

Accesso multiplo

Primo problema: il canale di comunicazione per trasmettere bit ha collegati molti trasmettitori che possono utilizzarlo. Come faccio a far coesistere più trasmettitori?

Approccio centralizzato: multiplazione (esiste un'unica entità che gestisce il flusso dei dispersi trasmettitori creandone uno solo)

Approccio distribuito: protocolli MAC (i trasmettitori comunicano tra di loro e autonomamente si gestiscono nel canale seguendo delle regole e coordinandosi).

Multiplazione

Abbiamo un collegamento con una certa capacità in bit/s che può trasferire che voglio dividere in diversi utenti (risorsa condivisa tra diversi utenti).

Le contese per la risorsa possono essere risolte se secondo due approcci:

- Ritardo : chi non ottiene subito la risorsa, attende;
- Perdita: chi non ottiene subito la risorsa, abbandona.

È possibile anche adottare politiche miste.

Contese

Quando e come si verificano contese dipende da:

- Assegnazione della risorsa : statica, dinamica
- Modo di trasferimenti: con connessione, senza connessione

Assegnazione statica

La risorsa è partizionata in "porzioni". Una porzione è assegnata all'utente da quando ne fa richiesta, fino a quando la rilascia, indipendentemente dall'uso che ne fa.

Assegnazione dinamica

La risorsa è indivisa. È assegnata ad un utente solo quando ne ha effettivamente bisogno e per lo stretto tempo necessario.

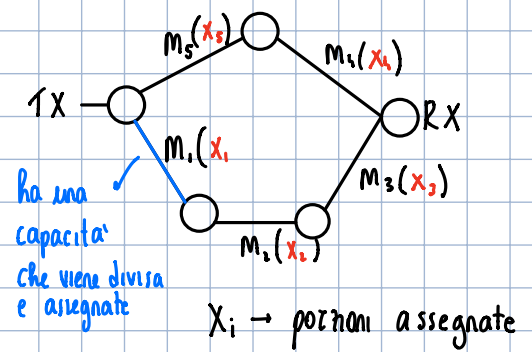
Con connessione

Il trasferimento è organizzato in tre fasi: instaurazione (dialogo di controllo per organizzare il trasferimento dati), trasferimento dei dati, abbattimento.

Senza connessione

La fase preliminare di instaurazione non c'è e nemmeno di abbattimento, c'è solo quella di trasferimento.

| Tipo di contese in funzione della modalità di trasferimento | Trasferimento con connessione | Trasferimento senza connessione |
|---|---|---------------------------------|
| Assegnazione statica | pre-assegnazione (instaurazione) | NA |
| Assegnazione dinamica | <div>due problemi di contesa</div> <div> pre-assegnazione (instaurazione) utilizzazione (trasferimento) </div> | utilizzazione |

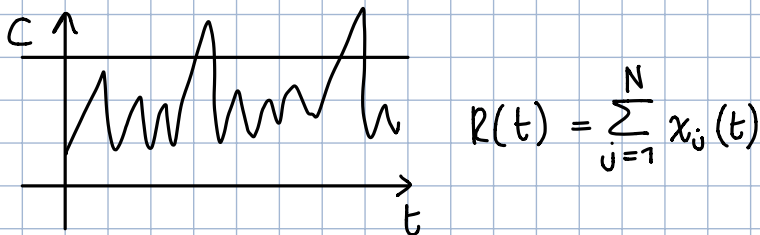


quando si avvia il trasferimento in assegnazione statica questo si tiene su e si riescono ad assegnare delle porzioni di capacità per ogni tratto nonostante alcune porzioni hanno già state assegnate. (assegnazione di banda di picco)

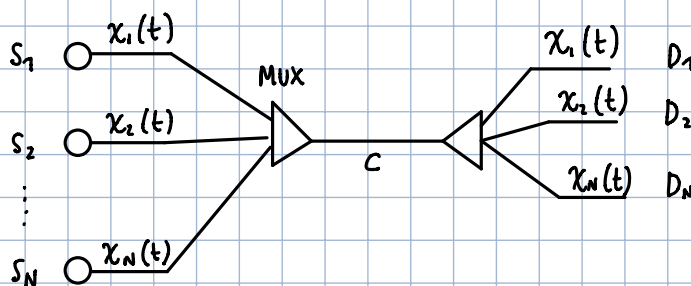
Congestione ed equità

Si considerino N sorgenti, la i -esima delle quali richiede una quantità di risorsa x_i . Sia C la quantità di risorsa disponibile.

- Se $x_1 + \dots + x_N \leq C$, ognuno riceve quanto richiesto
- Se $x_1 + \dots + x_N > C \rightarrow$ CONGESTIONE
- breve termine (risoluzione contese)
- lungo termine (controllo \rightarrow EQUITÀ) \rightarrow problema dovuto al controllo della congestione
 comprime la domanda portandola ad un livello accessibile



Tutto nasce dalla condivisione della risorsa (\rightarrow moltiplicazione).

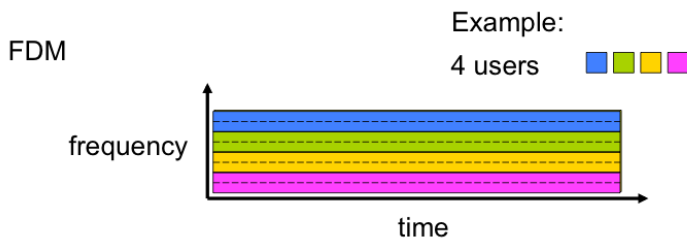


Due sono le modalità che esamineremo per fare multiplazione: FDM e TDM
(Un esempio di multiplazione simile è la divisione della banda della fibra ottica).

FDM

Il canale di comunicazione si può vedere con una certa banda di frequenza con cui i trasmettitori comunicano nel tempo. Descriviamo l'operazione nel piano tempo sequenza. I segnali diversi degli utenti vengono mandati simultaneamente ma si distinguono dalla banda di frequenza che utilizzano.

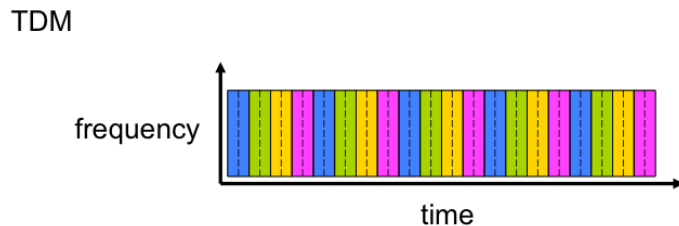
Attraverso l'analisi di Fourier ci si rende conto di quale banda appartiene ciascun segnale. Per isolare un segnale dagli altri si utilizza un filtro passa banda (per isolare la frequenza migliore per quel canale).



Quindi con un insieme di filtri si dividono i segnali.

TDM

Un segnale utilizza tutta la banda ma lo fa a divisione di tempo, quindi a tempi di versi ci sono segnali diversi. Quindi si isola il canale con un interruttore. In ogni istante di tempo c'è il segnale di un singolo flusso.

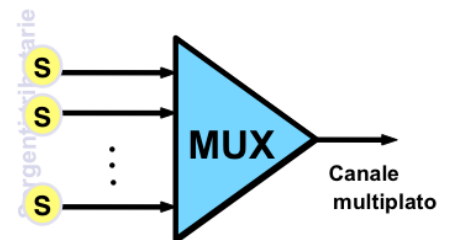


In questa figura la divisione di tempo avviene in modo ciclico e periodico.

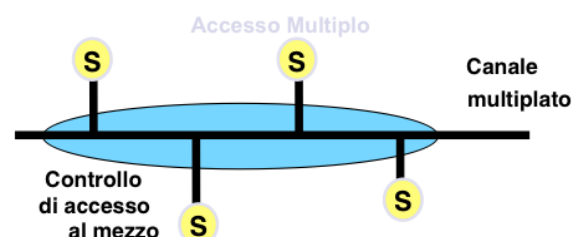
Multiplazione statica: divido la capacità della banda in porzioni e assegnare staticamente una porzione ad un flusso richiedente.

Multiplazione dinamica: viene attribuita la porzione solo quando effettivamente serve al flusso richiedente e dopo che ha finito viene subito restituita.

Multiplazione concentrata: esiste un dispositivo a cui sono connessi i vari segnali e li mescola. (Si dice quindi FDM, TDM)

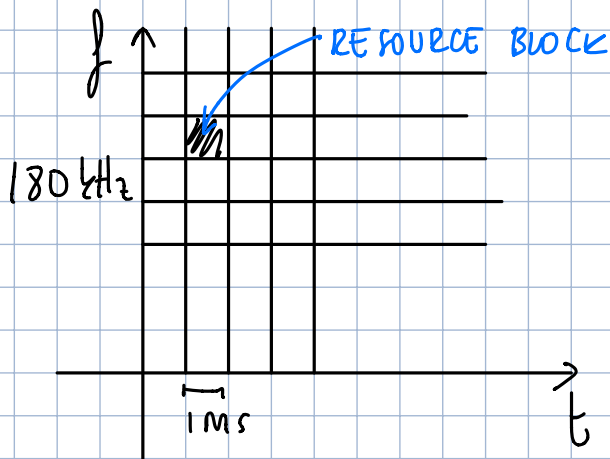


Multiplazione distribuita: non c'è un dispositivo fisico, tutti i segnali possono accedere al canale di comunicazione e la multiplazione avviene attraverso dei protocolli (controllo di accesso al mezzo). (Si dice quindi FDMA, TDMA).

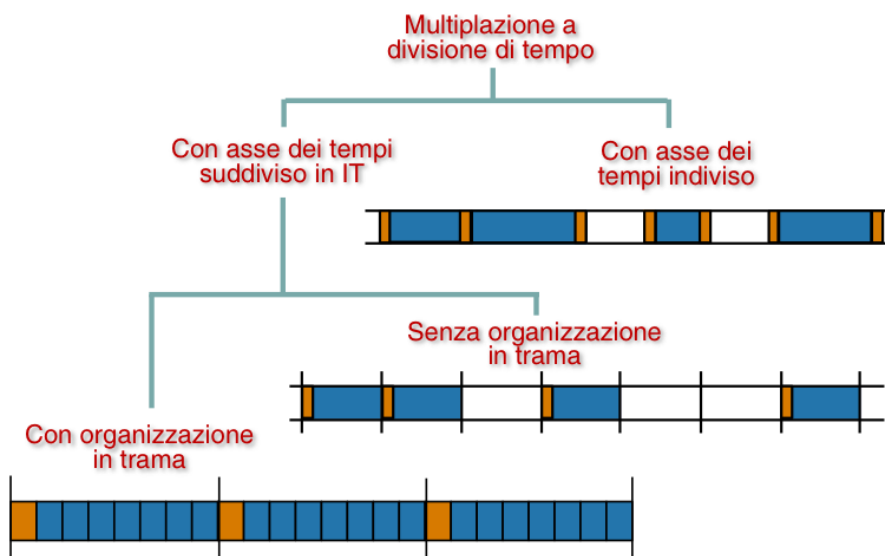


TDM(A): gestione dell'asse del tempo

Utilizzare il canale in una certa particolare sottobanda di ampiezza 180 kHz per un millisecondo: resource block.



Nel caso della moltiplicazione distribuita si parla di accesso multiplo attraverso dei resource block. Ma come si attribuiscono ad ogni utente?



Il time division ha come funzione di base che gli utenti usano il canale in istanti diversi.

Con **asse dei tempi indiviso**, ognuno trasmette quando gli serve per un intervallo di tempo oppure può non essere utilizzato se non c'è nessuno. I problemi che sorgono sono: come si capisce quando inizia e finisce una trasmissione? Bisogna inserire delle

delimitazioni. Inoltre altro problema il demoltiplicatore che deve dividere i segnali non sa chi manda questi blocchi e a chi è destinato, quindi per ogni pacchetto deve essere specificato.

Senza organizzazione in trama: si suddivide l'asse del tempo in slots, ogni trasmissione deve avvenire all'interno di uno slot che ha una specifica durata. Tutto è equamente diviso. Quindi si può trasmettere quando si vuole ma deve avvenire dall'inizio di uno slot e delimitato in esso. Da chi viene un blocco e a chi è diretto deve sempre essere specificato nel blocco.

Con organizzazione in trama: si suddivide l'asse del tempo sia in slot che in trame (ossia un insieme di slots). La condivisione così organizzata avviene dando un sincronismo per far capire quando comincia la trama. Supponendo che tutti condividano la struttura adesso è possibile numerare gli slots all'interno della trama. In questo modo viene definito il canale temporale.

Porzioni di capacità:
$$C_{Bc} = \frac{L_s}{T_f} =$$
 dove L_s è il numero di bit nello slot e T_f è la durata di trama.

Se voglio capacità più grande unisco più slot. Se il ritmo binario della trama è 100, il ritmo

binario di ogni slot (ad esempio se sono 8 per trama) è $100/8$.

slot / trama

8 bit ogni $125 \mu s$

$$T_p = 125 \mu s$$

$$L_s = 8 \text{ bit}$$

$$C_s = \frac{L_s}{T_p} = \frac{8 \text{ bit}}{125 \mu s} = 6400 \text{ bit/s} \quad \left[\begin{array}{l} \text{per aumentare } C \\ \frac{2L_s}{T_p}; \frac{3L_s}{T_p} \end{array} \right]$$

Prendere k slot per ogni trama: sovramultiplazione

Prendere uno slot ogni k trame: sottomultiplazione.

Protocolli MAC

Invece di usare multiplazione e demultiplazione si usano dei protocolli.

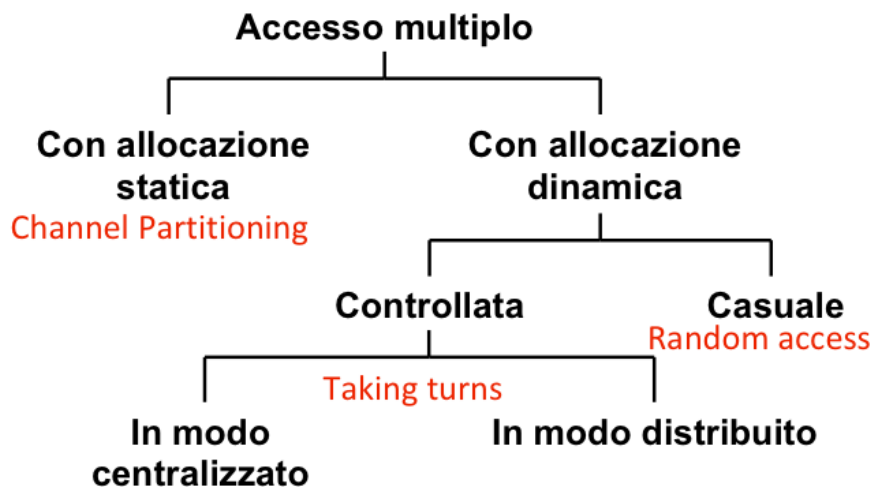
Sono un insieme di regole che le stazioni si danno per dividersi il canale di comunicazione, quindi è un accesso multiplo usato con multiplazione distribuita.

Vedremo solo a divisione di tempo, TDMA: multiplazione distribuita a divisione di tempo.

Può avvenire un'assegnazione statica: bisogna definire slot e trame (si usa la segnalazione, non proprio dei protocolli).

Oppure assegnazione dinamica: protocolli di accesso multiplo.

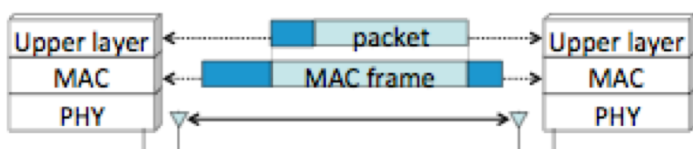
Quindi nel contesto di multiplazione distribuita e assegnazione dinamica si parla di protocolli MAC.



In assegnazione dinamica ci sono due tipi di protocolli: taking turn (controllati e random access (casuale).

Nel secondo caso si crea un problema di collisione ma sono quelli più usati.

Da un punto di vista architetturale siamo nel datalink nel sottostrato MAC:



Random access protocols

Insieme di regole mediante dei quali sorgenti che condividono un canale di comunicazione possono coordinarsi per gestire un accesso multiplo a divisione di tempo con controllo distribuito. Si chiama accesso casuale perché l'algoritmo utilizzato è casualizzato. La ricezione da due o più nodi che trasmettono simultaneamente può causare collisione. Quest'ultima non può essere eliminata del tutto, i protocolli ad accesso casuale si preoccupano di diminuire la probabilità che questa si verifichi.

Due protocolli principali: ALOHA family, CSMA family.

Slotted ALOHA

È un protocollo MAC assume che l'asse dei tempi sia diviso in slot con assegnazione dinamica. Le stazioni sono sincronizzate, quando si trasmette può avvenire solo nello slot.

L'algoritmo che utilizza slotted aloha:

- 1) Aspetta che arrivino pacchetti dal livello superiore
- 2) quando arrivano i dati dal livello superiore costruisci una trama che racchiude quel pacchetto e aspetta che parta la prossima slot e poi trasmetti. Se si ha successo si torna ad 1)
- 3) Aspetta per la prossima slot.
- 4) Con probabilità p prova una ritrasmissione, se hai successo vai ad 1). (-> aspetto casuale)
- 5) vai a 3)

- Assumptions

- The time axis is divided into equal size slots
- Stations are synchronized
- Transmissions can start only at the beginning of a slot
- Frames fit into a slot
- In each slot:
 - no station transmits: **IDLE**
 - a single station transmits: **SUCCESS**
 - two or more stations transmit: **COLLISION** -> **FAIL**

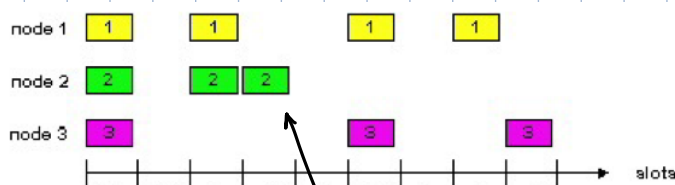
Bisogna fare delle assunzioni: una stazione una volta che trasmette ha modo di sapere se la trasmissione ha avuto successo.

Si basa sul fatto che le stazioni trasmettono con probabilità p .

Con p piccolo la probabilità di collisione è bassa ma se è troppo piccolo si aspetta troppo per fare ritrasmissione, quindi si avrebbe ritardo.

I vantaggi di questo protocollo è che è semplice, autonomo e non richiede scambio di informazione tra i nodi.

I svantaggi è potenzialmente inefficiente ed è intrinsecamente instabile.



Ante e tre collido
hanno calcolato p
e decidono di non
trasmettere, quindi
viene sprecato uno slot

1 e 2 riesce a
collidono trasmettere
da solo

$$p \leq \frac{1}{e} \text{ (sempre!)}$$

P non è costante ma si adatta.

Ora cercheremo di capire efficienza e stabilità di slotted aloha.

Efficienza

Prob. successo S

$$\begin{cases} N \text{ stazioni} \\ p \text{ prob tx in uno slot} \end{cases} \quad \text{evento slot} = \begin{cases} Y=0 \\ Y=1 \\ Y>1 \end{cases}$$

$Y = \# \text{ stazioni che trasmettono} \quad 0 \leq Y \leq N$

Idle
succ
coll

eventi negativi

evento positivo che
tento di massimizzare

Calcolo $P(Y=1)$

$$S = P(Y=1) = N \cdot p(1-p)^{N-1}$$

\uparrow
n° di modi
per scegliere un'unica
stazione che trasmette

PROBABILITA' DI SUCCESSO

$$0 \leq p \leq 1$$

Quando $p \rightarrow 0 \Rightarrow S \rightarrow 0$ troppo timido no successi

$p \rightarrow 1 \Rightarrow S \rightarrow 0$ troppo aggressivo \Rightarrow collisioni

$$\max_{0 \leq p \leq 1} S(p)$$

$$\frac{dS}{dp} = N(1-p)^{N-1} - Np(N-1)(1-p)^{N-2} = 0$$

$$1-p-(N-1)p = 0 \Rightarrow p^* = \frac{1}{N} = \frac{1}{n(t)}$$

$$S^* = N p^* (1-p^*)^{N-1} = \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{N-1} \rightarrow \frac{1}{e} \quad (N \rightarrow \infty)$$

Stabilità

Il numero di stazioni che in un dato momento devono trasmettere un pacchetto (backlogged) è variabile e dipende dal tempo:

$$0 \leq n(t) \leq N$$

\downarrow
stazioni backlogged
che devono trasmettere

Tuttavia anche se si sa come ottimizzare slotted aloha, nessuno sa qual'è $n(t)$.

Si può utilizzare un algoritmo che osserva il canale e stima $n(t)$. Ad esempio chi osserva può essere l'access point.

Quindi per adattare p è provare di stimare il numero n delle stazioni contendenti.

• $S(t) =$ stima di $n(t)$ al tempo t .

$$S(t+1) = \max\{1, S(t) - v\} \quad \text{se IDLE o NCC}$$

$$S(t+1) = S(t) + v \quad \text{se COLL}$$

• then $p(t) = \frac{1}{S(t)}$

Con la scelta $v = \frac{e}{2} - 1$, $v = 1$

$$S < \frac{1}{e} \Rightarrow \text{non può stabilizzarsi}$$

PORTATA DEL SISTEMA

$$\Lambda = \frac{\text{bit mandati con successo}}{\text{tempo necessario per mandarli}}$$

$$L_s = R_s \cdot T_s$$

T_s

$$\Lambda = \frac{L_s \cdot S + 0(1-S)}{T_s} = \frac{L_s S}{T_s} = \frac{L_s \cdot P(\gamma=1)}{T_s} \quad \text{bit/s}$$

PORTATA NORMALIZZATA

$$U = \frac{\Lambda}{\Lambda_{\max}} = P(\gamma=1) = N \cdot p(1-p)^{N-1} \quad *$$

se $\Lambda = \frac{L_s P(\gamma=1)}{T_s} \Rightarrow \Lambda_{\max} = \frac{L_s}{T_s}$

* per essere più corretti

$$U = \sum_{n=0}^N P_z(\# \text{ stabili } g = n) \cdot n \cdot p(1-p)^{n-1} \leq N p(1-p)^{N-1}$$

$$\# \text{ ITA BLG} = \sum_{n=0}^N n \cdot P_z(\# \text{ stabili } g = n)$$

Portata media in saturazione ALOHA

