

Appunti di Fondamenti di Comunicazioni e Internet

Canale 1 · Reti · Prof.ssa Francesca Cuomo

Capitolo 1: Internet, reti di accesso e mezzi trasmissivi

Autore: Tommaso C.

Appunti tratti dalle lezioni in aula e dal materiale del corso

Argomenti: Internet come rete di reti · Protocolli · Periferia, accesso e nucleo
Client-server e peer-to-peer · Bit rate e latenza · LAN e WAN
Mezzi trasmissivi · Spettro, frequenza e banda

Indice

1	Che cos'è Internet	1
1.1	I protocolli	1
2	Struttura della rete: periferia, accesso e nucleo	2
2.1	Differenze tra periferia e nucleo	2
2.2	Client-server e peer-to-peer	3
3	Caratterizzare un collegamento: bit rate e latenza	3
4	Reti di accesso: cablate e wireless, LAN e WAN	4
5	Mezzi trasmissivi	5
5.1	Rame: doppino e cavo coassiale	5
5.2	Fibra ottica	5
5.3	Pro e contro dei mezzi guidati	6
5.4	Wireless: spettro, frequenza e lunghezza d'onda	6
5.5	La banda determina la velocità, non la frequenza	7

1 Che cos'è Internet

Definizione – Internet

Internet è una **rete di reti** (*inter-rete*): un insieme di reti, pubbliche e private, interconnesse e organizzate in modo **gerarchico**. Fornisce l'infrastruttura su cui funzionano le **applicazioni di rete**.

La rete di casa e quella dell'università sono **private**; l'informazione che parte da casa attraversa però anche un lungo tratto di rete **pubblica**.

Definizione – Componenti fisiche di una rete

- **Host** (*sistema terminale*): il dispositivo finale da cui si accede a Internet e su cui girano le applicazioni (smartphone, PC, portatile). Anche un **server** è un host.
- **Collegamento** (*link*): connette host e nodi; può essere in rame, in fibra ottica o wireless.
- **Router** (in generale *commutatore*, *switch*): il dispositivo posto a un incrocio della rete, che instrada l'informazione in transito. Si chiama router nella rete Internet; in altre reti ha nomi diversi.

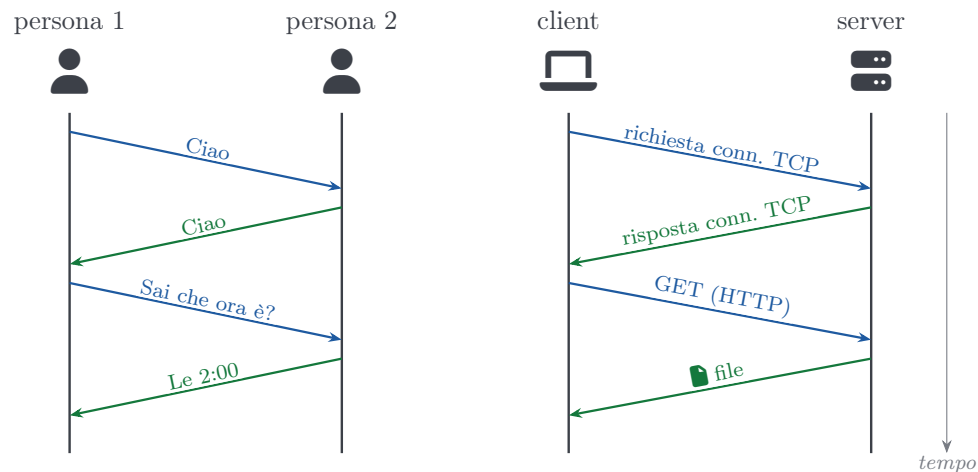
I collegamenti sono le **strade** di Internet e i router gli **incroci**, con un dispositivo al centro che decide come far proseguire l'informazione.

1.1 I protocolli

Definizione – Protocollo

Un **protocollo** definisce il **formato** e l'**ordine** dei messaggi scambiati fra due o più entità in comunicazione, e le **azioni** intraprese alla trasmissione o alla ricezione di un messaggio o di un altro evento.

L'**architettura di rete** comprende la struttura fisica (host, collegamenti, router) e i protocolli, che governano tutta la comunicazione in Internet. Anche fra persone esistono protocolli: regole note a entrambi gli interlocutori, come una lingua o i gesti.

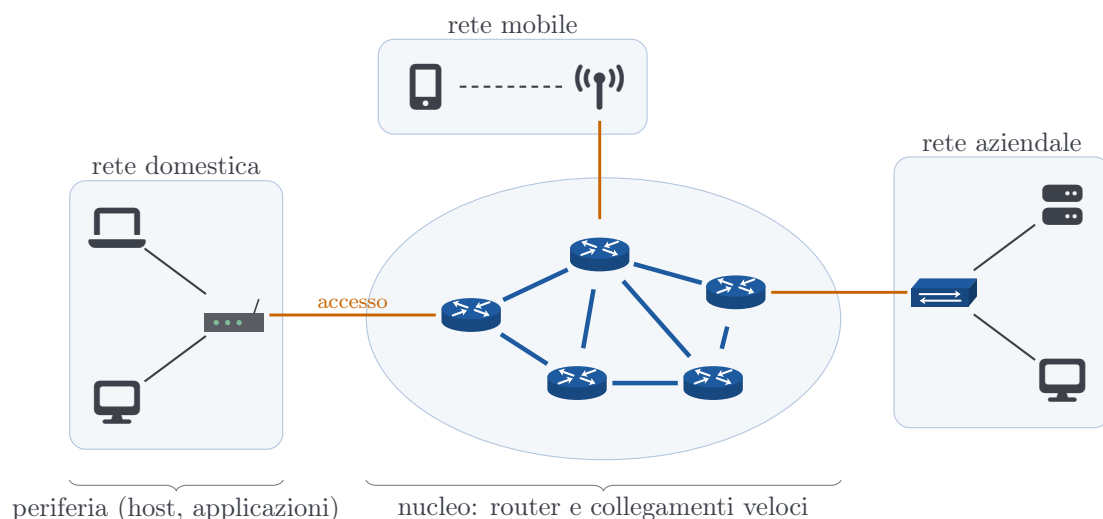


In entrambi i casi contano l'ordine dei messaggi e la reazione a ciascuno. Esempi di protocolli sono TCP, IP, HTTP ed Ethernet: la **P** finale di molti acronimi sta per *protocol* (IP è l'*Internet Protocol*).

2 Struttura della rete: periferia, accesso e nucleo

Nella rete si distinguono tre aree:

1. **periferia** (*ai confini della rete*): host e applicazioni;
2. **reti di accesso**: i collegamenti fisici, cablati o wireless, che connettono gli host al resto della rete;
3. **nucleo** (*rete centrale, dorsale o backbone*): router interconnessi, la rete delle reti.



2.1 Differenze tra periferia e nucleo

- **Utenti**: nella periferia la rete è piccola e gli utenti pochi (la rete di casa, il Wi-Fi dell'aula); nel nucleo passa l'informazione di moltissimi utenti.

- **Velocità:** il nucleo, come le autostrade, ha i bit rate più alti.
- **Mezzi e protocolli:** le reti periferiche sono molto eterogenee; il nucleo ha due soli tipi di elementi, router e collegamenti tra router, oggi in fibra ottica.
- **Risorse:** nel nucleo sono sempre **condivise**; verso la periferia possono diventare **dedicate**, ma non è detto. Il Wi-Fi dell'aula è periferico, eppure tutti usano lo stesso collegamento.

Il server è un host e sta tipicamente in una rete periferica dedicata (per esempio un data center). La comunicazione fra reti periferiche diverse passa sempre attraverso il nucleo.

2.2 Client-server e peer-to-peer

Ai confini della rete girano le **applicazioni**: tutto ciò che si interfaccia con l'utente (WhatsApp, posta, browser) è un'applicazione in esecuzione su un host.

Definizione – Architetture delle applicazioni

- **Client-server:** i ruoli **non sono alla pari**. Il **client** chiede un servizio, il **server**, su un altro host, risponde. È l'architettura più diffusa: web, posta elettronica, WhatsApp, ChatGPT.
- **Peer-to-peer (P2P):** gli host comunicano **alla pari**, direttamente, con uso limitato o nullo di server dedicati. Esempi: BitTorrent, alcuni videogiochi.

Anche un messaggio WhatsApp a un amico passa dal server, non va direttamente al suo telefono. Allo stesso modo un collegamento diretto non è per questo peer-to-peer: nell'uso comune del Bluetooth (auto e telefono) la comunicazione è client-server, come con il Wi-Fi.

3 Caratterizzare un collegamento: bit rate e latenza

Definizione – Bit rate

Il **bit rate** (velocità di trasmissione) di un collegamento è il numero di bit trasmessi al secondo sul mezzo. Si misura in bit/s (bps) e multipli: kbit/s, Mbit/s, Gbit/s.

Nel gergo la velocità si chiama anche *banda*: si parla di comunicazioni a **larga banda** (*broadband*) e *ultra broadband*. In senso proprio la banda è un'altra grandezza, legata alla velocità (Sezione 5.5).

La richiesta di velocità cresce perché **cambiano le applicazioni**, non solo la dimensione dei file: un file grande si può trasmettere anche lentamente. Il cellulare, nato per la voce

Prefisso	Simbolo	Fattore	Esempio
kilo	k	10^3	64 kbit/s = 64 000 bit/s
mega	M	10^6	2,048 Mbit/s = 2048 kbit/s
giga	G	10^9	5 GHz = 5×10^9 Hz
tera	T	10^{12}	
peta	P	10^{15}	

Tabella 1: Prefissi decimali usati nel corso.

(1G analogico, poi il GSM digitale), con il **4G** si usa per i video e i video in tempo reale, e la velocità adatta alla voce non basta più.

Definizione – Latenza

La **latenza** è il tempo che intercorre tra un'azione e la ricezione della relativa risposta. Si misura in secondi e sottomultipli (tipicamente ms).

Bit rate e latenza sono parametri diversi: il primo dice quanti bit al secondo si trasmettono, la seconda quanto si aspetta la risposta. La bassa latenza la chiedono soprattutto i **videogiochi** e le **transazioni veloci**: fino al 4G era poco considerata, il **5G** è stato progettato anche per ridurla.

4 Reti di accesso: cablate e wireless, LAN e WAN

Le reti periferiche si distinguono in **cablate** (*wired*) e **wireless** (senza fili).

Reti cablate (wired)	Reti wireless
Fibra ottica	Wi-Fi (wireless LAN)
Rame: ADSL sul doppino telefonico	Bluetooth, NFC (corto raggio)
Ethernet	Rete mobile (cellulare)
Rete elettrica (dati sulle linee di alimentazione)	Rete satellitare

Tabella 2: Esempi di reti periferiche.

Definizione – LAN e WAN

Le reti si classificano anche per **estensione geografica** (*copertura*).

- Una **LAN** (*Local Area Network*) copre un'area piccola: la rete di casa, di un ufficio, di un'università.
- Una **WAN** (*Wide Area Network*) copre un'area geografica molto estesa.

Ogni rete wireless ha un elemento a cui gli host accedono senza fili: antenna, access point, stazione base, satellite. La sua **copertura**, cioè l'area in cui fornisce connettività, distingue una LAN da una WAN.

Rete	Tipo	Copertura indicativa
Wi-Fi	LAN	decine di metri
Rete mobile	WAN	chilometri, decine di chilometri
Rete satellitare	WAN	centinaia, anche migliaia di chilometri

Tabella 3: Copertura delle reti wireless.

Wi-Fi è un marchio commerciale, spesso sciolto come *Wireless Fidelity*; il nome tecnico è *wireless LAN*.

5 Mezzi trasmissivi

Definizione – Mezzo trasmissivo

Il **mezzo fisico** è ciò che sta tra trasmettitore e ricevitore.

- **Mezzi guidati** (cablati): il segnale si propaga lungo un mezzo fisico (doppino di rame, cavo coassiale, fibra ottica).
- **Mezzi a onda libera** (wireless): il segnale si propaga nell'atmosfera e nello spazio esterno.

5.1 Rame: doppino e cavo coassiale

- **Doppino intrecciato** (*twisted pair*, TP): due fili di rame distinti, attorcigliati l'uno sull'altro, lungo cui si propaga un segnale elettromagnetico. È il doppino telefonico.
- **Cavo coassiale**: due conduttori di rame **concentrici**, una guaina esterna e un filo interno; il segnale si propaga tra i due. È più robusto.

5.2 Fibra ottica

La **fibra ottica** è un tubicino di vetro finissimo. Il segnale non è elettrico ma **ottico**: luce, che si propaga per riflessione dentro il vetro.



Il **laser** inietta la luce nella fibra; all'altro capo un **fotodiodo** la riceve e la converte.

5.3 Pro e contro dei mezzi guidati

Proposizione – Mezzi guidati

Vantaggio: il segnale segue una strada propria, come in uno scivolo; è meno soggetto a interferenze e quindi più stabile. Oggi non è necessariamente più veloce.

Svantaggio: la fisicità. Il cavo deve collegare chi comunica e va installato: il costo sta nell'**installazione**, non nel materiale.

Come materiale il più costoso dei tre è il cavo coassiale, più grosso e rivestito da guaine; la fibra costa pochissimo. Lo scavo per posarla costa invece circa 70–100 euro al metro. Per questo il passaggio dal rame alla fibra è stato lento: gli scavi per il doppino esistevano già e l'ADSL è bastata finché ha retto le velocità richieste.

5.4 Wireless: spettro, frequenza e lunghezza d'onda

Nella comunicazione wireless il mezzo è l'aria (l'*etere*) e si usa lo **spettro elettromagnetico**.

Definizione – Frequenza e lunghezza d'onda

Un segnale elettromagnetico si caratterizza con la sua **frequenza** f , in **hertz** (1 Hz = 1/s), o con la **lunghezza d'onda** λ , inversamente proporzionale:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

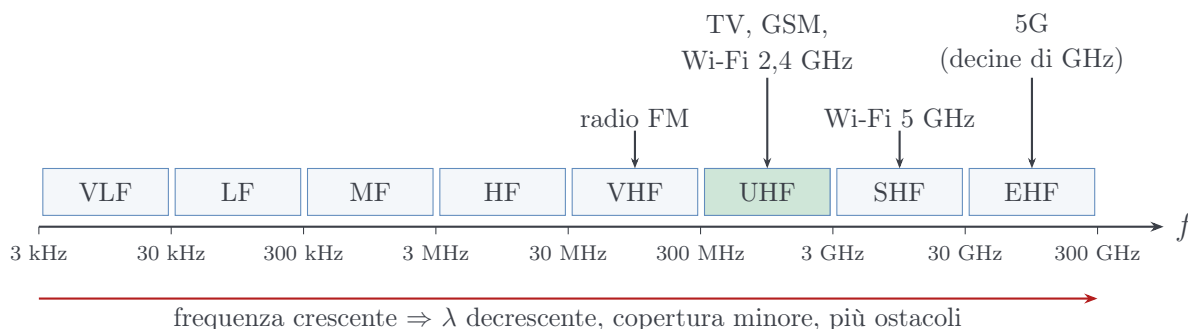
Alta frequenza significa lunghezza d'onda piccola, e viceversa.

Proposizione – Frequenza e ostacoli

In prima approssimazione, un'onda viene **bloccata da oggetti di dimensione paragonabile alla sua lunghezza d'onda**.

- A **bassa frequenza** (λ grande) il segnale è fermato solo da oggetti grandi (edifici, montagne) e arriva lontano.
- Ad **alta frequenza** (λ piccola) è fermato presto: da muri, persone, foglie, pioggia, goccioline di vapore.

Più si sale in frequenza, più la copertura si riduce.



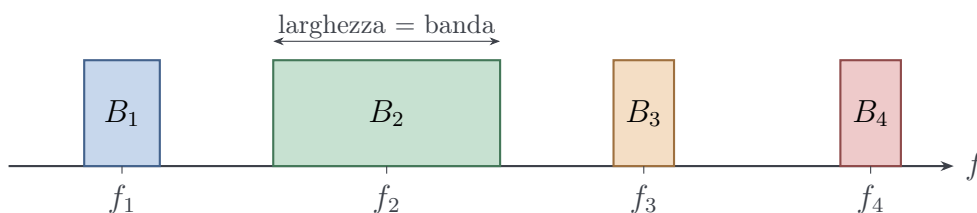
Esempio – Radio, TV e Wi-Fi

- **Radio FM:** intorno ai 100 MHz (RTL 102,5 trasmette a 102,5 MHz). Arriva da lontano, anche senza vedere l'antenna.
- **Televisione:** la TV terrestre usa la banda UHF, a qualche centinaio di MHz: più alta della radio FM, ma bassa rispetto al Wi-Fi. Per questo poche antenne bastano a coprire tutta Roma.
- **Wi-Fi:** 2,4 GHz o 5 GHz, cioè dai MHz (10^6) si sale ai GHz (10^9). Il segnale non copre sempre tutta la casa: in una casa grande servono i **ripetitori**.

5.5 La banda determina la velocità, non la frequenza

Teorema – Velocità e banda

La velocità di trasmissione **non dipende dalla frequenza** a cui si trasmette, ma dalla **banda**: l'ampiezza B , in hertz, dell'intervallo di frequenze a disposizione. Più ampia è la banda, più si va veloce. Frequenza e banda sono grandezze scollegate.



Esempio – Chi va più veloce?

Nella figura $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$.

- Tra B_1, B_2, B_3 la più veloce è B_2 , perché è la più ampia, anche se $f_2 < f_3$. B_3 sta alla frequenza più alta ma è stretta.
- B_3 e B_4 hanno la stessa ampiezza, quindi la stessa velocità nominale; B_4 , a frequenza più alta, è più critica perché più ostacolata dagli oggetti.

Le telecomunicazioni si spostano verso frequenze alte (dal 3G al 4G al 5G, fino a 30 o 60 GHz) **non perché lì si va più veloci**, ma perché le bande alte sono meno occupate: c'è più banda libera da “colonizzare”. Il prezzo è una copertura molto più piccola: un'antenna 4G non si può riusare per il 5G a 30 GHz.

Riepilogo

- Internet: rete di reti di host, collegamenti e router; un **protocollo** fissa formato, ordine dei messaggi e azioni.
- Periferia (reti eterogenee, pochi utenti), accesso, nucleo (router e fibra, risorse condivise).
- **Bit rate** in bit/s $\neq$ **latenza** in s.
- LAN e WAN per copertura: Wi-Fi decine di metri, rete mobile chilometri, satellite centinaia di chilometri.
- $\lambda = c/f$: frequenza alta, più ostacoli e copertura minore; la velocità dipende dalla **banda** B , non da f .