

Appunti di Programmazione a Oggetti

4 ottobre 2022

Rosso Carlo

Contents

1	Introduzione	2
2	Il layer fisico	2
2.1	Wired	2
	Persistent Storage	2
	Twisted Pairs	3
	Coaxial Cable	3
	Power Lines	3
	Fiber Optic	3
	Differenze tra fibra ottica e cavo in rame	4
2.2	Wireless	4
	Frequency hopping spread spectrum	5
	direct sequence spread spectrum	5
	Ultra-WideBand	5
2.3	Analizziamo le frequenze	5
	Radio Transmission	5
	Microwave Transmission	5
	Infrared Transmission	5
	Light Transmission	6
2.4	Codificare bit con le onde	6
2.5	Digital Modulation	6
	Baseband transmission	6
	Clock Recovery	6
	Balanced signals	7
	Passband transmission	7
2.6	Multiplexing	7

1 Introduzione

Computer network un insieme di computer connessi, in un modo per cui altrimenti sarebbero disconnessi o autonomi.

client-server model coinvolge due processi: un processo è il client, l'altro è il server. Tutti i client si connettono al medesimo server ed interagiscono con esso o mediante esso.

peer-to-peer ogni utente mantiene un database locale e una lista degli utenti. I dati sono trasferiti da un utente all'altro.

PAN Personal Area Network sono le comunicazioni che avvengono tra dispositivi appartenenti alla stessa persona (e.g. apple watch, airpods, smartphone).

LAN Local Area Network una rete privata che opera in singolo edificio: per esempio il wifi.

MAN Metropolitan Area Network una rete che si estende per un centro abitato: per esempio i cavi della TV.

WAN Wide Area Network una rete che si estende per un continente (tipo le reti satellitari).

Protocol Layering I protocolli sono dei regole sulle comunicazioni: mediante i protocolli i computer sanno come interagire tra loro. I layer servono per astrarre la tecnologia ed essere in grado di controllare la comunicazione. In realtà esiste solo il livello hardware. Ciascun layer controlla le informazioni inerenti al proprio layer e le passa al layer sottostante. Ogni layer comunica con un layer del proprio livello mediante un protocollo. Per passare da un layer a quello superiore o sottostante si utilizzano le interfacce (il layer sottostante da origine, compone quello sovrastante).

Una serie di layer e protocolli si chiama architettura del network.

2 Il layer fisico

Il livello fisico è quello mediante cui sono passati i dati. Ci sono tre tipologie di trasmissioni:

- con cavo (wired);
- senza cavo (wireless);
- satellitari.

2.1 Wired

Lo scopo del layer fisico è quello di trasportare o trasferire bit da un computer ad un altro. Le reti di comunicazione più comuni sono formate da cavi in rame o dalla fibra ottica.

Ciascun tipo di comunicazione ha le proprie caratteristiche: frequenza, larghezza di banda (bandwidth), ritardo (delay), costo, semplicità nell'installazione e manutenibilità. La larghezza di banda indica la velocità di trasmissione di bit di un medium, si misura in Hertz (Hz).

Persistent Storage

Per portare i bit da un computer ad un altro possiamo salvarli in una memoria esterna e trasportare fisicamente la memoria fino al secondo computer dove gli saranno resi accessibili. Dal momento che la densità con cui sono memorizzati i bit in un dispositivo fisico aumenta in modo esponenziale (nel tempo, scala bene) questo metodo rimane uno dei più economici.

NB le trasmissioni da un computer ad un altro richiedono circa un giorno: il tempo che impiega la memoria a raggiungere il secondo computer partendo dal primo. D'altro canto con questo metodo è possibile spostare enormi quantità di dati nell'arco di una sola giornata; la velocità media di queste trasmissioni è di 70 Gbps per ciascuna scatola $60 \cdot 60 \cdot 60 \text{ cm}^3$.

In questo caso la larghezza di banda è di circa 70 Gbps; questa tecnologia è molto economica, ma ha anche un ampio delay, i dati ci mettono una giornata ad arrivare dalla "richiesta".

Twisted Pairs

Twisted Pair è una connessione mediante due cavi in rame torti (torcere) tra di loro, come il DNA, in questo modo i campi magnetici prodotti dai cavi si annullano tra loro e l'informazione arriva più lontano. Un bit è rappresentato dalla differenza di carica dei due cavi: se i due cavi trasportano la medesima carica il segnale è 0 altrimenti è 1. I doppiini intrecciati sono in grado di percorrere chilometri senza bisogno di ripetitori. Se sono utilizzati più doppiini intrecciati, allora sono protetti da uno scudo che diminuisce le interferenze dall'esterno. Le twisted pairs trasmettono abbastanza dati: qualche centinaio di Mbps su un tragitto di qualche chilometro. Sono semplici da produrre e costano poco, per questo motivo sono molto diffusi a livello globale.

Diverse LAN utilizzano questa tipologia di cavi.

full-duplex twisted pairs che trasmettono i bit in entrambe le direzioni nello stesso momento.

half-duplex twisted pairs che trasmettono i bit in entrambe le direzioni, ma in momenti diversi.

simplex twisted pairs che trasmettono i bit in una sola direzione.

Più i due cavi sono torti tra loro, minore sarà l'interferenza che producono, migliore sarà il segnale nelle lunghe distanze. Per aumentare la velocità delle comunicazioni è sufficiente aumentare lo spessore dei cavi. Un'ulteriore distinzione consiste nell'UTP: unshielded twisted pair, in questo caso i cavi non sono protetti.

Coaxial Cable

Il cavo coassiale è più schermato e ha una larghezza di banda maggiore rispetto ai doppiini intrecciati. Il cavo coassiale sta venendo sostituito con la fibra ottica. Fu utilizzato per le comunicazioni telefoniche ed è ancora adoperato per la televisione e per le comunicazioni a livello MAN.

Power Lines

Le connessioni per alimentare gli elettrodomestici di casa possono essere utilizzate per trasmettere dati. Poiché accendere e spegnere la luce causa interferenze, queste connessioni sono utilizzate in ambito domestico, per cui la perdita di dati nella connessione è poco rilevante. Permette di trasmettere fino a 500 Mbps.

Fiber Optic

Le connessioni mediante la fibra ottica potrebbero arrivare a 50,000 Gbps, ma non siamo in grado di convertire i segnali luminosi così trasmessi alla medesima velocità. Ad oggi, il limite della larghezza di banda è di circa 100 Gbps. In generale, è simpatico notare che è più costoso trasportare i bit piuttosto che calcolarli, ma è più veloce trasportare i bit invece di calcolarli.

Un sistema di trasmissione ottico è formato da tre componenti: la sorgente, dove viene prodotto il segnale luminoso; il media, il materiale attraverso cui passa la luce (si tratta di qualcosa di molto trasparente); il detector, lo strumento che assorbe la luce e la trasforma in segnale elettrico. Il media consiste in un cavo in vetro molto sottile. Se il diametro del cavo è inferiore ai 10 microns allora si dice che la fibra è single-mode; un media così sottile permette alla luce di viaggiare solamente in linea retta: sono diminuite le dispersioni. Una fibra single-mode permette di percorrere maggiori distanze senza ripetitori: arriva fino a 100 Gbps per una distanza di 100Km senza ripetitore.

Alla fibra del tipo single-mode, si affianca quella multimode, in questo caso il cavo può essere anche più spesso di 50 microns. Il cavo multimode è attraversato da diversi raggi di luce nello stesso momento. La fibra multimode è più economica, ma la larghezza di banda diminuisce con l'aumentare della distanza.

Due fibre possono essere connesse in tre modi:

- gli estremi terminano in un cottole che è connesso ad un fiber socket, in questo caso è perso dal 10 al 20% del segnale;

- possono essere accostate meccanicamente; ad un tecnico richiede 5 minuti unire due fibre in questo modo e si perde il 10% del segnale;
- i due estremi sono fusi, saldati, assieme. In questo caso si ottiene una fibra che è praticamente come una fibra unica, ma è un tipo di collegamento più complesso.

Ci sono due tipi di sorgente di luce: LED (light emitting diodes) e laser semiconduttori;

Item	LED	Semiconductor laser
data rate	low	high
fiber type	multi-mode	multimode o single-mode
distanza	breve	lunga
durabilità	lunga	breve
sensibilità della temperatura	nessuna	sostanziale
costo	economica	costosa

Table 1: differenze tra una sorgente led e una laser

I raggi di luce sono assorbiti da un fotodiodo che trasforma la luce in segnali elettrici. Il tempo di risposta del fotodiodo limita la velocità di banda a 100 Gbps.

Differenze tra fibra ottica e cavo in rame

Item	Fibra ottica	Cavo in rame
data rate	fino a 100 Gbps	centinaia di Mbps
distanza	fino a 50 km	5 km
interferenze	temperatura	tutte, meno temperatura
diametro	molto fino	molto grosso
peso	leggera (100 kg)	pesante (8000 kg)
costo di installazione	basso	elevato
direzione	unidirezionale o due frequenze	duplex
tap	impossibile	molto semplice
personale	pochi la sanno maneggiare	molti elettricisti
costo dell'interfaccia	elevato	economico

Table 2: differenze tra fibra ottica e cavo in rame

2.2 Wireless

Le telecomunicazioni wireless avvengono tutte con la medesima tecnologia: sono sfruttate le onde elettromagnetiche per propagare le informazioni (proprio come avviene per le comunicazioni wired). In questo caso le onde sono propagate in tutte le direzioni (in realtà dipende dalla frequenza delle onde utilizzata). La quantità di informazioni trasferibile dipende dalla potenza che arriva e dalla larghezza di banda. Per mandare le informazioni sono utilizzate le onde: più onde sommate assieme riescono a descrivere una funzione che rappresenta i bit. In particolare, se la derivata della funzione descritta è maggiore di 0 allora stiamo mandando un bit di valore 1, se la derivata della funzione è minore di 0 allora stiamo mandando un bit di valore 0. Per capire il segno della derivata è sufficiente memorizzare il valore dell'onda, misurarlo di nuovo e confrontare i due valori. Avendo più frequenze è possibile modificare la somma delle frequenze d'onda in modo più preciso: ogni volta che viene aggiunta una frequenza in più è possibile raddoppiare la quantità di informazioni che sono mandate.

Le connessioni wireless si distinguono per il range delle lunghezze d'onda, ma anche per le singole frequenze utilizzate: produrre alcune onde elettromagnetiche è più economico di altre. Per esempio produrre le onde elettromagnetiche che trasmettono i canali della radio è piuttosto economico. Comunicare mediante

onde ultraviolette è ben più costoso (inoltre queste onde sono nocive alle forme di vita). Minore è la frequenza d'onda maggiore è la distanza che quell'onda riesce a percorrere, minore è il costo per produrla. Ci sono dei pro e dei contro a questo: un'onda che non si ferma mai, che passa attraverso la Terra, è intercettabile ovunque, per cui deve trasmettere informazioni non segrete, altrimenti ha bisogno di essere criptata. Questo tipo di onda trasmette meno dati di un'onda più costosa.

Il numero di oscillazioni al secondo di un'onda è chiamato frequenza e si misura in Hertz (Hz). La distanza tra due massime (oppure tra due minime) è chiamata lunghezza d'onda. I bit sono codificati modificando la portata (ampiezza), la frequenza o la fase dell'onda. Gli ultravioletti e i raggi gamma sono in grado di trasferire più informazioni, perchè la loro frequenza è maggiore; ma sono difficili da produrre e da modulare, non passano attraverso gli oggetti (ogni tanto anche il tempo atmosferico li blocca) e sono nocivi per gli animali (noi).

Frequency hopping spread spectrum

Questa tecnologia permette di diminuire le interferenze e rende le onde elettromagnetiche più difficili da rintracciare: le frequenze per trasmettere le informazioni cambiano centinaia di volte al secondo. viene utilizzato soprattutto in ambito militare.

direct sequence spread spectrum

Sono utilizzate più frequenze d'onda che si possono sovrapporre a quelle di altri. La connessione funziona anche se il dato è corrotto, perchè solo una frazione viene corrotta. Il ricevitore del segnale avrà un "codice" per decifrarlo. Genera interferenze con altre onde sulla medesima frequenza, ma non risulta un problema per chi riceve le informazioni in questo modo grazie alla cifratura.

Ultra-WideBand

Viene adottata moltissima banda, almeno $500MHz$, e sono trasmessi una serie di impulsi ad bassa intensità molto velocemente. Dal momento che il messaggio è molto diluito tra le frequenze le interferenze hanno poca importanza. Non trasmette tutto il tempo per cui non crea interferenze per altre tecnologie.

2.3 Analizziamo le frequenze

Radio Transmission

Le frequenze radio (RF) sono semplici da generare, viaggiano per grandi distanze e penetrano gli edifici; sono unidirezionali. A basse frequenze, il segnale passa attraverso gli ostacoli, ma l'intensità diminuisce rapidamente. Ad alte frequenze, il segnale viaggia dritto, ma rimbalza sugli ostacoli. Le interferenze con gli altri utenti sono un problema.

Microwave Transmission

Le onde viaggiano dritte, per cui il trasmettitore e l'antenna devono essere meticolosamente allineati. Si possono allineare più ricevitori in fila. La distanza a cui devono essere piazzati i ripetitori è il quadrato dell'altezza. Il segnale trasmesso da una torre alta 100m viaggia 80 km. Le microonde non passano attraverso gli ostacoli.

Aumentando la frequenza aumenta il data rate: oggi connessioni a 10GHz sono comuni. Oltre i 4GHz le onde sono assorbite dall'acqua, umidità compresa.

Le microonde sono economiche: non serve chiedere il permesso per piazzare i cavi, è sufficiente un ripetitore ogni 50 km.

Infrared Transmission

Le comunicazioni ad infrarossi sono molto utilizzate: sono economiche, direzionali e semplici da produrre; ma non passano attraverso gli oggetti. Sono utilizzate per le comunicazioni all'interno di una sola stanza (per esempio il telecomando della TV). Non sono intercettabili: non si propagano al di fuori della stanza.

Light Transmission

Sono molto semplici da utilizzare, ma hanno molte interferenze: il vento, la temperatura, la pioggia o la nebbia.

2.4 Codificare bit con le onde

Grazie alle serie di Fourier siamo in grado di descrivere matematicamente le onde. Grazie ad esse riusciamo a codificare i bit utilizzando le onde elettromagnetiche. Purtroppo, a seconda della frequenza utilizzata un'onda (elettromagnetica) si attenua in modo diverso.

Bandwidth la larghezza del range di frequenze che sono trasmesse senza che siano eccessivamente attenuate.

Baseband i segnali che utilizzano le onde che partono dalla frequenza 0 e arrivano ad una frequenza massima.

Passband i segnali che utilizzano un range di onde che non partono da 0 (sono traslate le baseband).

Data rate massimo $2B \log_2(1 + S/N)$ bits/s, dove B sono le onde che non sono filtrate e S/N è il rapporto segnale/interferenza.

2.5 Digital Modulation

Le informazioni sono trasmesse modificando costantemente il voltaggio, l'intensità della luce o l'intensità del suono. In genere un canale è utilizzato nello stesso momento da più trasmettitori, questa tecnologia è chiamata multiplexing (l'abbiamo già vista!). Il multiplexing è ottenuto in diversi modi: trasmettendo segnali diversi in istanti diversi, utilizzando varie frequenze oppure codificando l'informazione.

Baseband transmission

NRZ Non-Return-to-Zero: il metodo più semplice per codificare i bit fa corrispondere 1 al voltaggio positivo e 0 a quello negativo; oppure 1 alla presenza di luce e 0 all'assenza.

In realtà non si utilizza una sola onda per trasmettere i bit: se si utilizzano due onde si possono mandare due bit in una volta sola, in particolare ogni onda rappresenta un bit. Per questo motivo, invece di usare il data rate è comodo introdurre il symbol rate (anche chiamato baud rate).

Clock Recovery

Con il metodo NRZ, il ricevitore ha bisogno di scandire il tempo in modo efficace: se una serie di 0 o di 1 si susseguono si rischia di perdere informazioni. Sono bandati centinaia, talvolta migliaia, di bit al secondo, i sistemi per misurare il tempo in modo così preciso sono costosi, per questo in genere si ricorre a metodi di codifica differenti.

Manchester encoding Sono trasferiti la metà dei bit, ma il tempo è scandito bene: un uno è codificato come segnale positivo e segnale nullo, mentre lo 0 è codificato come segnale nullo e segnale positivo. In questo modo non si sussegue più volte il medesimo segnale, ma i bit sono ben scanditi.

NRZI Non-Return-to-Zero Inverted: 1 è codificato come transizione dallo stato precedente ad uno diverso, se lo stato rimane invariato allora viene codificato lo 0. Questa tecnologia viene utilizzata per connettere le porte USB. In questo modo lunghe serie di 1 non causano alcun problema (lunghe serie di 0 sì).

4B/5B Ad ogni sequenza di 4 bit da trasmettere è aggiunto un bit. Il bit aggiuntivo è utilizzato per intervallare troppi 0 di seguito. In questo caso c'è un 25% di overhead (meglio del 100% del Manchester encoding).

Balanced signals

Alcuni componenti che trasmettono i messaggi elettrici sfruttano la tecnologia DC. Questo crea un problema: si spreca energia a mandare segnali non bilanciati. Un segnale è bilanciato se ci sono lo stesso numero di segnali positivi e negativi in brevi istanti di tempo.

Bipolar encoding lo 0 è rappresentato dal segnale nullo, mentre l'1 è rappresentato prima da un segnale positivo e poi da un segnale negativo, e così da capo. In questo modo il segnale sarà sempre bilanciato.

8B/10B si dividono 8 bit in due gruppi uno da 3 bit e uno da 5 bit. I primi 3 bit sono codificati in 4 bit bilanciati rispetto ai 5 bit che sono mappati su 6 bit. Dal momento che si aggiungono bit lo stesso codice può essere mappato in modi diversi, la mappatura è scelta per bilanciare le cariche del segnale mandato.

Passband transmission

Questa tecnologia è utilizzata principalmente nelle comunicazioni wireless: in questo tipo di comunicazione è scomodo far partire la prima frequenza da 0 (le antenne dovrebbero essere gigantesche). Per trasmettere le informazioni si modula l'ampiezza (capacità), la frequenza o la fase del segnale.

ASK Amplitude Shift Keying, l'ampiezza di un'onda indica il segnale: ampiezza nulla codifica lo 0, ampiezza non nulla codifica 1. Più lunghezze d'onda sono sovrapposte per rappresentare più bit nello stesso momento.

FSK Frequency Shift Keying, è cambiata la frequenza della portata dell'onda. Le frequenze sono predeterminate per cui il client e il server hanno prestabilito la codifica delle frequenze della portata.

Phase Shift Keying l'onda è traslata di 0 o di 180 gradi sul suo periodo. Per esempio traslare di 0 gradi corrisponde allo 0, mentre traslare di 180 gradi corrisponde all'1. In questo caso si tratta di Binary PSK. In realtà, si trasla di 45, 135, 225 o 315 gradi per trasmettere un simbolo. In questo modo ad ogni cambio di fase sono mandati due simboli contemporaneamente. Inoltre c'è sempre una traslazione, per cui siamo più tranquilli riguardo ad eventuali interferenze.

Si può cambiare solo la fase o la frequenza nello stesso momento, perchè le due variabili sono legate tra loro. Di solito, l'ampiezza e la fase sono modificate nello stesso momento, in questo modo una sola onda è in grado di codificare otto simboli in una volta sola. Per comodità del programmatore la fase e l'ampiezza sono codificate come coordinate sul piano complesso: la fase rappresenta l'angolo e l'ampiezza il modulo. Ora siamo in grado di rappresentare le onde con due coordinate. Punti vicini tra loro codificano sequenze di bit simili, per diminuire la quantità di errori di chi riceve.

2.6 Multiplexing

Multiplexing vuol dire mandare più messaggi nello stesso momento. Ci sono diversi metodi per implementare il multiplexing:

- tempo;
- frequenze;
- codifica.

FDM Frequency division multiplexing: le frequenze sono divise in slot, ciascun canale utilizza tutte le frequenze dello slot a lui assegnato.

Ciscun canale è diviso da una guard band per evitare interferenze. Veniva usato per le linee telefoniche, oggi si preferisce dividere il tempo a disposizione per mandare il segnale, piuttosto che la fascia di onde utilizzabili.

OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing: come nel caso precedente le frequenze sono divise in canali. Ciascun canale è a sua volta diviso in sottocanali che mandano dati in modo indipendente, in questo modo anche se un sottocanale ha qualche interferenze il segnale arriva mediante un sottocanale diverso.

TDM Time division Multiplexing: ad ogni utente è assegnato un arco di tempo nel quale può mandare informazioni, in quell'arco di tempo ha a disposizione l'intera banda. Perché questo sistema funzioni tutti gli utenti devono essere sincronizzati.

STDM Static time division multiplexing: aggiungendo l'aggettivo statico, vuol dire che il tempo assegnato ha ciascun utente è deciso staticamente: a run-time.

CDM Code division multiplex (access): il segnale è diviso in una banda più larga e tutti gli utenti comunicano contemporaneamente. La stazione assegna ad ogni utente il vettore di una base (algebra). La base ha come dimensione il numero di utenti. Ciascun utente trasmette il proprio vettore per codificare un 1 e la negazione del proprio vettore per codificare uno 0. Poiché tutti i vettori appartengono ad una base, i vettori sono linearmente indipendenti e conoscendo il vettore assegnato all'utente che vuoi ascoltare sei in grado di decodificare le onde. Per riuscire ad instaurare questo tipo di comunicazione c'è bisogno che i due utenti che vogliono comunicare si mettano d'accordo prima.