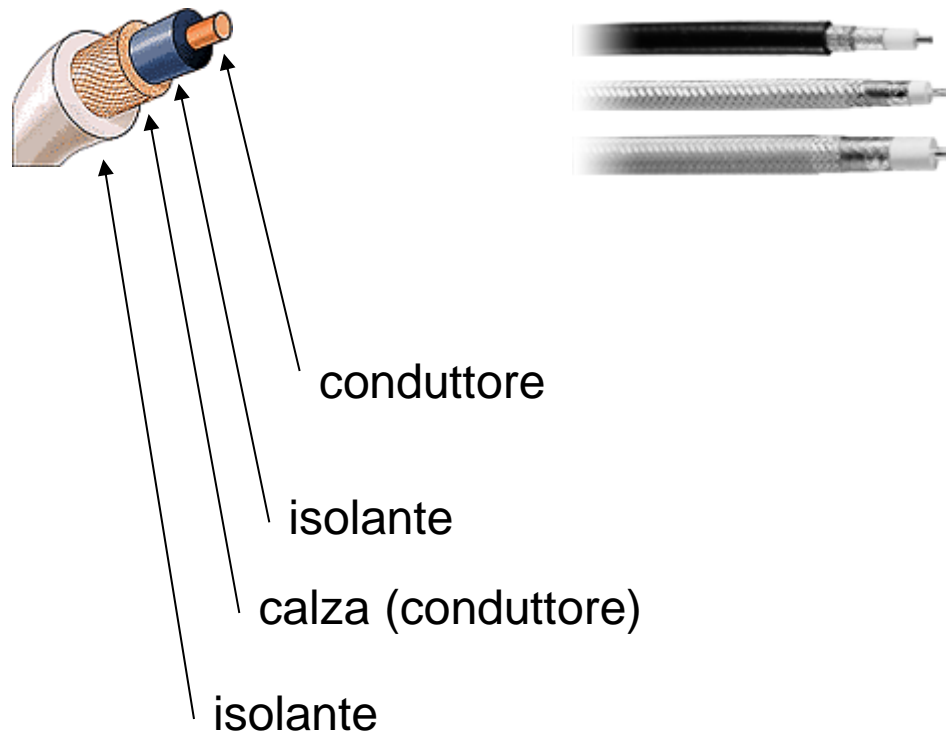
# Cavi coassiali

I cavi coassiali consistono di due conduttori in rame concentrici. Consentono una velocità di trasmissione dati più elevata dei doppini. I cavi coassiali sono di due tipi:

- a) cavo coassiale in **banda base**;
- b) cavo coassiale in **banda traslata**.

- Nel cavo *banda base* il segnale digitale è inviato sul cavo, senza essere modulato su una diversa banda di frequenza. L'Ethernet a 10 Mbit/s, che è ormai una tecnologia obsoleta, può usare sia l'UTP sia il cavo coassiale in banda base.
- Il cavo coassiale in banda traslata, detto **cavo a 75 ohm**, è leggermente più spesso di quello in banda base. E' usato negli impianti di TV via cavo. Nelle tecnologie che utilizzano il cavo coassiale in banda traslata, il trasmettitore modula il segnale digitale traslandolo su una specifica banda di frequenza; il segnale analogico risultante è inviato dal trasmettitore a uno o più ricevitori. I cavi coassiali, sia in banda base sia in banda traslata, possono essere usati come mezzi condivisi.

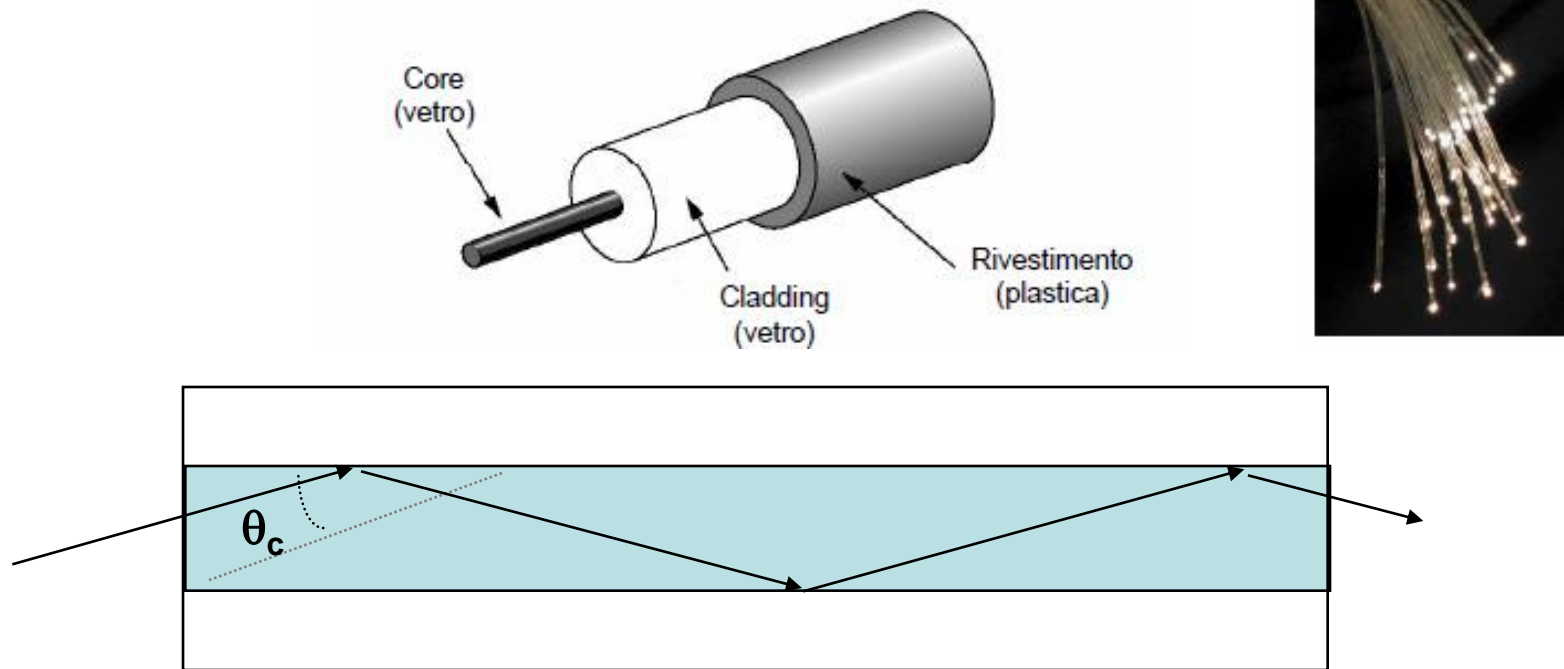
- Di solito, molti host possono essere collegati direttamente al cavo, e tutti gli host ricevono tutti i segnali che vengono trasmessi dagli altri host.



# Fibre ottiche

- Una fibra ottica è un sottile mezzo di vetro o plastica (sezione delle dimensioni di un capello) che conduce impulsi di luce. Una fibra ottica consente velocità di trasmissione superiori alle **centinaia di Gbit/s**. Le fibre ottiche sono immuni alle interferenze elettromagnetiche, provocano attenuazioni dei segnali molto ridotte e fino a 50 km possono essere usate senza un ripetitore (amplificatore di segnale) mentre doppini e cavi coassiali necessitano di un ripetitore ogni 5 Km. Queste caratteristiche rendono la fibra ottica il mezzo trasmissivo più adatto per le lunghe distanze.
- Le fibre ottiche sono utilizzate anche nelle **rete dorsali (backbone)** di Internet. Tuttavia, gli alti costi dei dispositivi ottici, come trasmettitori, ricevitori e commutatori, hanno limitato il loro uso per trasmissioni per brevi distanze, come nelle LAN o nelle reti di accesso residenziale.





La velocità dei link OC (optical carrier) standard varia da 51.8 Mbps a 39.8 Gbps. Tali standard sono espressi con la notazione **OC-n**, dove la velocità del collegamento corrisponde a  **$n \times 51.8$**  Mbps. Gli standard attuali comprendono OC-1, OC-3, OC-12, OC-96, OC-192, OC-448 e OC-768.



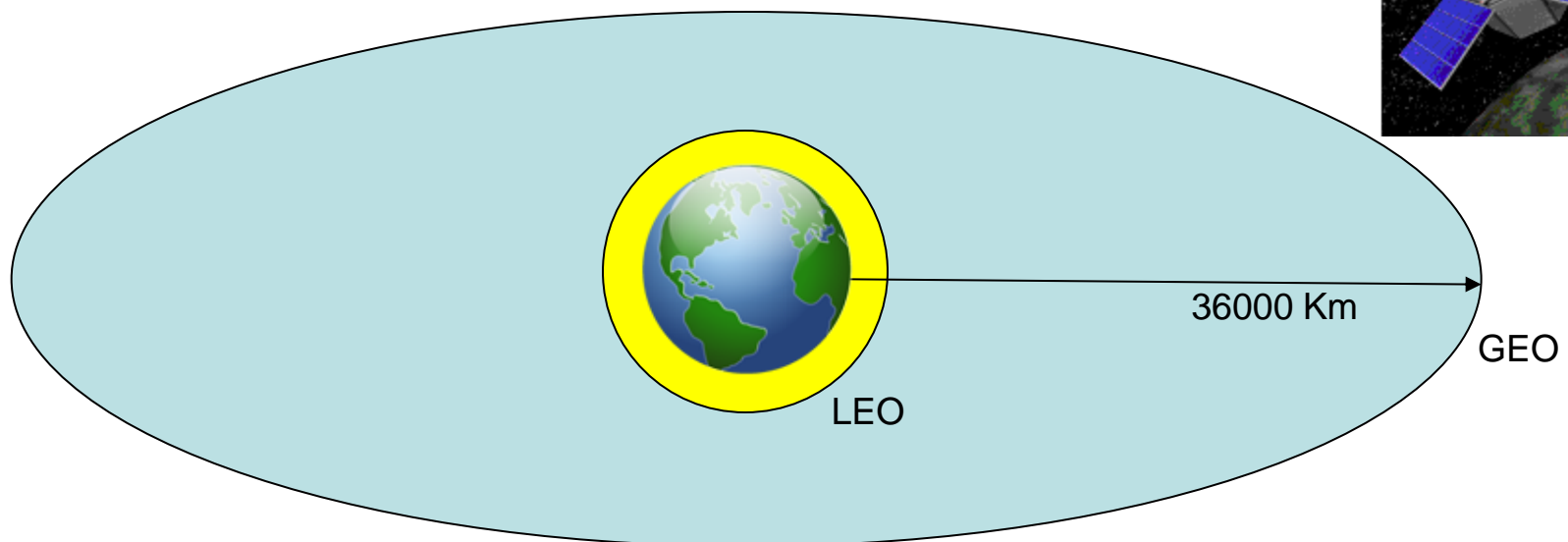
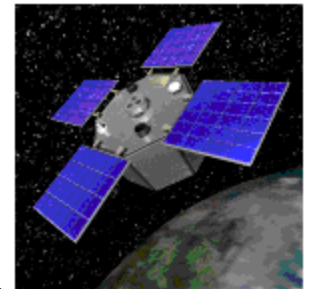
# Canali radio terrestri

- I canali radio trasportano segnali tramite onde elettromagnetiche.
- Le caratteristiche di un canale radio dipendono dall'ambiente di propagazione e dalla distanza a cui un segnale deve arrivare. Il segnale è soggetto a vari problemi tra i quali attenuazione, zone d'ombra e interferenze.
- I canali radio terrestri possono essere classificati a grandi linee in due gruppi:
  - canali per **reti in area locale**, con copertura tipica da decine a poche centinaia di metri;
  - canali in **area geografica**, con copertura di decine di chilometri.

# Canali radio satellitari

- Un satellite per comunicazioni collega due o più trasmettitori/ricevitori a microonde situati sulla Terra, detti **stazioni al suolo**. Il satellite riceve le trasmissioni su una banda di frequenza e ritrasmette il segnale su un'altra banda di frequenza per evitare interferenze. I satelliti possono fornire larghezze di banda dell'ordine dei Gbit/s.
- Esistono vari tipi di satelliti per comunicazioni tra i quali: **geostazionari (GEO, Geostationary Earth Orbit)** e a **orbita bassa (LEO, Low Earth Orbit)**.
- I **satelliti geostazionari** sono sempre visibili nella stessa posizione da un punto sulla Terra. Questa posizione stazionaria è ottenuta posizionando il satellite su un'orbita di circa 36.000 Km dalla superficie terrestre. Questa enorme distanza che va dalla stazione a terra al satellite e poi dal satellite all'indietro, verso la stazione a terra, introduce un rilevante ritardo di propagazione del segnale di circa 240 millisecondi ( $36.000 \times 2 / 300.000$ ). I collegamenti via satellite, con velocità di trasmissione di centinaia di Mbit/s, sono spesso usati nelle reti telefoniche e nelle reti dorsali di Internet.

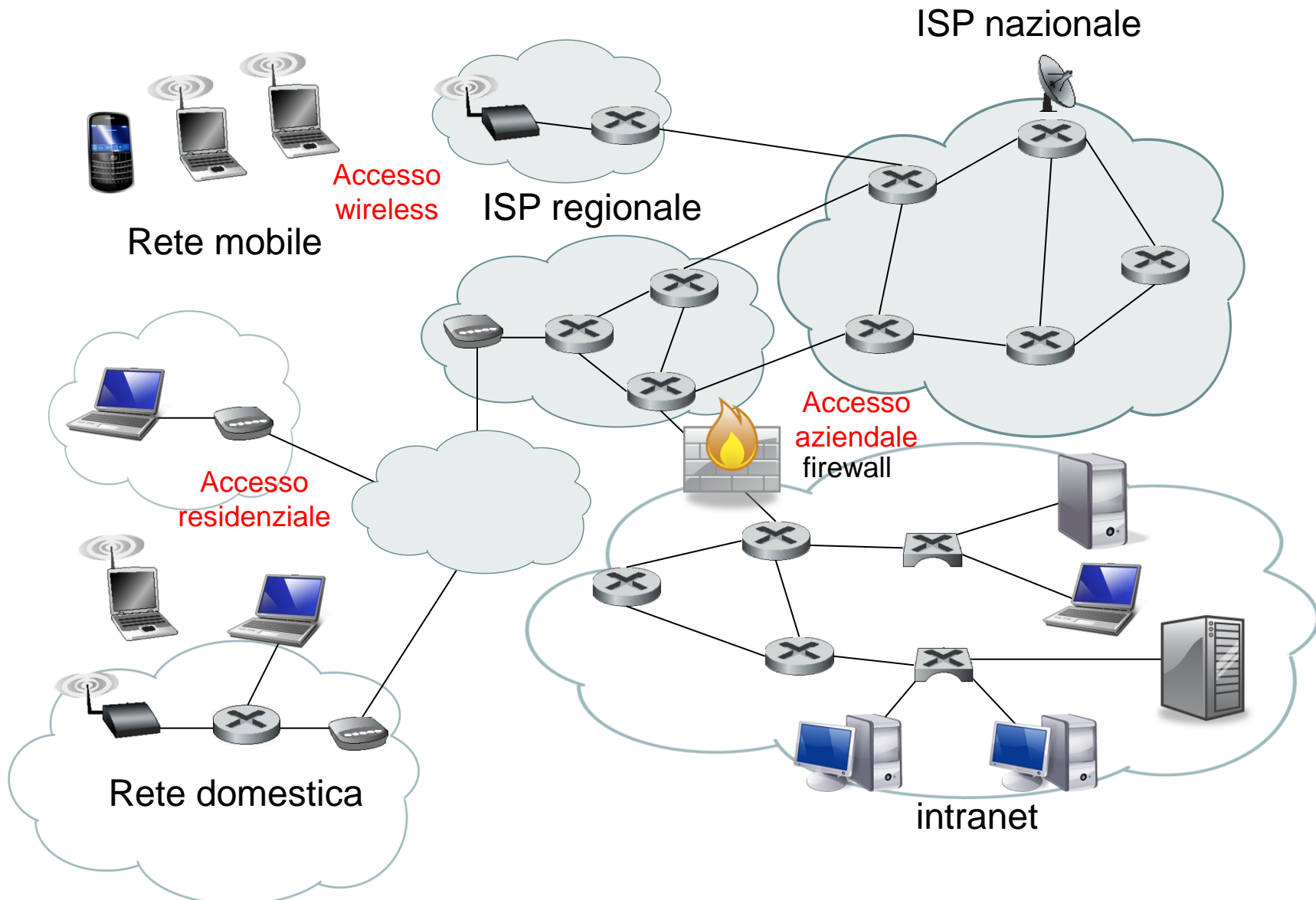
- I **satelliti a orbita bassa** sono posti su orbite più vicine alla Terra a distanze comprese tra 160 e 2000 Km. Non sono fissi in corrispondenza dello stesso luogo sulla Terra ma ruotano intorno alla Terra come fa la Luna. Hanno un periodo di rivoluzione di circa 90 minuti e quindi una velocità di circa 27400 Km/h. Per fornire una copertura continua di un'area, devono essere posti in orbita molti satelliti (circa 50-200). Introducono un ritardo di propagazione di 20 – 25 ms. Attualmente sono in fase di sviluppo molti sistemi di comunicazione a orbita bassa. La tecnologia dei satelliti a orbita bassa potrebbe essere usata per l'accesso a Internet in un prossimo futuro.



# Accesso alla rete Internet

- Gli host possono connettersi a Internet mediante vari tipi di accesso che sono genericamente classificati in tre classi:
  - **accesso residenziale**, collega alla rete i computer di casa;
  - **accesso aziendale**, collega alla rete i computer di aziende e istituti vari;
  - **accesso wireless**, collega alla rete i computer portatili, tablet e smartphone.
- Queste categorie sono solo schematiche; per esempio alcuni host di enti potrebbero usare sia la tecnologia ad accesso aziendale che quella ad accesso residenziale.

# Accesso alla rete Internet



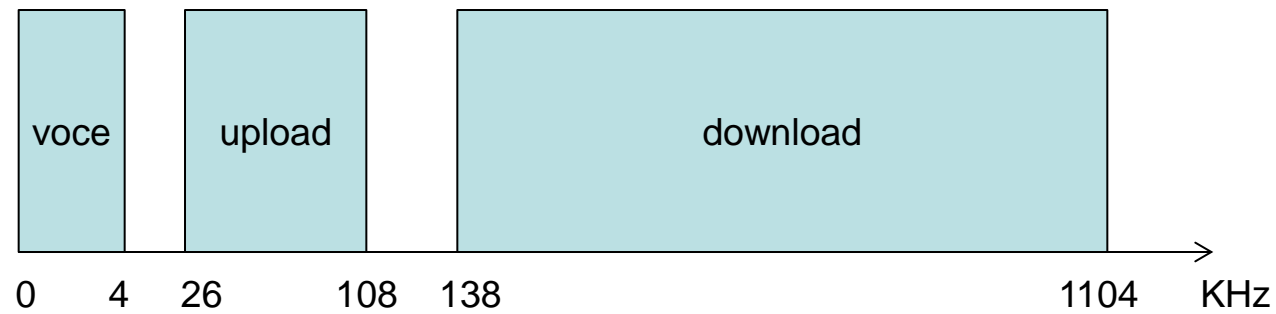
# Accesso residenziale

- Un accesso residenziale si può ottenere mediante un modem che viene connesso alla linea telefonica commutata, chiamando il numero di un Internet Service Provider (ISP).
- Il modem converte l'uscita digitale di un PC in formato analogico per consentire la trasmissione sulla linea telefonica analogica. La linea telefonica è costituita da una coppia di sottili cavi di rame (doppino telefonico).
- Un corrispondente modem nell'ISP riconverte il segnale analogico nel formato digitale, che entra in una porta di un router dell'ISP. Quindi, la rete di accesso è semplicemente una coppia di modem insieme a una linea telefonica punto-punto commutata.
- La velocità di trasmissione massima dei modem telefonici attuali è di 56 kbit/s. Tuttavia, la velocità dipende dalla qualità delle linee telefoniche che spesso non è elevata, ed è quindi difficile ottenere la velocità di 56 kbit/s.

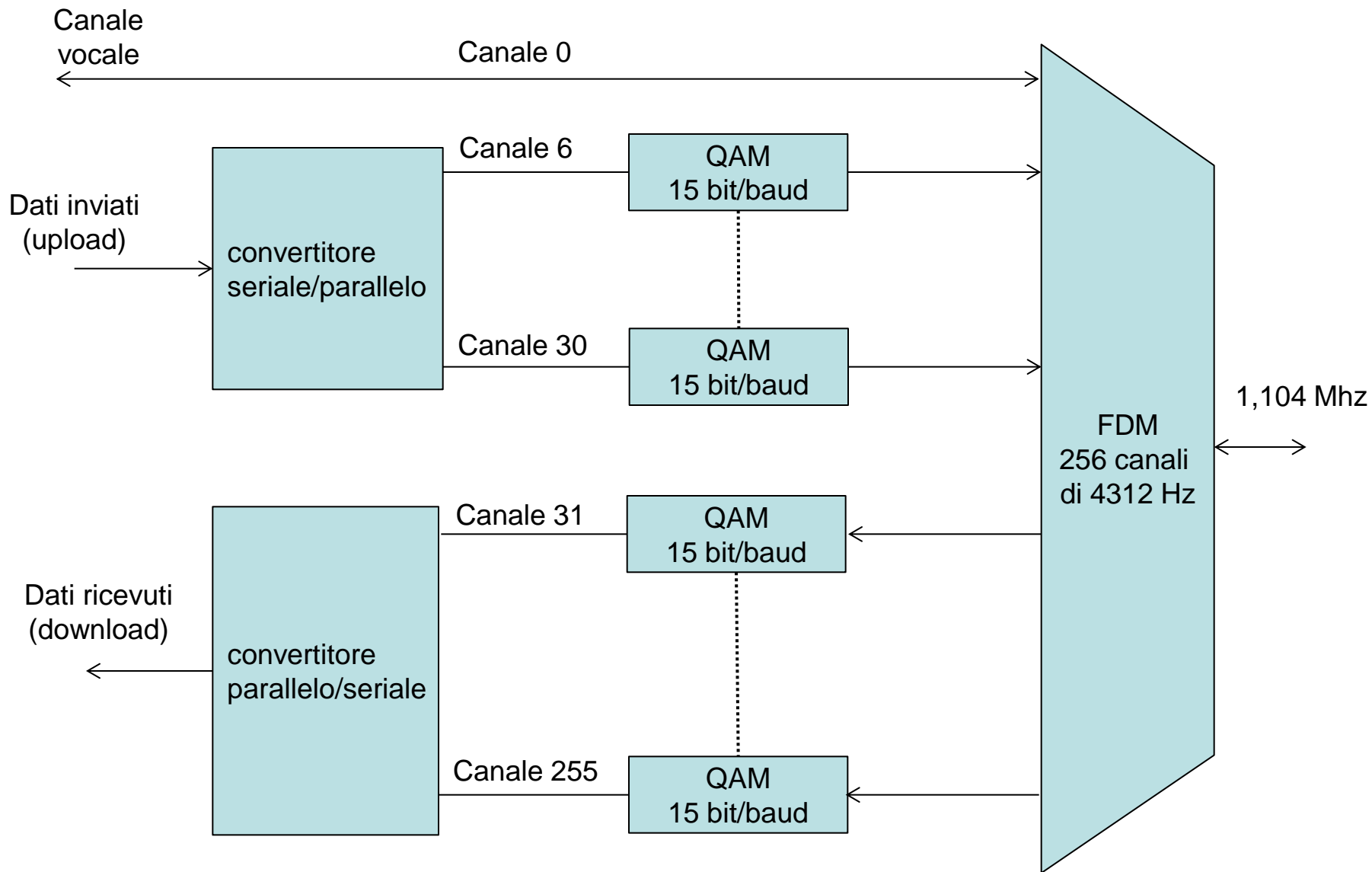
- Attualmente (2016), l'accesso via modem a 56 kbit/s per la fruizione di molti servizi risulta lento. Per esempio, per scaricare un brano di musica di circa tre minuti in MP3 ci vogliono circa 15-20 minuti con un modem a 56 kbit/s.
- Il modem trova ancora oggi utilizzo in località a bassa densità di abitanti, dove l'operatore telefonico non fornisce tecnologie di accesso a banda larga.
- La **DSL** (Digital Subscriber Line) e l'**HFC** (Hybrid Coaxial Fiber Cable) sono due tecnologie per l'accesso residenziale a banda larga. La DSL è molto diffusa in Europa mentre l'HFC è più diffusa negli USA.
- La DSL funziona con le linee telefoniche esistenti, ma è in grado di trasmettere dati a velocità molto maggiori rispetto al modem analogico. Le velocità di trasmissione sono generalmente asimmetriche nelle due direzioni, con velocità maggiore dalla rete dell'ISP verso casa (downstream) che da casa verso la rete dell'ISP (upstream). Questa asimmetria è dovuta al comportamento dell'utente che generalmente è più un consumatore che un produttore di informazioni.
- Tipicamente la banda trasmissiva in ricezione e trasmissione è compresa fra 160 kbit/s e 52 Mbit/s, a seconda della tecnologia DSL, delle condizioni della linea e del livello di servizio.

- La banda può essere simmetrica o asimmetrica a seconda che ad essa sia riservata o meno la stessa velocità in upstream e downstream. Tuttavia in una trasmissione xDSL, la banda in upstream non è mai superiore a quella di downstream.
- Esistono limitazioni in velocità di trasmissione che dipendono principalmente dalla qualità del doppino telefonico e dalla distanza tra l'abitazione dell'utente e centrale telefonica. Più è distante la centrale più è bassa la velocità di trasmissione.
- La DSL usa la multiplazione a divisione di frequenza. In particolare, la larghezza di banda della linea di comunicazione tra l'abitazione e ISP (detta ultimo miglio) è divisa in tre bande di frequenza:
  - **canale telefonico**, nella banda da 0 a 4 kHz.
  - **canale in *upstream*** a media velocità, nella banda da 26 kHz a 108 kHz;
  - **canale in *downstream*** ad alta velocità, nella banda da 138 kHz a 1,104 MHz;
- DSL e modem telefonici utilizzano la linea telefonica commutata, mentre le reti di accesso HFC usano le reti per trasmissioni televisive via cavo.



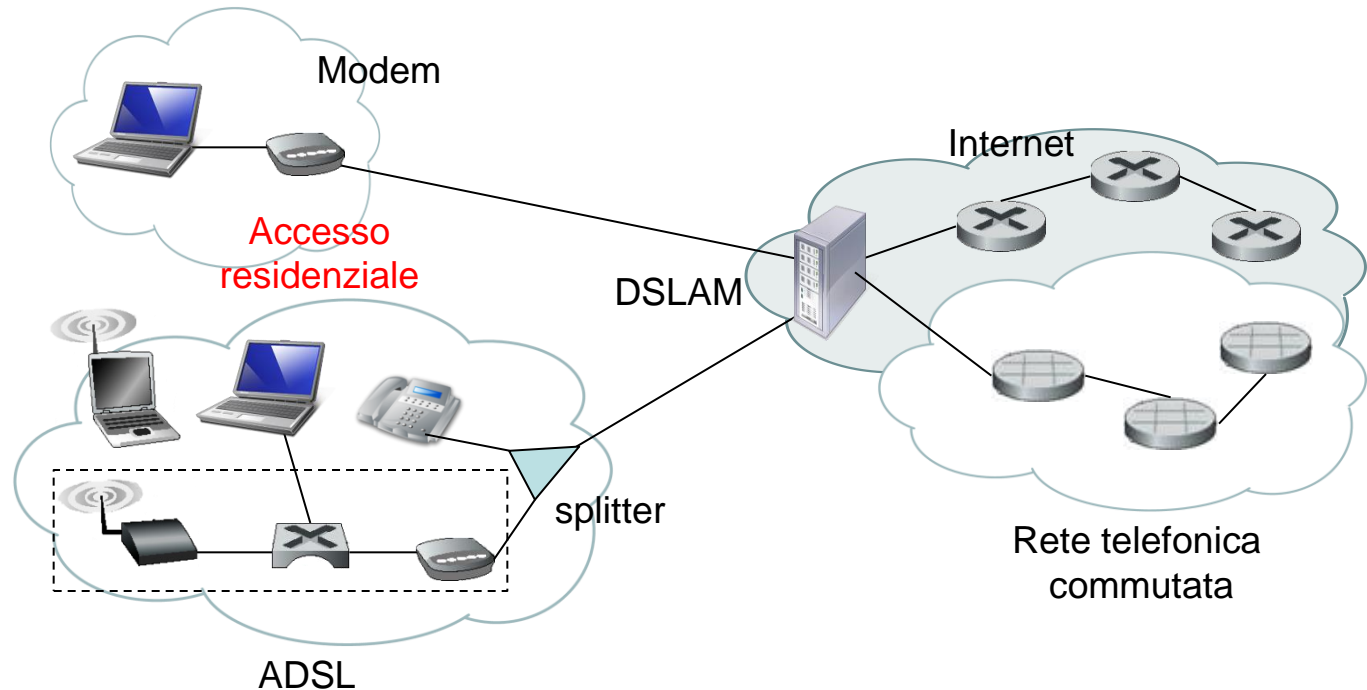


Suddivisione della larghezza di banda con l'ADSL

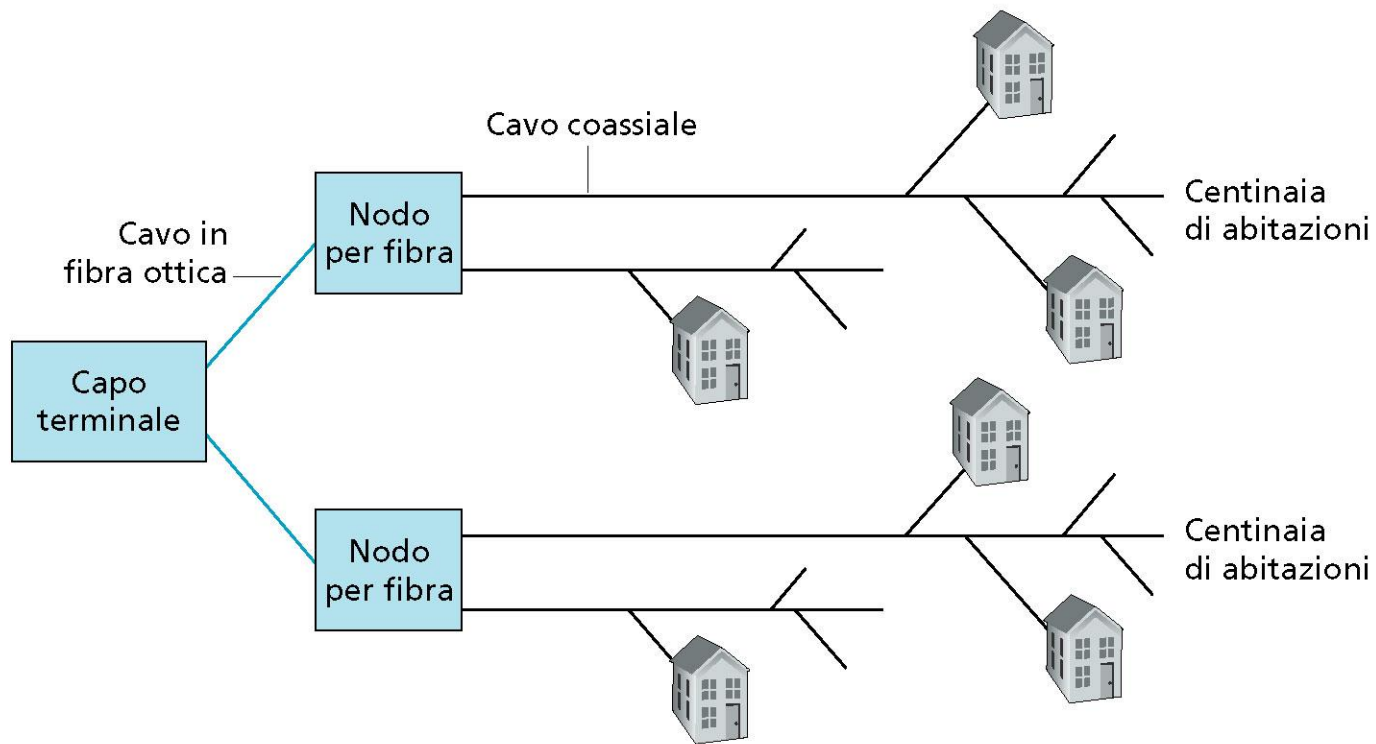


## DMT (discrete multitone technique)

- Una importante caratteristica della DSL è che consente la **connessione sempre attiva**, cioè l'utente può utilizzare il computer e restare collegato in modo persistente a un ISP, e allo stesso tempo, può usare il telefono.



Schema di una tipica rete domestica

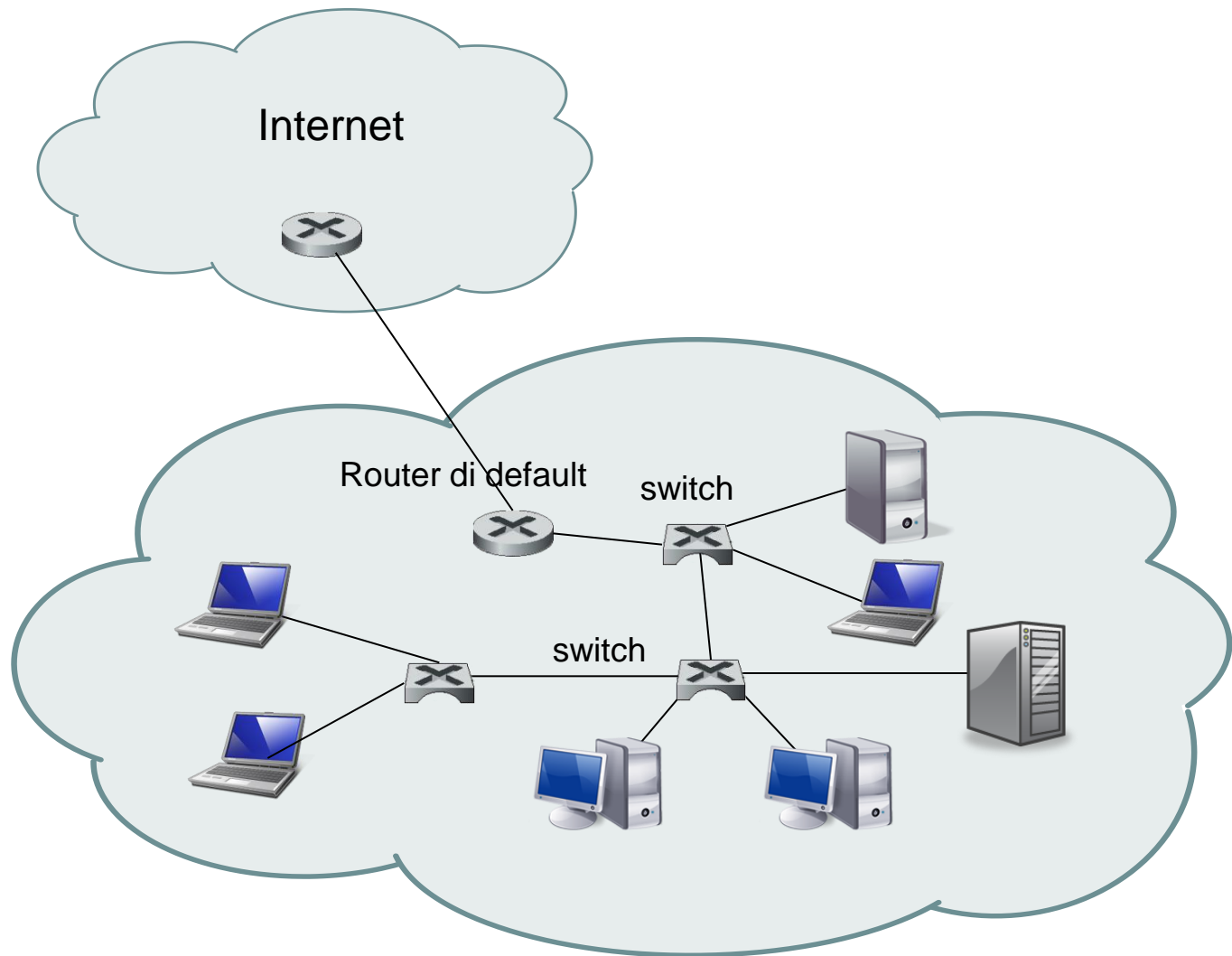


Una rete di accesso ibrida fibra-coassiale.

# Accesso aziendale

- Nelle società o nelle università, una rete **LAN** (**Local Area Network**) viene utilizzata per collegare i computer a Internet.
- Ci sono differenti tipi di tecnologie LAN. La rete **Ethernet** è attualmente la tecnologia di accesso più diffusa per le reti locali.
- La velocità di trasmissione di Ethernet è di 10 Mbit/s (obsoleta), 100 Mbit/s, 1 Gbit/s e 10 Gbit/s.
- La tecnologia Ethernet più recente è la **Ethernet commutata** che usa gli **switch** per connettere tra loro i computer. La connessione tra calcolatori e switch si ottiene fisicamente con cavi UTP. Vari switch possono essere connessi ad un **router di default** che ha il compito di instradare i pacchetti indirizzati all'esterno della LAN. La figura seguente mostra un semplice schema di Ethernet commutata.

# Accesso aziendale



Ethernet commutata

# Accesso wireless

- Oggi, esistono due ampie classi di accesso wireless a Internet.
  - **Wireless LAN**, in cui gli utenti con dispositivi mobili comunicano con una stazione base detta **punto di accesso wireless**, entro un raggio inferiore a **cento metri**. La stazione base è connessa a Internet.
  - **Wireless in area geografica**, in cui la stazione base è gestita da un gestore di servizi di telecomunicazione e serve gli utenti entro un raggio di una **decina di chilometri**.
- La LAN wireless (IEEE 802.11) nota anche come wireless Ethernet e Wi-Fi, è una tecnologia che attualmente è molto diffusa. La tecnologia 802.11b fornisce una banda condivisa di 11 Mbit/s, la 802.11g consente velocità di trasmissione fino a 54 Mbps, la 802.11n fino a 300Mbps.

Standard	Frequenza	Velocità di trasmissione (Mb/s)	Modulazioni utilizzate
802.11b	2,4 GHz	1, 2, 5.5, 11	DBPSK, DQPSK
802.11g	2,4 GHz	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54	DBPSK, DQPSK, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
802.11n	2,4 GHz, 5,4 GHz	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54, 125, 144, 300	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM

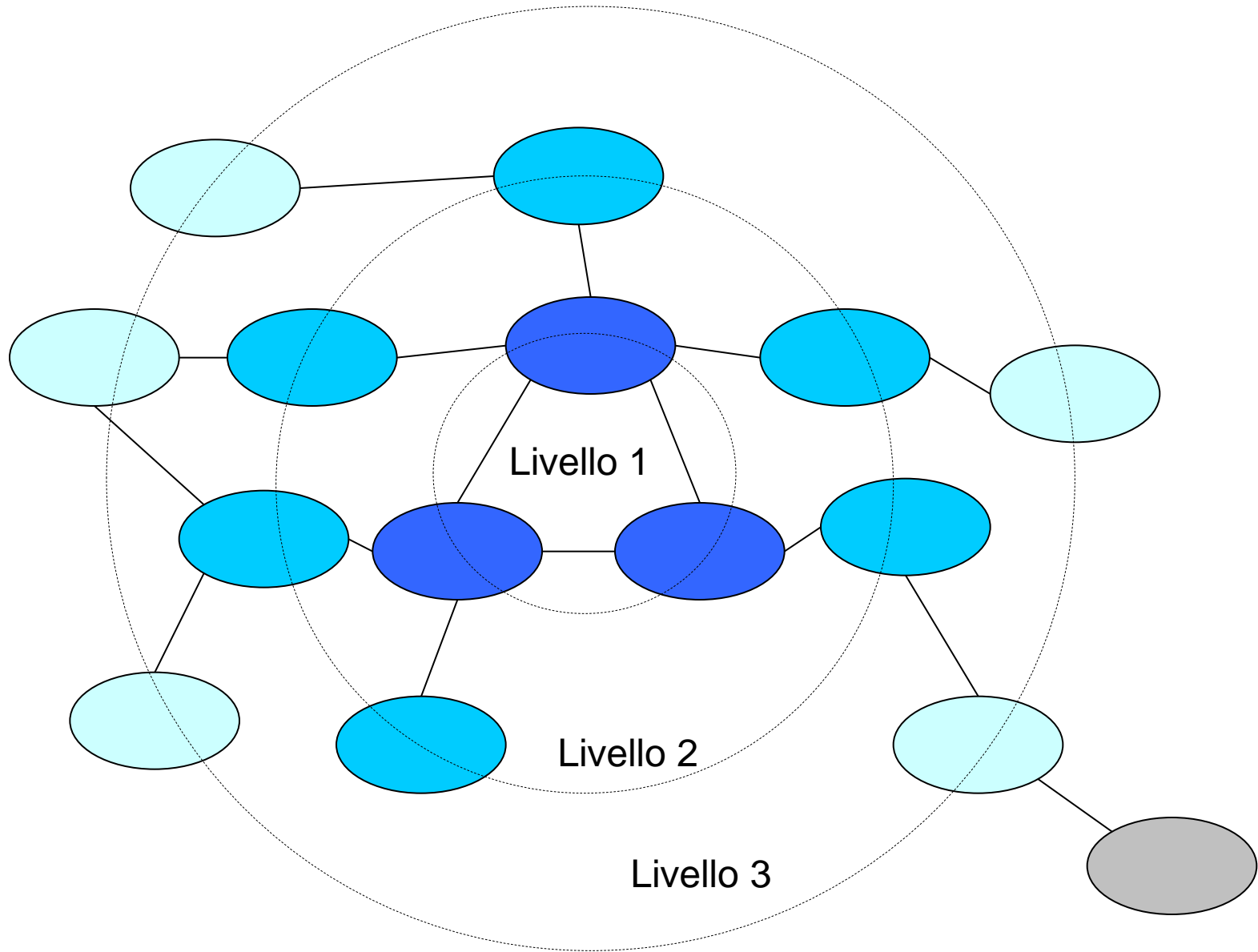
- WiMax (IEEE 802.16) è una tecnologia wireless che consente velocità di trasmissione di oltre 10 Mbit/s su distanze di decine di chilometri.



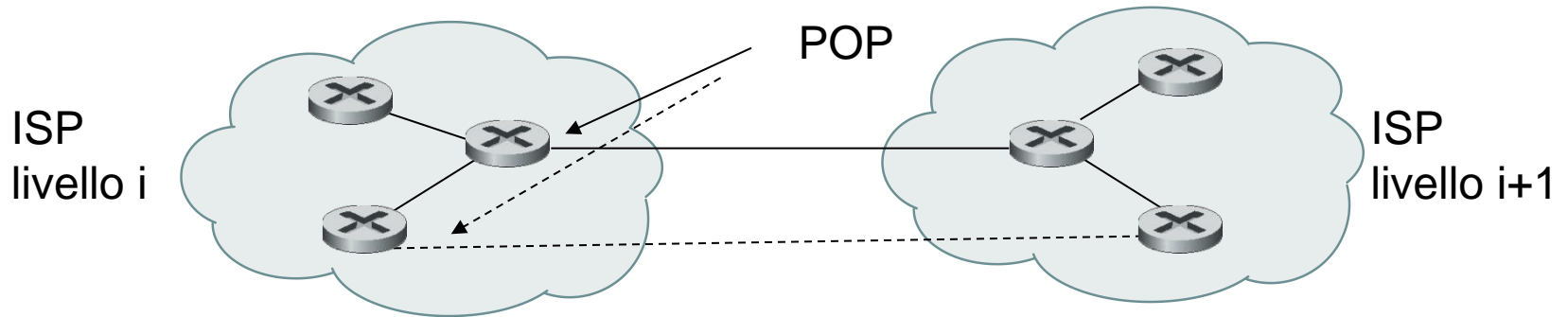
# Gli ISP e le reti dorsali di Internet

- Le reti di accesso di cui abbiamo parlato, sono connesse al resto di Internet attraverso una gerarchia a livelli di **fornitori di servizi Internet (ISP, Internet Service Provider)**, come mostrato in figura.
- Gli **ISP di livello 1** costituiscono la rete **dorsale di Internet**, sono un numero piuttosto piccolo (ne fanno parte UUNet, AT&T, Sprint ecc.). Hanno link che arrivano a velocità di trasmissione superiori ai 622 Mbit/s, e i più importanti hanno linee a velocità comprese tra i 2,4 Gbit/s e i 10 Gbit/s. Per ottenere queste elevate velocità utilizzano router ad alte prestazioni e fibre ottiche.
- Gli ISP di accesso residenziali e gli ISP aziendali che utilizzano le LAN costituiscono i livelli più esterni di questa gerarchia.

# Interconnessione di ISP

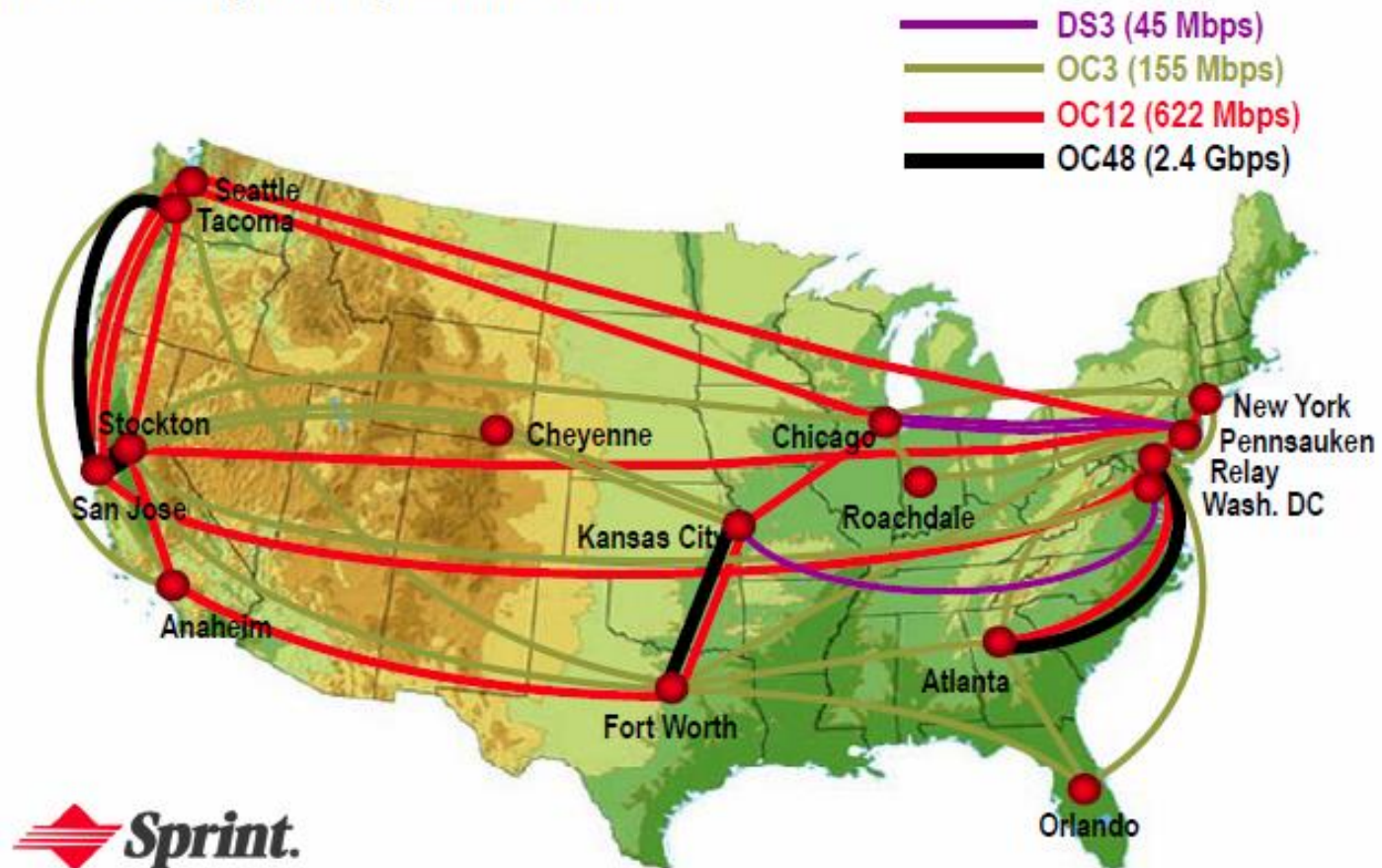


I punti nei quali un'ISP si connette ad altri ISP prendono il nome di **punti di presenza (POP, Points of Presence)**. Un POP è costituito da uno o più router.



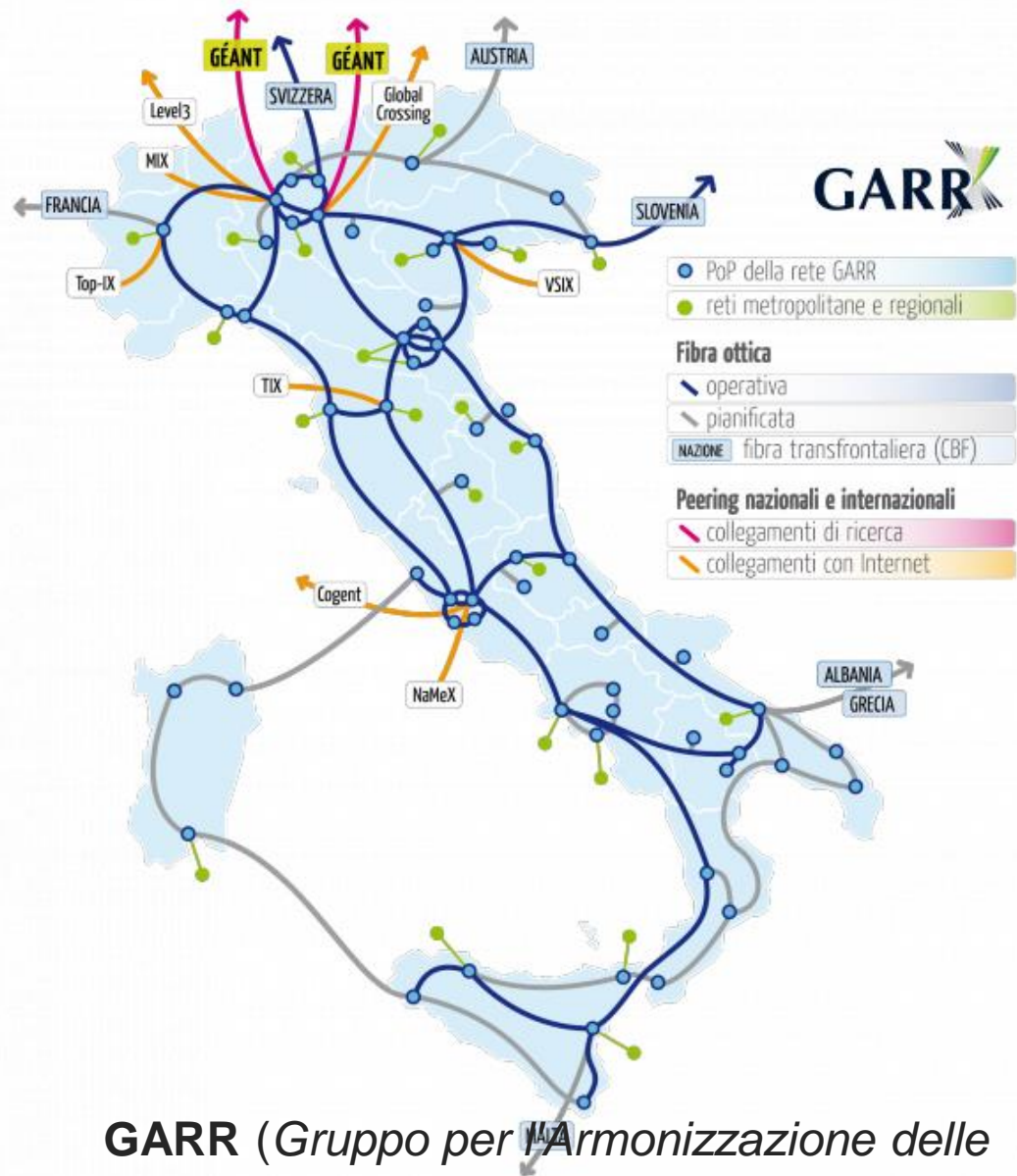
- La topologia di Internet è formata da decine di ISP di livello 1 e 2 e migliaia di ISP di livello inferiore.
- Gli ISP possono coprire zone che variano da superfici di piccole dimensioni a superfici relative a varie nazioni.
- Gli utenti sono clienti degli ISP di livello inferiore, e gli ISP di livello inferiore sono utenti degli ISP di livello superiore.

## La dorsale Sprint negli Stati Uniti





## La dorsale South East Asia–Middle East–Western Europe 4



**GARR** (*Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti della Ricerca*)