

Fondamenti di reti di telecomunicazioni

Indice

Comunicazione.....	4
Tipi di comunicazione.....	4
Tipi di connessione:.....	4
Classificazione geografica delle reti:.....	5
Rete telefonica.....	6
Telefonia analogica.....	6
FDM (multiplexing a divisione di frequenza).....	6
Telefonia numerica.....	7
TDM (multiplexing a divisione di tempo).....	7
Conclusioni (FDM vs TDM).....	7
Auto-Commutazione.....	8
Struttura di un auto-commutatore.....	8
Mansioni di un auto-commutatore.....	8
Strutture a divisione di spazio (S).....	8
Costo per le strutture a divisione di spazio.....	9
Strutture a divisione di tempo (T).....	9
Strutture multi-stadio.....	10
Struttura S-S.....	10
Struttura T-S.....	11
Struttura S-T.....	12
Struttura S-S-S.....	12
Relazione di Clos.....	12
Struttura T-S-T.....	13
Reti per trasmissione di dati.....	15
Modello ISO/OSI.....	16
Fisico.....	16
Collegamento (data link).....	16
Rete (network).....	16
Trasporto.....	16
Sessione.....	17
Presentazione.....	17
Applicazione.....	17
Modalità di commutazione di una rete.....	17
Commutazione di circuito.....	17
Commutazione di messaggio.....	18
Commutazione di pacchetto.....	18
Circuito virtuale.....	18
A datagramma.....	18
Reti TCP/IP.....	19
Reti locali.....	19

Fondamenti di reti di telecomunicazioni

Livello MAC (Media Access Control).....	20
Modalità ad accesso ordinato.....	20
Modalità di accesso casuale.....	21
Modalità di risoluzione di una collisione (comune a più tecniche).....	21
Modalità di rilevazione di una collisione.....	21
Livello LLC.....	21
Classificazione del traffico.....	22
Reti in standard DQDB (Distributed Queue Dual Bus).....	22
Rete FDDI (Fiber Distributed Data Interface).....	23
Internet working.....	26
Rete Ethernet.....	26
Modalità di accesso	26
Modalità di gestione dell'ascolto.....	26
Gestione delle collisioni.....	27
Tecnica: “ascolta-prima-di-parlare-e-mentre-parli”	27
Rete wireless.....	27
Proprietà (da rispettare):.....	28
Analisi SWOT per Reti Wireless.....	28
Tipi di rete wireless.....	29
Reti Wireless – Standard IEEE 802.11 (Wi-Fi).....	30
Struttura protocollare.....	30
Livello fisico.....	30
Livello MAC.....	31
Problema del terminale nascosto:.....	31
Margini di miglioramento 802.11.....	35
Standard IEEE 802.16 – WiMAX.....	35
Livello fisico.....	36
Livello MAC.....	36
Classi di servizio.....	36
Bluetooth.....	37
Architettura di rete.....	37
Pila protocollare.....	38
Accesso radio.....	38
Livello MAC.....	38
Modalità di collegamento.....	38
Tecnologia RFID (Radio Frequency Identification).....	38
Reti ISDN (Integrated Services Digital Networks).....	39
Interfaccia utente-rete.....	40
Architettura protocollare.....	40
Raccomandazione X.25.....	40
Struttura frame.....	41
Principio di condivisione dinamica della banda.....	41
Segnalazione (SSN7).....	42
Sistema di segnalazione SSN7.....	42
Topologie di rete:.....	42

Fondamenti di reti di telecomunicazioni

Architettura SSN7:	43
Rete Frame Relay	43
Broadband ISDN (B-ISDN)	43
ATM	43
Management Plane	44
Control plane	44
User plane	44
Livello fisico	44
Livello ATM	44
Livello AAL (ATM Adaption Layer)	52
Il modello ISO/OSI oggi – Reti geografiche	52
Livello Fisico	52
Livello collegamento	55
Livello Rete	55
Algoritmi di routing	56
Classificazione	56
Algoritmi senza tabella	56
Random	56
Flooding	57
Source routing	57
Algoritmi con tabella	57
Algoritmo link state	57
Algoritmo Distance Vector	59
Algoritmi gerarchici	60
Controllo della congestione	61
Metodo reattivo: Sliding Window	61
Metodi preventivi	62
Algoritmo Leaky-bucket (secchio forzato)	62
Algoritmo Token-bucket	62
Sicurezza di rete	62
Tecnica a chiave simmetrica (poco sicuri)	63
Tecnica a chiave asimmetrica (public key)	63
Note (extra)	64
Problema del terminale nascosto	64
Problema del terminale esposto	64
ALOHA	64
Variante Slotted ALOHA	64

Rete di telecomunicazioni: è un sistema complesso in grado di consentire su richiesta la comunicazione degli utenti della rete.

Commutazione: operazione che consente di definire opportunamente un percorso sorgente-destinazione nell'ambito di una rete di telecomunicazioni.

Comunicazione

Tipi di comunicazione

Simplex (unidirezionale): si ha l'uso esclusivo del mezzo.

Duplex (bidirezionale alternata): consente l'utilizzo esclusivo di un collegamento in base temporanea.

Full-duplex (bidirezionale): nel canale di comunicazione possono convivere flussi con direzioni diverse. Bisogna garantire a livello fisico l'esistenza di questi due flussi (tecniche FDM, TDM).

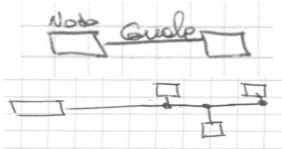
Rete: interconnessione di vari nodi.

Vantaggi: condivisione delle risorse; collaborazione.

Svantaggi: gestione complessa.

Tipi di connessione:

- Punto-Punto

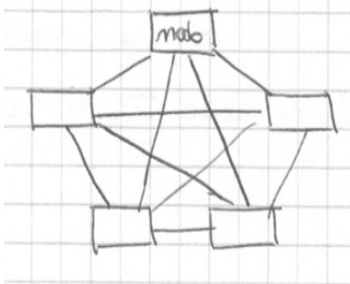


- Multi-Punto



Topologia: descrive come i nodi sono fisicamente connessi da un mezzo trasmissivo.

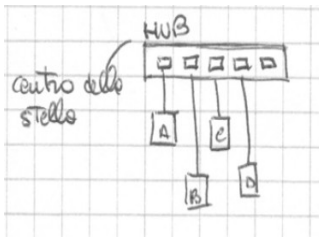
1) Topologia mesh (o maglia)



- **Vantaggi**: connessione diretta con ogni nodo; distribuzione del traffico in modo che si prevenano fenomeni di congestione; affidabilità elevata: se si rompesse uno dei collegamenti si riuscirebbe comunque a far comunicare i due nodi con uno degli altri.
- **Svantaggi**: la complessità dei collegamenti aumenta in modo quadratico all'aumentare dei nodi.

$$N : \# \text{ di nodi} \Rightarrow \frac{n(n-1)}{2} = \alpha \cdot n^2, \text{ commutazione più complessa.}$$

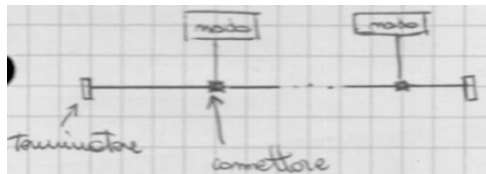
2) Topologia stella



Ho un collegamento per ogni nodo. Se A vuole comunicare con B deve passare dall'HUB.

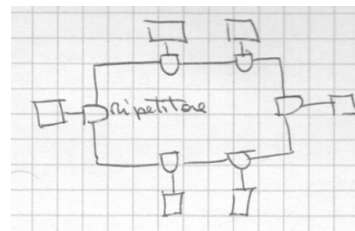
- **Vantaggi:** riduzione dei costi perché la complessità dei collegamenti è lineare ($\alpha \cdot n$).
- **Svantaggi:** più vulnerabile a guasti, se si rompe l'HUB si blocca tutta la rete.

3) Topologia a bus



- **Vantaggi:** facile costruzione.
- **Svantaggi:** l'attenuazione è proporzionale alla lunghezza del bus e al numero di nodi.

4) Topologia ad anello



- **Vantaggi:** rigenerazione segnale.
- **Svantaggi:** se si rompe l'anello non si comunica più. Soluzione: si fa una struttura doppio anello, cioè replicando un doppio anello esterno a quello già utilizzato.

Le varie topologie possono essere combinate fra loro.

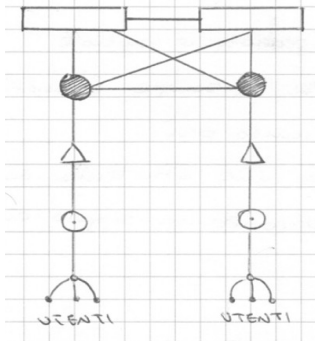
Classificazione geografica delle reti:

Internet : insieme di reti interconnesse

1. LAN (Local Area Network): area limitata (ufficio, edificio)
2. WAN (Wide Area Network): area estesa (regioni/nazioni)
3. MAN (Metropolitan Area Network) dimensioni intermedie (città)

Rete telefonica

È la rete con copertura maggiore, ha una struttura gerarchica (ogni nodo ha un ruolo di differente importanza). Non sempre la comunicazione tra nodi di pari livello è concessa. Suddivisione nodi di rete in “PIANI”:



- ◆ Centro nazionale (CN)
- ◆ Centro di compartimento (CC)
- ◆ Centro di distretto (CD)
- ◆ Centro di settore (CS)
- ◆ Centro di rete urbana (CRU)

Si cerca di completare la comunicazione al livello più basso, impegnando il minor numero di nodi possibili.

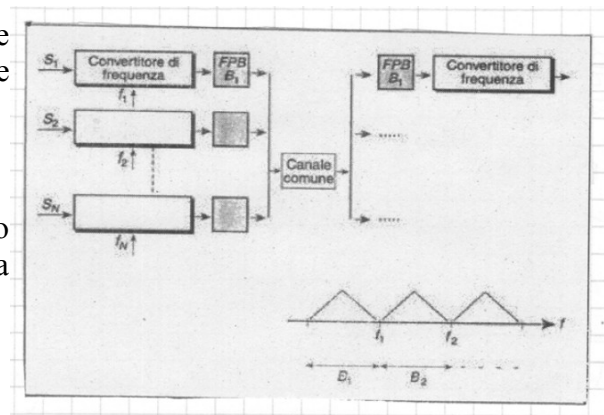
Telefonia analogica

- Telefono: CRU (doppino di rame, banda lorda 4 KHz).
- CS: i vari flussi vengono multiplexati con FDM e passati in cavo coassiale.
- CN: si passa su fibra ottica.
- ricezione : si esegue il demultiplexing (filtro passa-banda e demodulatore) ottenendo un segnale uguale a quello iniziale.

FDM (multiplexing a divisione di frequenza)

Si ripartisce la banda disponibile del canale tra le sorgenti S_i , evitando sovrapposizioni: il segnale multiplex viene costruito traslando lo spettro delle S_i in n intervalli di frequenza disgiunti e contigui.

Il valore di n e l'allocazione del segnale multiplexato sull'asse delle frequenze non sono scelti a caso ma corrispondono alle specifiche fissate dal CCITT.



- 12 canali: gruppo
- 60 canali: super-gruppo
- 300 canali: master-gruppo

Telefonia numerica

In base al teorema di Shannon, campiono il segnale ad intervalli periodici $T_c = \frac{1}{2f_m}$ (nel nostro caso $f_m = 4\text{KHz}$), poi lo quantizzo ottenendo un segnale numerico (con passo di quantizzazione piccolo riduco la distorsione); $\tau = \frac{125\mu S}{8}$ è il tempo di trasmissione di un bit; $B = \frac{1}{\tau} = 64\text{KHz}$ (banda minima di un segnale telefonico numerico se si usano 8 bit in un intervallo).

TDM (multiplexing a divisione di tempo)

Il tempo viene suddiviso in frame (canali) di durata prefissata. Lo standard prevede 32 canali (frame) a 8 bit; complessivamente entro l'intervallo T_c si hanno $32 \cdot 8 = 256 \text{ bit}$, e la banda vale

$$B = \frac{1}{\frac{125\mu S}{256} \text{ bit}} = 2048 \frac{\text{Mbit}}{s}$$

In fase di demultiplexing il segnale viene rigenerato da appositi amplificatori

Conclusioni (FDM vs TDM)

Con FDM devo mantenere collegamento elettrico continuo, con TDM basta averlo in corrispondenza del momento di inizio.

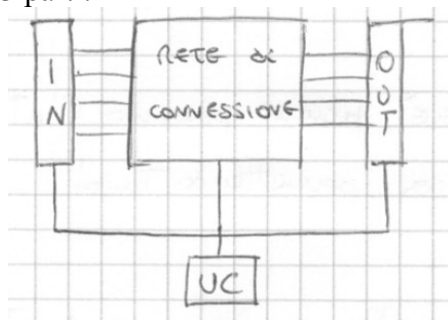
TDM richiede più banda, ma consente una rigenerazione esatta e (diminuisce anche il rumore del canale). Ha maggiore qualità su tratte lunghe, è indipendente dal tipo di sorgente (può integrare traffici differenti), consente di utilizzare direttamente metodi di elaborazione del segnale, protegge dal rumore.

Auto-Commutazione

Commutazione: operazione che consente nell'ambito di una rete di definire le connessione tra nodi diversi. È eseguita dal commutatore: inizialmente era elettro-magnetico in seguito è divenuto elettronico.

Struttura di un auto-commutatore

3 parti:



- terminazioni di linee ingresso/uscita
- unità di controllo
- rete di connessione

Se $n_{in} > n_{out}$ ho un concentratore

Se $n_{in} < n_{out}$ ho un distributore

Blocco ingresso: estrae le richieste di connessione. Es: Se linea 1 vuole chiamare linea 100 viene fatta una segnalazione (canali di servizio) all'UC.

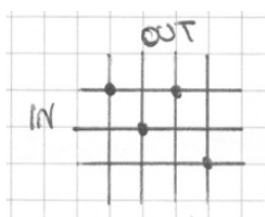
Unità di controllo: elaboratore (intelligenza della struttura) software, interpreta la richiesta di connessione che gli arriva e la trasferisce alla rete di connessione, ricostruisce poi la segnalazione e la manda al blocco OUT. Infine comunica alla rete di connessione quando chiudere la connessione (comunicazione).

Mansioni di un auto-commutatore

- istanziare collegamento ingresso/uscita alla nascita della comunicazione
- sovrintendere al collegamento
- resettare lo stato della rete di comunicazione

Due tecniche realizzative delle reti di connessione: divisione di tempo (numerico) e divisione di spazio (numerico e analogico).

Strutture a divisione di spazio (S)



Disposizione dei collegamenti a matrice: si deve stabilire una connettività elettrica tra ingresso e uscita (inizialmente i collegamenti erano effettuati con relè, poi elettronicamente). I collegamenti devono rimanere chiusi tutto il tempo necessario richiesto dall'utente sorgente, dopodiché deve ripristinare lo stato iniziale.

L'impiego di BJT, in sostituzione dei relè, hanno permesso l'utilizzo di questa struttura per la telefonica numerica, permettendo tempi di aggiornamento rapido. Quindi la struttura è adatta sia a quella analogica che a quella digitale.

Telefonia analogica: continuità elettrica fra sorgente e destinazione. Utenti in connessione permanente tra loro per tutta la durata del collegamento.

Telefonia numerica: la comunicazione è percepita dagli utenti come continua ma in realtà è limitata al tempo di canale. Una volta trasferiti gli 8 bit il commutatore fa sì che quella linea in ingresso non sia più collegata a quella in uscita.

Struttura non bloccante: una rete di comunicazione si dice non-bloccante quando è sempre possibile ammettere una linea di ingresso ad una qualsiasi linea in uscita libera. Le strutture a divisione di spazio sono non-bloccanti

Il costo di una struttura di commutazione è legato alla tecnologia della struttura.

Costo per le strutture a divisione di spazio

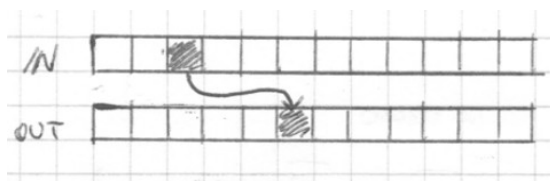
Per convenzione il costo di una struttura a divisione di spazio è legato al numero di connessioni complessivamente possibili.

Es: avendo n ingressi ed m uscite si ottiene che $costo = n \cdot m$.

Cambio di linea: per quanto riguarda la telefonica numerica nelle strutture S, il canale all'interno della trama rimane nella stessa posizione della trama anche in uscita. È possibile spostare un'intera trama da una linea di ingresso ad una linea di uscita diversa

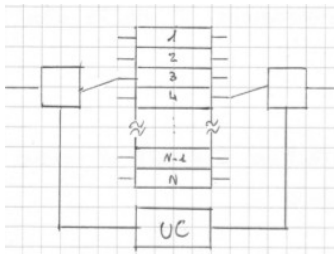
Strutture a divisione di tempo (T)

TSI: Time Slot Interchanger.



È possibile un'operazione di permutazione degli slot nell'ambito di una stessa trama:
chiedo che il canale 3 in ingresso venga messo nel canale 6 in uscita.

Questa operazione non è possibile con le strutture S poiché queste strutture possono solo cambiare di linea un canale ma mantenere inalterata la posizione nell'ambito della nuova trama d'uscita. Struttura T => solo telefonia numerica. Dal punto di vista strutturale le strutture T sono memorie lettura/scrittura.



Vincolo: tempo di trama = $125 \mu S$ indipendente dal numero di canali
ogni cella ha capacità 8 bit e il numero di celle è uguale al più grande numero di canali.

Per semplicità supponiamo $N_i = N_v$ (stesso numero di canali)

Esistono due modalità base per realizzare la funzione di commutazione

1. scrittura sequenziale/lettura casuale

i gruppi di 8 bit vengono scritti nelle celle della memoria di commutazione in maniera da conservare la loro posizione relativa (es. canale 3 \rightarrow posizione 3 nella memoria)
in accordo con le richieste di permutazione i gruppi di 8 bit nelle celle della memoria di commutazione vengono letti (e trasferiti in uscita) in corrispondenza degli slot richiesti (es. canale 3 esce sul canale 6 in uscita).

Conseguenza: devo consentire in un tempo di slot 2 accessi completi alla memoria, uno in scrittura e uno in lettura.

Costo struttura T: $T_a = \frac{\text{Tempo trama}}{2 \cdot N}$ dove N è il numero di canali.

Se N è troppo grande è necessario trovare una soluzione alternativa.

2. Scrittura casuale/lettura sequenziale

Simmetrico rispetto al caso 1. Permutazione effettuata in ingresso.

Strutture multi-stadio

Lo scopo della struttura multi-stadio è quella di aumentare i gradi di libertà delle operazioni di commutazione (cambio canale e linea) e ridurre il costo totale in modo tale che non alteri i requisiti funzionali (es. mantengo assenza di blocco)

Strutture multi-stadio omogenee: (struttura con uguale tecnologia tipicamente S)

1. S-S (2 stadi)
2. S-S-S (3 stadi)

Strutture non omogenee

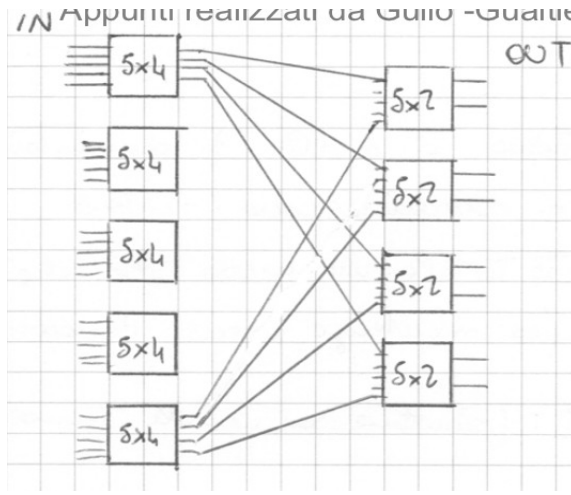
3. T-S (2 stadi)
4. S-T (2 stadi)
5. T-S-T (3 stadi)
6. S-T-S (3 stadi)

Struttura S-S

Analizziamo questo caso utilizzando un esempio:

IN: 25 ingressi

OUT: 8 uscite



Costo soluzione 1 stadio: $25 \cdot 8 = 200$ è non bloccante. È possibile interconnettere i due stadi

I stadio: 5 blocchi (S) $5 \cdot 4$

II stadio: 4 blocchi (S) $5 \cdot 2$

Ogni blocco del I stadio ha una sola connessione verso uno stesso blocco del II stadio.

Si alternano linea/blocco.

Es. I stadio linea 1 blocco 5 \rightarrow II stadio blocco 1 linea 5

Costo: $5 \cdot (5 \cdot 4) + 4 \cdot (5 \cdot 2) = 140 \Rightarrow$ costo abbassato.

Verifichiamo se è non bloccante:

Es. IN linea 1 blocco 1 \rightarrow OUT linea 2 blocco 2

IN linea 3 blocco 1 \rightarrow OUT linea 1 blocco 2

Impossibile! C'è solo una via tra blocco 1 e blocco 2

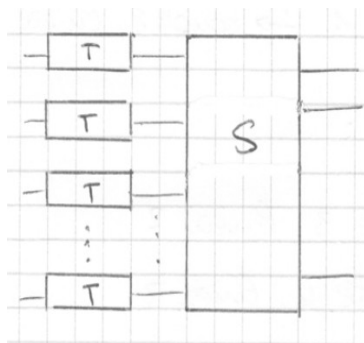
quindi NON è non bloccante.

Rimedio: avere tante connessioni tra un blocco del I stadio e un blocco del secondo stadio quante sono le linee di uscita dal blocco II \Rightarrow I stadio $5 \cdot (5 \cdot 8)$, II stadio $4 \cdot (10 \cdot 2)$

Costo: 280 è aumentato! Non accettabile

Struttura T-S

Obiettivo: aumentare i gradi di libertà della struttura poiché posso modificare sia l'appartenenza ad una linea specifica sia la posizione del canale nella trama.



Esempio: canale 3 linea IN 5 \rightarrow canale 8 linea OUT 8

-la linea 5 entra sulla matrice T, che sposta canale 3 \rightarrow canale 8

-la matrice S completa la commutazione trasferendo il canale 8 dalla linea IN nell'analoga posizione sulla linea OUT 1 \Rightarrow strutture ibride non consentono riduzione di costo!

Verifichiamo se è non bloccante:

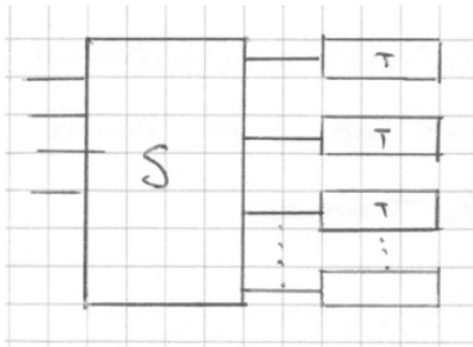
canale 3 linea 1 \rightarrow canale 1 linea 1

canale 7 linea 1 \rightarrow canale 1 linea 4

supponiamo linea 1 e 4 disponibile nel canale 1.

Poiché la struttura S consente il cambio di linea mentre lascia inalterato il canale, completare le due richieste è impossibile quindi è bloccante.

Struttura S-T



Es canale 3 linea 5 \rightarrow canale 8 linea 1
 canale 3 linea 5 \rightarrow canale 3 linea 1
 canale 3 linea 1 \rightarrow canale 8 linea 1

Anche qui la struttura è bloccante.

canale 8, linea 1 \rightarrow canale 3, linea 2
 canale 8, linea 7 \rightarrow canale 4, linea 2
 \Rightarrow è bloccante!

Struttura S-S-S

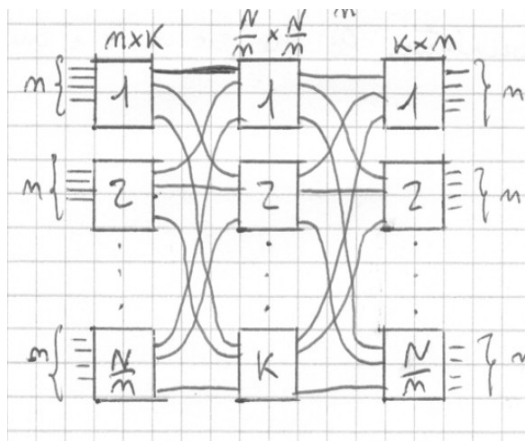
N linee ingresso, N linee in uscita, Costo monostadio = N^2

Si suddividono le linee in ingresso in N/m gruppi, ciascuno con n elementi

I stadio: N/m blocchi, $n \cdot k$ ($k > n$)

II stadio: k blocchi, $\frac{N}{n} \cdot \frac{N}{n}$

III stadio: N/m blocchi, $k \cdot n$



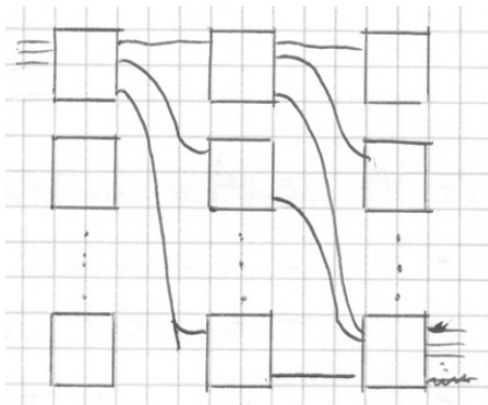
Assenza di blocco: formula di Clos (analizzo il caso peggiore, Worst case analysis)

Tre ipotesi:

- 1) suppongo che delle n linee in ingresso al primo blocco del I stadio $n-1$ siano occupate
- 2) suppongo che il blocco a cui voglio connettermi del III stadio abbia solo 1 linea libera in uscita
- 3) nessuna comunicazione in ingresso al primo blocco del I stadio, è una di quelle in uscita dall'ultimo blocco dell'ultimo stadio (insiemi disgiunti)
- 4) i blocchi del secondo stadio che generano le uscite dell'ultimo blocco del terzo stadio sono disgiunti dai blocchi del secondo stadio che hanno in ingresso le chiamate del

primo blocco del primo stadio

Relazione di Clos



$$k = (n-1) + (n-1) + 1 = 2n - 1 \quad \Rightarrow$$

$$C_{TOT} = 2N(2n-1) + (2n-1)\left(\frac{N}{n}\right)^2$$

Ora minimizziamo il costo in funzione di n :

$$C(n) = 4Nn + \frac{2N^2}{n} \quad (\text{supponendo } N \cdot n \gg 1, \text{ senza perdita di generalità})$$

$$\frac{dC}{dn} = 4N - 2 \frac{N^2}{n^2} = 0 \Rightarrow n = \sqrt{\frac{N}{2}} \text{ valore ottimo} \Rightarrow C_{ottimo} = 4\sqrt{2} N^{\frac{3}{2}} < N^2$$

Ho raggiunto due obiettivi
riduzione del costo e mantenimento non-blocco

Vincoli realizzativi: $\frac{N}{n}$ deve essere intero.

Quando non è possibile soddisfare questi vincoli bisogna valutare il costo per eccesso o per difetto in base ai vincoli. Dovrò considerare $n_1 < n_{ott}$ e $n_2 > n_{ott}$ tali che $\frac{N}{n_1}$, $\frac{N}{n_2}$ interi e scegliere quello con il C_{TOT} minore

Esempio

$N = 10^5$; $C_0 = 10^{10}$ (monostadio)

$$n = \sqrt{\frac{N}{2}} = 223,6 \Rightarrow n_1 = 200 \quad n_2 = 250$$

$$n_1 = 200$$

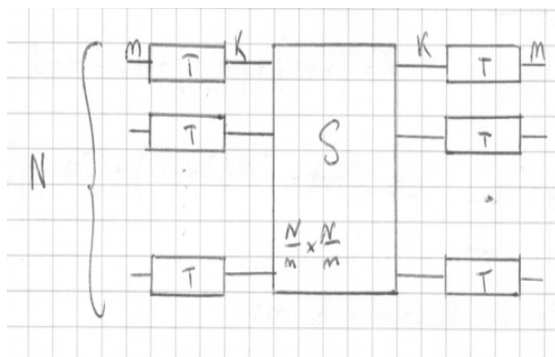
$$\frac{N}{n_1} = 500 \quad k_{Clos} = 399 \quad C = 1,7955 \cdot 10^8$$

$$n_2 = 250$$

$$k_{Clos} = 499 \quad C = 1,7964 \cdot 10^8$$

sono quasi equivalenti.

Struttura T-S-T

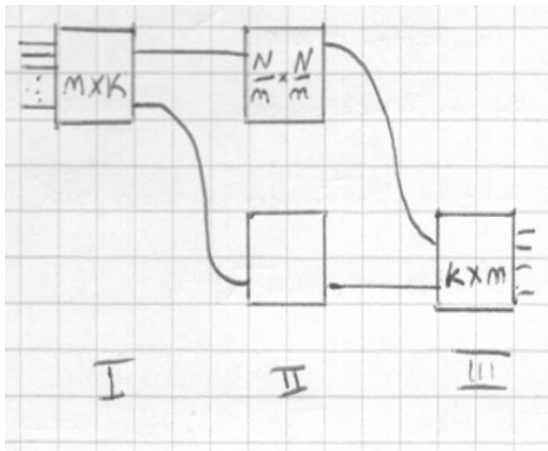


Obiettivo: risolvere le situazioni di blocco delle strutture T-S e S-T mantenendone i gradi di libertà (cambio linea + cambio canale). Avendo N linee in ingresso e uscita il costo della matrice S è fissato N^2 , quindi devo ottimizzare le strutture T .

Hp: ogni struttura T ha n canali in ingresso e k in uscita, con $k > n$, nel I stadio (nel III sono invertite).

Anche qui il k ottimo (per Clos) è $2n - 1$, utilizzando le stesse Hp delle strutture S-S-S.

Introducendo il concetto che lega il presentarsi di una richiesta in ingresso ad una struttura di commutazione ad un evento aleatorio consideriamo S-S-S: (per estensione vale anche per T-S-T)



Sia α := "probabilità di avere una richiesta in ingresso"
 Si assume che una richiesta in ingresso venga indirizzata su una delle k linee in uscita con probabilità uniforme $p = \frac{1}{k}$

Allora la probabilità che una linea di uscita di un blocco del I stadio sia occupata è $p = \frac{n \cdot \alpha}{k}$ dove $n \cdot \alpha$ è la probabilità di avere almeno una richiesta e k è la probabilità di scegliere una uscita

La probabilità di avere un cammino libero dal I al III stadio è $(1-p)(1-p) = (1-p)^2$

quindi $Prob\ cammino\ libero = (1-p)^2$

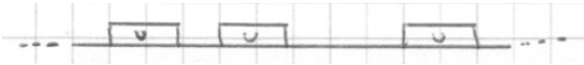
$Prob\ cammino\ non\ disponibile = 1 - (1-p)^2$

quindi $Pr\ blocco = [1 - (1-p)^2]^k = P_B$ è la probabilità che nessun cammino sia libero.

($[1 - (1-p)^2]^k$ è la Formula di Lee, ed è una formula che approssima la probabilità, non verifica Clos poiché $k = 2n - 1 \Rightarrow P_B \neq 0$). Lo scopo della formula di Lee è, fissate le condizioni di lavoro (α, n) , trovare k che consente di avere una probabilità di blocco accettabile.

Reti per trasmissione di dati

Le caratteristiche base del traffico sono:

- intermittenza
- 
- asimmetria nell'uso di una connessione: traffico nella linea di trasmissione < traffico nella linea di ricezione (es. interrogazione per download)
 - affidabilità della connessione: le trasmissioni dati sono sensibili all'integrità (assenza di errori) dell'informazione ricevuta.

La trasmissione dell'informazione è regolata dai protocolli che sono divisi in

- sintassi: il formato con cui i dati sono scambiati
- semantica: significato che i dati scambiati devono avere
- sincronizzazione: i terminali connessi devono verificare che l'entità del flusso dati in uscita sia compatibile con la capacità di ingresso del terminale ricevente

Standard di rete: raccolta di regole accettate a livello mondiale in maniera che, se rispettate, chiunque possa utilizzare la rete (comitati per la standardizzazione ISO, ANSI, IEEE...).

Nella definizione di uno standard di rete, una modalità operativa tipica è quella di prevedere una struttura gerarchica organizzata in strati (layers).

Le varie funzioni (operazioni) che devono essere eseguite per rendere effettiva una rete di TLC sono suddivise in gruppi con caratteristica di omogeneità di scopo. Ogni gruppo forma un livello. Per aggiornare la rete sostituisco solo uno strato rispettando le interfacce.

Vantaggi:

- flessibilità
- aggiornabilità

Servizio: è una collezione di operazioni elementare attuate mediante comandi specifici (Primitive di servizio)

Principali primitive di servizio:

- xxx.Request: richiede l'esecuzione di una operazione
- xxx.Indication: evidenzia il risultato di una operazione
- xxx.Response: azione che notifica l'avvenuta esecuzione di un'operazione
- xxx.Confirm: risposta definitiva riguardo l'esecuzione di un'operazione.

Tipi di servizio:

Connection less: non definisco a priori un percorso fisso per il flusso di informazioni (arrivo anche casuale dei pacchetti). Non ho la garanzia che il servizio sia stato accettato.

Connection oriented: si stabilisce un percorso fisso per il flusso di informazioni. Richiede startup → individuazione del percorso → ritardo.

Affidabile: è prevista una notifica esplicita dell'avvenuta corretta ricezione del blocco informativo (pacchetto dati). Es: invio di una lettera con ricevuta di ritorno.

Non affidabile: non prevede nessuna forma di verifica. Es: invio di una lettera semplice.

Modello ISO/OSI

OSI: Open System Interconnection.

È un modello aperto: consente la convivenza, nell'ambito di una stessa rete, di apparecchiature di prodotti differenti.

È una architettura di rete a strati di tipo gerarchica, basata su 7 livelli.

1. Physical
2. Data link
3. Network
4. Transport
5. Session
6. Presentation
7. Application

Fisico

- Si interfaccia direttamente col mezzo di trasmissione.
- Trasmette bit nel canale
- Sincronizzazione nel ricevitore (modulazione, decisione).

Collegamento (data link)

- Garantisce (controlla) l'integrità dell'informazione ricevuta.
- Framing: suddivide il flusso in pacchetti.
- Controllo del flusso: controlla che la velocità di ricezione sia coerente con la capacità di ricezione.

Rete (network)

- Gestisce il routing (trasferimento attraverso la rete), cerca il miglior percorso per connettere due utenti.

Trasporto

- Gestisce trasferimenti su base end-to-end tra processi.
- Gestisce modalità connection oriented anche su reti che non la supportano.
- Gestisce il controllo della congestione.
- Il livello di trasporto della sorgente marca i pacchetti secondo l'ordine di generazione.
- Il livello di trasporto della destinazione, potendo ricevere i pacchetti fuori sequenza, ricostruisce l'ordinamento originale mediante l'uso di un buffer.

Sessione

- Si occupa del controllo della comunicazione.

Presentazione

- Si occupa della sintassi delle informazioni.
- Si occupa della cifratura.

Applicazione

- Fornisce servizi specifici all'utente finale (es. email).

ISO/OSI è la fine delle reti proprietarie.

Standard proprietari (prima di ISO/OSI)

- SNA (System network architecture) della IBM
- DNA (Digital Network Architecture) della Digital

Modalità di commutazione di una rete

Non è possibile connettere tutti i computer ad un'unica rete, quindi le reti sono interconnesse tra di loro tramite switch.

Switch (commutatore): permette la comunicazione fra due qualsiasi nodi terminali. Riceve i dati e li inoltra verso la destinazione.

Esistono 4 modalità di commutazione in una rete:

1. commutazione di circuito
2. commutazione di messaggio
3. commutazione di pacchetto
 - a) a datagramma
 - b) a circuito virtuale

Commutazione di circuito

Individuazione di un percorso fisico che collega sorgente e destinazione, tale percorso rimane ad uso esclusivo della coppia sorgente-destinazione.

Si divide in 3 fasi:

1. Creazione del collegamento, ricerca del percorso migliore end-to-end (Setup).
2. Mantenimento e controllo del collegamento (Utilizzo).
3. Abbattimento del collegamento (reset).

Vantaggi:

- quando ho bisogno frequentemente della stessa connessione
- quando il tempo di utilizzo \gg tempo di connessione (setup) + abbattimento

Svantaggi:

- non prevede alcuna forma di storage (memorizzazione) nei modi trasferimento \Rightarrow collegamento omogeneo

Commutazione di messaggio

Si basa nel trasferimento di tutto il blocco informativo, detto messaggio. Non necessita di Setup completo; l'inoltro del messaggio avviene in base link-to-link (invece che end-to-end).

Non necessita di fase di abbattimento poiché la fase di Setup è distribuita nei nodi che complessivamente è minore del Setup della commutazione di pacchetto.

Vantaggi

- quando la connessione è saltuaria e la quantità di informazione è limitata

Svantaggi

- ha link non troppo affidabili \rightarrow probabilità errore (bit errati)
- se è richiesta e richiesta elevata integrità \rightarrow ritardo di trasferimento

Commutazione di pacchetto

Nasce per migliorare alcune situazioni critiche della commutazione di messaggio. L'informazione è divisa in elementi base detti pacchetti (tipicamente pochi bit) e ciò implica riduzione di possibilità di errori.

Circuito virtuale

Prevede una fase di setup per calcolare il cammino migliore end-to-end.

Vantaggi

- (nel caso connection oriented) non necessita di operazioni alla destinazione per rispettare l'ordinamento
- il cammino è virtuale: l'intero collegamento e i rami che lo costituiscono sono condivisi con altri flussi.

A datagramma

Non prevede l'obbligo di seguire un percorso fisso sorgente-destinazione, poiché la scelta può essere diversa su base link-to-link.

La modalità a datagramma consente la possibilità di lavorare in parallelo, cioè mentre un nodo riceve un nuovo pacchetto può trasmettere il precedente, quindi viene ridotto il ritardo di trasferimento.

Non c'è prenotazione effettiva né virtuale delle risorse

Reti TCP/IP

Sono derivate da un progetto di ricerca USA chiamato ARPANET. Architettura a 4 livelli (semplificata)

1. Application
2. Transport
3. Internet (IP)
4. Host-to-network

Host-to-network: non è un vero e proprio livello, deve essere solo in grado di gestire l'inoltro dei pacchetti in reti diverse.

Internet: è un livello caratterizzante il tipo specifico di rete. Gestisce le connessioni connection less, routing e controllo di congestione.

Transport: ha le stesse mansioni del livello OSI, include

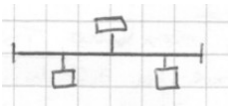
- TCP (Transmission Control Protocol): gestisce servizi connection oriented
- UDP (User Datagram Protocol): gestisce traffico a datagramma
- SCTP (system control transmission protocol): supporto per applicazioni speciali (VOIP).

Dato che il livello IP gestisce le connessioni in modalità connection less, nel caso che a livello trasporto si debba usare il TCP (connection oriented) si usa questo accorgimento: il nodo sorgente dota i pacchetti con un campo che indichi l'ordine di inoltro e si usa un buffer per riordinarli.

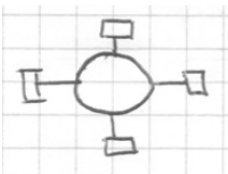
Reti locali

L'estensione della loro area di operatività è la loro caratteristica principale. Utilizzano mezzi di livello fisico di qualità (fibra ottica), hanno una topologia semplificata così da avere un tasso di errore buono.

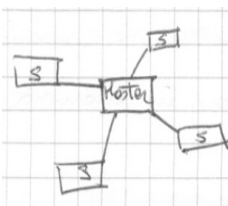
Topologie tipiche:



- A bus
Supporta l'invio dati di tipo broadcast (uno a molti).



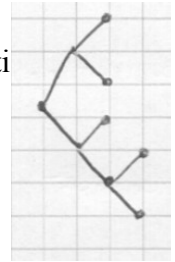
- Ad anello (ring)
C'è continuità nella circolazione dell'informazione. Supporta broadcast (ma c'è verso di percorrenza). Sono topologie distribuite non esistono ruoli di privilegio.



- A stella
Ottimizza l'utilizzazione della rete, ma c'è minore affidabilità (centralizzata)

- Ad albero

L'inoltro dell'informazione è vincolato a seconda di come sono disposti gli utenti della rete.



Livello MAC (Media Access Control)

MAC: lo strato MAC ha il compito di definire le modalità di condivisione del mezzo fisico.

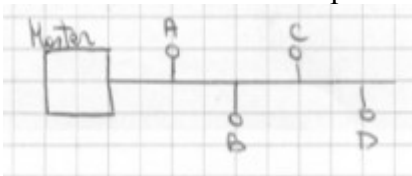
- Accesso ordinato (Polling, TokenRing, TDMA, FDMA): prevede regole fisse per distribuire l'uso del mezzo in modo equo. L'utilizzo è esclusivo così da non avere conflitti sull'accesso.
- Accesso casuale (CSMA, ALOMA)

Modalità ad accesso ordinato

- Polling (tecniche di interrogazione)

Prevede una rete di tipologia a bus. Due esempi sono: Roll-Call e Hub-Polling.

Roll-call: viene identificato un nodo master che possiede la lista delle interrogazioni (roll). Il master provvederà ad interrogare (call) le stazioni, secondo questa lista, dando ad ognuna il permesso di trasmettere, inviando un messaggio di abilitazione all'accesso. Il nodo, quando ha finito di trasmettere, invia un messaggio di rilascio ed il master provvederà ad interrogare il prossimo nodo della lista. Problema: i tempi di commutazione possono pesare in maniera eccessiva nel tempo di utilizzo della rete.



HUB polling.

Es. Il master attiva l'accesso sul mezzo trasmissivo al nodo da lui più lontano (D) che quando ha finito lo notifica, mandando indietro il pacchetto per l'accesso. A questo punto il pacchetto può essere raccolto dal nodo C, che se necessita di trasmettere, lo tiene e così via fino a che

il pacchetto torna all'hub. Questo riduce i tempi di commutazione.

Comuni a entrambe le tecniche sono le modalità di gestione dell'accesso:

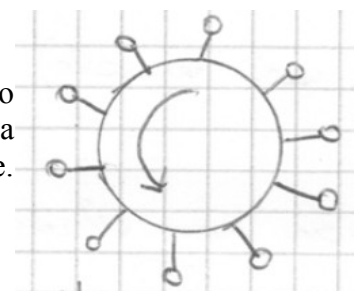
Accesso Gated: prevede la trasmissione dei pacchetti arrivati al nodo in una precisa finestra temporale.

Accesso Esaustivo: continua a trasmettere pacchetti fino all'esaurimento dei pacchetti in attesa (pericolo monopolizzazione del canale).

- Token ring

Prevede topologia ad anello.

Distribuito: non esiste una stazione master effettiva. Prevede l'utilizzo di un token (testimone): messaggio comune per tutte le stazioni della rete. Una volta ricevuto se trattenuto dà diritto di accesso alla rete.



Dopo l'utilizzo si reimmette nella rete. Il senso di propagazione è fisso. Si può vedere come una realizzazione estrema di roll-call.

Modalità di accesso casuale

Non esiste nessuna forma di coordinamento tra i nodi della rete, che appena ne hanno necessità tentano di accedere alla rete. Questo comporta una competizione per il diritto di accesso che può causare collisione: l'accesso concorrente simultaneo di almeno 2 nodi fa sì che ci sia una mutua distruzione delle informazioni. Le differenti tecniche di accesso casuale prevedono modalità specifiche per

- evitare collisione (CSMA)
- regolare collisioni avvenute

CSMA (Carrier Sensing Multiple Access). Tenta di prevenire una collisione ascoltando il canale prima di fare l'accesso. Principio ascolta-prima-di-parlare: i nodi prima di effettuare l'accesso ascoltano se nel canale c'è trasmissione (analizzando le variazioni di potenza del segnale). Questo riduce la possibilità di collisione ma non la elimina.

Modalità di risoluzione di una collisione (comune a più tecniche).

Almeno due nodi sono coinvolti. Dovrò programmare il nuovo tentativo di accesso in maniera individuale e indipendente. Non posso farlo in modo deterministico, è necessario che la tecnica di risoluzione sia una tecnica statistica: uso una distribuzione uniforme perché non si prevedono scelte privilegiate.

Modalità di rilevazione di una collisione

1. A riscontro diretto (usato in aloha): la stazione che riceve il messaggio, invia in modalità broadcast un riscontro che è stato ricevuto il messaggio. Si usa il fatto che la durata del canale è nota.
2. A rilevazione di segnale (CSMA): una volta trasmessa la mia informazione rimango in ascolto per un tempo α . Se c'è collisione sentirò ancora segnale questo comporta che almeno una stazione coinvolta si accorge della collisione

Livello LLC (logical link control)

Comporta verso lo strato di rete le funzionalità del livello MAC. È diviso tra tipi di funzionalità:

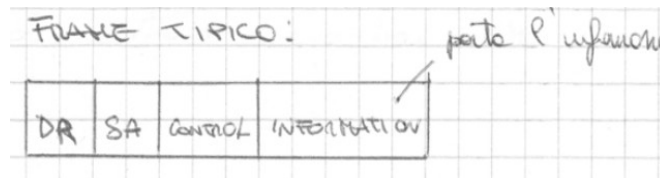
1. servizio [connection less senza riscontro](#): tipico servizio a datagramma in cui si inviano pacchetti senza richiedere conferma sulla loro effettiva ricezione.
2. servizio [connection less con riscontro](#): si richiede la notifica della corretta ricezione.
3. servizio [connection oriented](#): implementato in tre fasi principali
 1. costruzione / individuazione cammino (setup).
 2. controllo durante l'utilizzo.

3. rilascio dopo l'utilizzo.

Gli standard di riferimento che caratterizzano le modalità sono:

- IEEE 802.2 – LLC
- IEEE 802.3 – CSMA/CD
- IEEE 802.4 – Token bus
- IEEE 802.5 – Token ring
- IEEE 802.6 – DQDB

LLC prevede protocolli compatibili di collegamenti OSI



CONTROL (1-2 byte) serve per specificare il tipo di trasmissione, gestire la numerazione del frame e il riscontro.

DR: serve per identificare il destinatario (1 byte)

SA: serve per identificare il mittente

Classificazione del traffico

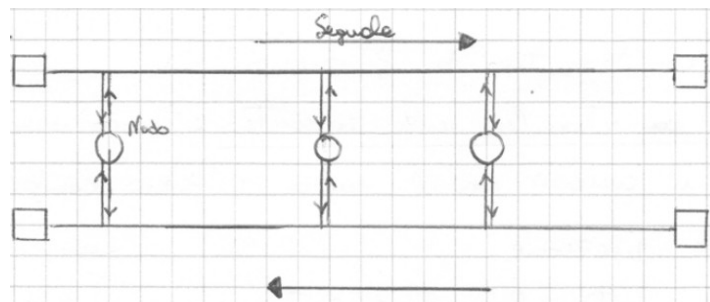
Traffico Asincrono: caratterizzato da un flusso intermittente senza periodicità precisa.

Traffico Isocrono: flusso con caratteristiche stringenti di periodicità ovvero con cadenze temporali fisse (voce, video).

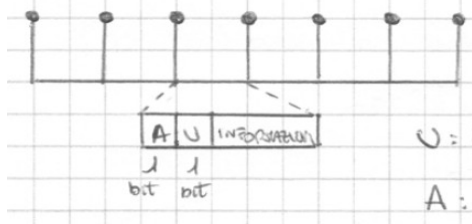
Traffico Sincrono: non isocrono ma con caratteristiche di continuità su intervalli di tempo.

Reti in standard DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

Sono reti ad accesso ordinato.



Rete di trasmissione per bus: 150 mb/s. In ogni bus è presente una struttura a trama temporale (TDM)

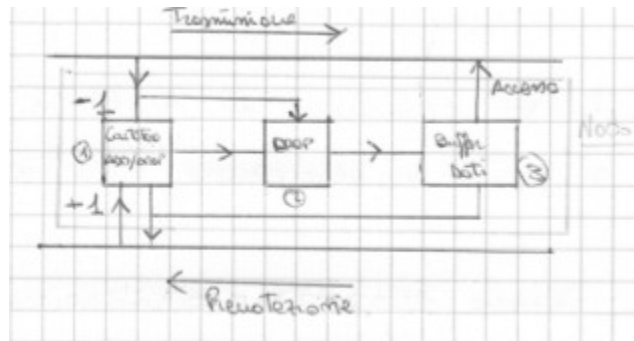


U: utilizzo (0 se libero, 1 se usato).

A: accesso (1 se ho prenotato l'accesso, 0 se non l'ho prenotato).

Ogni stazione ha un orologio e tutti gli ordini di tutte le stazioni sono sincroni, così da sapere quando si presentano gli istanti di accesso. La trasmissione è vincolata al senso di percorrenza del bus e alla posizione relativa da raggiungere.

Struttura di un nodo: 2 strutture duali ciascuna preposta a gestire la trasmissione.



- 1) contatore add/drop: incrementa di 1 il suo contenuto tutte le volte che osserva nel bus inferiore uno slot con il corpo prenotazione settato a 1. decrementa di 1 il suo valore ogni volta che osserva nel bus superiore uno slot con il campo di utilizzo settato a 0.
- 2) contatore drop: viene decrementato ogni volta che nel bus di trasmissione passa uno slot utilizzabile, serve per capire quando è il turno per l'accesso (valore = 0)
- 3) buffer: memorizza i dati in attesa della trasmissione.

Detto x il valore di questo contatore in un istante t , questo x è il numero di stazioni che a valle del nodo di interesse hanno notificato la necessità d'accesso per trasmettere un pacchetto nel bus di interesse.

Se il nodo ha necessità d'accesso:

1. si mette a 1 il corpo prenotazione del primo pacchetto utile osservato nel bus inferiore
2. si trasferisce il valore del contatore add/drop al contatore drop.

Il valore trasferito stavolta rappresenta quante stazioni a monte nel bus prenotazione hanno notificato la necessità d'accesso. La stazione attende per la trasmissione che il valore sia 0. Durante la fase di attesa il contatore add/drop rimane attivo per tener traccia delle richieste prima di una nuova richiesta.

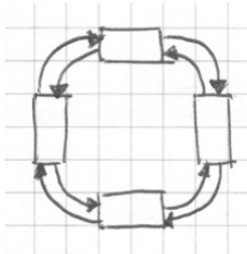
In generale vengono privilegiate per acquisizione del diritto di accesso i nodi più vicini al punto di generazione della trama di prenotazione. Una soluzione a questo problema può essere quella di assegnare a ogni stazione un massimo numero di slot che lo stesso nodo può usare consecutivamente.

Esempio: uno slot libero ogni tre utilizzati

Rete FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Noto come standard ansi. Usa la fibra ottica come mezzo fisico.

Ha una velocità di trasmissione 100mb/s, una estensione massima tipica 100km e un numero massimo di nodi circa 500.



Il livello MAC ha una tecnica di accesso ordinato gestito con un arbitraggio temporale basata sul metodo token ring. L'aspetto caratterizzante è la sua topologia a doppio ring, che aumenta l'affidabilità della rete. Tipicamente viene usato l'anello esterno per la trasmissione. Se si danneggia una parte si usa il secondo anello per isolarla. Se si guasta un nodo si isola il nodo.

Sono presenti due formati per l'informazione:

- Token frame (segnalazione): formato di frame utilizzato per implementare nella rete l'accesso ordinato. Chi lo riceve lo acquisisce (trattiene il token), invia i dati e una volta terminato lo rilascia alla rete.
- Data frame (informazione): ogni nodo che riceve un data frame lo copia nel suo buffer e lo ripete in uscita. Il destinatario prima rimandarlo in rete lo marca come "letto". Può essere rimosso solo dal mittente, quando è stato correttamente ricevuto.

Il traffico può essere:

- Sincrono: si privilegia perché deve essere sempre garantito.
- Asincrono: gestito in modalità best effort (prevedendo 8 livelli di priorità).

La gestione del mezzo fisico è ottenuta utilizzando due parametri TTRT (Token Target Rotation Time) e TRT (Token Rotation Time).

TTRT: tempo affinché il token faccia un giro. Viene definito preventivamente in base alle richieste delle stazioni. Sia α_i la necessità di trasmissione dichiarata per il nodo i-esimo per trasmettere traffico sincrono e D_i il tempo di passaggio del token dalla stazione i-esima alla (i+1)-esima successiva. Comprende

- tempo di trasmissione del token
- tempo propagazione nel canale
- tempo necessario per interpretare l'informazione al nodo i+1 (walinkg time).

Se ho N nodi: $TTRT \geq \sum_{i=1}^N (\alpha_i + D_i)$ (tale valore è noto e accettato da tutti i nodi).

TRT. Viene misurato da ogni nodo e rappresenta il tempo effettivo da quando un nodo riceve un token a quando lo riceve nuovamente. L'accesso è gestito localmente valutando un terzo parametro THT (token holding time) .

$$THT = \begin{cases} \alpha_i & \text{se } TTRT - TRT \leq \alpha_i \\ TTRT - TRT & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Se $TTRT - TRT < \alpha_i$ la quantità di tempo trasmesso è di α_i . Se $TTRT - TRT > \alpha_i$ il tempo in eccesso è usato per il traffico asincrono ($THT > \alpha_i$).

Parametro di qualità per reti FDDI è η : utilizzazione della rete

$$\eta = \frac{TTRT - RL}{TTRT}$$

dove $RL = \sum_{i=1}^N D_i$ è il ritardo di latenza.

Per aumentare η devo fare in modo che $RL \ll TTRT$.

Nota:

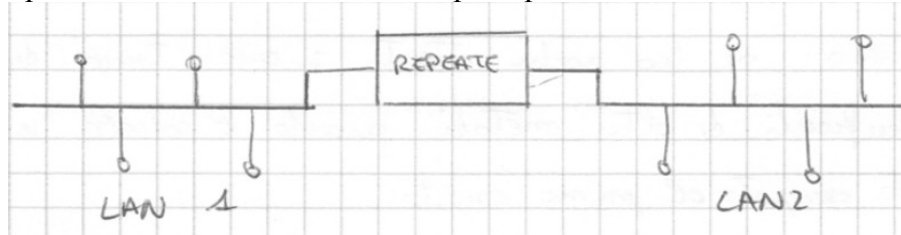
L'accesso garantito equivale a

$$\frac{\alpha_i}{TTRT} \cdot 100 \text{ Mb/s} \quad (\text{banda garantita all'i-esimo nodo}).$$

Internet working

Metodologie rivolte a migliorare o estendere l'utilizzo delle Reti di TLC (LAN).

Repeater: è un dispositivo di livello fisico il cui scopo è quello di estendere l'utilizzo di una LAN.



Le reti LAN devono essere omogenee dal livello MAC in poi e compatibili a livello fisico.

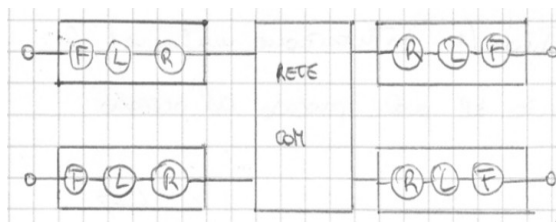
Vantaggio: estensione dell'area di utilizzo.

Svantaggio: posso aumentare eccessivamente il numero di utenti.

Bridge (Livello datalink): dispositivi che riescono a disaccoppiare i domini di collisione.

Ogni frame informativo è vincolato a nascere e morire nella propria rete; diventa condiviso quando reti diverse vogliono comunicare. In questo caso il bridge cerca di mantenere le prestazioni nonostante l'aumento di utenti.

Router: ha capacità di interpretare le richieste di connessione a livello rete. Seleziona cosa ripetere leggendo la testata dei pacchetti, evitando così traffico inutile che crea congestione. È una forma più semplice e aggiornata degli auto-commutatori.



F: interfaccia fisica (decodifica segnali in bit).

L: blocco di livello collegamento.

R: gestione inoltra del frame (ci saranno buffer dove i frame possono attendere l'espletamento della funzione di switch).

Rete Ethernet

Modalità di accesso

Casuale basata sul metodo di rilevazione della portante.

Modalità di gestione dell'ascolto

1. 1-Persistent: si ascolta il canale fino a quando non viene riconosciuto come libero.

Vantaggio: se ho pochi utenti riduco i tempi di accesso nei confronti di altri metodi quando il

canale viene rilevato occupato al primo ascolto.

Svantaggio: se almeno 2 nodi entrano in ascolto durante la stessa fase di utilizzo si ha collisione.

2. Non-Persistent: interpreta la rilevazione di canale occupato come una virtuale collisione. Di conseguenza entra nello stato di ritrasmissione (riprogramma statisticamente in nuovo istante di ascolto). Osservazione: funziona bene quando il numero di utenti è abbastanza alto da rendere plausibile l'ipotesi di collisione virtuale.
3. P-persistent: è un caso intermedio rispetto ai due precedenti. Ascolto il canale in modo persistente ma accedo quando possibile con probabilità p (questo vale anche se rilevo subito il canale libero).

Gestione delle collisioni.

Si utilizza la procedura classica che prevede di individuare mediante un criterio statistico (es. distribuzione uniforme) il nuovo istante in corrispondenza del quale provo l'accesso.

Se il sistema avesse ritardi di propagazione nulli la tecnica sarebbe ideale, questo significa che i protocolli CSMA sono efficienti quando il tempo di propagazione è piccolo rispetto al tempo di pacchetto. Un valore piccolo del tempo di propagazione riduce l'intervallo di vulnerabilità e riduce il tempo sprecato con una collisione. Lo standard per le reti Ethernet (IEEE 802.3) prevede nel livello MAC l'utilizzo del CSMA/CD (Collision Detection).

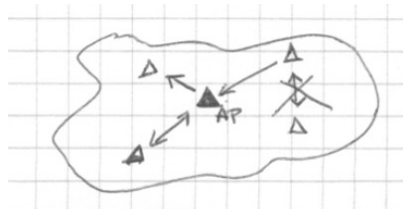
Tecnica: “ascolta-prima-di-parlare-e-mentre-parli”

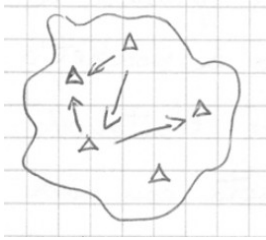
Invece di ascoltare il canale alla fine della trasmissione, lo ascolto durante: se avviene una collisione, viene rilevata e terminata. Così facendo si risparmia potenza e si riduce il tempo di inutilizzo del canale.

Rete wireless

È una rete dove i terminali non sono connessi via cavo. Una rete wireless mobile consente la mobilità degli utenti (es.*** l'area di servizio è suddivisa in elementi base detti celle). Una rete WLAN (Wireless LAN) è una LAN che prevede il solo accesso radio.

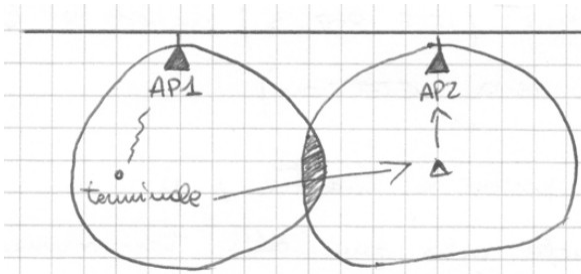
WLAN con infrastruttura: prevede un punto di accesso fisso (Access Point) che consente l'intercomunicazione degli utenti mobili. Non sono ammesse connessioni dirette tra gli utenti, è una struttura centralizzata.





Modalità ad-hoc: i terminali possono comunicare tra loro, la struttura non è centralizzata.

I terminali possono cooperare. Le comunicazioni dirette sono spesso indicate come comunicazioni peer-to-peer (es. personal computing, elaborazione distribuita).



Roaming (Infrastructure mode): un terminale può cambiare AP di riferimento. Questo movimento deve mantenere la connessione.

Proprietà (da rispettare):

Nomadicità: l'applicazione rimane aperta ma non attiva durante il cambio di cella.

Oppure

Handover: procedura tipicamente pilotata dal livello fisico che consente di trasferire la gestione di una comunicazione ad un AP adiacenti. L'eventuale applicazione rimane attiva (es. applicazione VOIP su WLAN). Quando si arriva nell'area di sovrapposizione si presuppone che il segnale che riceve dall'AP1 decada e il terminale inizi a ricevere da AP2 che aumenta col passare del tempo. Durante la fase di sovrapposizione il terminale inizia le operazioni di accreditamento dell'AP2. È necessario che avvenga quando i segnali sono sovrapposti per ricevere segnale da entrambi gli AP.

Analisi SWOT per Reti Wireless.

Strenghts (punti di forza):

- connessione ubiqua.
- riduzione dei costi (cablaggio limitato).
- maggiore facilità di dispiegamento della rete.
- tecnologia matura e standardizzata.

Weakness (carenze)

- banda minore rispetto a reti cablate.
- banda condivisa.
- maggiore sensibilità a rumori ambientali.

Opportunities (opportunità)

- disponibilità applicazioni

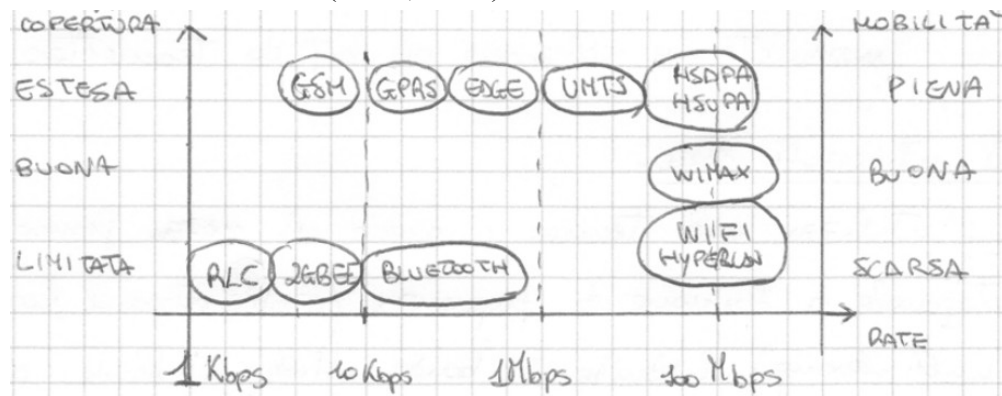
- accessibilità di costo dovuta alla larga diffusione
- possibilità di convergenza: integrare tra loro servizi di rete diverse.

Threats (minacce)

- sicurezza minore: maggiore vulnerabilità dell'informazione trasmessa.

Tipi di rete wireless

Come le reti cablate, si suddividono in base all'area entro cui viene effettuato il servizio: WLAN, WMAN,..., nel settore di reti di **** (WSN, BAN)

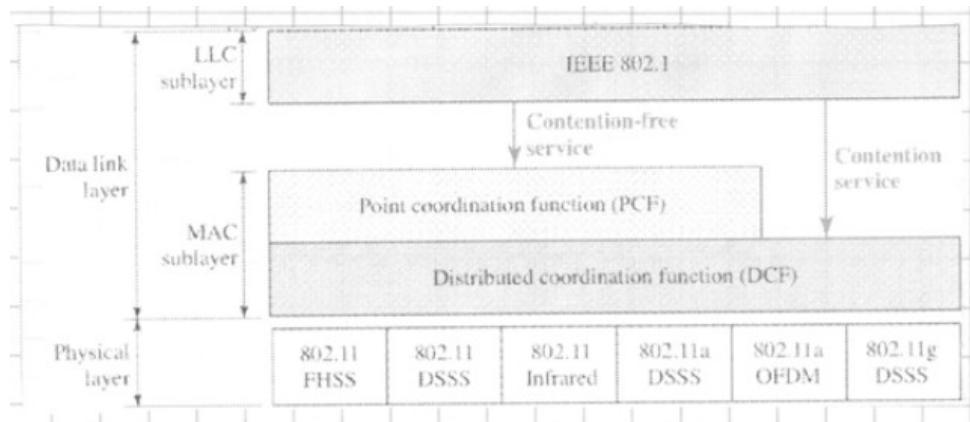


Reti Wireless – Standard IEEE 802.11 (Wi-Fi).

Wi-Fi alliance: organizzazione internazionale no-profit formata da industrie del settore e centri di ricerca con la missione di standardizzare l'architettura di rete (IEEE 802.11)

Il bollino Wi-Fi certifica la conformità del prodotto allo standard.

Struttura protocollare



Livello fisico

Descrizione dei principali protocolli di livello fisico:

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum):
79 canali ciascuno dei quali di banda pari a 1 Mhz. Banda di lavoro: 2.4 Ghz (si fa variare la banda nel tempo per evitare interferenze fra reti).
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
Consente velocità di trasmissione fino a 2Mbps. Si utilizzano per l'accesso opportune sequenze casuali (che vengono modulate in relazione al bit da trasmettere).

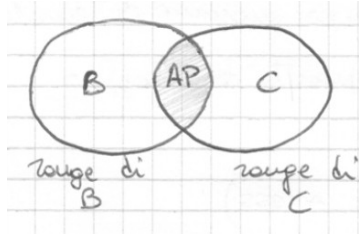
Gli standard utilizzati sono:

- 802.11a
Utilizza una tecnica di accesso al mezzo fisico di tipo ortogonale a divisione di frequenza (OFDM: Ortogonal Frequency Division Mutlipexing). Suddivide la banda utile in bande elementari ortogonali tra loro. Banda di lavoro: 5GHz, velocità di accesso: 54Mbps.
- 802.11b
High rate DSSS. Banda di lavoro: 2.4 Ghz, velocità di accesso: 11Mbps.
- 802.11g
Evoluzione di 802.11a banda di lavoro: 2.4 Ghz, velocità di accesso: 54Mbps.

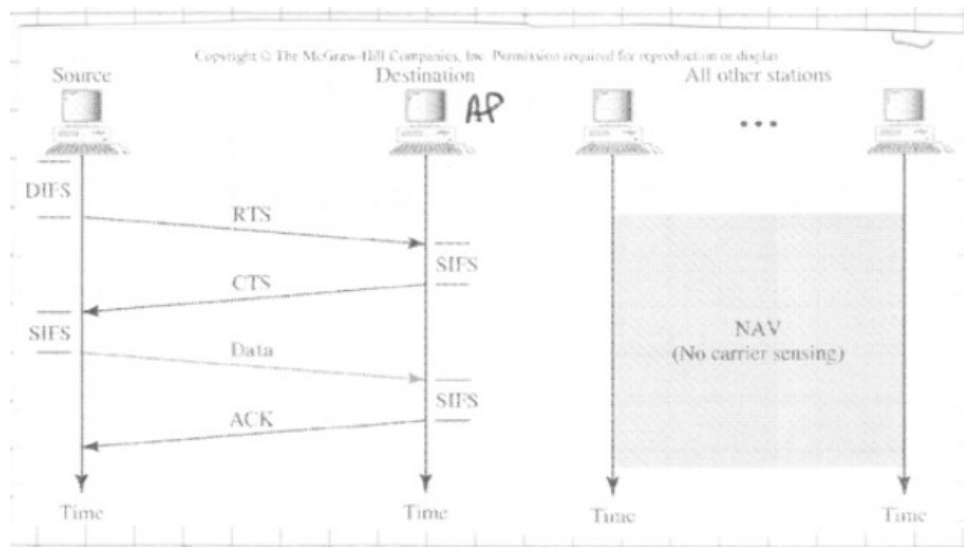
Livello MAC

Utilizza una tecnica ad accesso casuale di tipo CSMA. Un terminale entra in ascolto del canale in maniera persistente. Trovato il canale libero si programma con scelta casuale l'istante di accesso.

Problema del terminale nascosto:



Avviene quando un nodo è visibile solo da AP, ma non dagli altri nodi che possono vedere lo stesso AP. Questo provoca difficoltà nel controllo id accesso al mezzo. La distanza tra B e C impedisce la rilevazione della portante, quindi possono verificarsi collisioni. Risolvo con CSMA/CA (Collision Avoidance): prevede lo scambio preventivo di brevi messaggi tra mittente e destinatario (handshake).



Margini di miglioramento 802.11

Consistono nella possibilità di introdurre politiche di controllo della qualità di servizio. Nello standard IEEE 802.11c si risponde parzialmente a questa esigenza mediante l'introduzione della priorità di accesso.

- EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)
Distribuisco nel tempo la possibilità di utilizzare il canale in relazione all'importanza del traffico da trasmettere. Si introduce un nuovo parametro TXOP.
- TXOP (Transmission Opportunity): assegna ad ogni terminale un tempo massimo di tenuta del canale in relazione alla classe di priorità del traffico.
- HCCA (Hybrid Controlled Channel Access): è simile alla PCF però una gestione del traffico con priorità non ha vincoli di inizializzazione.

Standard IEEE 802.16 – WiMAX

Obiettivi:

- aumentare il data-rate nominale,
- aumentare il raggio dell'area di servizio,
- consentire la gestione QoS,
- aumentare la sicurezza della rete.

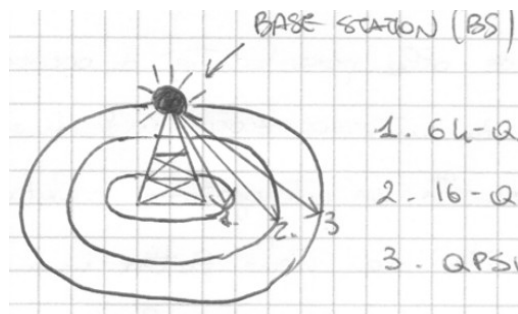
Criticità

- mobilità.



Livello fisico

Esistono tre differenti tecniche di modulazione



- 64-QAM: consente il bitrate maggiore

- 16-QAM: consente un bitrate medio

- QPSK: consente un bit rate basso

La vulnerabilità agli errori di canale è proporzionale al bitrate consentito.

In base alla posizione che l'utente ha rispetto alla stazione base verrà scelta la modulazione migliore per garantire bitrate maggiore e integrità (livello minimo). Una misura di qualità per il canale è il livello di potenza del segnale ricevuto.

Livello MAC

La tecnica di utilizzo del canale è di tipo ordinato.

- FDD (Frequency Division Duplexing): assegna bande distinte alla comunicazione UPLINK (dai client alla BS) e DOWNLINK.
- TDD: separa temporalmente le due fasi di trasmissione UP/DOWN-LINK

L'accesso viene realizzato assegnando risorse nei domini tempo-frequenza. Ho la possibilità di trasmettere contemporaneamente per un tempo prefissato (slot) su N bande distinte di frequenza. Se ΔB è larghezza della sottobanda elementare, allora $N \cdot \Delta B$ è la banda totale.

Classi di servizio

- Bitrate costante: è rivolto a servizi voce. Riserva risorse di accesso ad intervalli di tempo regolari.
- Bitrate variabile – tempo reale: la stazione base interroga i client chiedendo la necessità di banda per il loro accesso (traffico multimediale compresso, applicazioni in tempo reale).
- Bitrate variabile – non tempo reale: la BS interroga con cadenza regolare i client che hanno notificato la necessità di questo tipo di servizio. Se un client non risponde alla possibilità di accesso, il client stesso viene tolto dalla lista di interrogazione individuale ed inserito in un gruppo a cui viene rivolta un'interrogazione collettiva
- Best-Effort: per tutto il traffico rimanente non viene fatta nessuna interrogazione. Vengono comunicate trama per trama le risorse banda-tempo disponibili che vengono messe a contesa tra i vari client interessati

Bluetooth

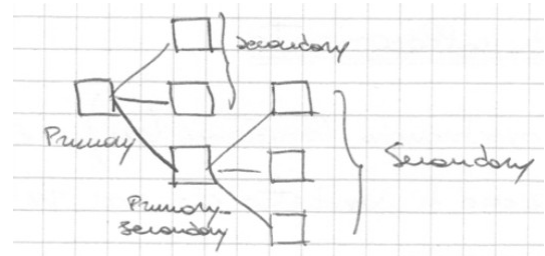
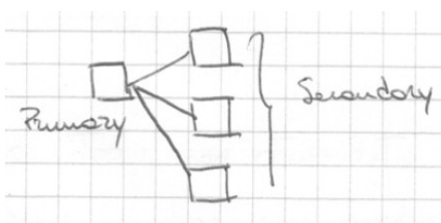
Partito nel '94 come progetto Ericsson, poi diventato standard IEEE 802.15.1

WPAN: wireless personal area network

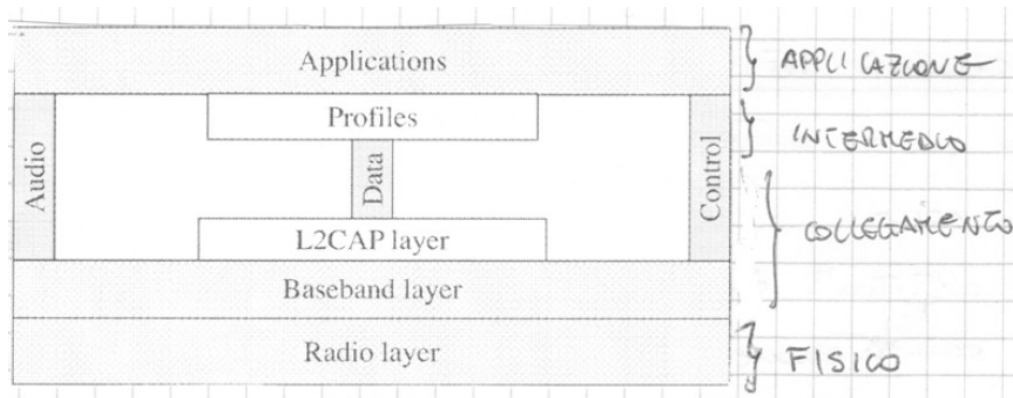
- raggio di copertura piccolo, circa 10 m
- accesso funzionante ovunque
- dimensioni contenute, costi ridotti
- connessioni voce/dati
- supporta p2p

Architettura di rete

Piconet o Scatternet (non è possibile modalità ad-hoc).



Pila protocollare



Accesso radio

Opera in banda ISM (2,4 GHz)

Modulazione di tipo FSK. Velocità di trasmissione 1Mbps. Utilizza tecnica del salto di frequenza tra 79 canali, ogni canale con banda 1MHz.

Livello MAC

Accesso ordinato (TDM)

Master-slave / Master-Multislaves

La modalità per rendere operativo l'accesso dipende dal numero dei secondari:

- accesso semplice, primario m slot pari / secondario m slot dispari
- accesso composto, primario m slot pari / i secondari n alternano m slot dispari

Modalità di collegamento

ACL (Asynchronous Connection Less): è utilizzato per i dati di tipo sincrónico.

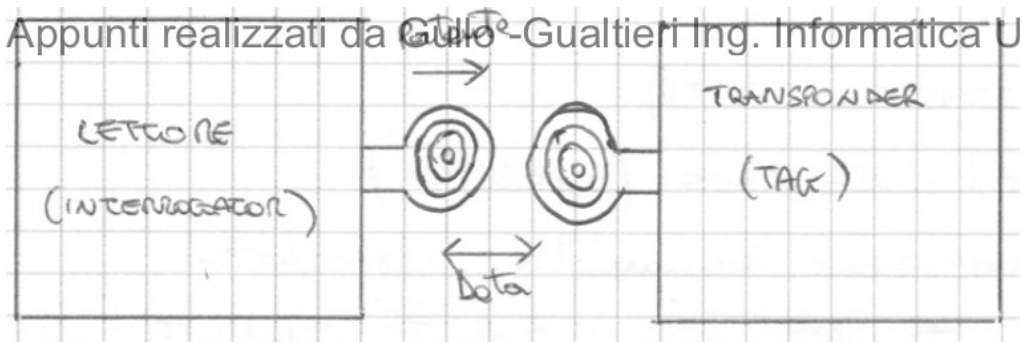
Tecnologia RFID (Radio Frequency Identification)

È una tecnologia per l'identificazione automatica (es. anti-taccheggio).

I dispositivi usati sono

TAG PASSIVI: costituiti da un microchip e da un'antenna, non hanno alimentazione. Le dimensioni sono dovute principalmente all'antenna (possono essere sola lettura o lettura/scrittura)

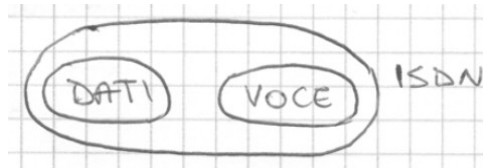
Il sistema RFID si basa sulla lettura a distanza di informazioni: quando interrogato da un lettore il TAG risponde con le informazioni in esso contenute.



- Tecnologia a basso costo.
- Facile da utilizzare
- Di lunga durata
- Data-rate: 2Kbps
- Raggio di copertura piccolo e dipendente dall'antenna

Reti ISDN (Integrated Services Digital Networks)

(Reti integrate nelle tecniche e nei servizi)



Si è avvertita la necessità di integrare in una rete i due servizi tipici voce/dati, ovvero la necessità di far coesistere la modalità a commutazione di circuito con quella a commutazione di pacchetto.

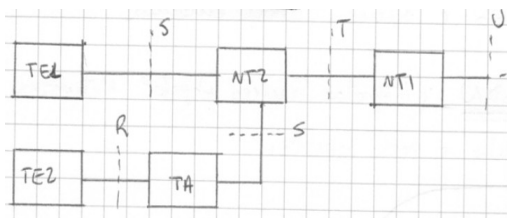
È una rete interamente numerica, con lo scopo di arrivare ad unificare l'accesso utente. Sono previste due tipologie di canale:

- Informativi
 - tipo B (bearer): 64kbps, rivolto prioritariamente al trasporto della voce a pacchetti, dedicato anche ai dati;
 - tipo H: consente, con varie topologie, data rate più elevati ($H_0 = 384\text{Kbps}$).
- Segnalazione (o trasmissione dati)
 - Tipo D (demand): 16Kbps (o 64Kbps). Trasporta segnalazione commutata a pacchetto;
 - Tipo E: consente data rate più elevati, è dedicato alla segnalazione per i servizi a commutazione di circuito.

Accesso base: $2B + D$ 16k \Rightarrow data rate 144Kbps

Accesso primario: $30B + D$ 64k \Rightarrow data rate 1984Kbps

Interfaccia utente-rete



TE1 : terminale in standard ISDN

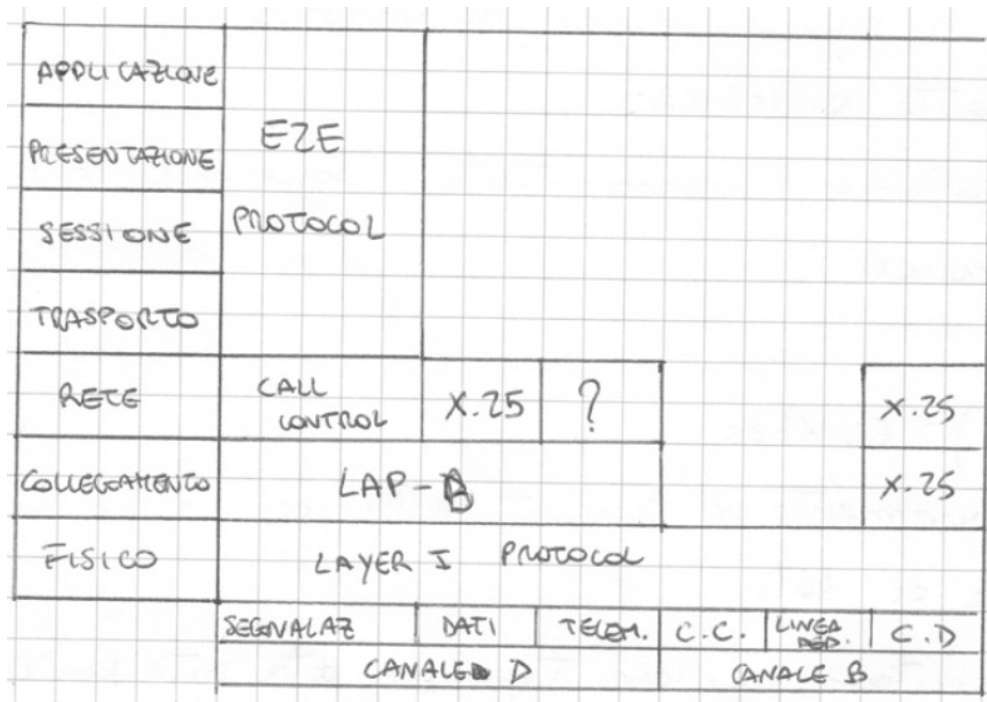
TE2 : terminale non standard ISDN

TA : terminal adapter

NT2 : dispositivo che opera ai primi 3 livelli OSI (PABX)

NT1 : dispositivo che opera solo a livello fisico (multiplexing per i canali utente)

Architettura protocollare



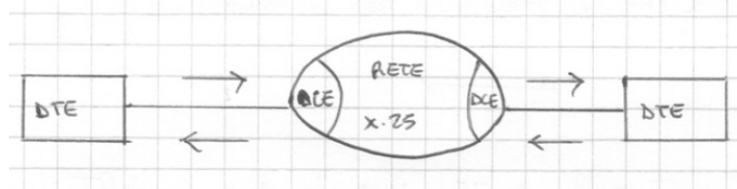
Raccomandazione X.25

Specifica le modalità di interfacciamento tra un terminale di utente (DTE) e la terminazione (Nodi) della rete verso l'utente. È stato il primo protocollo a consentire la trasmissione dei dati a pacchetto su di una linea pubblica commutata. Per visualizzare gli aspetti specifici di x.25 ci si riferisce all'analogia dell'ufficio postale dove ci sono convenzioni per la consegna del pacco, ma non ci si preoccupa del trasferimento vero e proprio.

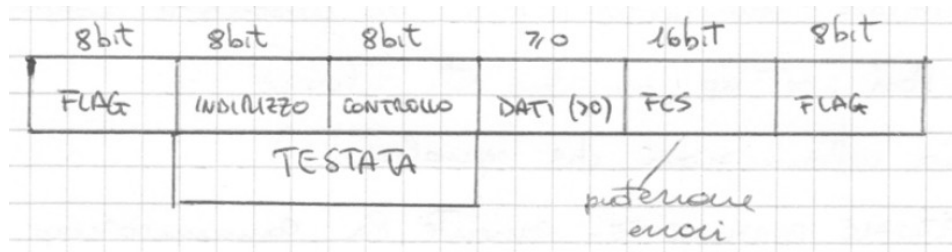
Sono previsti tre livelli:

1. Fisico (x.21): prevede la trasmissione in canale di qualità non elevata. Data rate 64kb/s;
2. Collegamento (LAP-B): (Link Access Protocol-Balanced) garantisce l'integrità dell'informazione scambiata tra DCE e DTE. La modalità bilanciata non assegna in maniera esclusiva il ruolo di master (cioè di chi si carica di operare una connessione tra DCE e DTE).

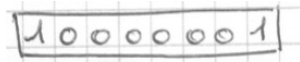
3. Rete (PLP)



Struttura frame



- FLAG: sequenza nota che serve per delimitare i frame di livello 2. È formata un segmento di 6 zeri preceduti e seguiti da un bit uno.



- INDIRIZZO: ha valore locale, serve per identificare DCE/DTE.
- CONTROLLO: classifica i frame (informativi, segnalazione,...).
- FCS: sono i bit di un codice utilizzato per proteggere dagli errori di canale il corpo testata

Problema: il campo dati contiene dati (1,0) in maniera casuale. Si può quindi trovare embedded la sequenza di flag. Questo provocherebbe troncamento indesiderato (perdita) della trama.

Rimedio: si utilizza il metodo del bit stuffing. Si controlla in scrittura il campo dati e si inserisce fittiziamente un 1 quando vengono evidenziati 5 zero consecutivi. In ricezione si scarta un 1 ogni volta che è preceduto da 5 zero.

A livello rete, il protocollo X.25 prevede due modalità di servizio:

1. Circuito Virtuale: connessione logica tra qualsiasi coppia DTE che prevede tre fasi: setup, scambio dati e rilascio (previste sia informazioni che segnalazioni).
2. Circuito virtuale permanente: consente la comunicazione tra due qualsiasi DTE su base connessione predefinita. Connessione sempre disponibile ed utilizzata esclusivamente per lo scambio di informazioni.

Principio di condivisione dinamica della banda

Si contraddistinguono i flussi dei pacchetti che utilizzano lo stesso mezzo fisico mediante etichette logiche, dette LCI (Logical Channel Identifier). A livello fisico i pacchetti vengono trattati indistintamente dalla loro colorazione (LCI), mentre a livello rete il campo LCI è utilizzato per:

- suddividere il flusso aggregato nei singoli flussi componenti (dest. Finale)
- eseguire l'operazione di commutazione nei nodi di transito (LCI ha un valore locale).

Per la commutazione si impone che la richiesta di banda di tutti i servizi attivi su uno stesso mezzo fisico non deve superare la capacità massima del mezzo stesso. La commutazione nei nodi di transito prevede due fasi: collegamento fisico e collegamento logico.

Segnalazione (SSN7)

- In banda (si dedica una porzione del canale informazioni per la segnalazione)
- Fuori banda (o a canale comune): c'è una linea esclusiva condivisa da più utilizzatori.

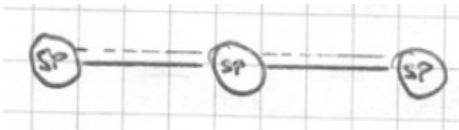
Sistema di segnalazione SSN7

Modalità condivisa, si identificano due dispositivi base:

- SP: Signal Point. Funziona da collettore di tutta l'informazione di segnalazione. È fisicamente associato ad un auto-commutatore.
- STP: Signal Transfer Point. Ha la possibilità di commutare i flussi di segnalazione. Svolge la funzione di auto-commutatore limitatamente alla rete di segnalazione.

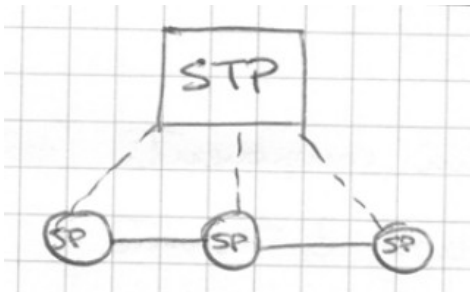
Topologie di rete:

- Modalità associata



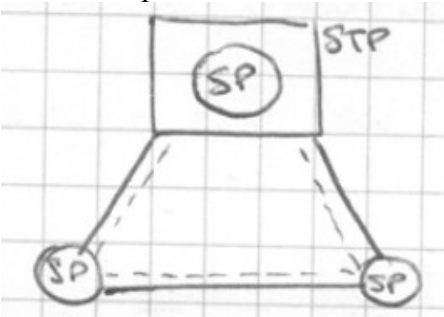
prevede solo SP. Ha una topologia identica alla rete controllata.

- Modalità non associata



ad ogni SP (auto-commutatore associato) arriva tipicamente una sola linea per la segnalazione (unica per tutte le connessioni dell'auto-commutatore).

- Modalità quasi associata



in generale un SP svolge anche il ruolo di STP. Coesistono situazioni di controllo globale con situazioni a controllo locale.

Architettura SSN7:

- User part
- Manage transfer part (mtp)
 - Livello fisico
 - Livello collegamento
 - Livello rete

Rete Frame Relay

X25 presenta un collegamento pesante (pensato per mezzi trasmissivi di qualità buona) e non consente di gestire efficacemente picchi di traffico. Per questo è stato introdotto un nuovo protocollo che rispetto a x25 offre un servizio minimale. È connection oriented in modalità non affidabile (poiché conta sull'efficienza del mezzo trasmissivo) e la segnalazione è fuori banda.

Vantaggi:

- data rate elevati,
- architettura protocollare semplificata,
- gestione dinamica delle richieste di banda,
- costo sostenibile,
- limita le funzioni di livello collegamento.

Anch'esso ha due modalità di servizio già viste: circuiti virtuali temporanei e permanenti.

Altra analogia con x25 è l'utilizzo di un'etichetta logica: DLCI: Datalink Logical Connection Identifier.

Broadband ISDN (B-ISDN)

(Reti ISDN a banda larga).

- Granularità più fine per garantire gli accessi utente-rete,
- velocità trasmissive superiori,
- complessità degli apparati di rete ridotta (es. mezzi trasmissivi singolari).

Tutto questo ha portato ad una nuova architettura di rete basata sul protocollo ATM (Asynchronous Transfer Mode). È basato sulla filosofia core-end-edge: alleggerisce il più possibile i nodi di transito dalle operazioni di rete delegando quelle irrinunciabili in base end-to-end.

ATM

È uno standard di livello fisico. La trasmissione dell'informazione è basata su blocchi elementari detti celle. La gestione dell'accesso fisico è in modalità asincrona: le risorse sono gestite in maniera dinamica per migliorare l'utilizzo della rete (con un formato unico di informazione si ha un comportamento più equo).

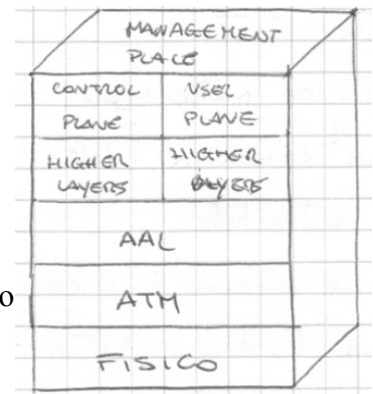
Tre piani protocollari:

- user plane (diviso in livelli)
- control plane (diviso in livelli)
- management plane

Management Plane

Layer management: gestisce le operazioni tra livelli

Plane management: gestione dell'interazione fra piano utente e piano controllo.



Control plane

Prevede una suddivisione in livelli. È dedicato alla gestione delle segnalazioni.

User plane

Ha una struttura a livelli. Si occupa della gestione delle applicazioni di utente-rete.

Livello fisico

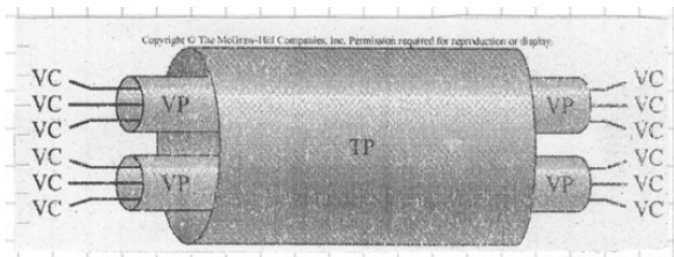
Gestisce la trasmissione delle informazioni nel canale fisico (fibra, ...). prevede due sotto-strati

- Physical medium dependent: bit timing, trasmissione/ricezione.
- Transmission convergence: generazione dei frame, definizione temporale delle celle, generazione/verifica del corpo mec, rate decoupling

Livello ATM

Lo strato ATM è il nome di una rete ATM, fornisce i servizi fondamentali per il funzionamento

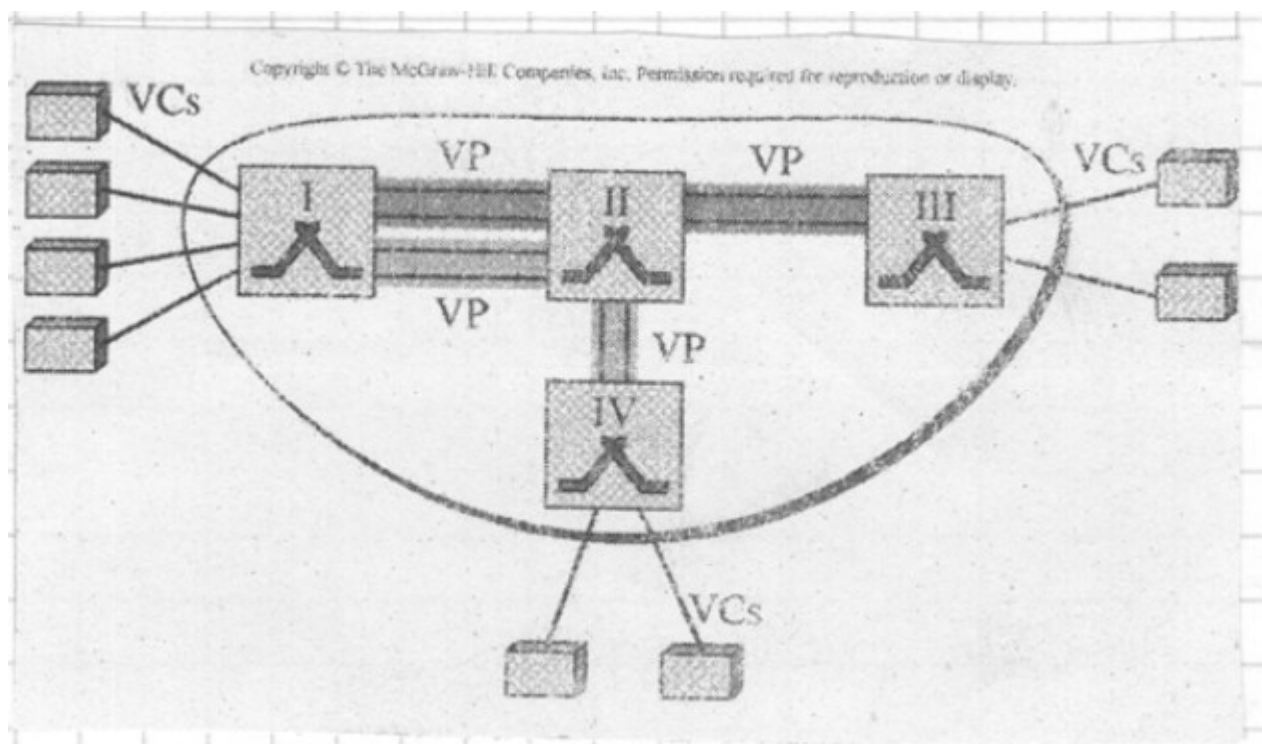
- Gestione di mux/demux delle celle
- Genera i campi VPI/VCI
- Genera la testata delle celle



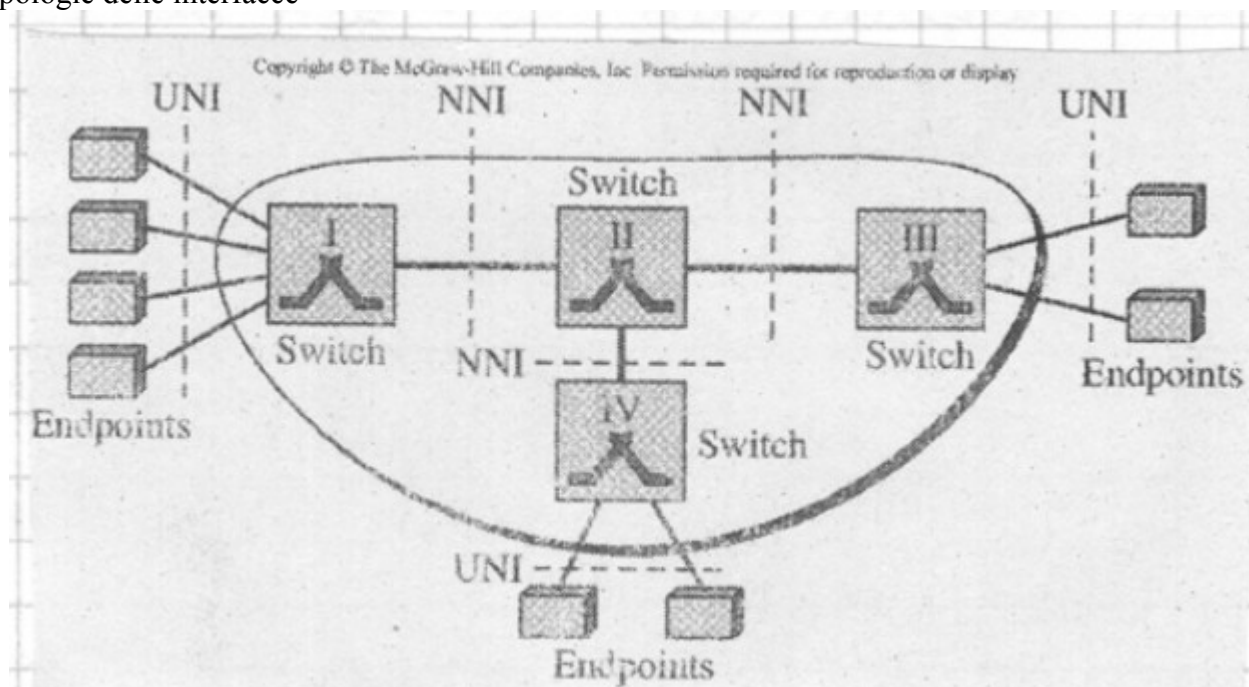
- ◆ TP: Trasmission path. È tipicamente associato ad un mezzo fisico nella sua totalità.
- ◆ VP: Virtual path. È relativo all'aggregazione di più VC. Rappresenta un'allocatione di capacità "a taglio grasso". Fornisce una connessione virtuale tra due switch.

- ◆ VC: Virtual circuit. Modalità più ** di suddividere la banda nell'ambito de VP. Tipicamente è riferito ad una specifico servizio di utente.

Rete ATM



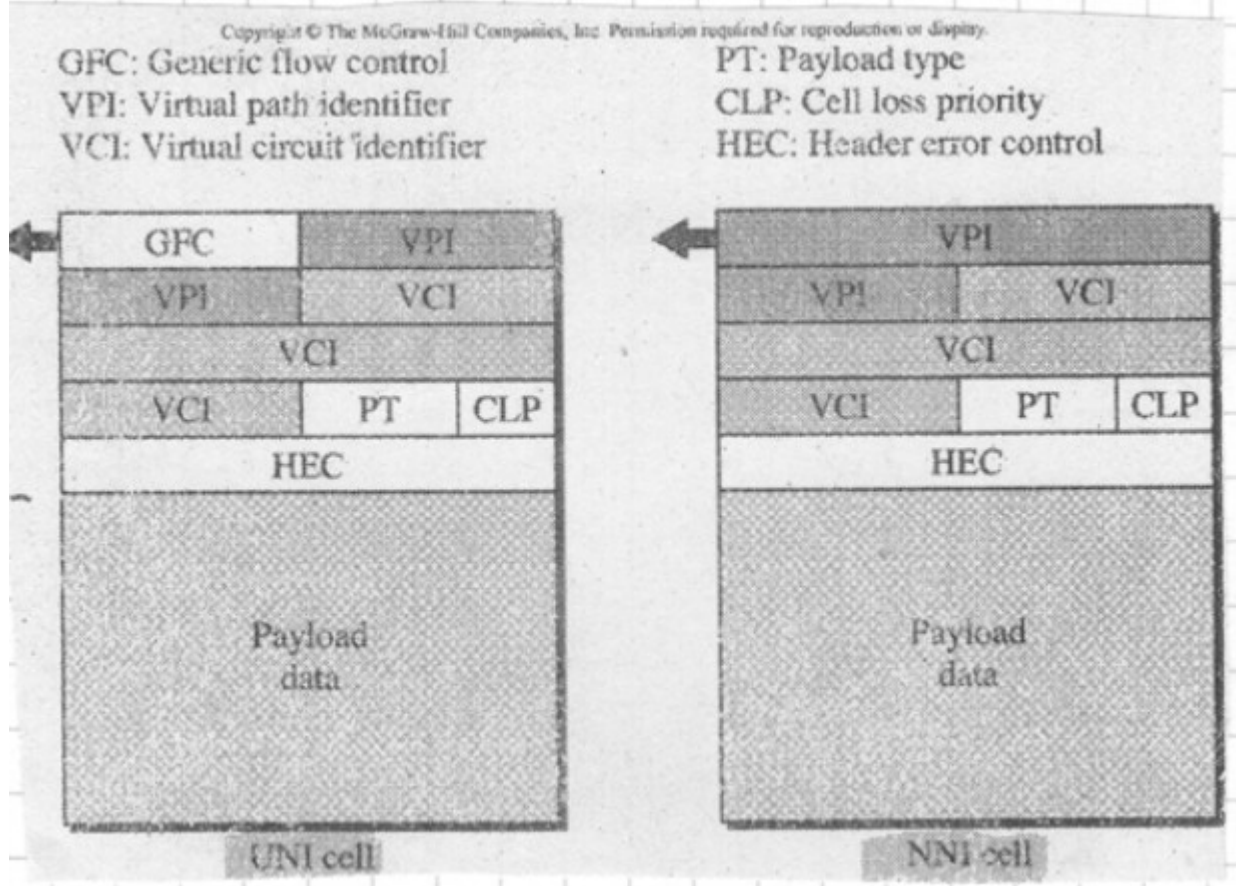
Tipologie delle interfacce



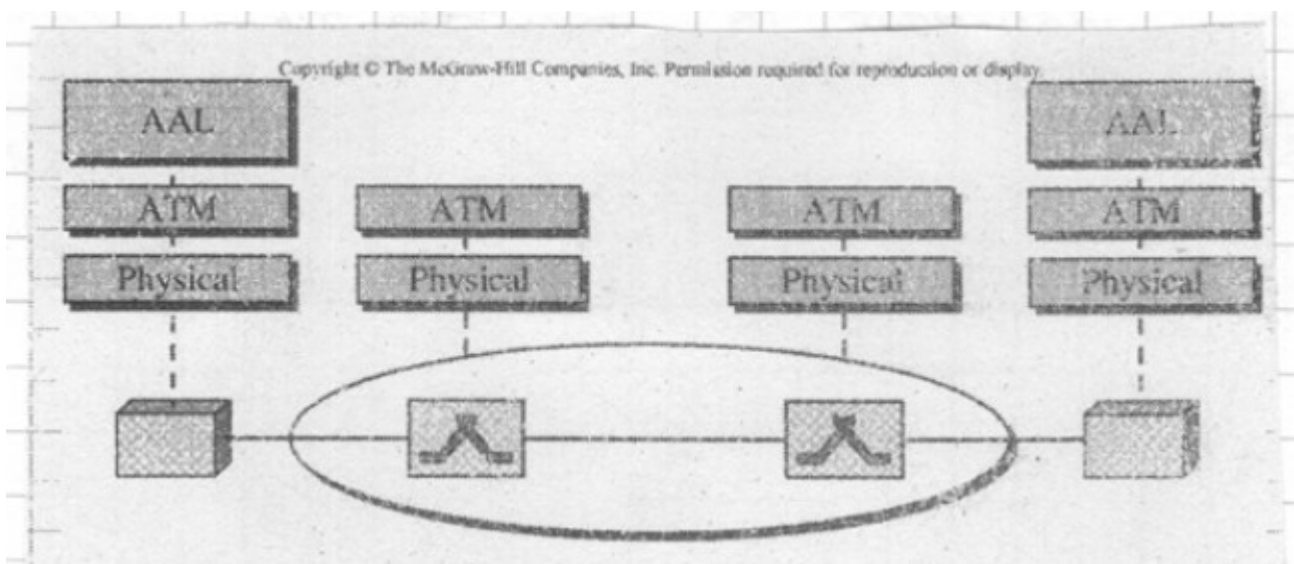
UNI: interfaccia utente-switch

NNI: interfaccia tra switch

Celle ATM:



Lo strato ATM è attuato in tutti i dispositivi della rete, mentre gli strati superiori no (es. AAL è implementato solo in base end-to-end)

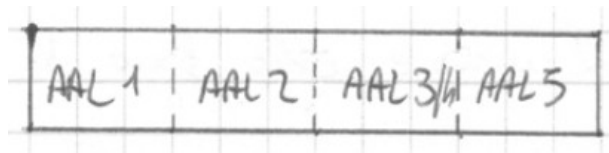


Livello AAL (ATM Adaption Layer)

La sua funzione è di adattare i flussi dati generati dai livelli superiori allo strato di trasporto ATM. AAL prevede due sotto-strati: sottolivello CS: Convergence Sublayer: serve a garantire l'integrità dei dati trasferiti allo strato ATM nei confronti delle operazioni di segmentazioni in celle.

Sottolivello SAR: Segmentation And Reassembly: è responsabile in trasmissione delle operazioni di frammentazione dei frame in celle. In ricezione esegue l'operazione di ripristino della struttura originaria.

4 diversi tipi di livello AAL:



AAL1: consente di gestire servizi a bitrate costante

AAL2: consente di gestire servizi a bitrate variabile

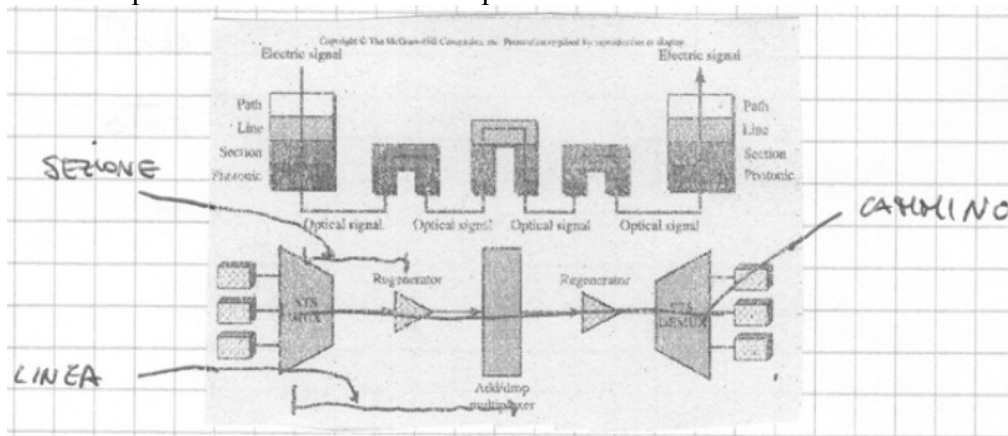
AAL3/4: complessivamente si rivolgono a servizi orientati e non orientati alla comunicazioni affidabili.

AAL5: sottolivello semplificato che aiuta il controllo dell'integrità dell'informazione.

Il modello ISO/OSI oggi – Reti geografiche

Livello Fisico

SDH (Synchronous Digital Hierarchy): è un protocollo di livello fisico usato per la trasmissione telefonica e di dati in reti geografiche (WAN), cioè reti di trasporto. Il suo compito è aggregare flussi di dati a bit-rate diversi e ritrasmetterli tutti insieme a grandi distanze. Consente di raggiungere elevati livelli di qualità e notevoli strumenti per il controllo.



Nelle reti in tecnologia SDH si ha una topologia ad anello simile a quella già vista per le reti FDDI.

Dispositivi

- Mux/Demux: servono ad aggregare/disaggregare flussi di dati singoli. Tipicamente sono

presenti all'inizio e alla fine di una via di collegamento.

- Repeater: operano direttamente sul segnale (in genere ottico) per rigenerarlo in potenza e coprire collegamenti più lunghi.
- Add/drop multiplexer: sono presenti nei nodi di transito di una rete SDH. Consentono di inserire (aggregare) o estrarre (disaggregare) flussi dati di un collegamento.

Trama base SDH

viene individuata con la sigla STM-1.

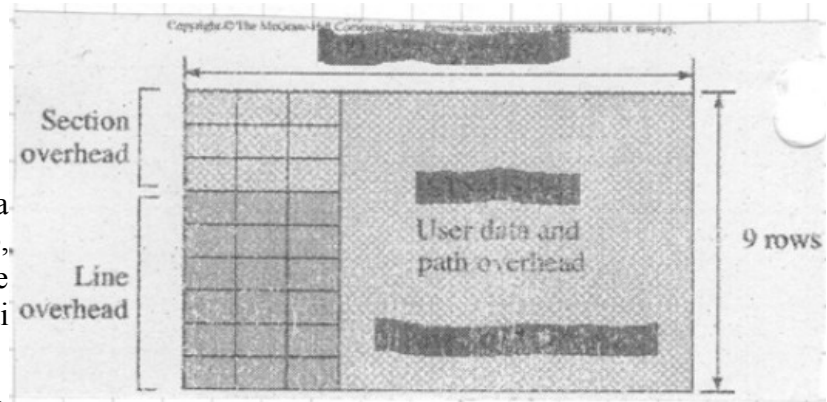
L'elemento base è il gruppo di 8 bit.

9 righe x 270 colonne x 8 bit.

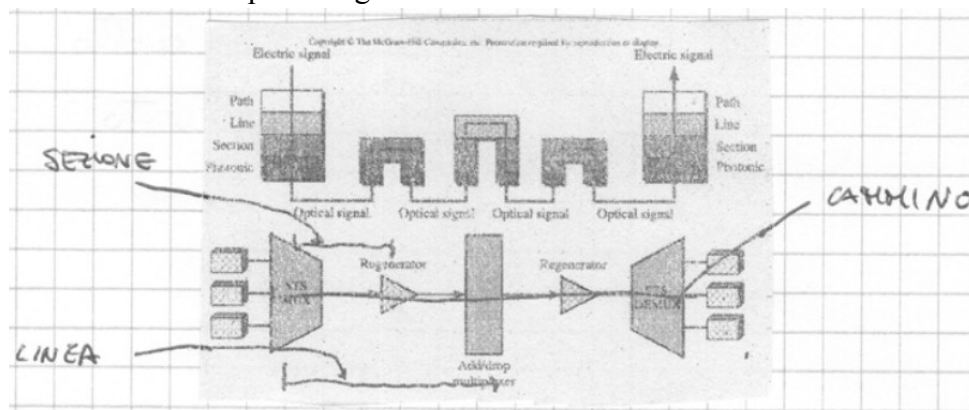
Periodo di ripetizione della trama STM-1: 125 μS (valore fisso, valido anche per trama di ordine gerarchico superiore) rete di riferimento:

$$\frac{270 \times 9 \times 8 \text{ bit}}{125 \times 10^{-6}} = 155.32 \text{ Mbps} \Rightarrow$$

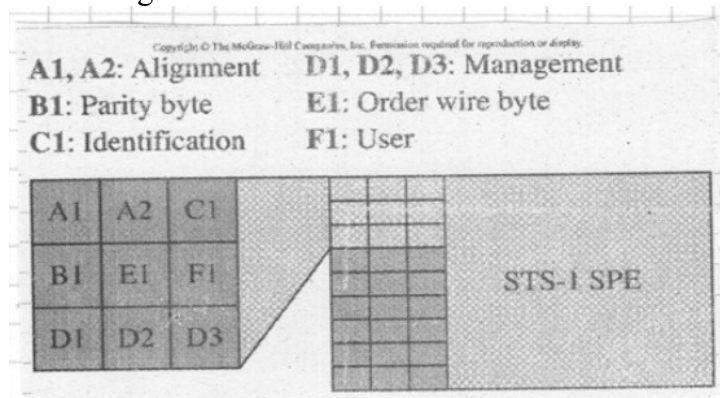
rate informativo 150Mbps.



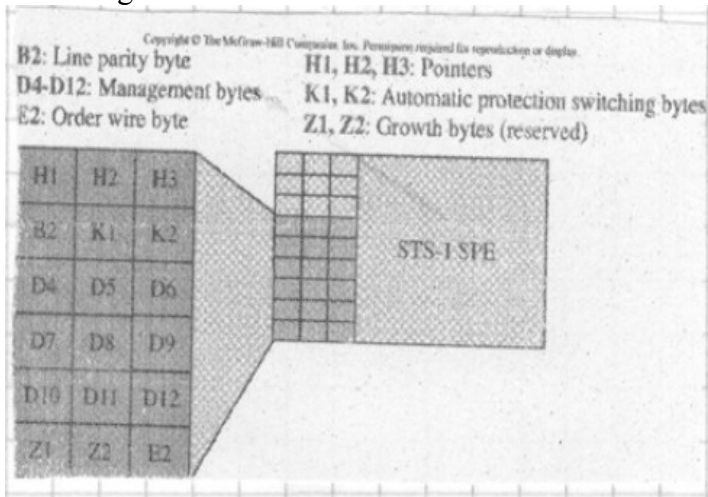
Sono previsti tre diversi formati per la segnalazione:



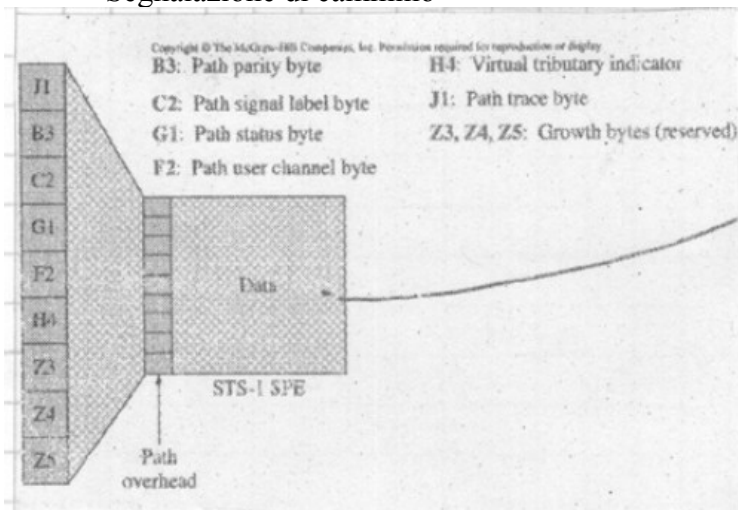
- Segnalazione di sezione



- Segnalazione di linea



- Segnalazione di cammino



Gerarchia di base SDH

STM-1: 155,32Mbps

STM-4: 622,08 Mbps

STM-12: 2,4 Gbps

Livello collegamento

Nello standard OSI ci si riferisce ad un protocollo tipico noto come HDLC (High Level Data Link Control). Nelle varie versioni semplificate e specifiche per architetture di rete (x.25, frame relay, ...) si ritrovano le tecniche di livello 2 già incontrate: x.25 (LAP-B), ISDN (LAP-D), Frame Relay(LAP-F), LAN(LLC). Per quanto riguarda la struttura della trama si può fare riferimento a quella vista per l'x.25

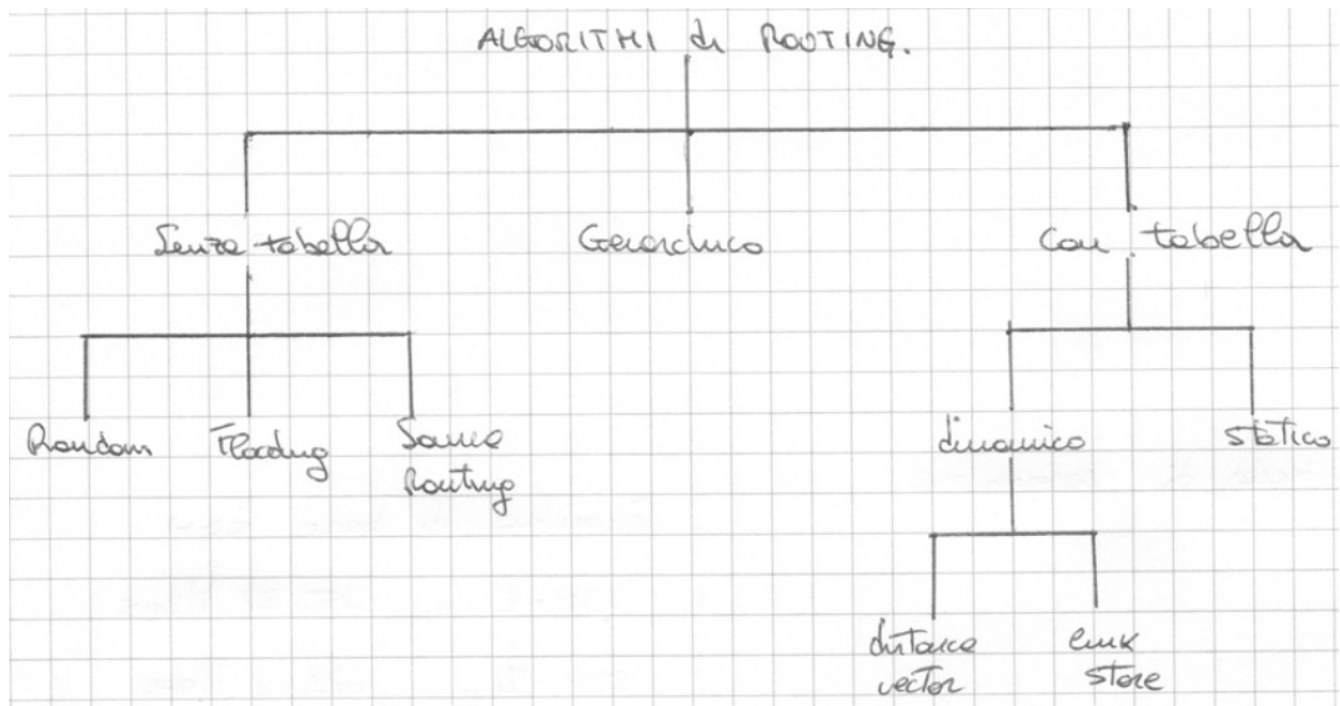
Livello Rete

la sua funzione principale è la gestione dell'instradamento (routing). Questo comporta la definizione di adeguati algoritmi. Criteri di valutazione e confronto

- semplicità realizzativa
- robustezza
- stabilità
- ***

Algoritmi di routing

Classificazione



Con tabella: si intende che un nodo registri in memoria, per ogni richiesta di instradamento, quale linea di uscita deve essere interessata

Senza tabella: non prevedo abbinamenti ingresso/uscita predefiniti. Sono di tipo reattivo, cioè attuati solo su richiesta.

Classificazione operativa:

centralizzato: prevedono esclusivamente tabelle e un'unità di elaborazione di algoritmo centralizzata

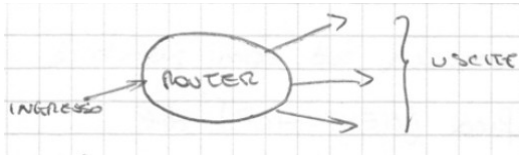
distribuito: prevede l'esecuzione dell'algoritmo in modo distribuito detto anche cooperativa. Anche qui si prevedono tabelle.

Isolata: tipicamente rivolta a realizzazioni senza tabella. Prevedono l'esecuzione in locale (stand-alone)

dell'algoritmo.

Algoritmi senza tabella

Random



È una tecnica semplice e isolata. Non è generalmente ottima.

Flooding

inoltra il pacchetto in ingresso in tutte le linee di uscita ad eccezione di quella da cui proviene. È robusto e va a interessare sicuramente il percorso migliore. La sua spiccata robustezza lo rende adatto ad applicazioni militare e safe-critical.

Svantaggio: facilità di congestione della rete (continua ripetizione di info, non più attuali).

Rimedio: si inserisce nel pacchetto un campo che indica il numero massimo di volte che tale pacchetto può essere ripetuto. Ogni volta che uno stesso pacchetto viene ripetuto si decrementa il campo di 1. quando un nodo trova il campo a 0 scarta il pacchetto.

Source routing

Il percorso che dovranno seguire i pacchetti è nell'informazione a livello 3.

path server: il percorso per i flussi dati è inviato ai nodi dal server centrale.

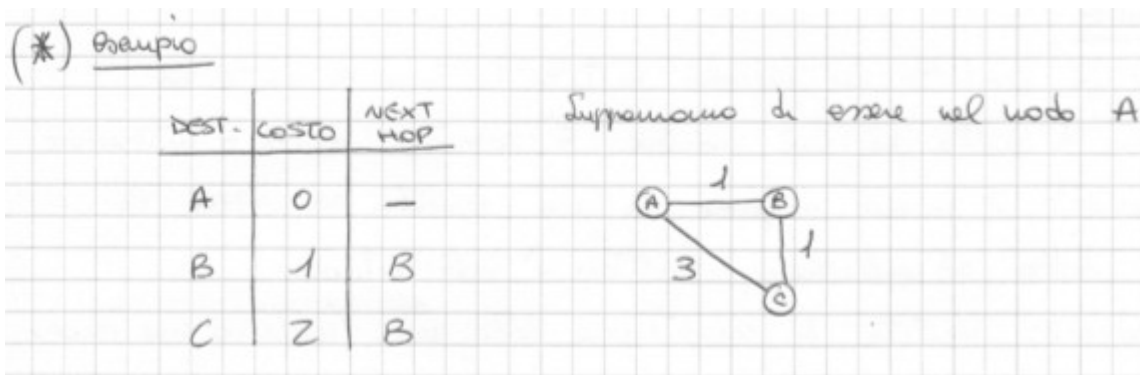
Path discovery: (gestita dal nodo). Questa procedura di scoperta è gestita dal nodo e tiene conto dell'effettivo stat della rete (prevede una fase di scoperta gestita con modalità flooding).

Algoritmi con tabella

Possono essere sia di tipo centralizzato che distribuito.

Algoritmo Link State

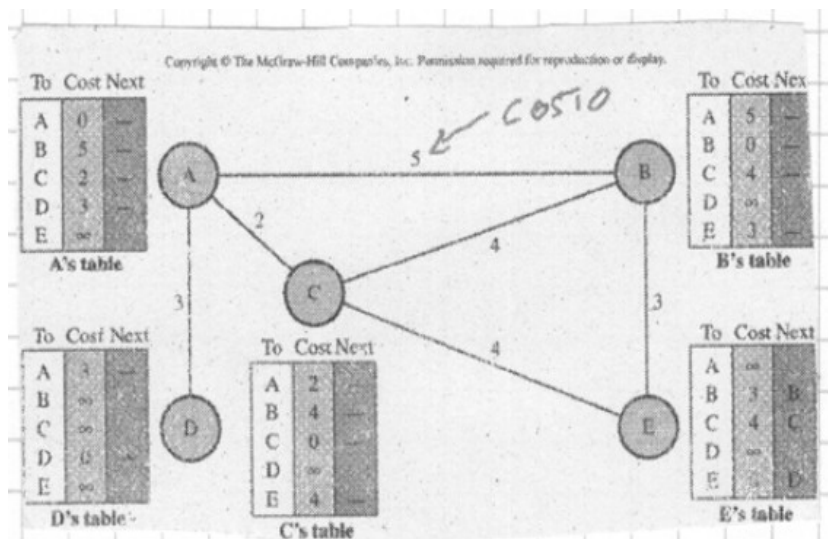
ogni nodo dispone di una tabella che associa ad ogni possibile destinazione in percorso mediante la specifica (next-hop) del nodo vicino. Nella stessa tabella è specificato il “costo” del percorso.



Supponiamo di essere nel nodo A

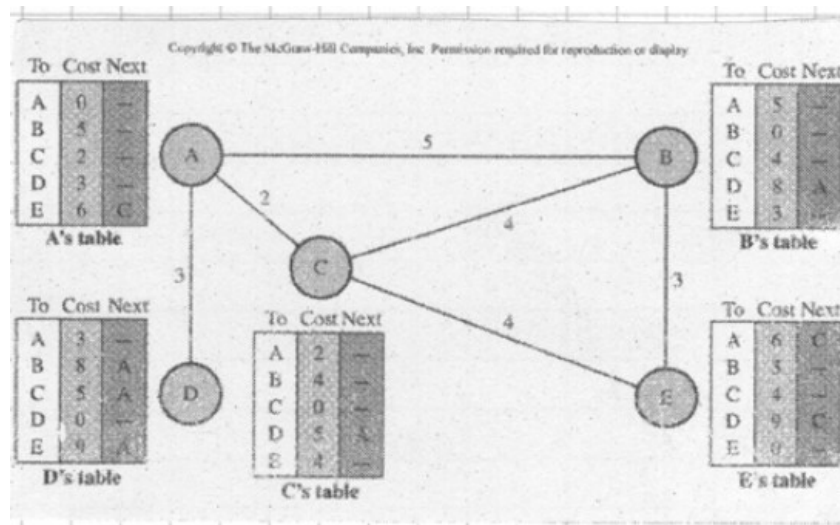
Inizializzazione della tabella

ogni nodo conosce il costo dei collegamenti solo con i propri vicini



risultato finale

ogni nodo individua il cammino ottimo verso ogni altro nodo



implementazione collaborativa: ogni nodo definisce in maniera autonoma la propria tabella di routing, ogni nodo pubblica la propria tabella. Riferendosi all'esempio le tabelle pre A e B sono:

TAB. A	DEST	COSTO	NEXT HOP
	A	0	—
	B	1	B
	C	3	C

TAB. B	DEST	COSTO	NEXT HOP
	A	1	A
	B	0	—
	C	1	C

Dopo lo scambio parte la fase di aggiornamento. Riferendosi ad A si nota che C può essere raggiunto passando da B con costo totale 2 ($A \rightarrow B \rightarrow C$)

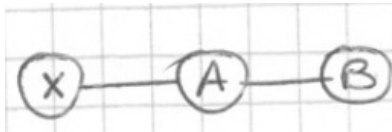
L'aggiornamento della tabella può essere richiesto in relazione al verificarsi di situazioni anomale (guasti).

In caso di irraggiungibilità il costo diventa $+\infty$.

Infinito finito: si conviene assegnare un valore max al costo di un collegamento

Split Horizon: prevede l'invio di aggiornamenti solo per i cammini che non interessano il nodo destinazione degli aggiornamenti

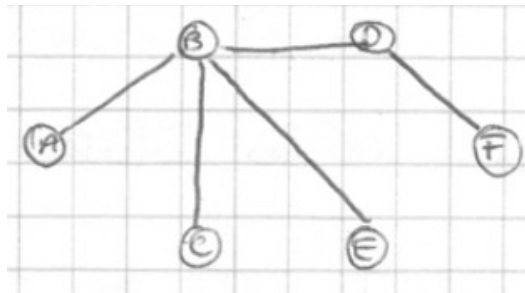
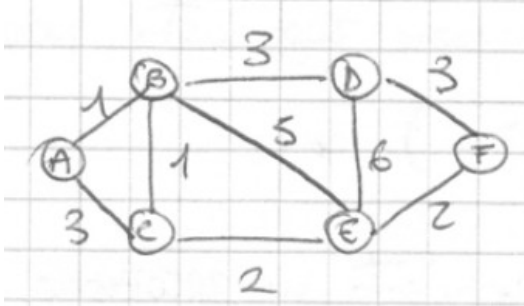
split horizon e poison reverse: questa tecnica consente di non aggiornare il costo dei cammini che coinvolgono il nodo destinazione garantendo comunque un tempo di visita adeguato; con questo metodo B pubblicizza ad A il costo del collegamento verso x assegnandoli un valore convenzionale grande in quanto non interessa A che vede direttamente



Algoritmo Distance Vector [\[wiki\]](#)

Con il link state un nodo deve avere visibilità di tutta la rete. Con questo algoritmo ci si limita alla misura del costo di collegamenti con i nodi direttamente connessi (vicini)

La tabella di routing in fase iniziale vede solo i vicini. Anche in questo caso è prevista la fase collaborativa; il risultato finale sia DV che LS è ovviamente lo stesso. Con entrambi gli algoritmi si arriva a definire una stessa rete ad albero per ogni nodo della rete che comprende i percorsi a costo minimo in grado di connettere ogni nodo con tutti gli altri nodi della rete.



Esempio: algoritmo Bellman-Ford

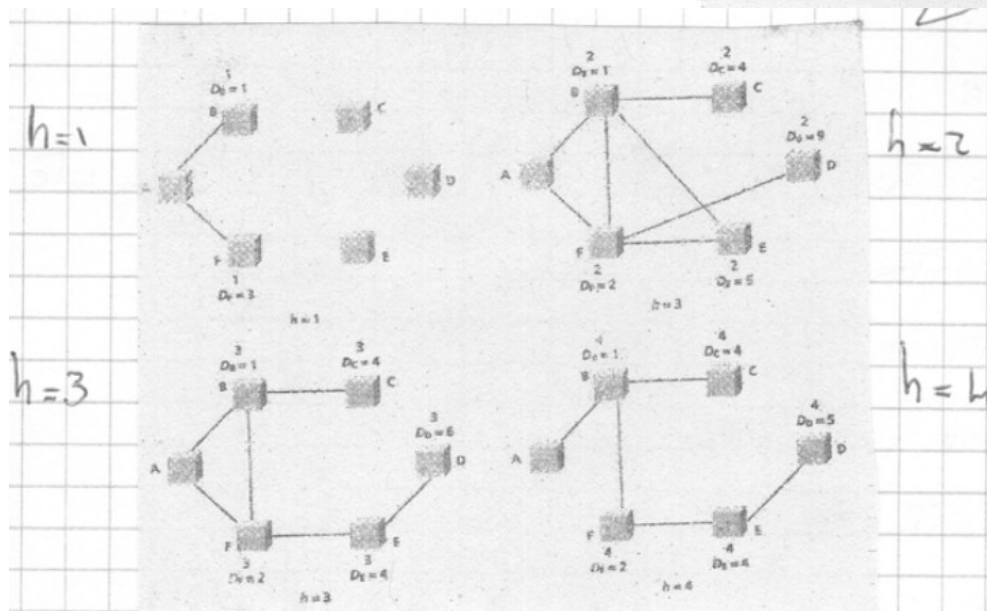
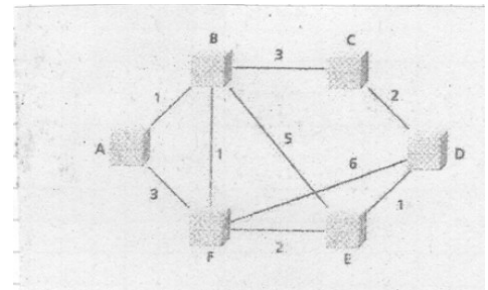
utilizzo tecnica distance vector

h passo d'iterazione

D_j^h : distanza del nodo considerato dal nodo j al passo h

d_{ij} distanza del nodo i dal nodo j

- 1) $h=0$, $D_j^h = \infty \forall j \neq s$
- 2) $h=h+1$, $D_j^h = \min_i (D_i^{h-1} + d_{ij}, D_j^{h-1})$
- 3) if ($h=h_{max}$) stop else go to 2

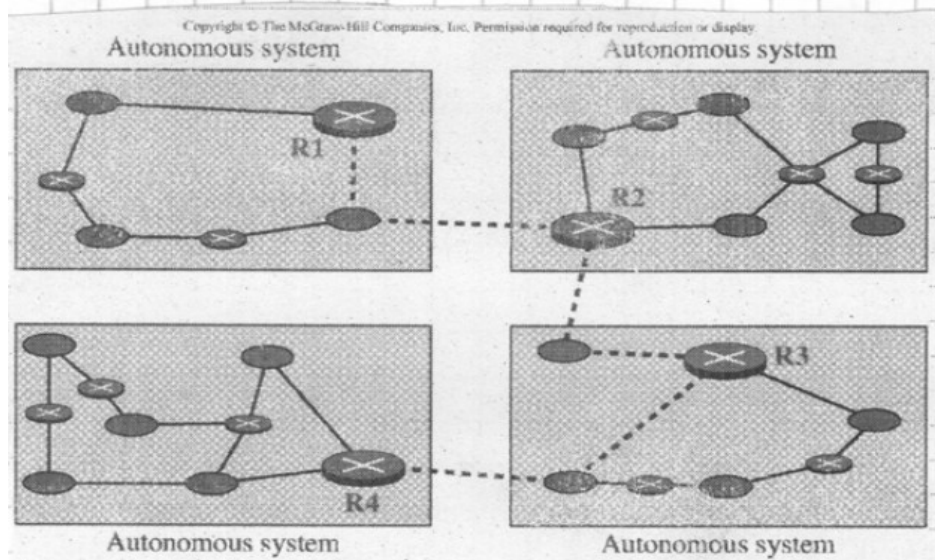


Aggiornamento tabella di routing nodo A, ai vari passi h

Nodo A			Nodo A			Nodo A			Nodo A		
Dest.	Cost	Rout.	Dest.	Cost	Rout.	Dest.	Cost	Rout.	Dest.	Cost	Rout.
A	-		A	-		A	-		A	-	
B	1	B	B	1	B	B	1	B	B	1	B
C	∞		C	4	B	C	4	B	C	4	B
D	∞		D	9	F	D	6	F	D	5	B
E	∞		E	5	F	E	4	B	E	4	B
F	3	F	F	2	B	F	2	B	F	2	B
$h=1$			$h=2$			$h=3$			$h=4$		

Algoritmi gerarchici

Nascono come necessità di rispondere al problema di un numero di router potenziali ingestibile
autonomous system: raggruppamento di router visto all'esterno come un unico dominio (elemento)



Controllo della congestione

Congestione di un collegamento significa che i parametri di riferimento sono fuori limite (ritardo).

Tecniche di controllo del flusso:

metodi reattivi: si attivano una volta che la congestione è stata rilevata

metodi preventivi: si utilizzano metodologie che tendono a prevenire (evitare) che la congestione accada

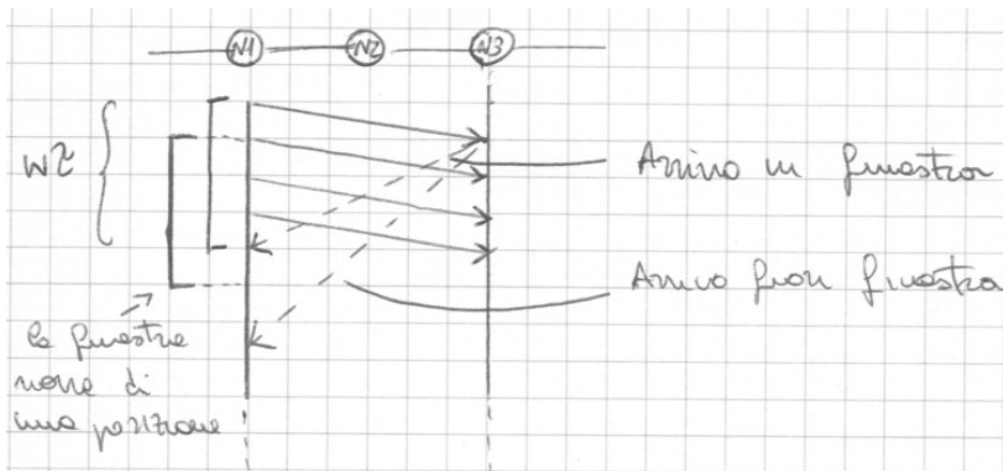
Metodo reattivo: Sliding Window [\[wiki\]](#)

Metodo Credit-based: la trasmissione dei pacchetti da parte di un nodo è regolata da “permessi” che possono essere “revocati” se la congestione viene rilevata.

Funzionamento

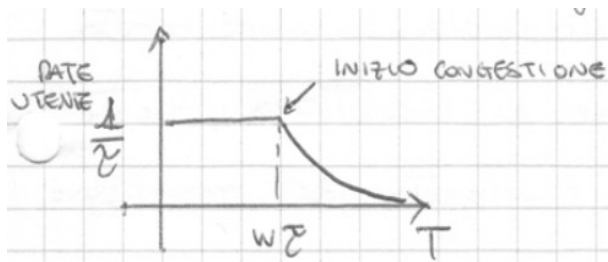
W pacchetti: credito iniziale dato al nodo sorgente.

W pacchetti saranno trasmessi entro un intervallo di tempo (filtro= di ampiezza $W\tau$ con τ tempo di trasmissione di un pacchetto. Questa tecnica richiede un riscontro esplicito da parte del nodo destinazione.



se il riscontro arriva alla sorgente entro il tempo di finestra la finestra scorre di una posizione e si procede alla trasmissione di un nuovo pacchetto. Se viceversa il riscontro arriva con un ritardo superiore al tempo di finestra la trasmissione di un nuovo pacchetto viene ritardata. Se il riscontro arriva a $T > W\tau$ il rate

$\frac{W}{T} < \frac{1}{\tau}$. Inconveniente: non garantisce all'utente un rate minimo.



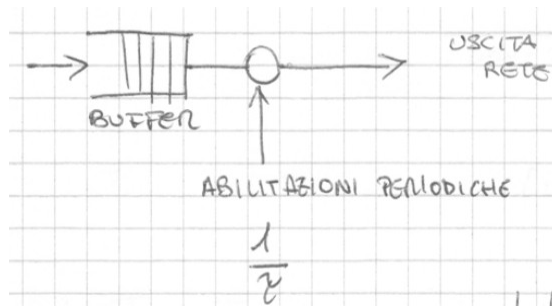
T: tempo arrivo riscontro

Metodi preventivi

Admission control noto ad esempio in ATM
altri metodi sono i rate-based

I metodi leaky-bucket e token bucket permettono di trasmettere in sequenza tutti i pacchetti fino ad esaurire il numero di abilitazioni possedute (buffer)

Algoritmo Leaky-bucket (secchio forato/che perde)



Vengono riversati sulla rete pacchetti con un fissato data rate. Vengono mantenuti nel buffer quelli per la trasmissione. Se vengono generati più pacchetti di quelli che è possibile contenere col buffer, essi si perdono. In questo modo non si controlla il data rate medio ma quello massimo.

Algoritmo Token-bucket [\[wiki\]](#)

Si ottiene un certo credito trasmissivo. Quando poi c'è da trasmettere lo si fa utilizzando il credito a disposizione, alla max velocità consentita dalla linea. Se ci sono k token e ci sono $h > k$ pacchetti da trasmettere, i primi k vengono trasmessi subito, per gli altri c'è da aspettare.

Sicurezza di rete

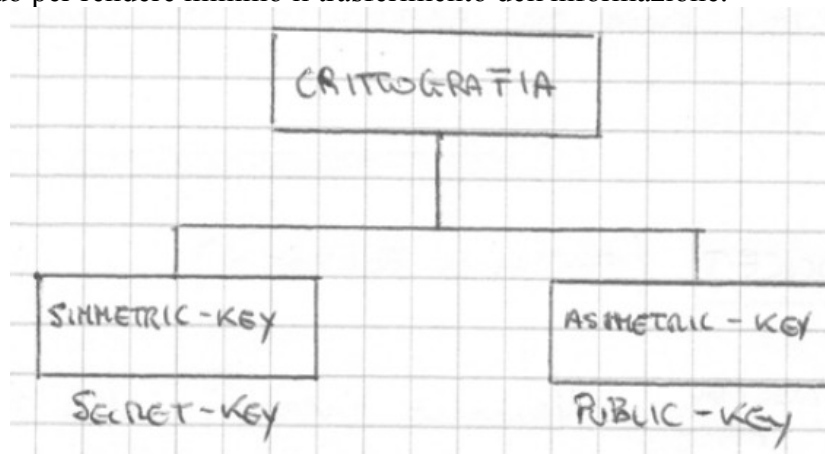
Riservatezza: si vuole che l'informazione scambiata rimanga segreta.

Integrità messaggio: se si utilizzano tecniche di riservatezza, queste non devono pregiudicare l'integrità del messaggio originale.

Autenticazione: si richiede di conoscere l'identità di chi ci sta "parlando"

Sicurezza operativa: protezione nei riguardi di intrusioni non autorizzate.

Crittografia: metodo per rendere minimo il trasferimento dell'informazione.



Tecnica a chiave simmetrica (poco sicuri)

Prevede una chiave che consiste nel concordare uno spostamento del simbolo associato alla lettera (es. codice di cesare).

A O B 1 ... Z 20 chiave segreta +5 => C I A O 2 8 0 12 => 7 13 5 17 HPET

Tecnica a chiave asimmetrica (public key)

es. algoritmo RSA

1. si scelgono due numeri possibilmente grandi p e q primi tra loro
2. $n = p \cdot q$, $z = (p-1)(q-1)$
3. scelgo $e < n$, $e \neq 1$ e relativamente primo rispetto a z (non ha fattori comuni con z)
4. trovo d tale che $(ed-1)$ sia divisibile per z : $(ed-1) \bmod z = 0$
5. la chiave pubblicata da Roberto è (n, e) , la chiave privata è invece (n, d)

Es:

Alice vuole dire a Roberto "love"

supponiamo $p = 5$, $q = 7$

$n = 35$ $z = 24$ $e = 5$ (scelto in base a passo 3)

$d = 29$ (scelto in base al passo 4)

Roberto pubblica la chiave $(35, 5)$

Roberto tiene privata la chiave $(35, 29)$

Alice codifica così

Riassumendo

$$c = m^e \bmod n$$

$$m = c^d \bmod n$$

esempi di attacchi di livello 3 (rete)

un nodo malevolo può rispondere in maniera errata alle richieste di aggiornamento del costo di un collegamento

rimedio: si richiede l'autenticazione del nodo

Note (extra)

Problema del terminale nascosto

avviene quando un nodo è visibile da un AP ma non lo è da altri nodi che possono vedere lo stesso AP

es. A B C

B può comunicare con A e C, ma questi ultimi due possono comunicare tra loro => difficile rilevare collisioni => si inviano dei piccoli messaggi prima di ogni comunicazioni.

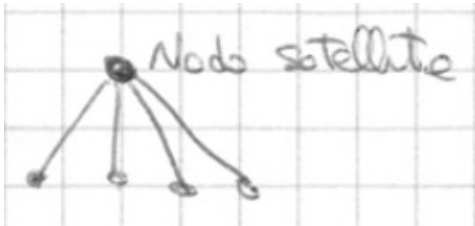
Se A vuole comunicare a B allora invia la richiesta. Se B è libero risponde ad A con una conferma e informa gli altri nodi che in quel momento è occupato.

Problema del terminale esposto

Si manifesta quando due nodi con visibilità diretta cercano di stabilire una comunicazione con altri nodi esterni che non interferiscono tra loro. Uno dei due nodi è inibito ad avviare la comunicazione in

quanto i test sul canale effettuati dallo stesso nodo hanno rilevato l'occupazione del canale da parte dell'altro nodo, causando quindi l'inizio di una procedura di

ALOHA [\[wiki\]](#)



Tutti i nodi sono connessi al centrale. Gli ACK di ritorno di satellite sono in broadcast. Per la rilevazione della collisione si usa il fatto che la durata della trasmissione è nota. Per la risoluzione si vincola la ritrasmissione in un intervallo di tempo statisticamente per evitare una ricollisione. Un terminale può gestire un solo pacchetto alla volta. Utilizzazione massima della banda 18%, il resto si perde per gestire l'accesso.

Variante Slotted ALOHA

Si va in accesso al canale non più a tempo continuo ma a tempo discreto. Il tempo di accesso è diviso in slot e ogni stazione deve iniziare la propria trasmissione in corrispondenza di uno slot => o si collide completamente in uno slot o non si collide. Raddoppio utilizzazione minima banda = 36%.

ATTENZIONE: MANCA COMPLETAMENTE LA PARTE SULLE RETI DI SENSORI

*Gli appunti sono ad opera di Gullo – Gualtieri (2011), la trascrizione ad opera di D.Nesi (2012).
Edited: M.Boninsegni (2012) [alcune correzioni e completamenti]*