

Università di Roma Tor Vergata
Corso di Laurea triennale in Informatica
Sistemi operativi e reti

A.A. 2019-2020

Pietro Frasca

Parte II

Lezione 3 (27)

Giovedì 19-03-2020

Lezione on line

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 DSL.
- Varie coppie di **doppino** sono usate per realizzare varie categorie di cavo nelle reti locali (LAN).
- Spesso, questi cavi sono chiamati cavi ethernet.



Doppino



Doppini impaccati

- La velocità di trasmissione delle LAN attuali che usano i cavi ethernet è di 10 Mbit/s (obsoleta), 100 Mbit/s, 1 Gbit/s e 10 Gbit/s.
- Le LAN utilizzano vari tipi di cavo tra i quali **categoria 5** (in disuso), **5e** (1 Gbit/s), **6** (10 Gbit/s), **6A** (10 Gbit/s) e **7** (10 Gbit/s).
- Tutti i tipi di cavo ethernet usano il connettore RJ45. I cavi si differenziano per le prestazioni raggiungibili e per il livello di immunità alle interferenze. Le principali categorie di cavi ethernet sono le seguenti:
 - **CAT 5 (in disuso)**: cavi in grado di arrivare a una velocità massima di trasmissione di 100 Mbps (Fast Ethernet) con larghezza di banda fino a 100 MHz.
 - **CAT 5e (CAT 5 enhanced)**: è un potenziamento della precedente categoria 5; permette una velocità di trasmissione massima di 1 Gbit/s (Gigabit).
 - **CAT 6** è in grado di offrire velocità di trasmissione fino a 10 Gbps con larghezza di banda fino a 250 MHz.

- **CAT 6A** è un miglioramento della categoria 6 con un raddoppio di banda fino a 500 MHz e riduce ulteriormente le interferenze.
- **CAT 7** è la categoria di cavo con migliori prestazioni, con velocità di 10 Gbps e una larghezza di banda di 600 Mhz. Riduce le interferenze al minimo.
- Una caratteristica importante dei cavi ethernet è la **schermatura**. La schermatura è indicata sul cavo con delle sigle, come **UTP, STP, FTP**.



Cavo UTP

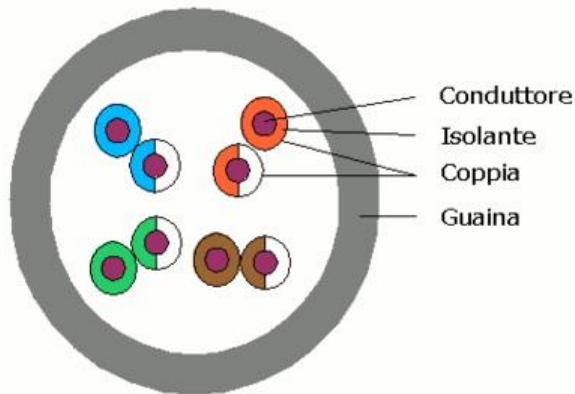


Connettore RJ-45

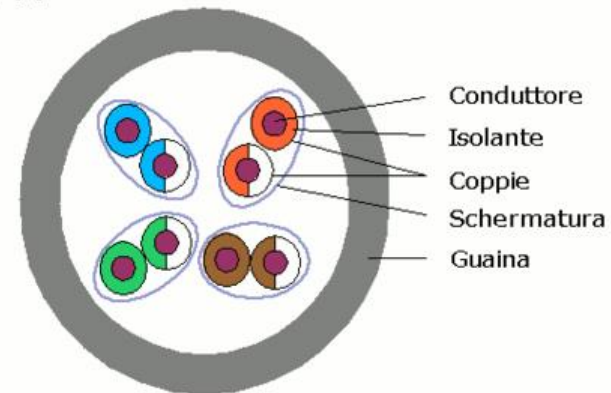
- Generalmente, ogni tipo di cavo è identificato con una coppia di sigle, che indicano la velocità di trasmissione e il tipo di schermatura, per la protezione contro le interferenze

- **UTP (Unshielded Twisted Pair)**, indica cavi senza schermatura.
- **STP (Shielded Twisted Pair) e FTP**: indicano cavi con schermatura aggiuntiva contro le interferenze. I cavi STP e FTP sono più costosi degli UTP, ma permettono di coprire distanze maggiori limitando al massimo le interferenze. Con FTP si indicano cavi con schermatura di tutti i fili, mentre con STP si indicano cavi con la schermatura a coppie di fili.

UTP

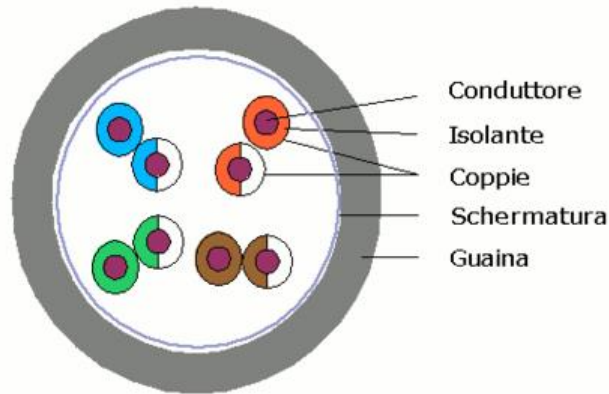


STP

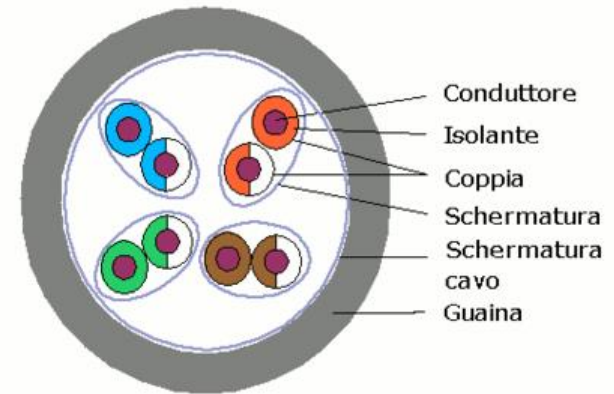


- I cavi con doppia schermatura si indicano con le sigle **S-STP** e **S-FTP (Screened Shielded Twisted Pair)**

S/UTP - FTP - S/FTP



S/STP



Cavi coassiali

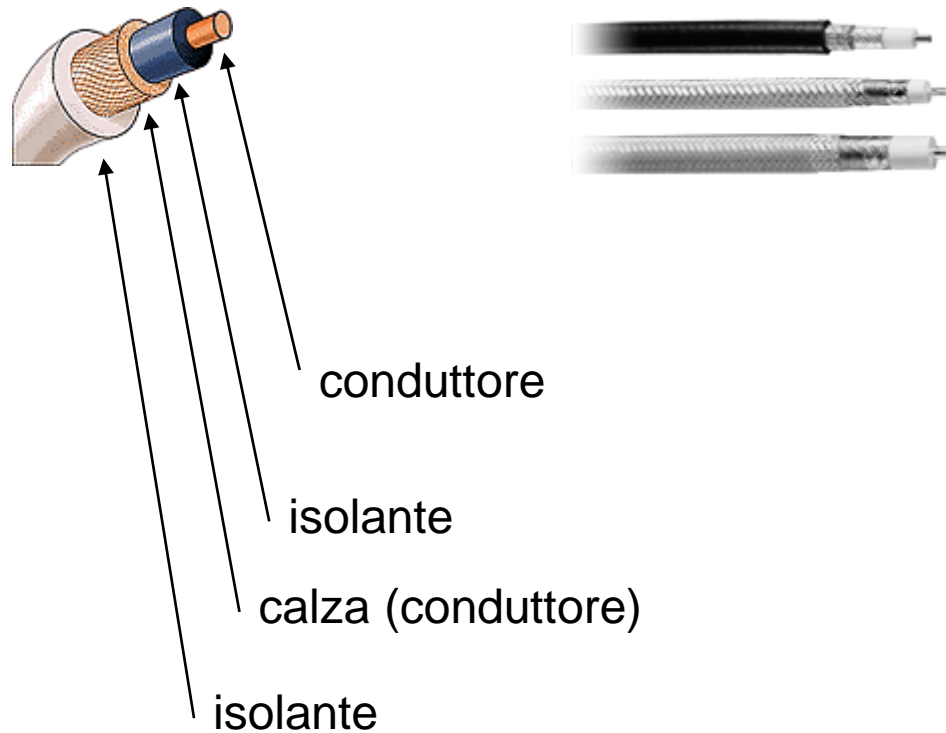
I cavi coassiali consistono di due conduttori in rame concentrici. Consentono una velocità di trasmissione dati più elevata dei doppini. I cavi coassiali sono di due tipi:

a) cavo coassiale in **banda base**;

b) cavo coassiale in **banda traslata**.

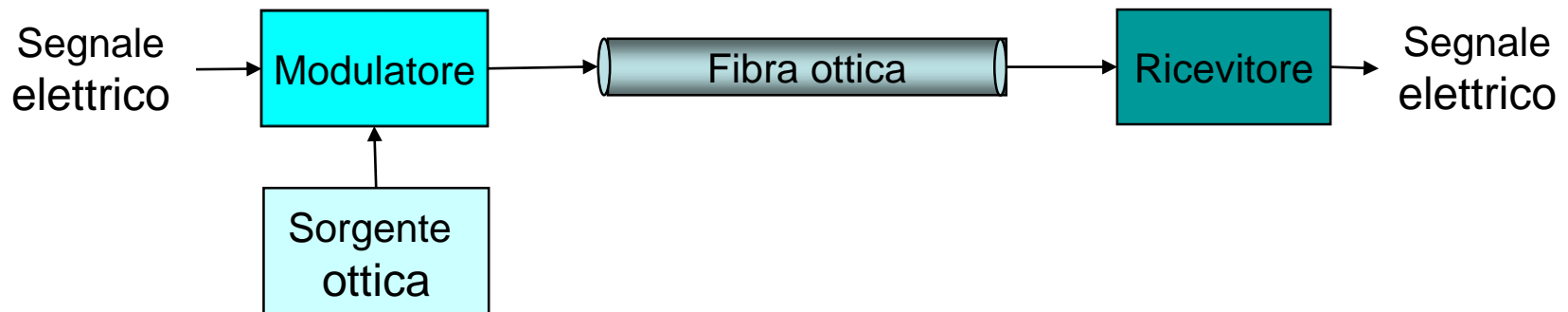
- Il cavo coassiale in banda traslata, detto **cavo a 75 ohm**, è leggermente più spesso di quello in banda base. E' usato negli impianti di TV via cavo.
- Nelle tecnologie che utilizzano il cavo coassiale in banda traslata, il trasmettitore modula il segnale digitale traslandolo su una specifica banda 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.

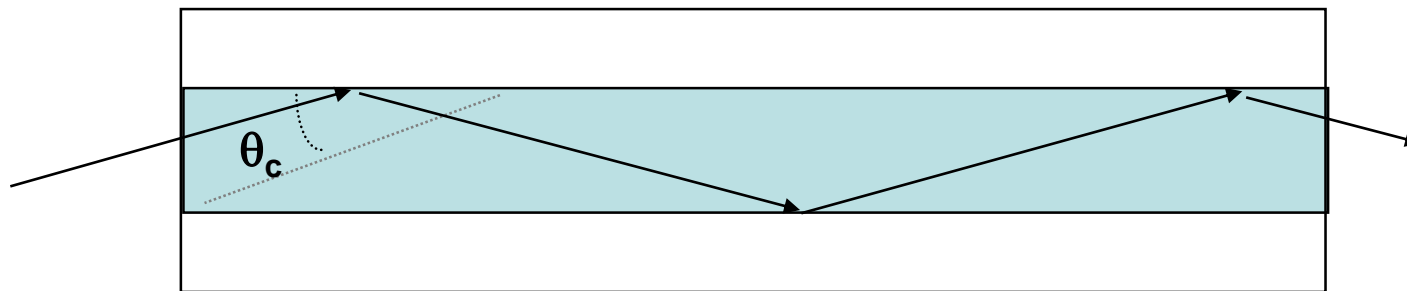
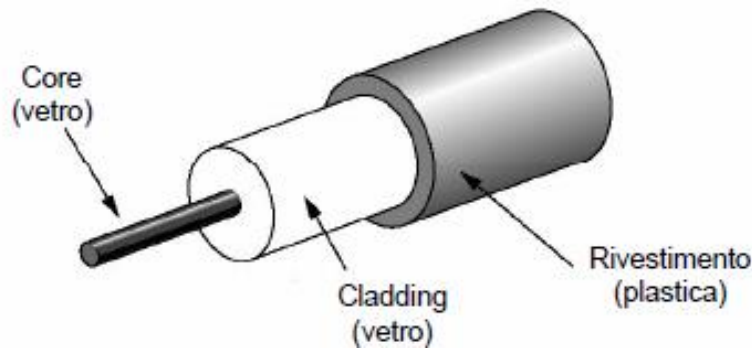
- Di solito, molti host possono essere collegati direttamente al cavo, e tutti gli host ricevono tutti i segnali che vengono trasmessi dagli altri host.



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 di trasmissione del collegamento corrisponde a **$n \times 51.8$** Mbps.

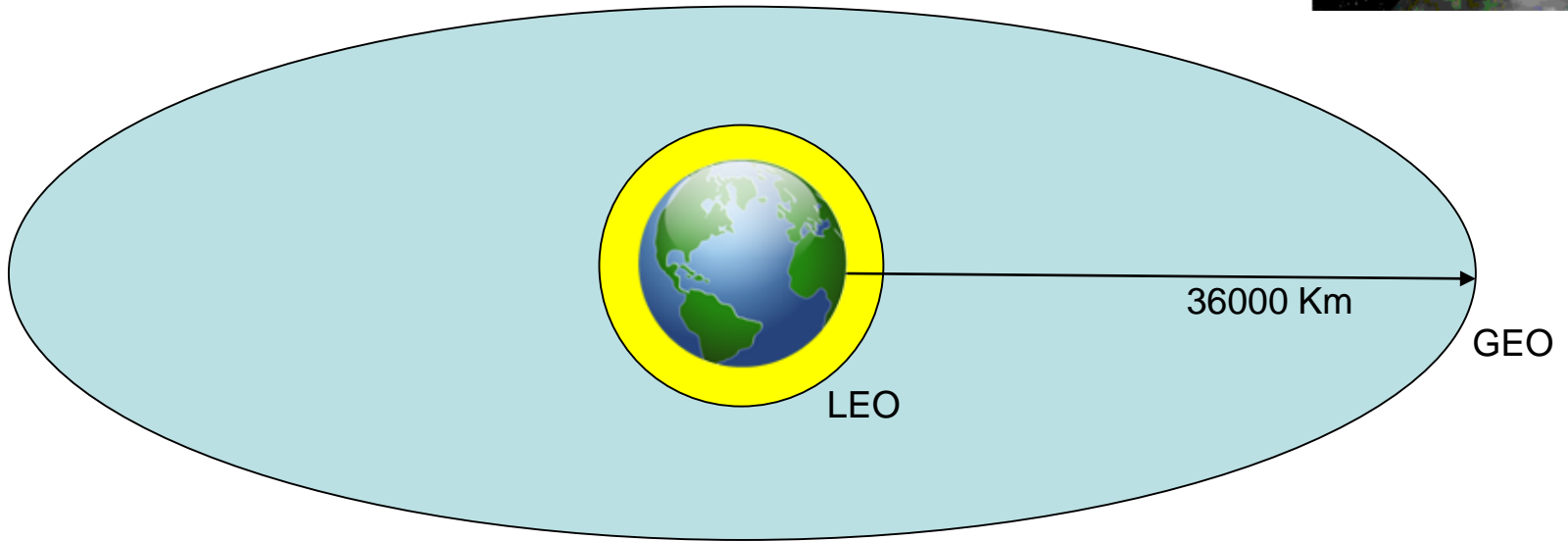
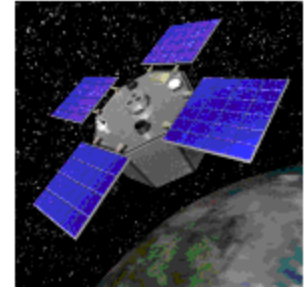
Canali radio terrestri

- 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 ($36.000 * 2 / 300.000$).

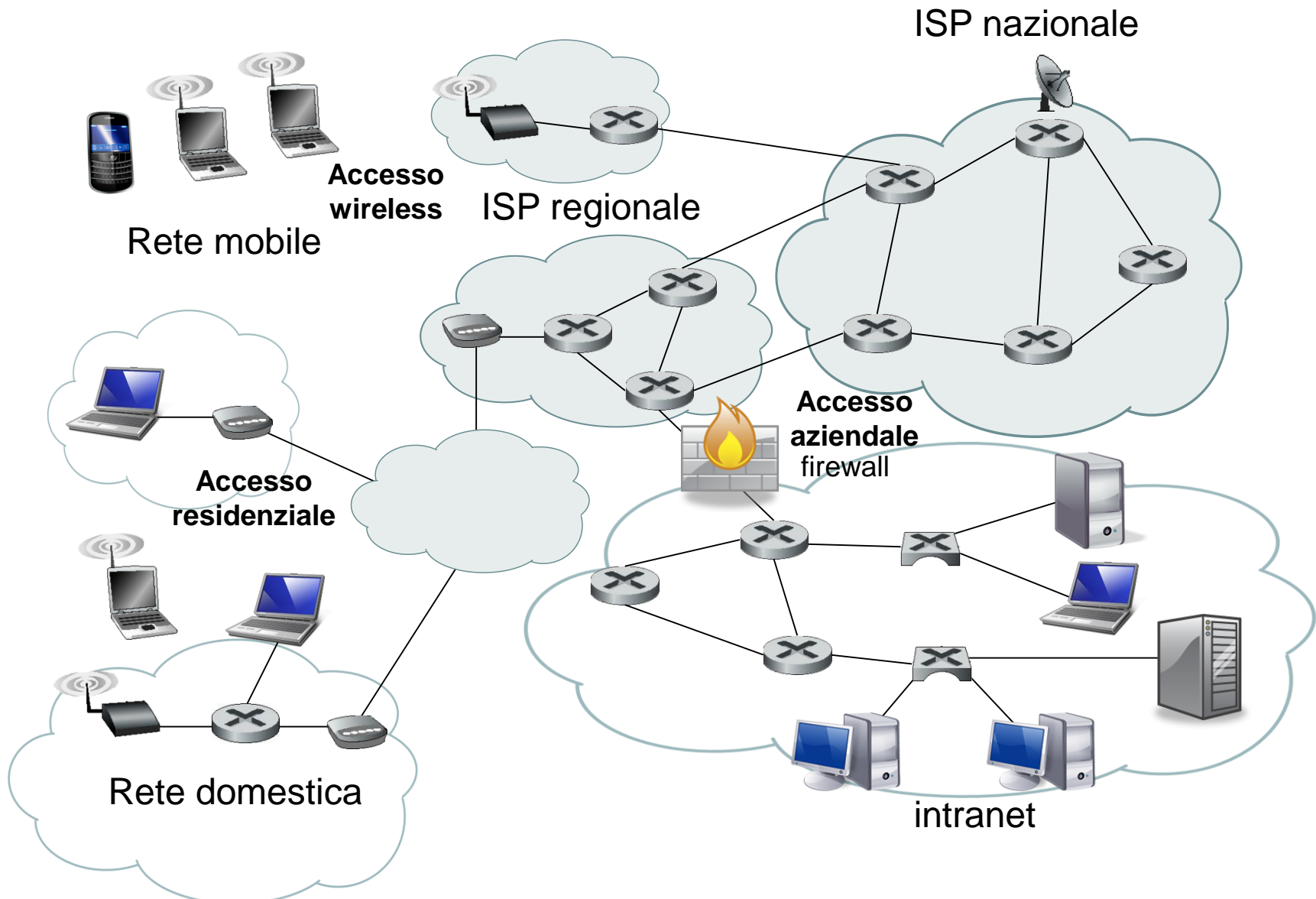
- I collegamenti via satellite, con velocità di trasmissione di centinaia di Mbit/s, sono spesso usati nelle reti telefoniche e nelle reti dorsali di Internet.
- I **satelliti a orbita bassa** sono posti su orbite più vicine alla Terra a distanze comprese tra 160 e 2000 Km. Non sono fissi in corrispondenza 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.



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 smarthphone.
- 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

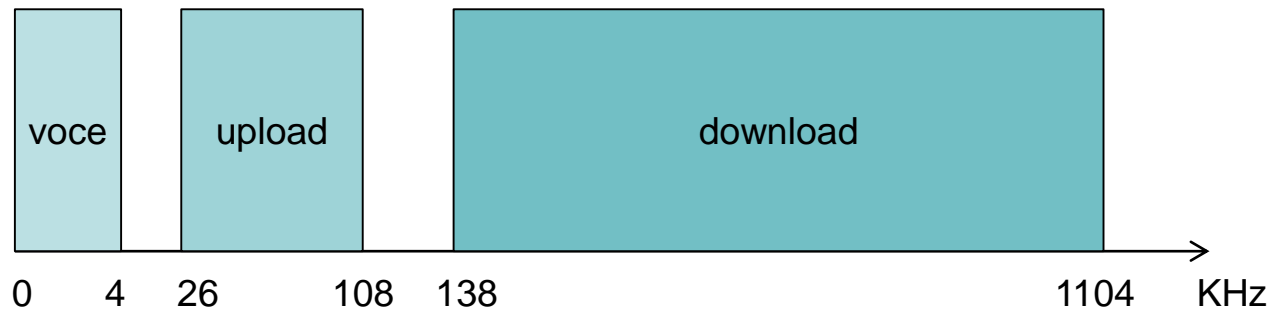


Accesso residenziale

- **DSL (*Digital Subscriber Line, Linea Digitale Asimmetrica per abbonati*)** 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. HFC usa le reti per trasmissioni televisive via cavo, basate su cavo coassiale.
- **DSL (o xDSL)** è una famiglia di tecnologie di trasmissione utilizzate per l'accesso residenziale a Internet progettata per funzionare con le reti telefoniche cablate esistenti, basate su doppino telefonico.
- Le velocità di trasmissione sono generalmente asimmetriche nelle due direzioni, con velocità maggiore dalla rete dell'ISP verso casa (download) che da casa verso la rete dell'ISP (upload). Questa asimmetria è dovuta al comportamento dell'utente che generalmente è più un consumatore che un produttore di informazioni.

- Gli accessi a internet DSL sono considerati a "banda larga", e hanno ormai quasi totalmente sostituito sia i modem analogici di tipo dial-up, che consentono velocità trasmissive massime di 56 kbit/s in download e 48 kbit/s in upload (standard V.92), sia le linee ISDN che arrivano fino a 128 kbit/s (utilizzando doppio canale a 64 kbit/s) simmetrici.
- La banda trasmissiva in ricezione e trasmissione varia a seconda della particolare tecnologia DSL, delle condizioni della linea e del livello di servizio.
- 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.
- In questi ultimi anni sono state standardizzate e utilizzate diverse tipologie di tecnologie DSL, che comprendono *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*, *ADSL2*, *ADSL2+*, *VDSL (Very-high-bit-rate digital subscriber line)*, *VDSL2*, *VDSL2+* e altre.

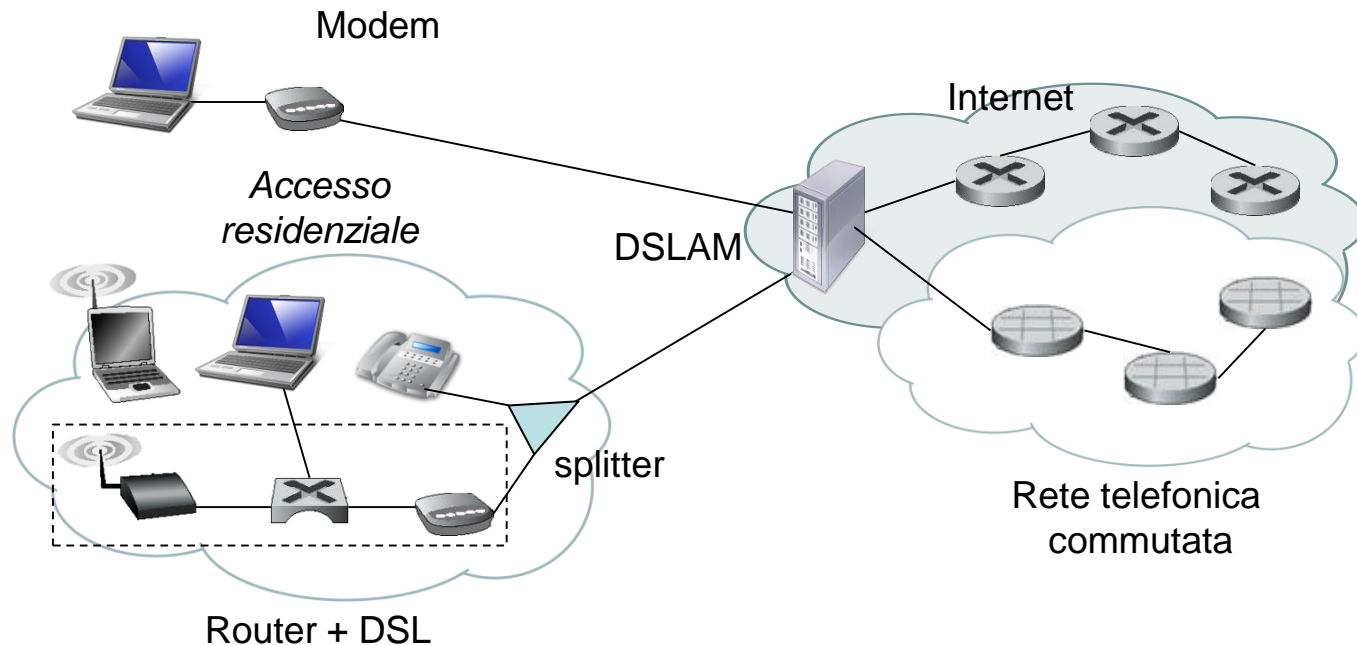
- La DSL usa tecniche FDM (multiplazione a divisione di frequenza). In particolare, la larghezza di banda della linea di comunicazione tra l'abitazione e ISP (detta ultimo miglio) è divisa in tre bande di frequenza:
 - **canale telefonico**, nella banda da 0 a 4 kHz.
 - **canale in *upstream*** a media velocità, nella banda di frequenze intermedie comprese tra F_{u1} e F_{u2} ;
 - **canale in *downstream*** ad alta velocità, nella banda delle frequenze più alte, comprese tra F_{d1} e F_{d2} .



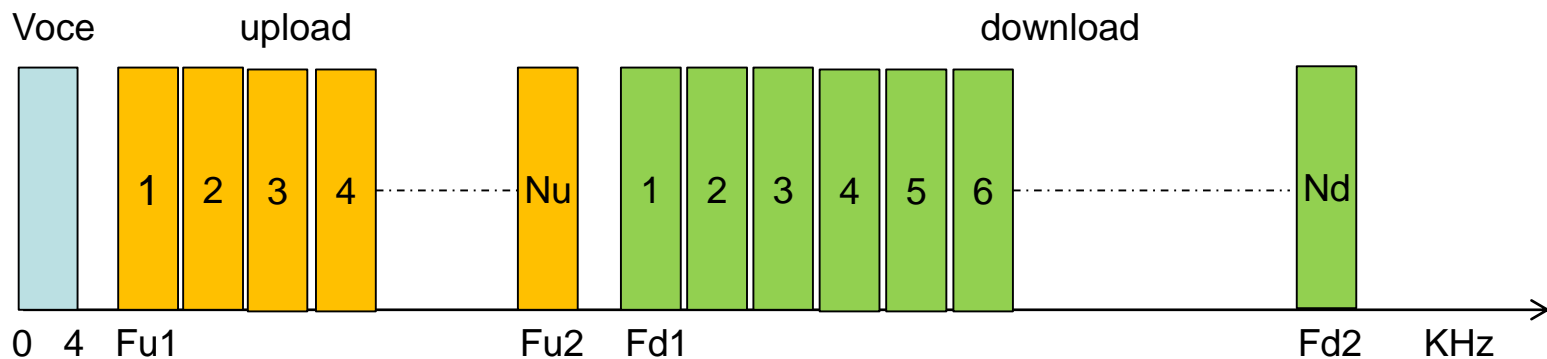
Suddivisione della larghezza di banda con l'ADSL

- Il valore delle frequenze F_{u1} , F_{u2} , F_{d1} e F_{d2} varia a seconda del tipo di tecnologia DSL. Ad esempio i valori di tali frequenze per ADSL, mostrate nella figura precedente, valgono rispettivamente 26 KHz, 108 KHz, 138 KHz.
- Il doppino telefonico in rame era stato progettato, e viene tuttora usato, per la comunicazione in voce, che utilizza una banda di frequenza compresa tra tra 300 e 3.400 hertz. Tuttavia, il doppino ha una banda passante molto più estesa.
- Per utilizzare tutta la banda effettivamente disponibile, vengono utilizzate tecniche di moltiplicazione a divisione di frequenza (FDM) per separare il segnale vocale (sotto i 4 kHz) dal traffico dati in upload e in download.
- Il collegamento DSL consiste in un modem DSL, posto a casa dell'utente, e da un DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) nella centrale telefonica, generalmente posto nell'armadietto su strada (cabinet).

- La separazione tra il segnale vocale e dati viene effettuato tramite appositi filtri detti **splitter** posti nel dispositivo dell'utente e nella centrale telefonica.
- La parte a bassa frequenza del segnale, cioè la fonia, viene inviata rispettivamente ai telefoni e ai commutatori telefonici preesistenti, preservando il servizio telefonico; la parte in alta frequenza, cioè la parte dati, ai DSLAM o al modem/router a casa dell'utente.



- La banda del canale trasmissivo viene suddivisa in sotto bande (canali) di circa 4 KHZ (4,3125 kHz).
- I canali compresi tra le frequenze F_{u1} e F_{u2} sono usati per l'upload, mentre quelli da F_{d1} e F_{d2} sono usati per il download.

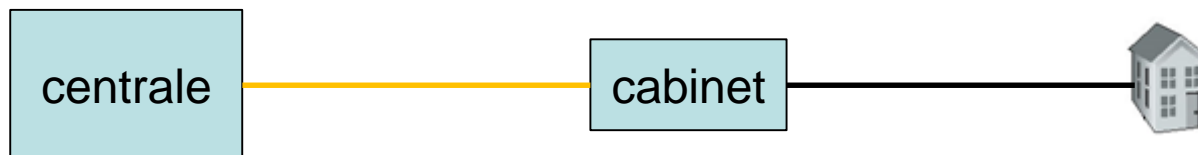


- La modulazione utilizzata è di tipo OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), una variante FDM. Pertanto i canali sono utilizzati in parallelo. Questa tecnologia permette di utilizzare i mezzi trasmissivi, come il doppino, soggetti a disturbi sotto forma di rumore e interferenza in modo adattativo.

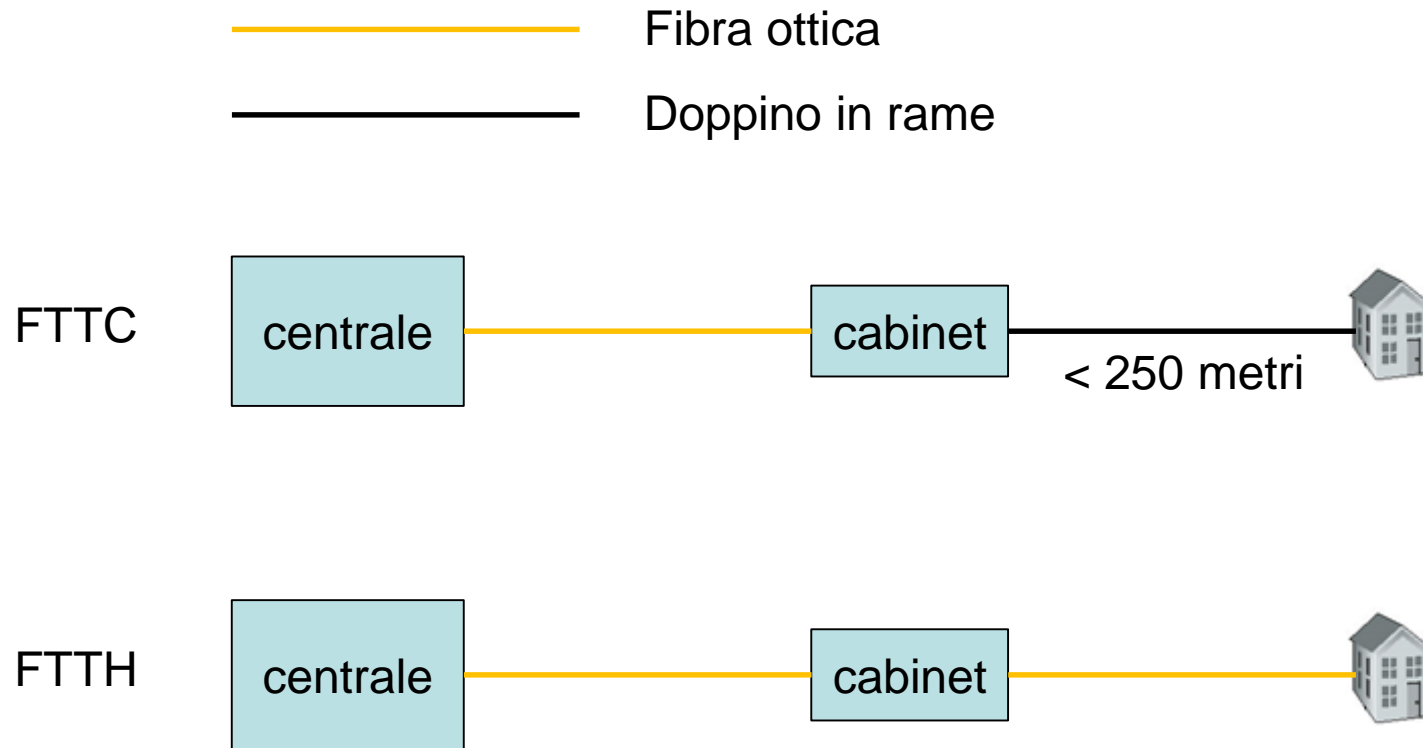
- Questa adattabilità è necessaria perché le linee di trasmissione basate su doppino hanno caratteristiche eterogenee (lunghezza, qualità del cavo, vetustà, etc) e sono soggette a forte attenuazione del segnale e a varie forme di interferenza, come ad esempio la diafonia (crosstalk). La velocità di trasmissione non è dunque costante e dipende dallo stato del mezzo trasmissivo.
- Al momento di stabilire la connessione, il modem ADSL e il DSLAM analizzano la qualità della linea su ciascun canale e decidono come utilizzare ciascun canale ("bits-per-bin allocation").
- Questa operazione è detta "sincronizzazione" del modem e può richiedere anche alcune decine di secondi.
- Nel selezionare i canali viene scelto un compromesso tra velocità di trasmissione e affidabilità. Più canali sono attivati per la comunicazione più è elevata la velocità di trasmissione. I modem sono in grado di adattarsi al variare delle condizioni della linea "spostando" bit tra canali ("bit swapping").

FTTC E FTTH

- Come previsto dalla normativa europea entro il 2020 il 100% della popolazione dei paesi membri dell'UE dovrebbe avere accesso a una connessione Internet domestica a banda *ultra larga*, cioè con velocità di almeno 30 megabit al secondo.
- Per fare questo, i vari operatori telefonici e fornitori di servizi Internet stanno investendo centinaia di milioni di euro per ammodernare le infrastrutture e portare la fibra ottica quanto più possibile vicino alle abitazioni degli utenti.
- Una connessione a rete fissa è costituita da un mezzo trasmissivo, che collega l'abitazione dell'utente o l'azienda alla cosiddetta *centralina (o armadio) di prossimità*, detta anche *cabinet*, la quale, a sua volta, è collegata alla centrale dell'ISP più vicina all'utente.



- La diversa combinazione di mezzi trasmissivi utilizzati per coprire queste due tratte, dall'utente alla centralina e da questa alla centrale, definisce il tipo di collegamento che, pertanto, è indicato con nomi differenti.



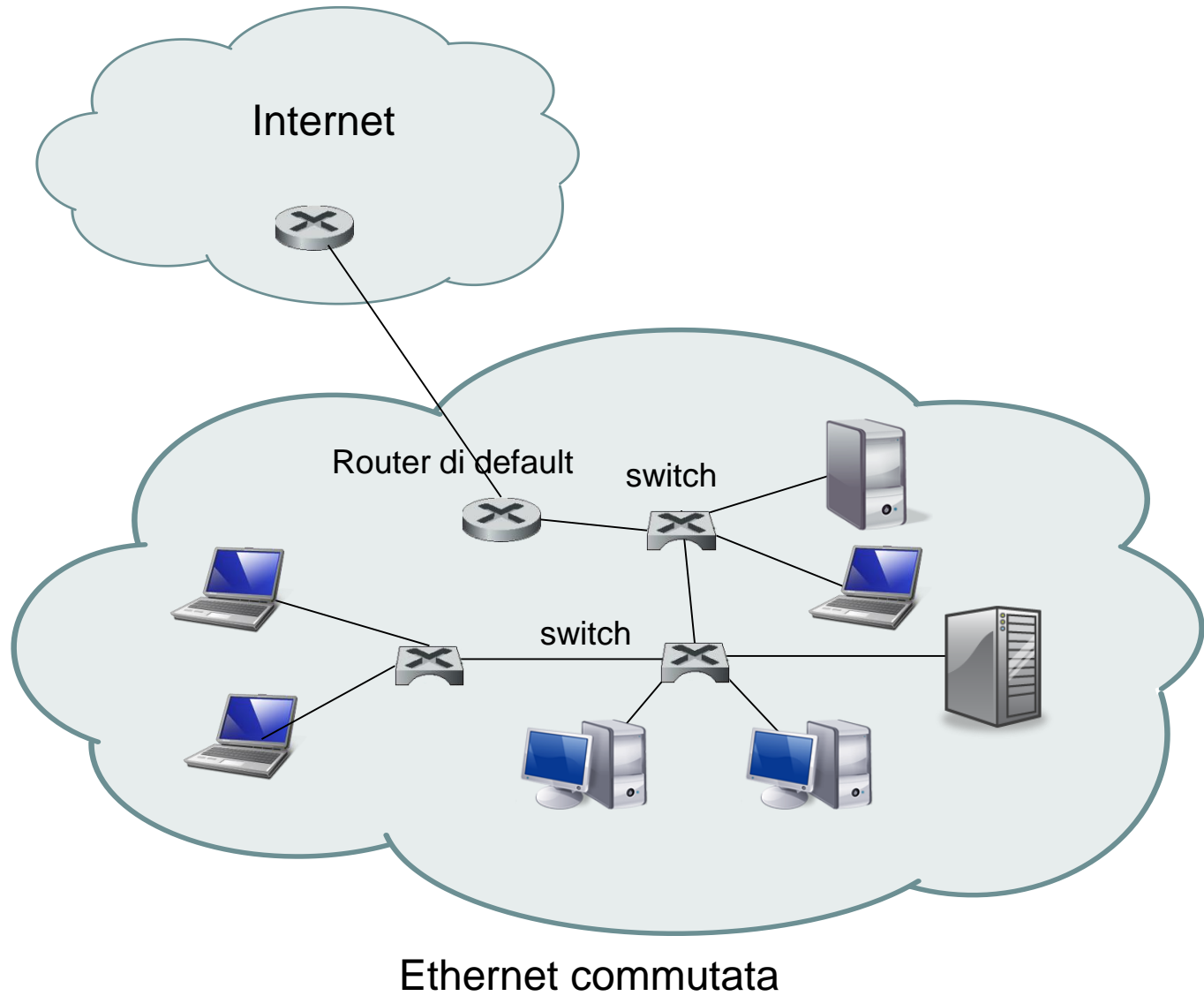
- I termini ***FTTS (Fiber to the Street)*** oppure ***FTTC (Fiber to the Cabinet)*** indicano collegamenti nei quali si usa la fibra ottica, per connettere la centrale con il cabinet, conservando il doppino di rame per il collegamento tra cabinet e il modem DSL a casa dell'utente. Quest'ultimo tratto, è solitamente di lunghezza inferiore ai 250-300 metri
- Con ***FTTH (Fiber To The Home)***, si indicano collegamenti in cui la fibra ottica è usata in entrambe le tratte, partendo dalla centrale ed arrivando fino all'interno della casa dell'utente.
- Con la **tecnologia *VDSL (Very High-speed Digital Subscriber Line)***, è possibile raggiungere, per brevi distanze, velocità di trasmissione dell'ordine delle centinaia di mbps. Tali elevate velocità sono state raggiunte grazie al *vectoring*, una tecnica di cancellazione del rumore o interferenza elettromagnetica che consente il passaggio di segnali a frequenze più elevate.

- **VDSL 2 enhanced** è una tecnologia standardizzata nel 2015, consente di incrementare la velocità di trasmissione fino a 350 mbps in download e 100 mbps in upload in una distanza inferiore ai 250 metri dall'armadio stradale.
- VDSL2 enhanced, è nominato anche con diverse sigle come e-VDSL2, VDSL2 vPlus e VDSL2 35b.
- In conclusione, la differenza tra le varie tecnologie DSL sta nella larghezza di banda utilizzata per la codifica dei dati. Le linee ADSL sono in grado di usare frequenze fino a 2,2 megahertz, la VDSL2 espande la banda passante arrivando ai 17 megahertz, mentre la VDSL2 enhanced raddoppia questo valore arrivando a 35 megahertz. Ciò consente di aumentare il numero di canali supportati dalla linea fino a 8192 consentendo velocità di trasmissione precedentemente indicate.
- E' da notare che più è alta la velocità di trasmissione e più è breve la distanza tra abitazione e cabinet.

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



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

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.