



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 728

DATA: 07/10/2013

APPUNTI

STUDENTE: Simone

MATERIA: Sistemi Telematici

Prof. Munafò

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

CAP 2 – CENNI STORICI SULLE TELECOMUNICAZIONI

COMUNICAZIONE: capacità di trasferire un'informazione tra due o più entità

TELECOMUNICAZIONE: trasferimento tra entità lontane tra loro sotto forma di impulsi elettromagnetici (elettricità) o luminosi (luce)

CRONOLOGIA : RETI TELEFONICHE

- MORSE: codifica dell'info per semplificarne la trasmissione sulla rete (associazione lettere – sequenze punti e linee)
- BREVETTO TELEFONO MEUCCI
- BREVETTO TELEFONO BELL
- CENTRALI MANUALI → intervento manuale per creare la comunicazione
- SELETTORE STROWGER → crea automaticamente il percorso dell'informazione
- RADIO DI MARCONI
- SERVIZIO INTERURBANO AUTOMATICO
- CENTRALE CROSSBAR → collega qualsiasi ingresso a qualsiasi uscita
- COMMUTATORI RELE' → cambiando stato cambia il percorso del circuito elettrico
- TRANSISTOR
- ELABORATORI ELETTRONICI → controlla come le telefonate vengono introdotte sulla rete
- CENTRALE TELEFONICA ELETTRONICA
- RETE INTELLIGENTE, ISDN, CELLULARE ANALOGICA → trasferisce bit invece che segnali elettrici
- ISDN, CELLULARE NUMERICA

CRONOLOGIA : RETI DATI

- ARPANET
- SPECIFICHE FTP , TCP
- ETHERNET → trasmissione dati in aree ristrette
- PROTOCOLLI TCP , IP per internet
- DSN USENET
- WORLD WIDE WEB → documento information management con ipertesti
- INTERNET 2 → applicazioni e tecnologie di rete avanzate
- PEER-TO-PEER → scambio di file direttamente tra utenti
- WI-FI
- APPLICAZIONI P2P, APPLICAZIONI WEB, WIRELESS, MOBILITA'

CRONOLOGIA : B-ISDN - RETI CELLULARI

- TACS
- LAN ATM
- GSM
- GPRS
- UMTS → telefonate e dati ad alta capacità

INFORMAZIONE AUDIO

CAP 4.

Voce: più antico mezzo con cui l'uomo ha scambiato informazioni (linguaggio e udito). Il contenuto spettrale della voce è superiore ai 10 Hz.

La voce è un'onda di pressione e il mezzo trasmissivo è un gas, un liquido o un solido.

Nella sua forma originale, per via della limitata potenza può essere trasmesso solo a distanze limitate, per raggiungere distanze maggiori è necessario un apparato (trasduttore) che converte le onde in forma elettrica e poi viceversa per riottenere il segnale originale.

Trasduttore audio: converte un segnale audio in segnale elettrico. Le variazioni di pressione del segnale audio si trasformano in una variazione di una grandezza elettrica.

- **Trasduttore acusto/elettrico:** microfono. Il segnale acustico varia una resistenza (microfono resistivo: corrente dà origine a un cambiamento della resistenza) o una capacità (microfono capacitativo: per indurre corrente). Il segnale audio modula la corrente o la tensione di uscita del trasduttore.
- **Traduttore elettro/acustico:** altoparlante. Conversazione grazie alla vibrazione di una membrana prodotta da un solenoide attraversato da una corrente modulata dall'informazione audio trasformata in forma elettrica.

Telefono: voce entra all'interno del microfono, convertita in forma elettrica passa attraverso il generatore giungendo al ricevitore che attraverso una membrana fa fuoriuscire l'audio.

Ricevitore e Trasmittitore di Bell (non funzionante): il microfono (trasmettitore) è paragonabile ad un altoparlante inverso, è presente poi una membrana che fa vibrare una bobina la quale induce una corrente elettrica successivamente trasmessa per produrre il suono.

Trasmittitore di Bell (funzionante): (microfono) voce nel cono all'interno del quale ci sono molle metalliche che vibrano trasmettendo corrente.

Microfono a carbone di Edison: blocco con granuli di carbone che in presenza di un'onda sonora variano la resistenza.

Il segnale acustico è l'origine del segnale elettrico all'uscita del microfono. In base alle sue caratteristiche (analisi spettrale) sceglierò un'opportuna modalità di trasmissione.

1. **Segnale telefonico:** trasmesso per mezzo di un doppino in rame, ha una banda 300-3400Hz dove si concentra la maggior parte dell'informazione e della potenza.
2. **Segnale vocale:** segnale al di fuori della banda telefonica, caratterizza il parlatore. Memorizzato in forma analogica su dischi vinilici e nastri magnetici con banda compresa tra 20Hz e 14kHz.
3. **Segnale musicale:** strumenti musicali emettono suoni a frequenza superiori a 14kHz. Memorizzati su CD audio che sono in grado di riprodurre segnali tra pochi Hz e 20kHz

Tubo a raggi catodici (CRT): riceve elettroni, segnale modula corrente in un magnete, elettroni deflessi, restituisco l'immagine su schermo fluorescente.

Segnale video: luminanza dell'immagine, crominanza dell'immagine, audio, sincronismo.

L'immagine è scandita e poi riprodotta per righe, al termine di ogni riga si invia un impulso di sincronismo per riga mentre al termine di ogni immagine si invia un sincronismo di quadro.

- Scansione dell'immagine: non è sufficiente una sola scansione e per ridurre l'effetto di sfarfallamento, prima righe dispari e poi pari.

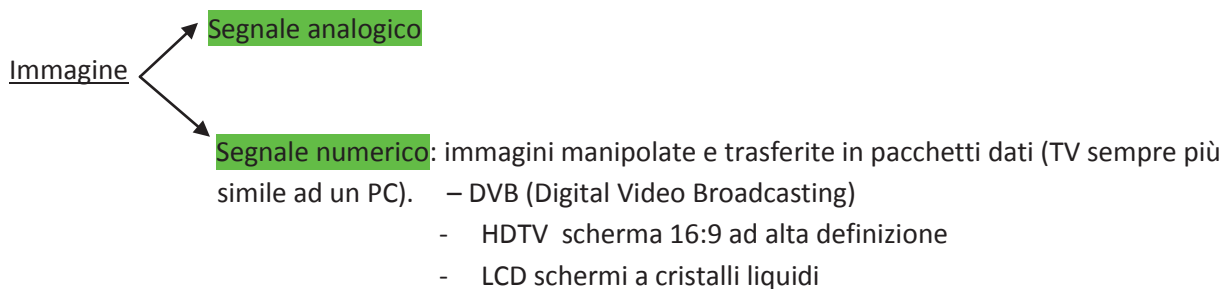
Segnale video composito = componenti di sincronismo orizzontale + componenti di sincronismo verticale.

Segnale TV = banda a 6MHz (trasparenza dell'immagine, colori, trasparenza suono). La TV a colori è stata progettata in modo da essere compatibile con i precedenti apparecchi in B/N: la crominanza è stata aggiunta alla luminanza.

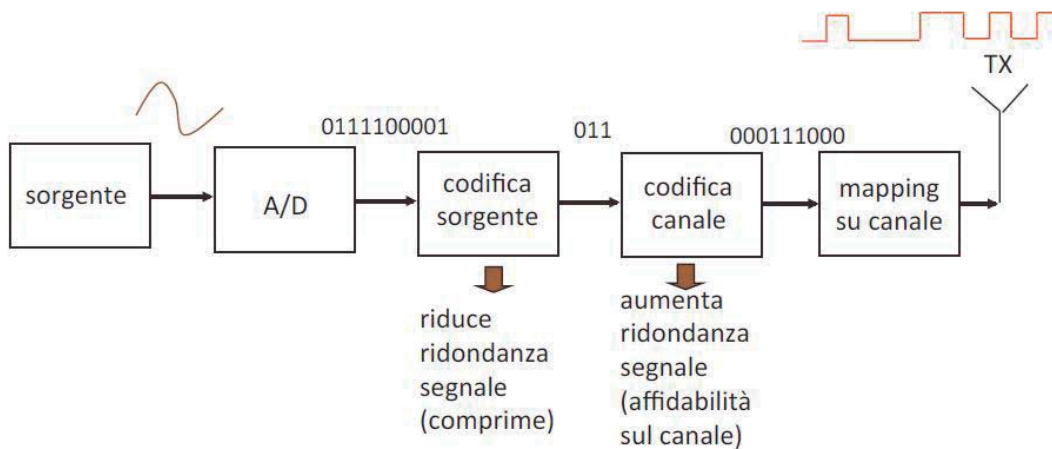
Abbiamo diversi standard televisivi a causa di ragioni tecniche, politiche e commerciali. Si utilizza solitamente energia alternata 50-60 Hz con 25_30 quadri(= immagini) al secondo, per evitare il degrado della qualità dell'immagine si utilizza per semiquadro e tensione di alimentazione.

Standard televisivi:

- 50 Hz - 25 quadri al secondo : PAL (Europa) ,SECAM
- 60 Hz – 30 quadri al secondo: NTSC (Usa)



Codifica sorgente, canale e TX:



sorgente → A/D → codifica sorgente → codifica canale → mapping su canale → TX

voce ↓
 ↓
 - riduce ridondanza segnale (troppe info)
 - comprime la sequenza, segnale originale viene compresso

↓
 - aumenta ridondanza segnale per proteggerlo da problemi del canale (sequenza di simboli più efficiente)
 - affidabilità sul canale

Segnale analogico prodotto da microfono

RICEVITORE: riceve segnali elettrici e ne deduce i simboli, elimina la ridondanza e ottiene info originali

Misura dell'informazione

Una sorgente numerica emette delle informazioni in forma di simboli di sorgente x_i , definito alfabeto di sorgente A . Per definire una sorgente mi serve l'alfabeto e la probabilità.

Ad ogni simbolo x_i , è associata la sua probabilità di emissione p_i .

Il contenuto di informazione di un simbolo emesso dalla sorgente numerica è dato da

$$I(x_i) = \log_2 \frac{1}{p_i} \text{ [bit]}$$

- Evento/simbolo raro ha info molto alta: $p_i \rightarrow 0$ allora $I_i \rightarrow \infty$
- Evento/simbolo frequente ha info molto bassa: $p_i \rightarrow 1$ allora $I_i \rightarrow 0$

Entropia della sorgente: contenuto medio emesso dalla sorgente numerica.

$$H = \sum_{i=1}^M p_i \log_2 \frac{1}{p_i} \text{ [bit/simbolo]}$$

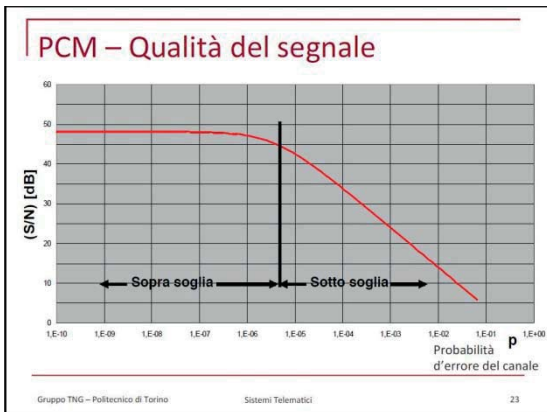
M: numero di possibili simboli che la sorgente può emettere.

Codifica di sorgente:

- L'entropia della sorgente indica il numero medio di bit di info che la sorgente emette: se la sorgente emette più bit della sua entropia significa che parte di questa emissione è priva di contenuto informativo (RIDONDANZA).

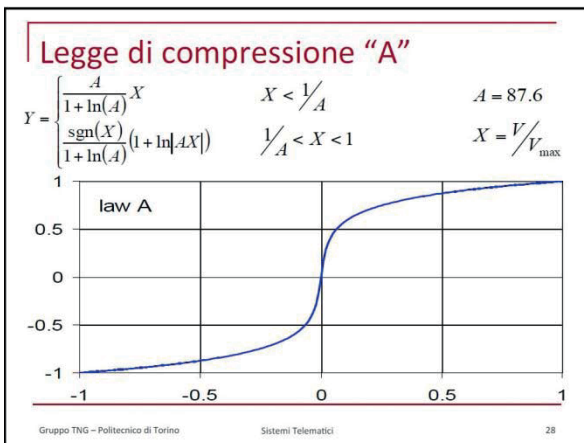
- **PCM companding:** telefonia (8 khz, 8 bit), qualità buona (MOS 4+), standard ITU-T G.711.

MOS= punteggio medio di opinione, media aritmetica dei voti raccolti dai segnali audio.

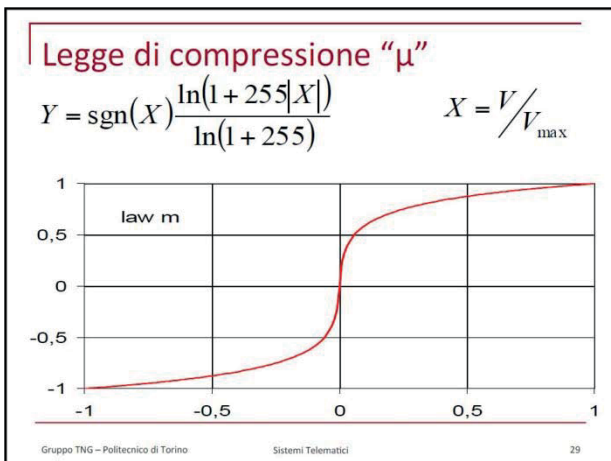


PCM companding si basa sull'osservazione che la sensibilità dell'orecchio umano è di tipo logaritmico, definisce un sistema di compressione e decompressione del segnale, può essere realizzato in forma numerica o distortendo il segnale analogico con le 2 leggi:

1. Legge "A": standard ITU/EU



2. Legge "μ": standard USA/Giappone

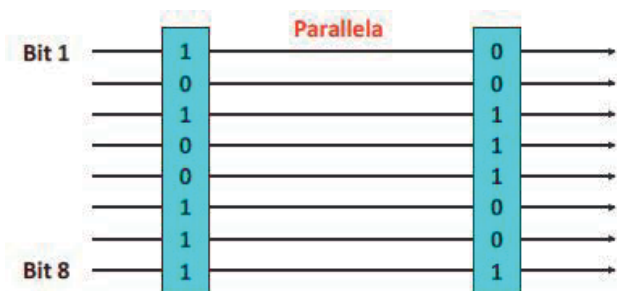


2. MP3 Audio coder di MPEG-1
 3. AC3 Dolby audio coder (DVD), AC= standard per MP4, AC3=DVD E blueray
 4. GSM Full-rate, half-rate, Enhanced full-rate
- **CODIFICATORI VIDEO:** elevata correlazione dei sistemi di immagini (ridurre la ridondanza), trasmissione di frame con differenze tra immagine corrente e immagine successiva.
Motion Picture Expert Group = MPEG. Sono di diversi tipi:
 1. MPEG-1 → Video CD- 1,5 Mb/s
 2. MPEG-2 → DVD, DVB – 4-6 Mb/s
 3. MPEG-4 → Next generation multimedia

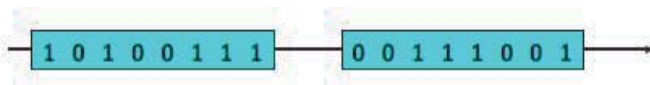
TRASMISSIONE NELLE RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Tipi di trasmissione:

- **ANALOGICA (continua):** l'info assume valori in un insieme continuo. Tali valori vengono rappresentati come variazione continua di un parametro elettrico. Info in una grandezza elettrica (corrente, frequenza, ecc.).
- **NUMERICA (discreta):** l'info assume valori in un insieme numerabile e finito di valori, i segnali che trasferiscono l'info sono in generale continui. Il ricevitore, tramite un processo di decisione, ricostruisce l'info discreta.
 Con una soglia di stabilità si campiona su determinati segnali di tempo e si verifica se il segnale è sopra o sotto.
- **PARALLELA:** l'info viene trasferita in parallelo (di solito 8bit = 1byte alla volta) su un bus di comunicazione contenente segnali di dato e segnali di temporizzazione (clock). Tanti fili in parallelo che portano l'info.
 Ciascun canale è relativo alla trasmissione di un solo bit. Il filo aggiuntivo informa quando è l'istante di temporizzazione. Con la trasmissione parallela trasmetto alla stessa velocità, ma ciascuna linea a velocità più bassa.



- **SERIALE:** l'info viene prima serializzata e poi trasmessa un bit alla volta. Non avviene nelle trasmissioni a lunga distanza ma in quelle all'interno di un dispositivo (computer). Esistono meccanismi di sincronizzazione che evitano l'uso di segnali aggiuntivi di temporizzazione. I dati sono scritti uno dopo l'altro sul canale.



La trasmissione seriale può dividersi ancora in 2 tipi:

1. **ASINCRONA:** ogni byte di info viene trasmesso separatamente dagli altri. Il clock di ricezione è solo nominalmente uguale a quello di trasmissione. Accordo sulla frequenza di trasmissione (non sono totalmente sincronizzati).

- Continua su canali punto-punto (1 trasmettitore, 1 ricevitore) o per trasmissione sincrona. Ricevitore sempre acceso e sincronizzato.
- “burst mode” su canali multipunto (1 trasmettitore, tanti ricevitori) o broadcast o per trasmissione asincrona. Funziona solo quando ci sono delle info da ricevere. BURST (blocco di segnali) porta le info che fanno sincronizzare il ricevitore.

SERVIZI E FUNZIONI NELLE RETI DI TELECOMUNICAZIONE

CCIT

The International Telegraph and Telephone Consultative Committee della International Telecommunication Union (ITU). Dal 1994 il CCITT ha preso il nome di ITU-T.

ITU-T

ITU: ente sovranazionale che si interessa di problematiche relative alle telecomunicazioni e radiocomunicazioni. Crea una serie di norme che definiscono le modalità di scambio delle informazioni tra apparati e sistemi.

ITU-T: identifica il settore ITU che si occupa delle telecomunicazioni.

Comunicazione: trasferimento di info secondo convenzioni prestabilite.

Telecomunicazione: qualsiasi trasmissione e ricezione di segnali che rappresentano segni, scrittura immagini e suono, info di qualsiasi natura, attraverso cavi, radio o altri sistemi ottici e elettromagnetici.

Esempio: gli apparecchi telefonici sono terminali di utente collegati a una rete che fornisce servizi di telecomunicazione.



Servizio di telecomunicazione: ciò che viene offerto da un gestore pubblico o privato ai propri clienti al fine di soddisfare una specifica esigenza di telecomunicazione.

Es. servizio telefonico soddisfa la necessità di fare delle telefonate.

Funzioni in una rete di telecomunicazioni: operazioni svolte all'interno della rete al fine di offrire i servizi

Esempio:

1. sollevando il microtelefono si indica alla rete l'inizio di una procedura di chiamata, alzando la cornetta si fa variare la tensione sul filo così la centrale capisce che devo fare una chiamata.
2. Bisogna poi attendere il tono di centrale (TU-TU).
3. Mediante il disco combinatore o la tastiera si indica alla rete l'interlocutore desiderato.
4. Il trasferimento delle info di controllo tra utente e rete si chiama **SEGNALAZIONE DI UTENTE** e serve a predisporre la rete.

Segnalazione: lo scambio di info che riguardano l'apertura, il controllo e la chiusura di connessioni e la gestione di una rete di telecomunicazione.

5. La rete individua le risorse necessarie per collegare i 2 utenti e stabilisce un circuito.

Commutazione: il processo di interconnessione di unità funzionali, canali di trasmissione o circuiti di telecomunicazione per il tempo necessario per il trasferimento di segnali (=soddisfare le richieste per il servizio).

6. La costruzione di un circuito richiede scambio di info di controllo internamente alla rete, serve agli apparati per comunicare. Anni fa la segnalazione avveniva via voce e la commutazione era

V: insieme dei vertici (raffigurati da cerchi- nodi).

A: insieme degli archi (raffigurati da segmenti - canali) che possono essere:

- **Diretti** (segmenti orientati- canali unidirezionali): hanno direzione, l'info può solo fluire in un senso. Frecce
- **Non diretti** (segmenti non orientati, canali bidirezionali). Segmenti

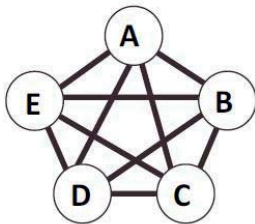
$N = |V|$ = num nodi = cardinalità dell'insieme dei vertici V

$C = |A|$ = num canali = cardinalità dell'insieme degli archi A

TIPI DI TOPOLOGIE

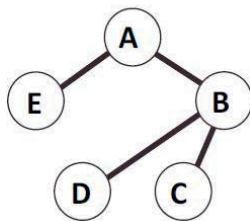
1. Maglia completa

- $C = N(N-1)/2$
- Rete totalmente connessa: ogni vertice è collegato a tutti gli altri con arco diretto
- Vantaggio: tolleranza ai guasti (molti percorsi tra due nodi)
- Svantaggio: elevato num di canali
- Esistono molti percorsi alternativi ma un solo percorso diretto (1 solo canale)
- Esiste una scelta ovvia di percorso a minima distanza
- Usata solo quando i nodi sono pochi (nodi di commutazione nazionali nella rete telefonica)
- Se aumento num nodi => canali aumentano al quadrato (es ho 20 nodi => 400 canali)



2. Albero

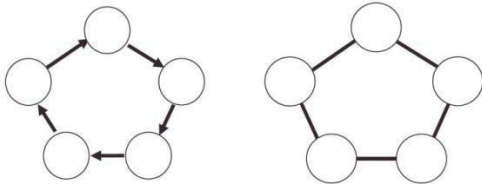
- $C = N-1$
- Topologia minimale per collegare n nodi tra loro
- Svantaggio: vulnerabilità ai guasti (solo un percorso tra 2 nodi)
- Vantaggio: basso num di canali
- È usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei canali
- Esiste una sola scelta di percorso tra ogni coppia di nodi



3. Stella attiva

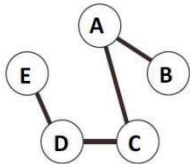
- $C = N$ (centro della stella non è nodo)
- Svantaggio: vulnerabilità ai guasti del centro stella
- Vantaggio: basso num di canali
- Centro stella → riceve le info da un nodo e le trasmette in modo attivo /intelligente alla destinazione (es. access point per la rete wifi)
- È usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei canali
- Ogni nodo ha un'unica scelta di percorso possibile
- Tutta la complessità nella scelta dei percorsi è demandata al centro stella

- Esistono uno o due percorsi possibili per ogni coppia di nodi
- In caso di guasto l'anello unidirezionale spezza il collegamento, mentre l'anello bidirezionale assicura la sopravvivenza della rete (a capacità dimezzata) poiché i nodi ai capi del guasto fanno richiudere l'anello e lo trasformano in un unico anello unidirezionale. L'anello bidirezionale è la più semplice topologia che consente un instradamento alternativo in caso di guasto.
- Rete di dorsale: ogni volta che un anello si rompe viene sostituito da un altro anello oppure si richiude su se stesso.

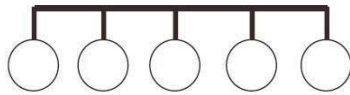


7. Bus

- $C=N-1$ per il bus attivo (caso particolare di albero): canale che attraversa attivamente tutti i nodi (molto raro)



- $C=1$ per il bus passivo: più resistenza ai guasti, il bus rappresenta un centro stella passivo (canale broadcast)

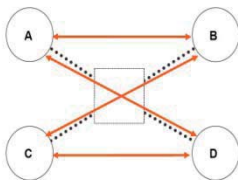


- Esiste una sola scelta di percorso tra ogni coppia di nodi
- Usata in reti locali e metropolitane

8. Logica

Definisce l'interconnessione tra nodi mediante canali (non sono necessariamente canali del collegamento fisico)

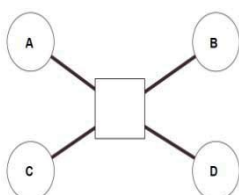
- Canali effettivamente usati a livello logico per comunicare



9. Fisica

Tiene conto del percorso dei mezzi trasmissivi

- Simile a topologia a stella attiva
- Rete fisica= rete sottostante



SERVIZI NELLE RETI DI TELECOMUNICAZIONE

Le reti di telecomunicazione possono essere:

- **DEDICATE** (fornisce un unico servizio, es. rete telefonica, reti trasmissione dati);
- **INTEGRATE** (una molteplicità di servizi) sono distinte in base alla capacità della rete:
 - ISDN a banda stretta (narrowband ISDN o N-ISDN). Sostituite da ADSL
 - ISDN a banda larga (=capacità offerta ampia) (broadband ISDN o B-ISDN)

Inizialmente erano a banda stretta con capacità di trasferimento limitata, poi l'aumento di esigenza di trasmissione ha portato all'utilizzo di reti a banda larga.

Le reti integrate sono quelle più utilizzate: infatti con una sola rete posso trasmettere dati di natura diversa.

CLASSIFICAZIONE DEI SERVIZI DI TELECOMUNICAZIONE

- **SERVIZI PORTANTI:** forniscono la possibilità di trasmissione di segnali tra interfacce utente- rete, funzionalità base, senza specifiche capacità. Riguardando solo la comunicazione.
Esempio: circuito diretto numerico punto- punto.
- **TELESERVIZI:** forniscono la completa possibilità di comunicazione tra utenti, includendo le funzioni degli apparati di utente, secondo protocolli concordati da gestori pubblici o privati.
Esempi: telefonia, telefax.
Possono essere:

- **servizi di base:** forniscono all'utente un servizio di telecomunicazione con le minime funzionalità richieste dal servizio stesso.
Esempi: telefonia di base (POTS), televisione.
- **servizi supplementari:** forniscono all'utente un servizio con funzionalità aggiuntive rispetto al corrispondente servizio di base. Può essere offerto solo in associazione a un servizio di telecomunicazione di base e quindi modifica o integra uno o più servizi di base.
Esempi: telefonia (avviso di chiamata, richiamo su occupato, trasferimento di chiamata, numero verde, segreteria telefonica), televisione (video-on-demand VOD, televideo, sono o a costo zero o pagando).

FLUSSI DI INFORMAZIONE NEI TELESERVIZI

La direzione può essere:

- bidirezionale simmetrico: uguale quantità in entrambe le direzioni;
- bidirezionale asimmetrico: flusso più grande da una direzione, capacità di trasferimento in una direzione e minore capacità in direzioni opposte;
- unidirezionale: info in una sola direzione.

oppure

- punto – punto: 1 nodo parla con un altro nodo;
- punto- multipunto;
- multipunto- multipunto;

CLASSIFICAZIONE DEI TELESERVIZI

- **INTERATTIVI:** interazione in tempo reale tra chi comunica:
 - **Conversazionali:** permettono comunicazione con trasferimento di info da estremo a estremo in tempo reale (es. video e suono: telefonia, videoconferenza, videosorveglianza; es. dati: trasferimento di file, interconnessione di calcolatori, controllo in tempo reale, giochi multiplayer);

RETI DI TELECOMUNICAZIONI (Parte 2)

CAP 7

MODI DI TRASFERIMENTO NELLE RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Gli aspetti chiave che configurano un modo di trasferimento delle informazioni sono:

- **TECNICHE DI MULTIPLAZIONE:**

Condivisione di canale: condivisione di un canale tra diversi flussi di informazione. In genere un canale di comunicazione è utilizzato contemporaneamente da più di una coppia sorgente - destinazione.

La condivisione del canale avviene tramite:

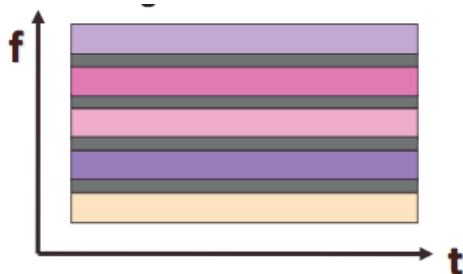
- **Accesso multiplo:** i flussi accedono al canale da punti differenti. È necessario un meccanismo di coordinamento.
- **Multiploazione:** tutti i flussi disponibili in un unico punto. C'è un controllo maggiore dei flussi che devono utilizzare il canale.

- **MULTIPLAZIONE DI FREQUENZA (FDM – FDMA)**

Tale tecnica suddivide le bande in "fette" (canali) tante quanti sono i canali da moltiplicare. Tali fette sono disgiunte e spesso si usa lasciare inutilizzare una banda di guardia tra canali per consentire la realizzazione fisica di tali apparati FDM.

Divisione della banda in bande di frequenza diverse con **bande di guardia** (per evitare effetti di disturbo)

[Trasmissione continua e lenta]

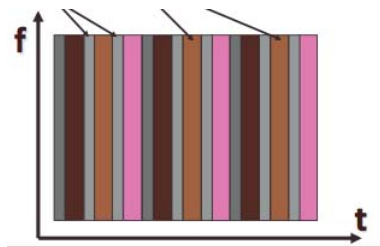


- **MULTIPLAZIONE DI TEMPO (TDM – TDMA)**

Divisione in intervalli di tempo diversi con **tempi di guardia**

Trame temporali che si ripetono ciclicamente

[Trasmissione veloce ma impulsiva]



in grigio sono i tempi di guardia (quelli più piccoli). Quelli più grossi sono invece le trame.

- **MULTIPLAZIONE DI CODICE (CDM – CDMA)**

Separazione tra i flussi usando codifiche diversi

- **MULTIPLAZIONE STATISTICA** (dinamica)

Multiplicazione nelle dimensioni tempo, frequenza, codice e spazio è funzione delle variabili istantanee di tempo.

Cerca di allocare nel modo migliore possibile la capacità disponibile sulla linea.

- **MODALITÀ DI COMMUTAZIONE:** condivisione di un nodo tra diversi flussi di informazione.

La commutazione è il processo di interconnessioni di unità funzionali per il tempo necessario alla trasmissione dei segnali.

È il processo di allocazione delle risorse di rete per il trasferimento dell'informazione.

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

Abbiamo:

- **Commutazione di circuito** (se i flussi sono continui): telefonia.

Uso delle risorse disponibili per allocare un circuito ad ogni richiesta di servizio.

Riserva nella rete ad ogni coppia sorgente-destinazione una capacità tale da garantire che tutte le unità siano consegnate a destinazione con un ritardo costante.

Circuito: collegamento fisico tra due terminali di utenti in **uso esclusivo** per la durata della comunicazione, le risorse vengono rilasciate solo al termine delle comunicazioni su indicazione degli utenti.

La comunicazione si divide quindi in tre fasi:

- Impegno: vengono riservate le risorse trasmissive richieste alla rete.
- Trasferimento dati: quando il canale è stato impegnato i nodi lasciano passare i dati senza elaborarli, come se fossero trasparenti. I dati fluiscono dall'utente uno all'utente due senza essere intercettati e rallentati dai nodi.
- Svincolo: determina la fine della comunicazione e il rilascio del canale.

Esempio: rete telefonica. L'utente uno invia la segnalazione inizio chiamata.

L'utente due segnala l'accettazione della chiamata: solo in questo momento avviene il trasferimento dei dati.

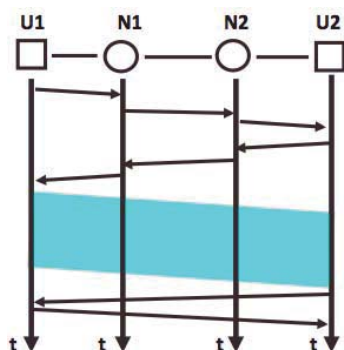


Grafico spazio/temporale: il sistema delle 2 entità nodo-utente evolve nel tempo. L'effetto della distanza spaziale è la propagazione del segnale in un tempo nullo.

N_i : nodo i-esimo. U_i : utente i-esimo. Questi sono fisicamente separati.

Il ritardo è dovuto al tempo di elaborazione o al tempo di reazione dell'utente.

selezionato già occupato da un'altra trasmissione. Può anche accadere che il pacchetto debba attendere anche il completamento della trasmissione di altri pacchetti già ricevuti dal nodo precedentemente. Ogni nodo deve quindi avere una unità di memoria.

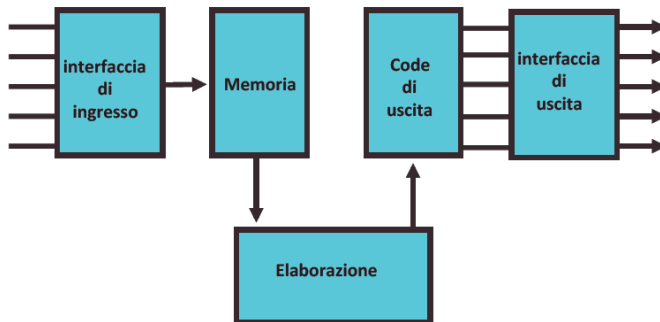
STORE AND FORWARD

Nodo memorizza il pacchetto.

Nodo elabora il pacchetto e sceglie il canale su cui inoltrarlo (serve intestazione)

Nodo mette pacchetto in coda per la trasmissione

Struttura di nodo di rete a commutazione di pacchetto:



BUFFER: spazio di memoria

SEGMENTAZIONE: Unità dati frazionata in molti pacchetti con unità di controllo

RIASSEMBLAGGIO: riunire i frammenti per ricostruire il messaggio originale

Lunghezza dei pacchetti è determinata da :

1. PARALLELIZZAZIONE (PIPELINE)

Pacchetti brevi favoriscono trasmissione in parallelo

[Trasmissione di un 2° pacchetto di dati nel 1° canale, mentre il 1° pacchetto è già in trasmissione sul 2° canale.]

Messaggio diviso in M pacchetti e trasmetto su N canali identici

$$\text{Tempo di trasmissione } t = M \cdot t_{PDU} + (N-1) \cdot t_{PDU}$$

2. RITARDO DI PACCHETTIZZAZIONE

Pacchetti brevi riducono ritardo di pacchettizzazione

3. PERCENTUALE DI INFO DI CONTROLLO

Pacchetti lunghi riducono % info di controllo

$$\text{Frazione di info di controllo} = \frac{f}{s+p} \quad p = \text{PCI} \quad s = \text{SDU}$$

4. PROBABILITA' DI ERRORE

Pacchetti corti riducono probabilità di errore

$$\text{Probabilità di pacchetto corretto } (1-p)^n$$

pacchetti di n bit; probabilità errore p

PVC – Circuiti Virtuali Permanenti : creati non in tempo reale, rete semi-statica

SVC – Circuiti Virtuali Commutati : creati su richiesta in tempo reale

L'operazione di commutazione avviene in due fasi:

- Instradamento: operazione intelligente che consiste nella scelta del ramo di uscita da utilizzare tramite opportuno algoritmo.
 - Attraversamento: operazione meccanica che consiste nell'esecuzione della decisione di instradamento già presa.
- Architettura di protocolli;

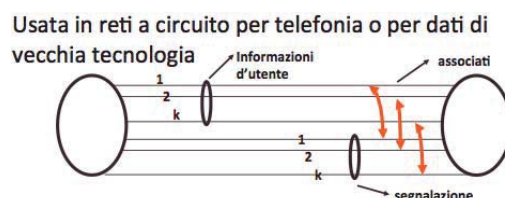
TECNICHE DI SEGNALAZIONE

SEGNALAZIONE: scambio di informazioni che riguardano l'apertura e il controllo delle connessioni e la gestione di una rete di telecomunicazione.

- **SEGNALAZIONE DI UTENTE:** scambio informazioni tra utente e nodo.
- **SEGNALAZIONE INTERNODALE (DI RETE):** scambio informazioni tra nodi.

La segnalazione avviene in due modalità e può essere:

- **ASSOCIATA AL CANALE:** corrispondenza biunivoca tra canale controllante (segnalazione) e canale controllato (info utente). I canali controllante/controllato possono essere anche fisicamente uniti e sono logicamente distinti. È utilizzata in reti a circuito per telefonia o dati di vecchia tecnologia.
 - **in banda:** canale controllante e canale controllato coincidono (tempi diversi). La risorsa trasmissiva viene quindi utilizzata anche per informazioni di segnalazione. Sullo stesso canale ho le informazioni di segnalazione e informazioni di utente. Trasmettiamo sia i dati sia le informazioni riguardo lo stato della trasmissione.



- **fuori banda:** canale controllante e controllato distinti (usati contemporaneamente). Il canale di segnalazione e il canale dati possono essere usati contemporaneamente. Il canale di segnalazione ha meno bande del canale utente.
- **A CANALE COMUNE:**
canale di segnalazione controlla diversi canali utente.
canale segnalazione funziona a pacchetto.

- **velocità di cifra (bitrate)** = tasso/velocità di trasmissione;
- **impulsività (burstiness)** = tempo di trasmissione rispetto tempo totale;

Le sorgenti numeriche possono essere:

- **A VELOCITA' COSTANTE (CBR – Constant Bit Rate)**: velocità di trasmissione costante nel tempo.

Velocità (bit/s)

Durata (sec)

Processo generazione delle chiamate (come e quando si presentano)

- **A VELOCITA' VARIABILE (VBR Variable Bit Rate)**: velocità di trasmissione varia nel tempo.

Velocità di picco (Peak Rate) (bit/s)

Velocità media (bit/s)

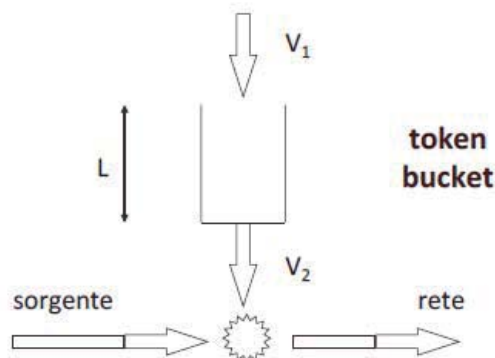
$$\text{Grado di intermittenza (burstiness)} = \frac{\text{velocità di picco}}{\text{velocità media}}$$

Durata (s)

Processo generazione delle chiamate

Token bucket : meccanismo di conteggio e regolazione del traffico

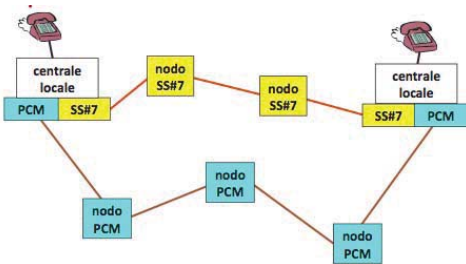
[dati utente arrivano all'apparato di misura e sono accettabili se c'è un gettone che li "accompagna" all'uscita]



INDICI DI QUALITA'

- Ritardo (tempo di consegna dell'info)
- Velocità (dati per unità di tempo)
- Probabilità di errore
- Probabilità di blocco

- Piano di controllo: segnalazione.
- Piano di gestione: non vediamo.



In giallo sono rappresentate le informazioni di controllo, in azzurro informazioni vere proprie. Come si può vedere dalla figura, le informazioni viaggiano in modo separato.

Organizzazione del piano utente.

È organizzato su tre livelli.

- **Rete di accesso** (da casa dell'utente alla rete locale). Rete analogica, topologia a stella.
Caratteristiche:
 - È realizzata con doppini, ha inizio con la centrale di commutazione locale
 - La distribuzione del segnale avviene mediante ramificazioni successive, man mano che ci si avvicina al terminale dell'utente
 - Le centrali locali raccolgono tipicamente alcune decine di migliaia di utenti, dipende dalla dimensione dell'apparato utilizzato
I collegamenti telefonici vicino all'utente potrebbero essere modificabili dall'utente compromettendone la capacità
 - Architettura della rete: topologia a stella = costa poco però se si rompe una parte si lamenta un solo utente.
- **Rete di giunzione** (tra le centrali locali e il centro distrettuale, non necessariamente coincide con un prefisso telefonico).
Caratteristiche:
 - Fibra ottica (quasi interamente)
 - Topologia ad anello (doppio anello con controrotante)
 - Tecnologia SDH= synchronous digital hierarchy -Moderna, Gerarchia sincrona digitale Quasi sempre. Trasmissione su fibra ottica
 - Alcune parti ancora PDH=plesiochronous digital hierarchy, Tradizionale. Nasce per trasmissione su cavi
 - Architettura della rete: Topologia ad anello = costa poco, se si rompe un collegamento posso prendere una direzione opposta.
- **Rete di lunga distanza** (connette tra loro le centrali di gerarchia più elevata).
Caratteristiche:
 - Interamente in fibra ottica
 - Tecnologia SDH
 - Pochi canali molto veloci
 - Spesso ridondata in hot swap: Il fascio di canali viaggia su due percorsi diversi contemporaneamente e il nodo di destinazione sceglie il migliore.
 - Architettura della rete: Topologia a maglia completa = costosa, ma la più affidabile. Ha pochi nodi

Si cerca sempre di coinvolgere il numero minimo di centrali.

- $E2=4 E1: 4*2048=8488$ Mb/s
 - $E3=4E2: 4*8488=34368$ Mb/s
 - $E4=4E3: 4*34368=139264$ Mb/s
- Difficoltà PDH = gestire sincronizzazione

Gerarchie PDH:

- È difficile identificare un singolo canale dentro uno stream: ogni volta occorre demultiplexare tutti i livelli per estrarre /inserire altri canali
 - È difficile mantenere due canali in perfetta sincronia: si usa un bit stuffing per avere un sistema quasi sincrono. Bit stuffing= bit di allineamento e sincronizzazione. Quando vengono trasmessi più dati e a volte si trasmettono anche dati inutili per cercare di recuperare il sincronismo
- Sincronizzazione PDH: Ogni apparato ha un suo orologio (non c'è sincronizzazione globale), Orologi locali hanno derive che portano a errori di sincronizzazione, Problema risolto avendo la possibilità di inserire e rimuovere bit di riempimento (=Bit stuffing), La segnalazione deve memorizzare la presenza di un bit finto per poi rimuoverlo più tardi

Limiti di PDH:

- Mancanza di flessibilità: è impossibile identificare un flusso a velocità più bassa in un aggregato superiore
- Mancanza di efficienza: non esistono standard per controllare le prestazioni del canale, non c'è un sistema di gestione
- Mancanza di uno standard a livello fisico

Da PDH a SONET/SDH-1: Il PDH ha dei limiti invalicabili: scala male in velocità (necessità di demultiplexare tutto il flusso per estrarre un solo E0), non supporta la moltiplicazione di flussi che non siano $n*64$ bit/s

Negli anni 80 B-ISDN richiede un sistema di trasmissione più efficiente

SONET= synchronous optical network: Sistema di trasmissione e moltiplicazione in America, Sistema ottico

- c) SDH= synchronous digital hierarchy: Sistema di trasmissione e moltiplicazione in Europa e Giappone, Sistema elettrico

Da PDH a SONET/SDH-2: Standardizzazione di SONET e SDH avvenuta alla fine degli anni 80, Spinta al cambiamento dato da:

- Sistema PDH non scalabile e non flessibile per supportare le aspettative di crescita di traffico
 - Tecnologie ottiche iniziano a essere appetibili e incominciano a capirsi le loro potenzialità
 - Sistemi di trasmissione ottica erano tutti proprietari e non potevano interoperare tra loro
- SONET/SDH= Insieme di raccomandazioni dell'ITU-T Che specificano:
- una Precisa struttura gerarchica
 - Tecniche di gestione di rete e di protezione da guasti
 - Modalità di interfacciamento verso il mezzo fisico, fibra e componenti da usarsi per la trasmissione
 - L'interfacciamento di altri protocolli che venivano trasportati da una infrastruttura SONET/SDH

Importanti obiettivi degli standard:

- Affidabilità e disponibilità del sistema compatibile con le specifiche dei gestori
- Interoperabilità tra differenti produttori
- Formati per facilitare diverse architetture e aggiornamenti della rete
- Controllo estensivo delle prestazioni di rete del traffico

Unica differenza tra SONET e SDH: differente formato di Moltiplicazione (Livello più basso della gerarchia)

Il primo livello SDH (STM-1) è a 155 Mbit/s, Il primo livello SONET (OC-1) è a 51,8 Mbit/s -> SONET OC-n È un modo di specificare velocità trasmissive n volte 51,84 Mbit/s

SONET/SDH Modello di riferimento:

- path layer:(Simile al livello 3 rete OSI) Responsabile di comunicazione end-to-end, Si occupa di

Reti Cellulari: principi generali

Cap 9

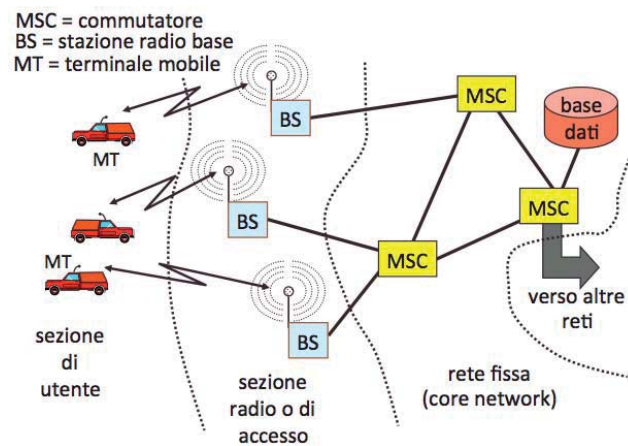
RETE WIRELESS = rete con accesso attraverso un canale radio, "senza filo".

RETE CELLULARE = rete con copertura ottenuta attraverso celle (= aree geografiche) contigue, l'utente si muove da una cella all'altra senza interrompere la comunicazione

ARCHITETTURA DI RETE

La rete è composta da tre elementi principali:

- Terminale mobile (MT): dotati di un'interfaccia, soggetti a movimento
- Stazione radio base (BS): sezione/rete di accesso: composta da base station transistor (BST antenne), base station controller (BSC coordinatore che definisce le frequenze associate alle singole antenne), base station sub system.
- Commutatore (MSC= Mobile Switching Center): rete fissa: commutatori per reti cellulari. Sul territorio sono pochi e servono per collegare tra loro reti diverse. Servono da interfaccia tra reti di diversi gestori che si occupano di gestire le comunicazioni nel modo più locale possibile.



BASE DATI

Componenti intelligenti, contengono le informazioni degli utenti.

Due tipi:

- home location register: base dati dell'operatore della rete, ci sono i dati fissi, storici.
- visitor location register: utenti del sistema fuori dalla loro area.

COPERTURA CELLULARE

La trasmissione radio è tendenzialmente propagativa, cioè più energia viene immessa nella trasmissione di un segnale andrà lontano.

- **COPERTURA CELLULARE TEORICA**

Capacità della rete cellulare

- banda singola cella
k S/N [Hz]
- banda singolo cluster
G k S/N=S [Hz]
- capacità singolo cluster
S log (1+C/I) [bit/s]
- capacità intera rete
M S log (1+C/I) [bit/s]
- M: numero di volte che devo ripetere il cluster per coprire l'intera area

Numero di cluster

- Area cella con raggio R $A_{cella} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2$
- Area cluster $A_{cluster} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2 G$
- $M = \frac{A_{totale}}{A_{cluster}} = \frac{A_{totale}}{\frac{3\sqrt{3}}{2} R^2 G} = \frac{\alpha}{R^2 G}$

Capacità totale e costo

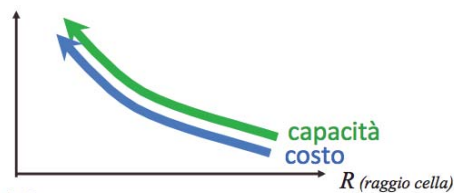
- Capacità intera rete

$$capacita = \frac{\alpha S}{R^2 G} \log(1 + C/I)$$

- Costo in termini di numero di antenne

$$antenne = MG = \frac{\alpha}{R^2 G} G = \frac{\alpha}{R^2}$$

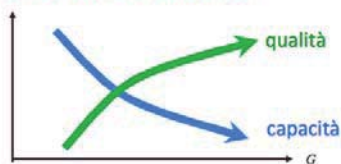
La dimensione della cella



- A pari G:

- Minore R, maggiore M, maggiore capacità
- Minore R, maggiore numero di antenne per avere la stessa copertura

La dimensione del cluster



- A pari R (= a parità di copertura di una cella):

- Minore G, maggiore numero di canali per cella (k) e maggiore M -> maggiore capacità
- Maggiore G, maggiore D, minore interferenza, migliore qualità

Criteri di progetto: mirano ad aumentare la capacità di traffico e diminuire l'interferenza.

- **SPLITTING:** consente di suddividere celle di dimensioni grandi in celle più piccole. Coesistono microcelle e macrocelle. Una cella grande può essere sostituita da un numero di celle piccole, il problema di queste ultime è la mobilità: nonostante il loro movimento il sistema deve permettere una comunicazione continua e sono più difficili da gestire.
- **SECTORING:** cella divisa in settori che usano frequenze diverse con antenne direttive così da ridurre l'interferenza poiché indirizza in modo preciso il segnale.
- **TILTING:** a causa di interferenza nella direzione preferenziale, l'antenna non è più montata verticalmente ma inclinata verso il basso di qualche grado (tilt).

- INTRA - Inter cell: indica se l'handover avviene tra frequenze all'interno della stessa cella o tre celle diverse.
- Soft – hard: indica se durante handover sono attivi entrambi canali radio (soft = al momento della transizione il terminale collegato ad entrambi i canali: impiego maggiore di risorse) o solamente uno per volta (hard = il terminale abbandona completamente la vecchia cella prima di collegarsi alla nuova: impiega una quantità minore di risorse).
- Forward – background: indica se la segnalazione avviene tramite BS di origine che controlla la comunicazione (background) oppure tramite BS di destinazione che controlla la comunicazione (forward).
- MT – BS initiated: indica se il primo messaggio di segnalazione per l'inizio della trasmissione dati viene inviata dal terminale utente come richiesta MT - initiated oppure da DS come richiesta DS initiated.

Come faccio sapere quando è necessario fare una procedura di Handover? Il terminale riceve il segnale da diverse celle e ne valuta la potenza. In questo modo è in grado di stimare se è meglio utilizzare il segnale di una delle celle a cui non è registrato, cioè se la potenza del segnale dell'altra cella è maggiore della potenza del segnale della cella a cui è attualmente collegato.. Il terminale stesso che capisce se necessario un handover.

- **ALTRE FUNZIONI: REGISTRAZIONE.** Avviene l'accensione del terminale quando vengono inviate le informazioni su posizione e identità dell'utente. Tale procedura viene fatta anche quando c'è un disallineamento nelle informazioni di stato.
 - è la funzione di collegamento del terminale alla rete, identificazione e autenticazione.
 - Procedura da eseguire: viene eseguita all'accensione del terminale; tutte le volte che si desidera accedere ad un nuovo servizio; serve per associare il terminale alla rete.

EVOLUZIONE DELLA TELEFONIA CELLULARE

Reti commerciali di prima generazione (1G)

Tecnologia analogica, accesso FDMA, solo servizio di telefonia, copertura del territorio con celle di grandi dimensioni, bassa qualità del servizio, bassa efficienza nel riuso delle frequenze e bassa capacità della rete. Es TACS

Reti commerciali di seconda generazione (2G)

Si passa ad una trasmissione digitale quindi c'è un'integrazione di servizi, sia voce che dati, crittografia sul canale radio e alto grado di riservatezza, miglior utilizzo dei canali e delle frequenze quindi più efficiente. Es GSM

Reti commerciali di seconda generazione "estese".

Sfruttano la stessa tecnologia del quelle di seconda generazione ma prevedono servizi dati a pacchetto così da aumentare la velocità e codificati così da diminuire al massimo il volume che incide sulla tariffazione. Architettura "multirete"(=rete formata da diverse sottoreti specializzate) con terminali "multistandard" in grado di collegarsi alla rete più opportuna. Es GPRS

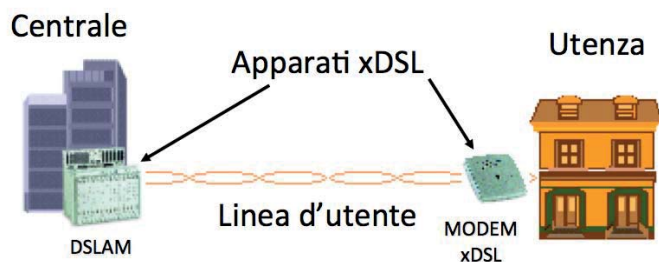
ACCESSO A LARGA BANDATA (xDSL)

CAP 10

xDSL : diverse tecniche di trasmissione numerica su doppino telefonico
coppia di modem applicati alla linea

[**MODEM**: modulatore/demodulatore che trasforma segnali numerici in info analogiche e viceversa]

DSL (Digital Subscriber Line) : linea d'utente numerica



Centrale (**DSLAM** DSLAccessMultiplexer) → linea utente → Utenza (**MODEM xDSL**)

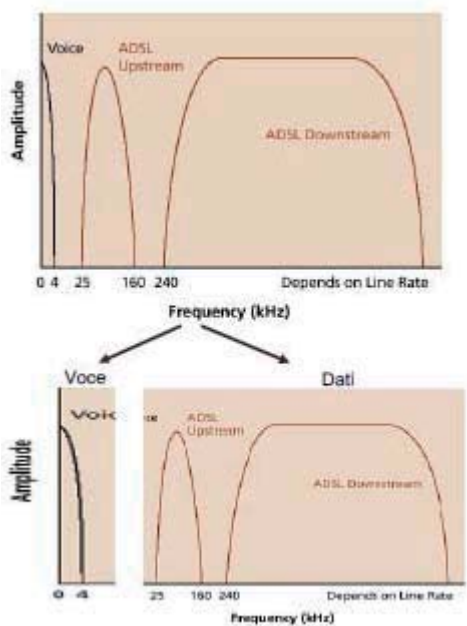
- Vantaggi:
 - Riutilizzo linee utenti già presenti;
 - Fornitura del servizio solo su richiesta;
 - Una velocità di downlink, centrale - utente, paragonabile a quella delle LAN aziendali di 1G;
 - Una velocità di uplink, utente - centrale, sufficiente agli scopi dell'utenza;
 - L'utente può trasmettere voce e dati contemporaneamente sulla stessa linea.
- Utenza: piccoli e medi uffici + utenza domestica
- Non c'è congestione dei POP e delle centrali
- Cambiamenti introdotti da XDSL:
 - Modem che operano sulla banda telefonica e l'utilizzo di tecnologie avanzate per arrivare fino 56 kbps;
 - Passaggio dalle linee telefoniche analogiche a linee digitali, numeriche. Vengono forniti due canali da 64 kbps: una per il traffico dati (collegamento telefonico); una per il traffico vocale (installazione di nuove linee telefoniche).

La distanza tra centrale e utente non deve essere troppo elevata perché la qualità del segnale peggiora con l'allontanamento del ricevitore dal trasmettitore.

DSLAM: apparato centrale. Trasforma l'informazione analogica per trasmetterla sulla rete dati dell'operatore.

Il DSL è una soluzione per fornire agli utenti un segnale a banda larga senza bisogno di acquistare un nuovo apparecchio. Viene utilizzato un sistema asimmetrico (velocità downlink maggiore velocità uplink).

Compatibile con servizio di telefonia **POTS** (Plain Old Telephone Service)



FILTRO SPLITTER: separa il segnale vocale dai dati

MODEM: modula/demodula il segnale alle frequenze opportune

ADSL 2 / ADSL 2+

Migliori codifiche

Raddoppio banda disponibile

Minore tempo di setup del collegamento

16-24 Mb/s downstream - 1.1-3.4 Mb/s in upstream

FTTN

[**Fiber To The Neighborhood** = fibra ottica giunge vicino a casa dell'utente]

Rete di accesso primaria è passiva (PON)

FTTH

[**Fiber To The Home** = fibra fino a casa dell'utente]

Blown Fiber: posa a basso costo

Ricablaggio della rete di accesso secondaria

Banda più elevata di VDSL

FTTB / Ethernet

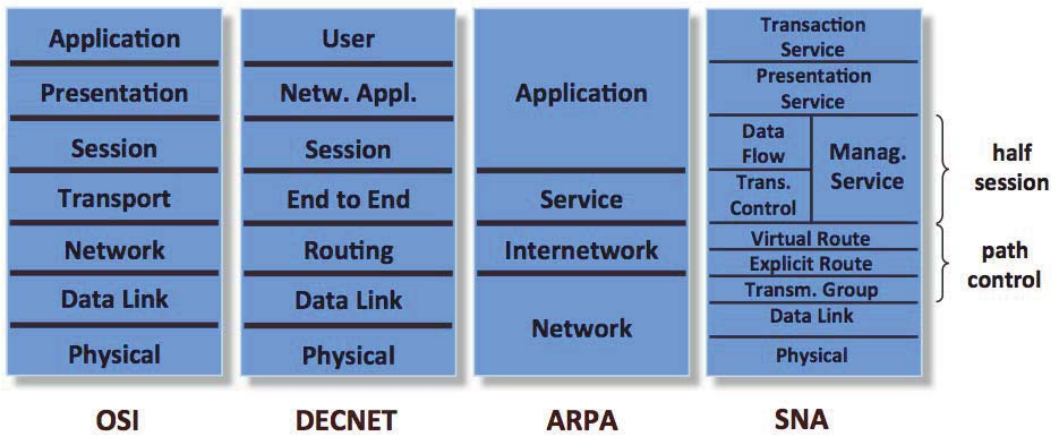
[**Fiber To The Building** = fibra fino alla cantina dell'edificio]

Utilizzabile negli edifici

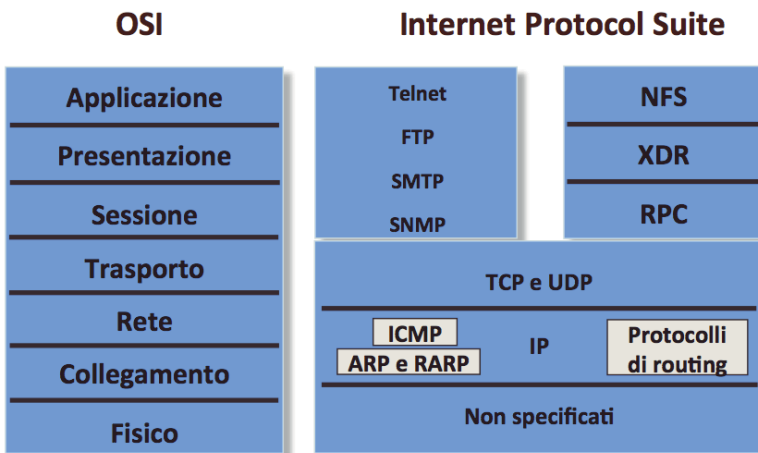
Tratta fino all'utente con Ethernet

Altri modelli storici sono per esempio il modello di ARPA (internet) che è composto dall'alto livello verso il basso da:

- APPLICATION
- SERVICE
- INTERNETWORK
- NETWORK



Più precisamente si ha modello INTERNET PROTOCOL SUITE (modello internet attualmente in funzione) che è formato da un alto livello unico che comprende le funzioni TELNET,FTP,SMTP,SNMP



Inoltre allo sviluppo in maniera verticale si aggiunge la stratificazione trasversale a piani per separare meglio le funzionalità e capire in caso di errore e malfunzionamento velocemente dove intervenire.

PROTOCOLLI

DEF CCITT: descrizione formale delle procedure adottate per assicurare la comunicazione tra due o più oggetti dello stesso livello gerarchico.

Possono essere di diverso tipo:

- SEMANTICA: insieme di comandi e risposte ossia se esiste qualcosa (comando);

Un servizio può essere:

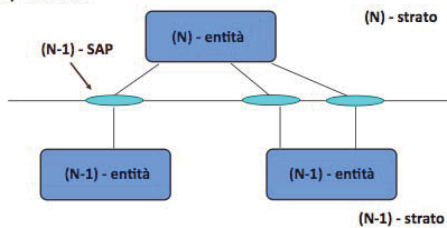
- **connection oriented (co):** si stabilisce un accordo preliminare (connessione) tra rete e interlocutori, poi si trasferiscono i dati e infine si rilascia la connessione.
- **connectionless (cl):** i dati vengono immessi in rete senza un accordo preliminare e in modo indipendente.

SAP

Ad ogni N-1 SAP può essere associata al più una N entità dell'N strato, ossia all'N entità possono essere collegate più N-1 entità che usufruiscono di un punto di accesso che si collega ad una e una sola N entità.

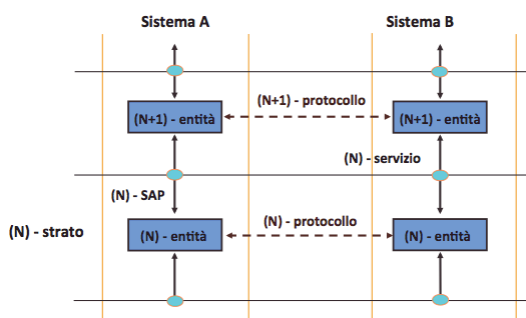
Ogni N-1 SAP ha un proprio N-1 indirizzo univoco.

- Ad ogni (N-1)-SAP può essere associata al più una (N)-entità



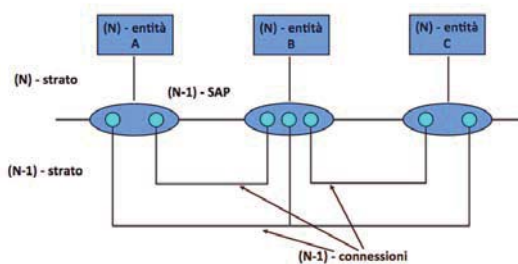
PROTOCOLLI

Sono le procedure di comunicazione tra le entità di sistemi diversi ma allo stesso livello gerarchico, quindi l'N strato avrà il suo N protocollo e così via.



CONNESSIONI

Ogni N-1SAP ha i propri processi applicativi che vengono collegati attraverso N-1 connessioni che possono essere connessioni di tipo punto-punto oppure punto-multiplo



- fornisce i mezzi meccanici,funzionali e procedurali per attivare,mantenere e disattivare le connessioni fisiche
- ha il compito di effettuare il trasferimento delle cifre binarie scambiate dalle entità di strato di collegamento
- definizione di codifiche di linea,connettori,livelli di tensione

STRATO 2:COLLEGAMENTO

- fornisce i mezzi funzionali e procedurali per il trasferimento delle unità dati tra entità di strato rete, per fronteggiare malfunzionamenti dello strato fisico e per controllare il flusso dei dati

STRATO 3: RETE

- Fornisce i mezzi per instaurare,mantenere e abbattere le connessioni di rete tra entità di strato trasporto
 - fornisce i mezzi funzionali e procedurali per lo scambio di info tra entità di strato trasporto
- Funzioni: 1 instradamento 2 controllo di flusso di gestione 3 tariffazione

STRATO 4:TRASPORTO

- Fornisce alla entità di strato sessione le connessioni di strato trasporto e colma le deficienze della qualità di servizio delle connessioni di strato rete
- Funzioni: 1 controllo errore 2 controllo sequenza 3 controllo di flusso
- È lo strato più basso con significato da estremo a estremo
- Esegue la moltiplicazione e la suddivisione di connessioni
- Permette la frammentazione di messaggi in pacchetti e la loro ricomposizione

STRATO 5:SESSIONE

- Assicura alle entità di presentazione una connessione di sessione
- Organizza il colloquio tra le entità di presentazione
- Struttura e sincronizza lo scambio di dati in modo da poterlo sospendere,rispondere e terminare ordinatamente
- Maschera le interruzioni del servizio trasporto

STRATO 6:PRESENTAZIONE

- Risolve i problemi di compatibilità per quanto riguarda la rappresentazione dei dati da trasferire
- Risolve i problemi relativi alla trasformazione della sintassi dei dati

STRATI 7: APPLICAZIONE

- Fornisce ai processi applicativi i mezzi per accedere all'ambiente OSI

STRATO FISICO

I mezzi trasmissivi possono essere principalmente di 3 tipi:

- Elettrici con doppino non schermato oppure con cavo coassiale;
- Ottici con fibra ottica;
- Radio con ponti radio oppure reti cellulari.

Caratteristiche ELETTRICI:

Un mezzo ottimale è caratterizzato da:

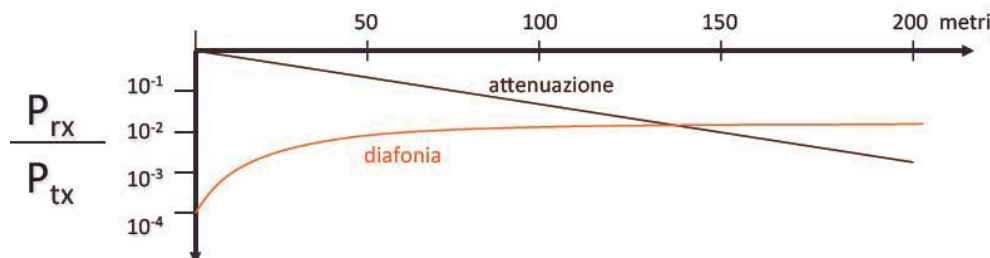
1. Buona resistenza alla capacità parassite;
2. Buona resistenza alla trazione;
3. Flessibilità.

Maneggiabilità per l'installazione

Dipendo dalla geometria dei fili (lo spessore di essi) e dal numero di conduttori e le loro distanze reciproche che potrebbero influenzare nella trasmissione e creare disturbi.

Parametri di merito:

- indipendenza (in funzione della frequenza)
- velocità di propagazione del segnale
- attenuazione (cresce linearmente, in dB, con la distanza e con la radice quadrata della f)
- diafonia o cross-talk (misura del disturbo indotto da un cavo vicino >> cresce con la distanza fino a stabilizzarsi)



IL DOPPIO

È detto anche coppia ed è il mezzo trasmissivo classico della telefonia.

È composto da due fili di rame ritorti per ridurre le interferenze elettromagnetiche.

Costa poco e la sua installazione è semplice

Velocità di trasmissione crescente in base alla generazione in cui ci troviamo



IL CAVO COASSIALE

Sistema trasmissivo composto da un connettore centrale o una o più calze di schermo

In confronto al doppino ha una maggiore schermatura dai disturbi esterni e minori interferenze

TECNICHE DI TRASFERIMENTO AFFIDABILE

Bisogna garantire che i dati arrivino a destinazione e che essi siano corretti!!

Come fare? Controllo dell'errore con:

- rilevazione dell'errore
- correzione dell'errore

CONTROLLO DELL'ERRORE

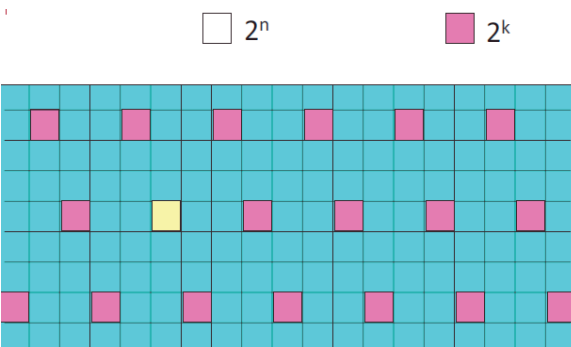
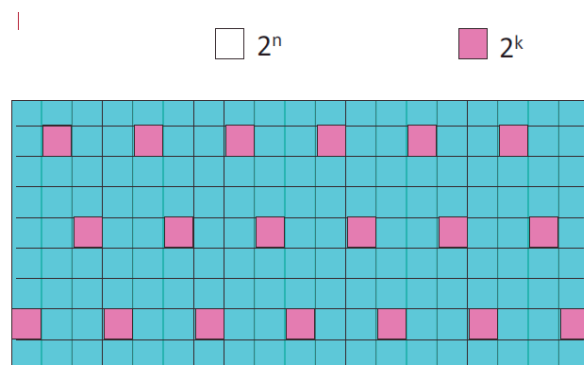
La modalità classica è quella di aggiungere informazioni ridondanti come l'aggiunta di un certo numero di bit di parità alla fine del messaggio.

- Codifica a blocco per controllo di errore



2^k possibili combinazioni

Dove i k bit utente sono indipendenti e gli n-k sono dipendenti.

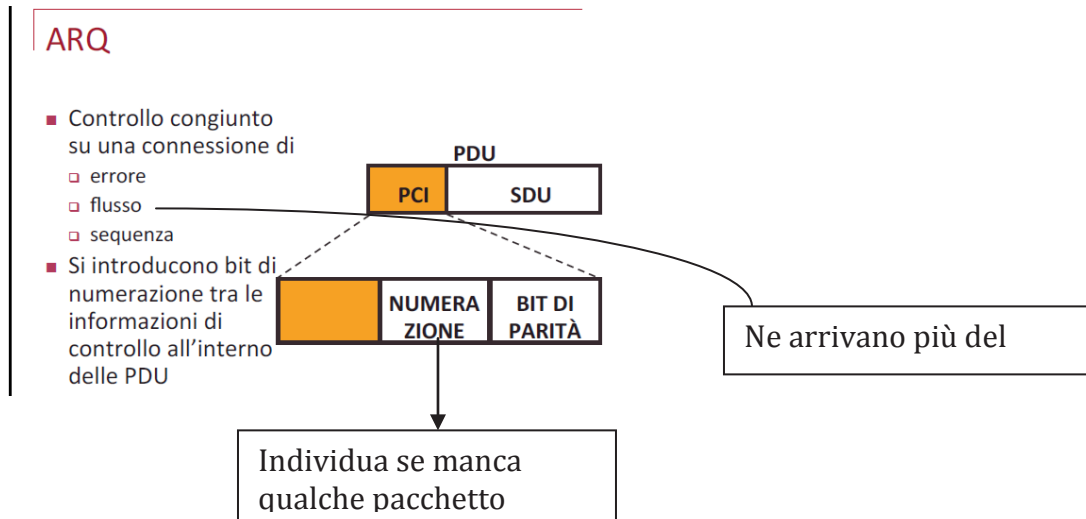


Ho n bit da trasmettere ma di tutte le possibili 2^n combinazioni che ottengo dalla trasmissione di n bit, solo 2^k sono possibili perché gli (n-k) bit sono un controllo. Esiste sempre la possibilità che degli errori combinati diano il risultato che richiede una casella giusta, in colore magenta. **Errore sistemático.** L'errore sistemático non è distinguibile dal dato corretto quindi dobbiamo fare in modo che la probabilità di tale errore sia bassissima.

Il secondo passo ricostruire la comunicazione attraverso una numerazione che permetterà di distinguere i pacchetti l'uno dall'altro per:

- Conoscere la sequenza dei pacchetti;
- Valutare il flusso e valutare quindi che non ci siano pacchetti perduti.

NB: un pacchetto non ricevuto non è un pacchetto sbagliato.



Esistono tre tecniche di ARQ:

- **Stop & Wait**
- **Go back N**
- **Selective repeat**

Nell'ARQ viene trasmesso da un T trasmettitore un pacchetto PDU a un R ricevitore in cui sono inseriti:

- bit di parità
- N(T) numero d'ordine
- indirizzi

Una volta arrivato al ricevitore esso trasmette un riscontro di ciò che ha ricevuto (ACKnowledgment) in cui sono presenti:

- bit di parità **solo** sull'intestazione
- N(R) numero d'ordine atteso
- indirizzi

STOP & WAIT

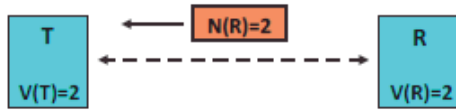
Il trasmettitore:

- Invia una PDU dopo aver fatto una copia e averla memorizzata nel buffer di trasmissione
- Attiva un orologio (tempo di **timeout**)
- Si pone in attesa della conferma di ricezione dell'ACK
- Se scade il timeout prima dell'arrivo della conferma, ripete la trasmissione

E quando riceve un ACK:

- Controlla la sua correttezza
- Controlla il numero di sequenza

- Incremento di V(T)

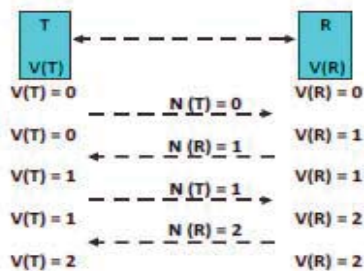


- V(T) = 2 al trasmettitore
- V(R) = 2 al ricevitore



Stop & Wait

- La numerazione delle PDU è:
 - indispensabile
 - ciclica (numero di bit intestazione e contatori finiti)



(qui ci sono gli appunti presi a lezione sull'alternating bit protocol con i vari errori nella trasmissione e con canale non sequenziale)

EFFICIENZA

Definiamo l'efficienza della trasmissione come il rapporto tra il tempo effettivamente speso in trasmissione e il tempo reale.

Quindi per stop&wait è:

$$\frac{T_p}{T_p + RTT}$$

T(p) è il tempo necessario per trasmettere la PDU
 RTT è il **round trip time** e rappresenta il tempo necessario per ricevere l'ACK

- Il trasmettitore con finestra N:
 - invia fino ad $N = W_r$ PDU, facendo di ognuna una copia
 - attiva un solo orologio per le N PDU (che viene resettato ad ogni trasmissione di PDU)
 - si pone in attesa delle conferme di ricezione (ACK)
 - se scade il timeout prima dell'arrivo delle conferme, ripete la trasmissione di tutte le PDU non ancora confermate

- Il ricevitore, quando riceve una PDU:
 - controlla la correttezza della PDU
 - controlla il numero di sequenza
 - se la PDU è corretta invia la conferma di ricezione
 - se la PDU contiene il primo numero di sequenza non ancora ricevuto, viene consegnata ai livelli superiori

SEMANTICA DEI PACCHETTI DI RISCONTRO

Può essere:

- **ACK individuale:** si notifica la corretta ricezione di un pacchetto particolare >> ACK(n)
Solo una PDU viene mandata
- **ACK cumulativo:** si notifica la corretta ricezione di tutti i pacchetti con numero di sequenza inferiore a quello specificato nell'ACK >> ACK(n) = ho ricevuto tutti i pacchetti fino a n escluso (è uguale a dire ho ricevuto fino a n e mi aspetto di ricevere n+1)
- **ACK negativo:** si notifica la ritrasmissione di un singolo pacchetto >> NAK(n)

Piggybacking

- Nel caso di flussi di informazione bidirezionali, è sovente possibile scrivere l'informazione di riscontro (ACK) nella intestazione di PDU di informazione che viaggiano nella direzione opposta.

NUMERAZIONE PDU

La numerazione della PDU è ciclica:

- K bit di numerazione
- Numerazione di modulo 2^k

Selective Repeat - Osservazioni

- In caso di perdita singola, questa versione del protocollo si comporta come il Go Back N in termini di
 - velocità di trasmissione (*throughput*)
 - occupazione del canale
- Si ottengono vantaggi rispetto al Go Back N
 - se $RTT < \text{tempo trasmissione della finestra}$
 - nuovo ACK permette di spostare in avanti la finestra prima di completarne la ritrasmissione
 - in presenza di perdite ripetute sui dati
 - poiché si memorizza in ricezione, è sufficiente che una sola copia di ogni pacchetto sia arrivata al ricevitore
- Modificando il comportamento del trasmettitore, e vincolandolo a ritrasmettere solo il primo pacchetto (perso) nella finestra si riduce l'occupazione del canale (si recupera 1 pacchetto perso ogni RTT)
- Migliori prestazioni si hanno adottando ACK selettivi

Nel protocollo Selective Repeat vale la relazione $W(t)+W(r) \leq 2k$ che lega la dimensione delle finestre di T e R con i k bit di numerazione

(vedi appunti)

Velocità di trasmissione (throughput)

- Throughput di un generico protocollo a finestra in assenza di errori

$$\min \left\{ \frac{\text{finestra}_{\text{trasmissione}}}{RTT}, \text{velocità}_{\text{linea}} \right\}$$

- Connessioni corte ottengono throughput maggiore a pari finestra

Per regolare il throughput posso agire su:

- RTT ritardando l'invio di ACK
- Dimensioni della finestra

Slotted ALOHA

Tempo diviso in slot (riferimento temporale), i nodi trasmettono all'inizio dello slot, se solo un nodo trasmette allora la trasmissione ha successo, altrimenti è necessaria una ritrasmissione con probabilità p di trasmettere in un altro slot oppure dopo un ritardo casuale fino ad ottenere successo. Manca l'idea di coordinamento quindi risulta poco efficiente con grandi quantità di traffico, ottima soluzione invece per un traffico ridotto. E' instabile. Il problema è l'efficienza.

ALOHA

È più semplice e non richiede una sincronizzazione infatti posso trasmettere quando voglio. Ovviamente questo aumenta la probabilità di collisione, si parla di collisione doppia poiché la collisione può avvenire sia con i pacchetti che sono stati trasmessi prima, sia con quelli trasmessi dopo. Anche in questo caso manca il coordinamento ed è adatto solo per limitate quantità di traffico, si tratta di un protocollo instabile poiché non è facile da controllare sebbene sia estremamente semplice.

Definiamo C la capacità e G il traffico offerto.

Il sistema ideale di traffico offerto è uguale al traffico smaltito quando il traffico offerto $G < C$. Il traffico smaltito uguale alla capacità del sistema quando il traffico offerto è superiore alla capacità del sistema.

$$S = G \text{ per } G < C$$

$$S = C \text{ per } G \geq C$$

La situazione reale a un massimo di traffico smaltito pari a $1/e = 0.8$, slotted aloha ha un throughput massimo del 37%. Con aloha ho un'efficienza del 18% e raggiungo un massimo pari a $1/(2e)$ in corrispondenza di $G = \frac{1}{2} C$.

Nel momento in cui si raggiunge il massimo G si riduce il traffico smaltito in quanto il sistema diventa instabile e aumentano le collisioni.

Se il traffico offerto è basso quindi siamo prossimi allo zero l'andamento dei protocolli aloha e slotted aloha non si discostano molto dall'andamento dell'ideale. Slotted aloha viene utilizzato quando il traffico offerto è basso in quanto il costo di implementazione è quasi nullo.

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

L'obiettivo è quello di aumentare il throughput. È diverso dagli altri due perché prima di trasmettere ascolta se il canale è libero, nel caso non lo sia riprovo in seguito la trasmissione :

- **CSMA persistente (1-persistente):** riprovo immediatamente appena il canale è libero.
- **CSMA non persistente (0-persistente):** riprovo dopo un tempo casuale.
- **CSMA p-persistente:** con probabilità p sono 1-persistente e con probabilità $1-p$ sono 0-persistente.

Sarebbe un protocollo perfetto con un canale ideale ma essendo che le stazioni sono distanti ed è previsto un tempo di trasmissione, non è detto che qualcuno lontano da me abbia sentito il canale libero, perché il mio messaggio non era ancora arrivato, e abbia trasmesso a sua volta. Questa conoscenza locale del canale porta a possibili collisioni.

Le collisioni dipendono direttamente dal ritardo di propagazione, ne deriva uno spreco totale del tempo di trasmissione del pacchetto.

CSMA/CD (Collision Detection)

RETI LAN

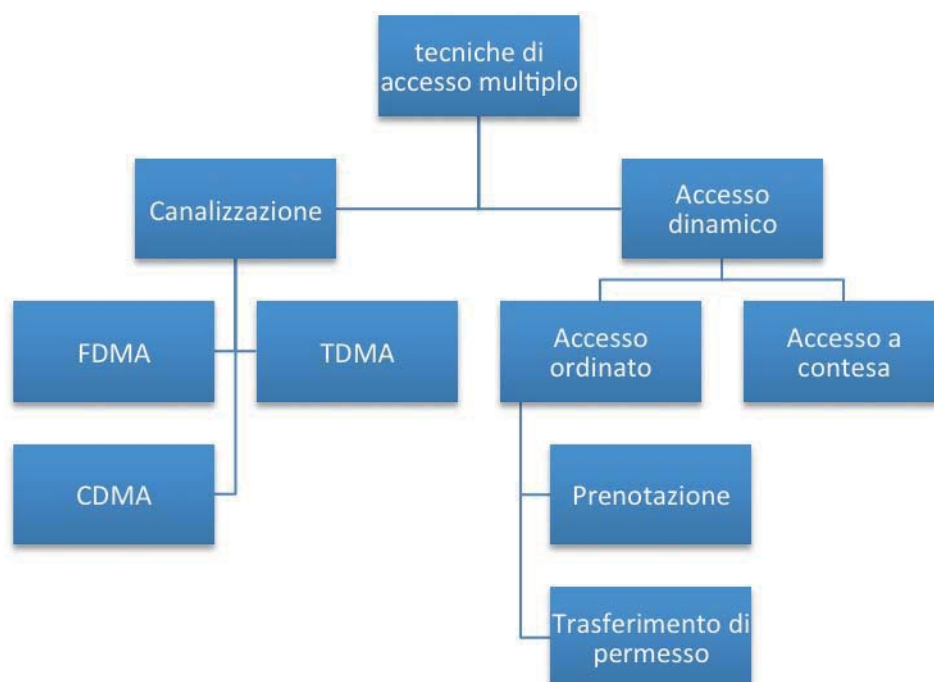
CAP 15 - 16

Le reti LAN (Local Area Network) coprono un'area geografica di piccole dimensioni. La particolarità di queste reti che adottano soluzioni tecniche molto diverse da quelle utilizzate nelle reti di grande estensione; ciò ha come conseguenza la realizzazione di reti di comunicazioni particolarmente semplici e quindi di costo molto ridotto.

Una rete in area locale, o LAN, si definisce come un sistema di comunicazione tra apparecchiature indipendenti, dette stazioni, entro un'area delimitata che utilizza un canale fisico condiviso ad alta velocità con tasso d'errore generalmente basso. Una LAN è caratterizzata dall'utilizzazione di dispositivi e apparecchiature di rete estremamente semplici che rendono queste strutture di comunicazione particolarmente economiche. Esse presentano anche una notevole affidabilità, robustezza e flessibilità, pur non offrendo delle garanzie molto stringenti sulle prestazioni.

Due sono le caratteristiche che consentono di distinguere una LAN dall'altra: il protocollo di accesso e la topologia della rete. Con il protocollo di accesso si fa riferimento alle procedure che le diverse stazioni seguono per poter effettuare la trasmissione di unità informative verso altre stazioni. Ciò avviene utilizzando un mezzo trasmissivo che tipicamente condiviso da tutte le stazioni della LAN. Essendo le stazioni distribuite entro un'area geografica limitata, un'azione di coordinamento tra di esse si rende necessaria per evitare conflitti nell'utilizzazione del mezzo trasmissivo. Le regole che le diverse stazioni seguono per accedere al mezzo trasmissivo prende il nome di **protocollo di accesso**. La modalità di interconnessione tra stazioni viene invece indicata come **topologia della rete**.

PROTOCOLLI DI ACCESSO



Le tecniche dinamiche di accesso delle reti LAN sono tipicamente di tipo distribuito, anche se alcune funzioni particolari di controllo vengono delegate a una stazione particolare.

Tra esse distinguiamo:

- Tecniche ad **accesso ordinato**: una procedura distribuita consente di determinare una sequenza di accesso al canale da parte delle varie stazioni in base al trasferimento di informazioni di segnalazione sullo stato delle singole stazioni.
- Tecniche di **accesso a contesa**: dette anche di **accesso casuale**, non si esegue una programmazione delle trasmissioni, lasciando libertà ad ogni stazione di decidere quando iniziare la propria trasmissione. Quindi più stazioni possono trasmettere contemporaneamente determinando naturalmente la perdita di tutte le unità informative inviate quando ciò avviene.

PROTOCOLLO AD ACCESSO CASUALE

Quando un nodo trasmette un pacchetto lo fa a velocità **R** del canale senza coordinarsi con gli altri nodi, quindi se trasmettono contemporaneamente c'è rischio di collisione ma i protocolli stessi specificano come riconoscere la collisione e successivamente recuperare i dati (ritrasmissione).

Tipi di protocollo:

SLOTTED ALOHA

Tempo diviso in slot (riferimento temporale), i nodi trasmettono all'inizio dello slot, se solo un nodo trasmette allora la trasmissione ha successo, altrimenti è necessaria una ritrasmissione con probabilità p di trasmettere in un altro slot oppure dopo un ritardo casuale fino ad ottenere successo. Manca l'idea di coordinamento quindi risulta poco efficiente con grandi quantità di traffico, ottima soluzione invece per un traffico ridotto. È instabile. Il problema è l'efficienza.

ALOHA

È più semplice e non richiede una sincronizzazione infatti posso trasmettere quando voglio. Ovviamente questo aumenta la probabilità di collisione, si parla di collisione doppia poiché la collisione può avvenire sia con i pacchetti che sono stati trasmessi prima, sia con quelli trasmessi dopo. Anche in questo caso manca il coordinamento ed è adatto solo per limitate quantità di traffico, si tratta di un protocollo instabile poiché non è facile da controllare sebbene sia estremamente semplice.

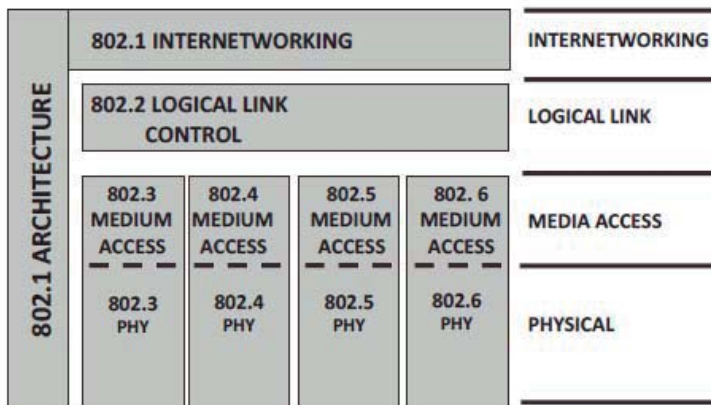
Definiamo C la capacità e G il traffico offerto.

Il sistema ideale di traffico offerto è uguale al traffico smaltito quando il traffico offerto $G < C$. Il traffico smaltito uguale alla capacità del sistema quando il traffico offerto è superiore alla capacità del sistema.

$$S = G \text{ per } G < C$$

$$S = C \text{ per } G \geq C$$

La situazione reale a un massimo di traffico smaltito pari a $1/e = 0.37$, slotted aloha ha un throughput massimo del 37%. Con aloha ho un'efficienza del 18% e raggiunge un massimo pari a $1/(2e)$ in corrispondenza di $G = \frac{1}{2} C$.



- **LLC = Logical Link Control:** il cui compito è la gestione di collegamenti logici di livello 2.
- **MAC = Medium Access Control:** governa le procedure di accesso al mezzo trasmissivo che le reti LAN è condivisa tra tutte le stazioni connesse alla rete.
- **Physical Layer PL:** definisce l'interfacciamento dalla stazione con il mezzo trasmissivo con annessi compiti di codifica/decodifica dei bit trasmessi/ricevuti; in alcune delle realizzazioni di reti LAN, in cui le operazioni richieste siano particolarmente complesse, lo strato fisico può essere suddiviso in una pluralità di sottostrati.

STRATO LLC

Lo strato LLC fornisce un'interfaccia unificata verso lo strato di rete e quindi maschera ai livelli superiori il modo in cui si accede al mezzo trasmissivo, cioè nasconde il tipo di protocollo MAC utilizzato. Vengono specificati tre tipi di servizi che possono essere forniti dallo strato LLC:

- Servizio connectionless senza riscontro (tipo 1): rappresenta un tipico servizio datagramma, in cui le unità informative sono trasportate a livello LLC senza che il mittente abbia alcuna garanzia sulla loro avvenuta consegna;
- Servizio connection-oriented (tipo 2): rappresenta un tipico servizio di trasporto affidabile, in cui si instaura la connessione prima di trasferire unità informative di cui il protocollo garantisce la consegna grazie a meccanismi di numerazione e funzioni di controllo svolte dal protocollo;
- Servizio connectionless con riscontro (tipo 3): prevede il trasferimento di unità informative senza preventiva instaurazione di connessione; in questo caso però il protocollo prevede la consegna al mittente di un messaggio di riscontro per ogni unità informativa consegnata a destinazione.

STRATO MAC

Lo strato MAC provvede alla consegna delle unità informative di livello superiore, LLC, tra stazione di origine e destinazione. Si è già detto che il mezzo trasmissivo è condiviso da tutte le stazioni della rete, e dunque in questo caso l'unità informativa, anche se ricevuta fisicamente da tutte le stazioni, viene elaborata

DIVERSE ARCHITETTURE DI RETI LAN

Il progetto IEEE 802 definisce diverse architetture di reti LAN e questi si differenziano per la modalità di implementazione del livello fisico e del livello MAC, essendo il livello LLC comune a tutte le reti. Tali standard sono indicati come 802.X e coprono tutti gli aspetti generali di sistema e di implementazione delle diverse architetture di rete locale:

802.1 Higher Layer LAN protocols: descrive l'architettura generale del progetto e il modello di riferimento.

802.2 Logical Link Control LLC: standard ormai consolidato che definisce protocolli e formati per la gestione delle connessioni logiche in una rete locale;

802.3 Ethernet: specifica le caratteristiche della rete locale con topologia a bus più diffusa al mondo ed è uno standard in continua evoluzione.

802.4 Token Bus: standard per reti a bus utilizzate prevalentemente per l'automazione di fabbrica, con controllo di accesso realizzato mediante trasferimento di token;

802.5 Token Ring: specifica le caratteristiche della rete ad anello con controllo di accesso realizzato con trasferimento di permesso.

802.6 DQDB (per reti MAN = metropolitan area network): il primo standard avente come obiettivo la specifica di una rete a estensione metropolitana; si tratta di una rete con topologia fisica costituita da due bus unidirezionali, che trasportano informazioni in direzione opposta, cui sono connesse tutte le stazioni;

802.11 Wireless LAN (Wi-Fi): definisce le modalità di interconnessione tra stazioni in aree limitate utilizzando l'etere come mezzo trasmissivo; costituisce oggi uno degli standard di maggiore interesse per l'evoluzione delle tecnologie di interconnessione in aree locali, grazie alla sua peculiarità di non richiedere alcuna cablatura dell'area geografica coperta.

ETHERNET -IEEE 802.3

IEEE definisce lo standard 802.3 basato su Ethernet

ETHERNET: famiglia di protocolli di accesso

CSMA-CD 1-persistente su topologia a bus

Ascolto il canale prima di trasmettere:

canale libero → trasmetto il pacchetto

canale occupato → ritardo trasmissione appena il canale è libero

Possibilità di **COLLISIONI** a causa della distanza fisica delle stazioni nella rete

Collisione rilevata: stazione interrompe la trasmissione e invia sequenza di jamming (sequenza breve che occupa il canale per rendere nota la collisione alle altre stazioni)

Stazioni in collisione attendono un tempo casuale prima di riprovare (tempo esponenziale che cresce ogni volta che il pacchetto collide)

ETHERNET Livello Fisico

Velocità trasmissione 10Mb/s

Mezzi trasmissivi: velocità di cifra | BASE | tecnologia di livello fisico

10 BASE 5 → cavo coassiale spesso

10 BASE 2 → cavo coassiale sottile

10 BASE T → doppino telefonico

10 BASE FL, FB, ~~FP~~ fibraottica

RETI LOCALI DI NUOVA GENERAZIONE

Obiettivo: reti locali più veloci, più affidabili, meno costose

Cablaggio strutturato con TOPOLOGIA A STELLA (collapsed backbone)

Stella = HUB → banda condivisa

Stella = SWITCH → banda dedicata

EVOLUZIONI DI ETHERNET (Ethernet 10, 100, 1000 Mb/s):

Cavo coassiale condiviso, distanza limitata, bassi costi.

LAN Half-Duplex: mezzo fisico condiviso punto-punto half duplex (switching).

ETHERNET SWITCHING: switch (bridge con una porta dedicate per ogni stazione) al posto degli hub.

INSTRADAMENTO:

- cut-through: inoltra la trama appena conosco la destinazione, senza store & forward (stessa velocità su tutte le porte, porta destinazione libera, trama unicast)
- store & forward
- fragment free : non vengono trasmessi pacchetti collisi

Per realizzare Ethernet a 100 Mb/s:

- Aumentare dimensione del pacchetto
- Ridurre dimensione della rete
- Modificare il protocollo

FAST ETHERNET (IEEE 802.3 u):

non modifica algoritmo CSMA-CD

non modifica dimensione dei pacchetti

mezzi fisici: doppino su 4 coppie, doppino su 2 coppie, fibra)

Riduce dimensione della rete.

GIGABIT ETHERNET (IEEE 802.3 z/ab/ah):

Protocollo MAC CSMA-CD (trasmissione punto-punto con switch)

Compatibilità con mezzi fisici già installati

Aumenta la dimensione minima del pacchetto: slot da 64 a 512 bytes

Collision domain 200 m

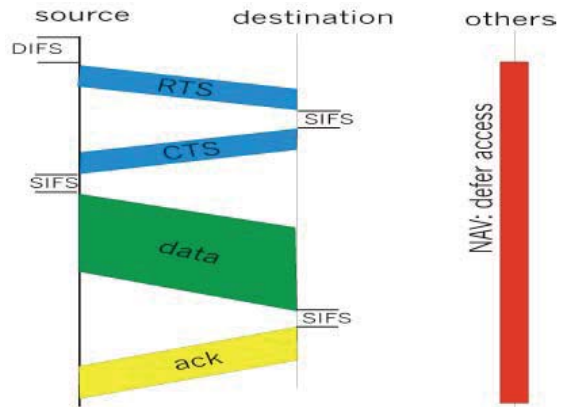
Topologie a stella

CSMA inefficiente per terminali nascosti (a causa di ostacoli o attenuazione 2 terminali non si sentono)

Soluzione: **COLLISION AVOIDANCE**

Vengono trasmesse 2 sequenze:

- **RTS (Request To Send)** : richiesta
- **CTS (Clear To Send)** : prenotazione e congela le stazioni nel raggio del ricevitore e previene le collisioni sui dati



- Consegna ordinata
- Supporto per canali multipunto

Tutte queste funzioni sono rimandate livelli superiori.

INCAPSULAMENTO PPP

PPP supporta diversi tipi di incapsulamento:

Trama HDLC--like (RFC 1662): incapsulamento trama HDLC sui canali tradizionali:

Collegamento dialup, Sonet/SDH

PPP over ATM AAL5 (PPPoA) :

Principalmente usato su linea ADSL, poiché la comunicazione sul canale ADSL tra modem e DSLAM usa trame ATM e permette di avere i vantaggi di PPP (autenticazione, configurazione) su un livello collegamento ATM che non li prevede

PPP over Ethernet (PPPoE) Simile a PPPoA, il suo uso dipende dall'ISP

TRAMA PPP HDLC-LIKE

Il protocollo PPP definisce una struttura di trama basata su caratteri (byte). Questo significa che la lunghezza di trama sarà sempre in numero di byte. Il formato della trama PPP comprende i seguenti campi:

- **Flag** (1 byte): presente in testa e coda alla trama PPP con contenuto 01111110, svolge la funzione di delimitazione della trama;
- **Adress** (1 byte): campo con tutti i bit posti a 1 che non svolge in realtà alcun ruolo trattandosi di collegamento punto-punto, che non richiede dunque la necessità di svolgere la funzione di indirizzamento;
- **Control** (1 byte): assume il valore di default esadecimale 0x03 in quanto normalmente non viene messo in opera alcun meccanismo di numerazione delle trame; solo in condizioni di collegamenti rumorosi è possibile adottare la numerazione delle trame come funzione opzionale;
- **Protocol** (1 o 2 byte): specifica il tipo di payload della trama, cioè il protocollo di livello 3 che utilizza le funzioni di collegamento dati svolte dal protocollo PPP;
- **Information**: rappresenta il payload della trama e contiene un numero di byte variabile con un valore massimo che può essere negoziato al momento dell'instaurazione della connessione; il suo valore di default è 1500 byte;
- **Frame Check Sequence** (2 o 4 byte): svolge la usuale funzione di rilevazione di errore.

Il protocollo deve garantire la trasparenza dei dati rispetto al delimitatore (flag): procedura di **byte stuffing**: quando viene usato un mezzo trasmissivo ove si opera con trasmissione di tipo asincrono, in cui l'elemento informativo di base è il byte e non più il bit, viene usata questa procedura. Consiste nel fare precedere ogni occorrenza all'interno della trama PPP del carattere 0x7E, che rappresenta il flag, da un carattere speciale 01111101, ovvero 0x7D. In entrambi i casi di inserimento di control escape il carattere che segue è il risultato dell'operazione di OR esclusivo tra il carattere esadecimale originale da proteggere e il carattere 0x20. Quindi i caratteri 0x7E e 0x7D che occorrono all'interno della trama vengono sostituiti dalle sequenze 0x7D 0x5E e 0x7D 0x5D, rispettivamente.

Interconnessione di reti locali

Cap. 17

Si collegano più reti locali con l'obiettivo di aumentare l'estensione geografica della rete, aumentare il numero di utenti collegabili senza però dover cambiare i protocolli quindi tutte queste modifiche devono avvenire in modo trasparente nei confronti degli utenti.

A seconda del livello protocollare a cui aumentiamo la dimensione ci sono procedure diverse:

- Interconnessione a livello fisico attraverso **Ripetitori** e **Hub** (livello 1): supero i limiti di massima distanza.
- Interconnessione a livello collegamento attraverso **Bridge** e **Switch** (livello 2): commutatori che prevedono algoritmi di instradamento molto semplici, non adatti a reti complesse.
- **Router** (livello 3): commutatore che prevede algoritmi di instradamento sofisticati, utilizzati per le interconnessioni geografiche.
- Interconnessione a livello applicazione attraverso **gateway** (livello 7): per connettere reti con architetture diverse.

LIVELLO 1

Ripetitore (repeater): viene interposto tra apparati di rete omogenei essenzialmente per estendere la copertura geografica realizzata da sistemi di rete che usano gli stessi protocolli che forniscono gli stessi servizi. Ripetitore agisce sulla formazione dei segnali e opera eventualmente la conversione di formato dei segnali stessi tra i segmenti di rete che vengono interconnessi. Il ripetitore è un dispositivo attivo e agisce come rigeneratore del segnale; esso riceve il segnale, lo decodifica e lo ritrasmette, riducendo così l'effetto del rumore sulle lunghe tratte, per fare questo c'è bisogno di tempo quindi può introdurre ritardi. Il ripetitore ha assunto la forma di un centro stella passivo: ricevere i segnali su un ramo della stella e li riproduce avendoli rigenerati su tutti gli altri rami. Unendo più stelle viene generata una struttura ad albero.

Nella sua evoluzione è arrivato ad essere un apparato con più porte d'ingresso e più porte d'uscita = Hub.

Hub: ripetitore multi porta quindi consente di trasformare una topologia a bus o ad anello in topologia a stella. è un centro stella passivo, presenta quindi una struttura gerarchica a più stelle. Da un ingresso trasmette a più uscite senza filtri, questo però non va ad aumentare la capacità del canale. Possono essercene massimo due per via dei ritardi che implicano.

LIVELLO 2

Bridge: ben più complesso del ripetitore, in quanto oltre ad operare interfacciamento fisico tra reti, esegue anche l'elaborazione delle unità informative di livello 2 che vengono ricevute, cioè le trame. Le reti che un bridge interconnette sono di tipo LAN; un bridge può interconnettere sia reti che hanno lo stesso protocollo di livello 2, cioè lo stesso protocollo Mac, sia reti che utilizzano protocolli Mac diversi. Operando a livello 2, i bridge ricevono le trame, ne analizzano l'header e,

trama. Se questo non è presente in tabella, viene creata una nuova voce che associa l'indirizzo sorgente SA alla porta N del bridge da cui è stata ricevuta. Se invece è già presente in tabella, si aggiorna l'identificatore di porta al valore N se questo fosse diverso. Si provvede in ogni caso ad azzerare il campo età, anche se la voce fosse già presente in tabella.

È evidente che l'interconnessione tra reti LAN può dare origine a cicli (loop) che nelle normali condizioni di operatività devono essere assolutamente evitati. La rimozione dei loop da un insieme di reti interconnesse da bridge si ottiene mediante la costruzione dello **spanning tree**, che consiste nell'etichettare opportunamente le porte dei bridge in modo che alcune di queste possano essere disabilitate, col risultato di identificare un albero che unisce tutti i bridge. Le porte bloccate possono essere riconfigurate come attive per ripristinare l'albero in seguito al verificarsi di eventi di guasto, per ricostruire la piena connettività della rete.

Ciascun bridge è individuato tramite un unico identificatore (ID) e in particolare si definisce root-bridge quello con ID più basso. Le porte di ogni bridge possono assumere uno tra i seguenti ruoli:

- Root (R): individua il percorso più breve che porta dal bridge al root-bridge;
- Designated (D): determina il percorso più breve dalla LAN interfacciata al root-bridge;
- Blocked (B): identifica una porta disabilitata.

Switch: gli apparati Giuseppe ci sono quelli che non implementano SPANNING TREE. Sia gli SWITCH che i BRIDGE sono trasparenti, ovvero non è necessario che gli utenti siano coscienti di far parte della rete. I bridge multiporta sono chiamati switch e sono usati per il cablaggio di reti di uffici. Gli switch vengono utilizzati per collegare tra loro più reti locali. Oggi agli switch non colleghiamo più le reti LAN, ma direttamente i terminali. Non collegavo più i nostri PC agli hub, ma li colleghiamo direttamente agli switch. Gli switch supportano delle funzionalità elevate come la LAN virtuale: aggiungendo un'etichetta all'interconnessione di ethernet legata alla stazione, il bridge può decidere se ritrasmettere o no la trama su quella porta; in tal modo creò una sezione di rete che mi consente di gestire pacchetti base alle categorie in cui fanno parte. Faccio in modo che il broadcast non venga inviato a tutti gli utenti, ma solo a quelli che fanno parte della stessa categoria. La categoria viene inserita nella PCI MAC con aggiunta di 4 byte. In ogni caso la topologia è sempre ad albero, che non è ottimale.

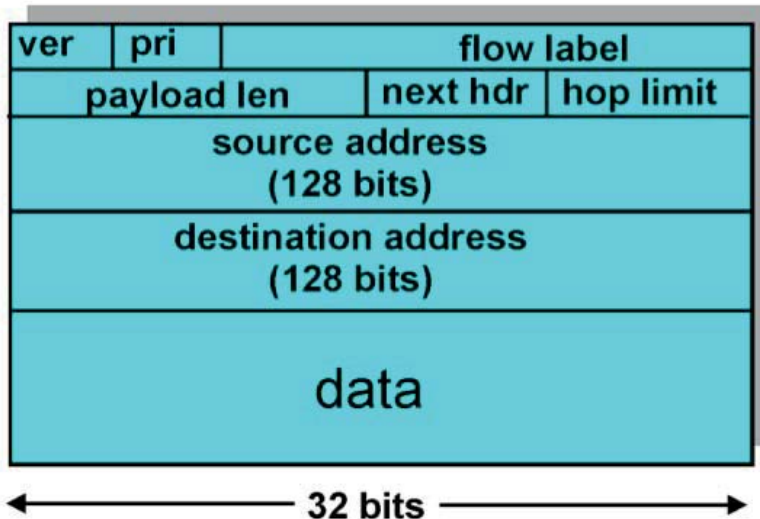
LIVELLO 3

Router: l'interconnessione tramite router richiede, per consentire l'interlavoro tra reti, lo svolgimento di funzioni più complesse poiché, a differenza dei casi precedenti, viene elaborata anche unità informativa di strato di rete (livello 3) cioè il pacchetto. Il compito del router è anche quello di instradare le unità informative affinché queste possano raggiungere la rete di destinazione indipendentemente dai protocolli di strato fisico e di collegamento utilizzati.

LIVELLO 7

Gateway: sono apparati a livello applicazioni che consentono la comunicazione tra più apparati aventi struttura differenti. Classico esempio è quello della posta elettronica.

- **Hop limit** (8 bit): definisce un contatore del numero di “salti” che possono essere compiuti dal datagramma che viene inizializzato a un dato valore massimo e viene via via decrementato a ogni salto; se viene raggiunto il valore 0 senza aver raggiunto la destinazione richiesta, il datagramma viene scartato;
- **Source address** (128 bit): indica l’indirizzo IP dell’host sorgente;
- **Destination address** (128 bit): indica l’indirizzo IP dell’host di destinazione.



Si noti che la semplificazione realizzata nel formato dell’header ha avuto come conseguenza anche la rimozione del campo di controllo di errore header checksum presente nell’header del IPv4. Questo perché si è ritenuto di non dover esercitare anche a livello di rete un controllo di errore che viene comunque effettuato a livello superiore.

INDIRIZZI IPV6 (128 BIT)

- Rappresentati in forma esadecimale
- 2001:0db8:85a3:0042:1000:8a2e:0370:7334 (gruppi di 2 byte separati da ':')
- Gruppi di zeri possono essere omessi
- Rimane la distinzione tra network prefix e interface identifier
- Tre categorie di indirizzi: unicast (indirizzi uno a uno), anycast (indirizzi da uno a uno tra tanti, indirizzo più vicino e più comodo tra i tanti disponibili con quell’indirizzo), multicast (indirizzi a gruppi di utenti), non esiste broadcast.

TRANSIZIONE DA IPV4 A IPV6

- Non si può avere una transizione immediata;
 - Non tutti i router possono essere aggiornati contemporaneamente;
- All’introduzione di IPv4 c’era stato un “flag day”, tipo introduzione dell’Euro (non all’italiana). Un flag day è un passaggio brusco da un protocollo a un altro.
- La rete può far convivere router IPv4 e IPv6:
- Tunneling:** IPv6 trasportato come payload di datagrammi IPv4 tra router IPv4

Avendo Memorizzato indirizzo MAC è in grado di ricevere indirizzo IP assegnato. Problema: è un Protocollo di livello 2 cioè solo a livello collegamento, non coinvolge livello rete. Se il server è organizzato in tante sottoreti questo richiede indirizzo RARP.

Assegna solo indirizzi IP non c'è spazio per le informazioni aggiuntive (non netmask Che viene presa quella di default della classe, ne gateway), Che verranno eventualmente ottenute diversamente.

b) **BOOTP** (RFC 951, usato tra 1985 e 1993), assegnazione dell'indirizzo IP. Protocollo di bootstrap sostituito da un protocollo compatibile cioè DHCP, Semplice con tanti dettagli. Nasce nel contesto di rete Internet in cui il terminale erano ancora stupidi cioè senza disco, solo con una parte di elaborazione. Affiancato da protocollo TFTP pensato per ottenere le info per bootstrap. Dal punto di vista funzionale è più semplice perché Viene superato il vincolo di avere un server per ogni sottorete attraverso una procedura di inoltro della richiesta. Prevede che ci sono dei modi che anche se non ci sono i server inoltrano gli indirizzi IP in altra sottorete. Se c'è un server in ascolto riceverà la richiesta di indirizzo IP. Nel pacchetto IP non ci sono le info del netmask del router di default Ma sono nel server.

c) **DHCP** (RFC 2131, il più usato oggi), info non statica ma variabile nel tempo, deve essere "rinfrescata". Scambio di info più complicato (otto informazioni). Il server risponde direttamente fornendo le info richieste senza "delegare".

Formato messaggi BOOTP/DHCP:

- Opcode: codice richiesta/ codice risposta
- Hardware type: codice livello 2
- Lunghezza indirizzo hardware
- Hop count: se ci sono nodi che fanno forwarding
- Transaction id: Identificativo della transazione
- Client ip address: Può essere scritto dal client
- Server ip: Indirizzo del server che ha risposto
- Options: campo per le info DHCP (aggiuntive rispetto a BOOTP). Alcune info contenute sono: netmask, indirizzo router di default, server DNS...

Sono messaggi della procedura di richiesta di indirizzo IP che si fa in 4 passi:

- 1) **DISCOVER**: Richiesta in cui si dichiara di voler avere indirizzo IP da parte dell'host, è una richiesta broadcast di un indirizzo ip inviata a più server di una rete. Nel messaggio di richiesta c'è indirizzo MAC del client e indirizzo IP vuoto. Ogni server riceverà questo messaggio.
- 2) **OFFER**: il server risponde con un'offerta, il server offre l'indirizzo del client, in base alle offerte ricevute il client sceglie quella che vuole.
- 3) **REQUEST/ACK**: il client manda un messaggio in broadcast in cui indica quale indirizzo del server sta accettando così gli altri capiscono che lui sta ricevendo l'indirizzo e mettono da parte il loro indirizzo. LEASE: durata massima dell'offerta, il client deve accettare l'offerta prima dello scadere del lease. ACK: il server che ha ricevuto manda la conferma
- 4) **RELEASE**: manda tutti i parametri per la configurazione del client e il client rilascia l'indirizzo ip quando non gli serve più.

d) PPP – usato su canali punto--punto (RFC)

Ogni volta che cambia la configurazione di rete, basta riconfigurare i server e aspettare che gli host aggiornino la loro configurazione (al prossimo boot?). I server seguono delle regole x l'assegnazione degli indirizzi.

ZEROCONF: particolare configurazione degli indirizzi (sono i local link). Serve per far si che gli apparati all'interno di una rete chiusa possano avere un indirizzo ip e parlare tra loro senza ricorrere a un server.