

# Reti di telecomunicazione

## 1 Servizi e reti di telecomunicazione

Un sistema informatico fornisce solitamente un *servizio*, che può essere definito *esterno* in quanto rivolto ai suoi utenti. Perché sia possibile erogare tale servizio, sono però necessari anche dei *servizi interni*: in particolare, i servizi di telecomunicazione.

Un **servizio di telecomunicazione** è un insieme di procedure che rendono possibile trasportare e utilizzare a distanza delle informazioni, le quali vengono suddivise in **unità informative (UI)** elementari. L'insieme di apparati e dispositivi che intervengono nel trasporto di queste informazioni costituisce una **rete di telecomunicazione**.

## 2 Caratteristiche dei servizi di telecomunicazione

Un servizio di telecomunicazione può essere classificato in base a vari aspetti del suo scopo e funzionamento:

- **Tipologia delle informazioni:** *voce, video o dati*. I servizi video, in particolare, si dicono **multimediali**, in quanto una trasmissione video è in realtà composta da due segnali **monomediali**, l'audio e il video vero e proprio, che devono essere correlati tra loro.
- **Configurazione:** il numero di *endpoint* che partecipano alla comunicazione.
  - **Punto-punto:** la comunicazione avviene tra due endpoint. Un tipico esempio è una telefonata.
  - **Multipunto** (o, più nello specifico, *punto-multipunto*): un singolo endpoint comunica con un gruppo ben definito di altri endpoint. Un esempio è una lezione in videoconferenza.
  - **Broadcast:** una trasmissione (ad esempio radio o televisiva) rivolta a tutti coloro che si sintonizzano su un determinato canale di comunicazione.
- **Direzione**
  - **Unidirezionale** o **simplex**: si ha un unico flusso informativo, dalla sorgente all'utilizzatore.

- **Bidirezionale** o **duplex**: si hanno due flussi informativi per ciascun utente — uno per la trasmissione e uno per la ricezione. I servizi bidirezionali si suddividono ulteriormente in
  - \* **simmetrici**: i due flussi hanno le stesse proprietà;
  - \* **asimmetrici**: i due flussi hanno proprietà diverse;
 e in
  - \* **half-duplex** (bidirezionale alternato): la comunicazione può avvenire in una sola direzione alla volta;
  - \* **full-duplex** (bidirezionale contemporaneo): la comunicazione può avvenire contemporaneamente in entrambe le direzioni.
- **Inizializzazione**: come viene richiesta l'erogazione del servizio.
  - **Su base chiamata**:
    1. richiesta del servizio,
    2. utilizzazione,
    3. rilascio.
  - **Su base contrattuale**: il servizio è sempre disponibile.
- Come agiscono sorgente e destinazione dell'informazione.
  - Un servizio **interattivo** consente un'interazione tra sorgente e destinazione. I servizi interattivi si suddividono a loro volta in servizi di:
    - \* **Conversazione**: l'interazione avviene in tempo reale (si parla quindi di un servizio **real-time**, che deve garantire ritardi di comunicazione così bassi da risultare impercettibili ai nostri sensi).
    - \* **Messaggistica**: l'interazione avviene in tempo differito.
    - \* **Consultazione**: consentono il reperimento di informazioni presso un centro di servizio, tramite opportune operazioni di consultazione. Un esempio è il web browsing.
  - È invece detto **distributivo** un servizio nel quale la sorgente agisce indipendentemente dal comportamento della destinazione. Un servizio di questo tipo può prevedere o meno il **controllo di presentazione**, cioè il controllo della sintassi che viene utilizzata.

### 3 Qualità del servizio

Per garantire una buona customer satisfaction, la rete attraverso la quale viene fornito un servizio deve soddisfare determinati requisiti di qualità (a seconda del tipo, del costo e delle condizioni contrattuali del servizio), detti appunto *requisiti di rete* o di *network performance*. Essi vengono espressi in funzione di vari fattori, tra cui i principali sono:

- **Probabilità di blocco**, detta anche **grade of service (GoS)**: la probabilità che il servizio richiesto sia rifiutato.
- **Ritardo** o **delay**: il tempo che la rete impiega a trasportare le unità informative. Questo è un criterio fondamentale per i servizi real-time.
- **Velocità media** o **throughput**: la quantità di informazione che la rete trasmette nell'unità di tempo, contando sia le *informazioni utili* (i dati di interesse per il servizio) che le *informazioni di controllo* (necessarie a gestire la comunicazione, ecc.).
- **Probabilità di perdita/errore**, detta anche **bit error rate**: la quota/frazione dei bit che la rete non è in grado di trasportare, o che consegna al destinatario con errore (cioè con un valore alterato rispetto a quello trasmesso dal mittente, o in un ordine errato, ecc.).

Esistono anche altri parametri di servizio, tra cui alcuni specifici per determinati tipi di segnali/servizi. Ad esempio, il **jitter** e lo **skew** misurano il ritardo relativo tra due segnali monomediali (come audio e video) che compongono un segnale multimediale.

L'importanza dei vari parametri dipende dal tipo di servizio. Ad esempio:

- Per il trasferimento di file, l'invio di email, il web browsing, ecc. è importante l'affidabilità (cioè avere una bassa probabilità di errore), mentre una velocità alta e un ritardo basso non sono fondamentali.
- Per lo streaming audio/video non serve una particolare affidabilità (non è grave se si perde una parte delle informazioni), ma sono molto importanti la velocità (indicativamente servono da pochi kbps a 1 Mbps per l'audio, e da 10 kbps a 5 Mbps per il video) e il ritardo (che si può considerare accettabile fino a un massimo di circa 10 secondi).
- L'audio/video in real time ha requisiti di affidabilità e velocità analoghi a quelli dello streaming, ma in più si richiede un ritardo massimo molto più basso (meno di un secondo).

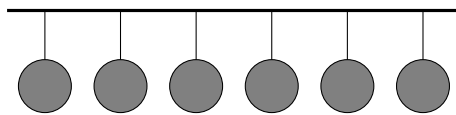
## 4 Topologia di una rete

Una rete può essere rappresentata mediante un grafo, nel quale:

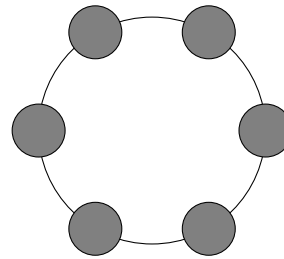
- i **nodi** sono
  - gli elementi di **commutazione**, cioè i punti in cui le informazioni vengono smistate verso la destinazione;
  - gli endpoint che agiscono da mittenti/destinatari delle informazioni, detti **host**;
- i **rami** rappresentano i mezzi di comunicazione, o *linee di trasmissione*, che consentono il trasporto delle unità informative da nodo a nodo.

Considerando invece solo i nodi corrispondenti a elementi di commutazione, si ottiene la cosiddetta *sottorete di comunicazione* (che è un sottografo dell'intera rete).

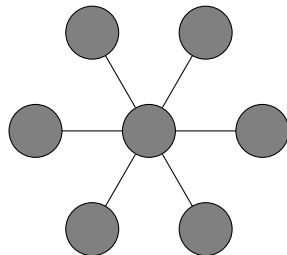
La **topologia** di una rete descrive come i suoi nodi sono collegati tra loro dai rami. Alcune delle topologie più comuni sono:



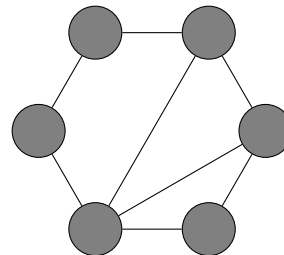
Bus



Anello



Stella



Maglia

Più nel dettaglio, all'interno di una stessa rete bisogna distinguere:

- la **topologia fisica**, che indica come i nodi siano concretamente collegati da mezzi di comunicazione fisici;

- la **topologia logica**, che rappresenta una “sovrastuttura” di flussi logici di informazione costruita sopra alla rete fisica.

Queste due topologie non necessariamente coincidono: ad esempio, una rete che logicamente è a stella potrebbe invece essere fisicamente a maglia, per fornire dei *collegamenti di ridondanza* che consentano il funzionamento della rete anche in caso di guasto di un ramo.

## 5 Tassonomia delle reti

Le reti di telecomunicazione possono essere classificate in base alla loro estensione geografica:

- una **rete in area locale (LAN, Local Area Network)** è estesa fino a 1–2 Km;
- una **rete in area metropolitana (MAN, Metropolitan Area Network)** è estesa fino a 100 Km;
- una **rete in area geografica (WAN, Wide Area Network)** non ha nessun limite di estensione (un esempio sono le reti mobile, che hanno estensione globale).

## 6 Trasferimento dell’informazione

Una rete trasporta informazioni a distanza, mettendo a disposizione risorse di comunicazione, che possono essere sfruttate anche da moltissimi utenti contemporaneamente. Tuttavia, le risorse della rete sono inevitabilmente finite: sono allora necessarie una serie di tecniche per sfruttarle in modo intelligente, dando il più possibile l’impressione che tali risorse siano infinite.

I principali aspetti che determinano il modo in cui le informazioni vengono trasmesse su una rete sono i seguenti:

- **tecnica di moltiplicazione;**
- **modalità di commutazione;**
- **architettura di protocolli.**

## 6.1 Tecnica di multiplazione

Una tecnica di multiplazione è un modo in cui la **banda** (capacità di trasmissione di informazioni nell'unità di tempo) disponibile su uno specifico canale di comunicazione può essere condivisa tra le diverse unità informative che lo devono attraversare. Le principali tecniche di multiplazione sono:

- **Frequency Division Multiplexing (FDM)** o **Wavelength Division Multiplexing (WDM)**: il canale di comunicazione viene suddiviso in frequenze, e a ciascun servizio si assegna un set di frequenze diverso.
- **Time Division Multiplexing (TDM)**: il canale viene suddiviso nel tempo, assegnandolo a servizi diversi in *time slot* (intervalli di tempo) diversi.
- **Code Division Multiplexing (CDM)**: le informazioni da inviare sul canale sono codificate secondo appositi codici, ottenendo dei segnali, detti *ortogonali*,<sup>1</sup> che non generano interferenza tra di loro quando vengono trasmessi simultaneamente.

Un sistema può utilizzare anche più tecniche di multiplazione contemporaneamente. Ad esempio, per analogia, nell'ambito delle trasmissioni televisive i diversi canali corrispondono a una suddivisione in frequenze, mentre un singolo canale è suddiviso nel tempo tra programmi diversi.

## 6.2 Modalità di commutazione

La modalità di commutazione specifica come le unità informative ricevute da un generico nodo sui suoi canali entranti siano trasferite attraverso il nodo sui canali uscenti.

### 6.2.1 Circuit switching

In una rete **circuit switching** (a commutazione di circuito), un servizio viene erogato tramite una **chiamata** che si articola in 3 fasi:

1. instaurazione,
2. trasmissione dei dati,
3. svincolo.

---

<sup>1</sup>Un segnale può essere rappresentato matematicamente da un vettore, e si dice allora ortogonale rispetto a un altro segnale se il prodotto vettoriale dei due è nullo.

Nella fase di instaurazione viene riservata in modo esclusivo la banda richiesta per il trasporto delle unità informative, stabilendo un canale di comunicazione dedicato tra i due endpoint. Tutte le informazioni trasmesse seguono quindi lo stesso percorso, ed è dunque garantito che esse arrivino nello stesso ordine in cui sono state inviate.

Le reti circuit switching sono molto affidabili, e non introducono particolari nella trasmissione delle informazioni (perché le informazioni viaggiano direttamente dal mittente al destinatario, senza bisogno di essere memorizzate temporaneamente nei nodi intermedi), ma in compenso fanno spesso un utilizzo inefficiente delle risorse, perché un'eventuale porzione di banda del canale dedicato che non viene effettivamente usata in un determinato istante rimane comunque riservata.

Alcuni esempi di circuit switching sono la rete telefonica “tradizionale” e la prima generazione di reti mobile.

### 6.2.2 Packet switching

In una rete **packet switching** (a commutazione di pacchetto), invece, la banda richiesta per il trasporto delle unità informative non viene riservata in modo esclusivo, e ogni messaggio inviato segue un percorso potenzialmente diverso. Il paradigma alla base di questo tipo di reti è detto **store and forward**: quando un nodo di commutazione riceve un messaggio, lo memorizza temporaneamente, per poi inoltrarlo verso il destinatario.

Per questo motivo, il packet switching comporta dei **ritardi di accomodamento** non nulli, ma in compenso permette un'elevata utilizzazione delle risorse (una comunicazione occupa solo la banda di cui concretamente necessita in ogni istante).

Le reti packet switching possono offrire due diversi tipi di servizi:

- Un servizio a **circuito virtuale (connection-oriented)** riproduce alcune caratteristiche di una rete circuit switching. Esso viene offerto attraverso tre fasi:
  1. apertura della connessione tra due punti della rete;
  2. utilizzo della connessione per inviare i dati;
  3. chiusura della connessione.

Grazie all'allocazione di risorse di comunicazione che avviene nella prima fase, tutti i pacchetti seguono lo stesso percorso, garantendo così che arrivino nell'ordine corretto. A differenza delle reti circuit switching, però, l'allocazione è *non esclusiva*, quindi permette un uso ottimale delle risorse.

In base a come sono strutturati i dati trasmessi, si distinguono due varianti di questo tipo di servizio: a *stream di messaggi* e a *stream di byte*.

- Un servizio a **datagramma** (**connectionless**) non prevede invece alcuna connessione: i dati da inviare sono impacchettati in dei messaggi, ciascuno dei quali contiene l'indirizzo completo del destinatario. Di conseguenza, i messaggi non arrivano necessariamente nell'ordine in cui sono stati inviati.

Un servizio a circuito virtuale o a datagramma può garantire o meno vari aspetti di qualità del servizio:

- L'*ordine di consegna dei dati*, come già detto, è garantito solo dai servizi con connessione.
- La *ricezione garantita del messaggio* può essere ottenuta se il ricevitore manda al mittente un *ack* (conferma di ricezione) per ogni messaggio. Ciò è possibile sia per servizi con che senza connessione, ma introduce un ritardo non sempre accettabile.
- Altre possibili garanzie sono quella sulla *consegna corretta* dei messaggi e quella sui *tempi di consegna* (importante, ad esempio, per servizi multimediali real-time).

### 6.3 Architettura di protocolli

Un **protocollo** è un insieme di *regole semantiche* e *sintattiche* che stabiliscono lo scambio di informazioni tra *entità paritetiche*.

- Le regole semantiche stabiliscono il significato da attribuire ai dati (sequenze di bit) trasmessi.
- Le regole sintattiche determinano la “grammatica” della comunicazione (ad esempio, “ogni messaggio richiede una conferma di ricezione”).
- Si parla di entità paritetiche perché un determinato protocollo regola le interazioni tra dispositivi che svolgono la stessa funzione, o, più precisamente, che operano allo stesso livello di astrazione.

L'architettura di protocolli di una rete è allora l'insieme dei protocolli usati dai suoi nodi per comunicare tra di loro.