

PRERARAZIONE ESAME DI:

SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof: Gianluigi Ferrari

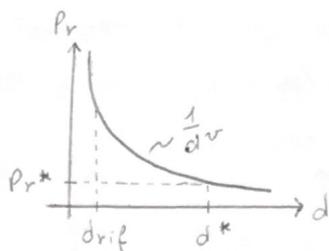
1) Formula di Friis

$$Pr(d) = \frac{Pt \cdot Gt \cdot Gr}{\left(\frac{4\pi d f c}{c}\right)^{\nu}} = \frac{Pt \cdot Gt \cdot Gr}{L}$$

dove: P_t = potenza trasmessa Pr = potenza ricevuta

$\nu = 2/a$ (qualità ambiente d: propagazione)
 \uparrow LOS \uparrow NLOS

Questa formula vale quando $d > d_{rif}$ (distanza d: riferimento)
 poiché non può essere zero



Se espressa in dB

$$Pr = Pt + Gt + Gr + 20 \log_{10} \left(\frac{c}{4\pi d f c} \right)$$

2) Si parli del ISO-OSI model

La International Standards Organization (ISO) è il corpo multnazionale dedicato agli accordi sugli standard internazionali e copre tutti gli aspetti della comunicazione network con degli standard, uno di questi è il modello OSI (Open Systems Interconnection). OSI è implementato a 7 livelli:

1) Physical: Si preoccupa che i singol. bit arrivino distanziate al modo successivo, definisce il mezzo fisico e le interfacce, determina come sono rappresentati i bit, controlla il tasso di trasmissione e la sincronizz. dei dati bit, controlla il movimento del singolo bit, ovvero il frame.

2) Data link: È responsabile del trasferimento di un frame (insieme di bit) da un modo all'altro.

È responsabile del controllo di flusso e la selezione dei frame, crea dei pacchetti.

Il Data link è formato da 2 sottolivelli:

1) MAC \rightarrow medium access control

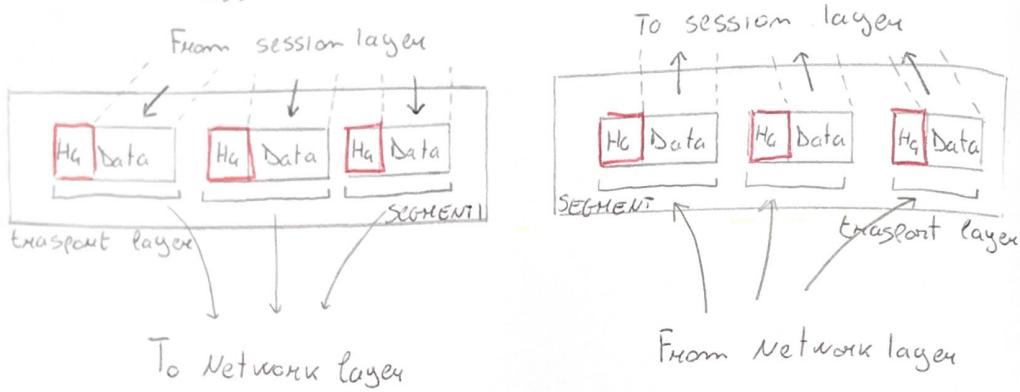
2) LLC \rightarrow logical access control

3) Network: Responsabile della consegna dei pacchetti dalla sorgente al destinatario, e di nascondere ai livelli superiori quello che succede nei livelli inferiori, utilizzando indirizzi logici.

Indirizzi logici: quando pensi ad un circuito logico frangendone delle connessioni: se sono in fibra, cappini, ecc.

4) Transport: Il livello di trasporto si occupa di spezzettare in segmenti il dato per non creare problemi ai livelli sottostanti.

Se ad esempio abbiamo un file troppo pesante da inviare, il transport layer lo spezzerà in segmenti. Per assicurare un corretto trasferimento tra gli Host.



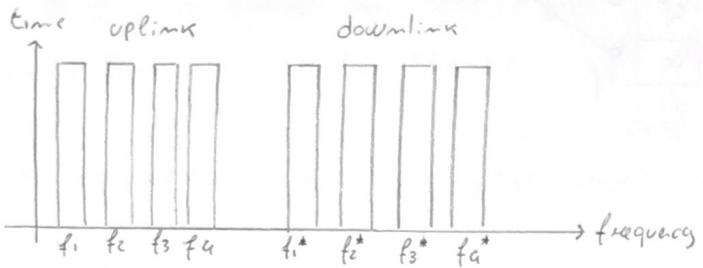
5) Session: In questo livello si parla di dati. Questo si occupa della comunicazione tra gli Host, chiamata "controllore del dialogo". Si occupa di stabilire, mantenere e terminare le sessioni tra le applicazioni, definisce i checkpoints che controllano che la comunicazione stia andando a buon fine, forniscano l'atomizzazione (più connessioni sono trattate come un'unica sessione, se una termina, tutte terminano), utilizza campi forniti da livelli 3 e 4 per tenere traccia dei dialoghi tra applicazioni/servizi.

6) Presentation: È il responsabile della formattazione, traduzione e decodificazione dei dati.

7) Application: È responsabile a provvedere al servizio per l'utente, provvede a comunicare il servizio alle applicazioni;

- 3) Si traccia un diagramma qualitativo tempo-frequenziale che descriva il funzionamento di meccanismi di accesso cellulare (Uplink e Downlink) per:

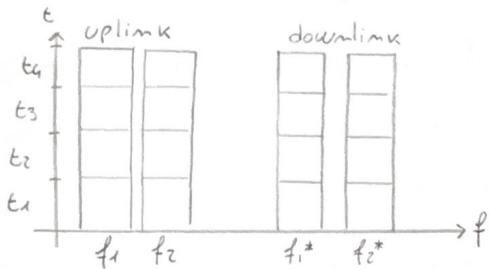
FDMA / FDD



4 utenti che trasmettono nello stesso tempo ognuno nella propria banda e che ricevono allo stesso modo ma in bande diverse da quelle di trasmissione

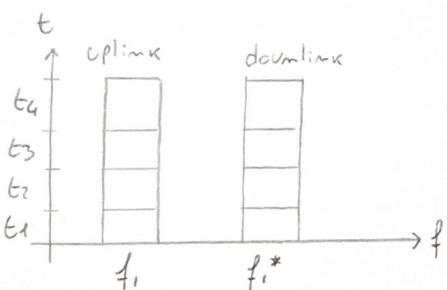
TDMA / FDD

(a portanti multiple)



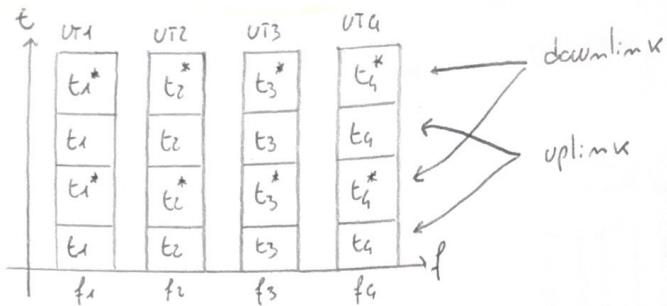
È un caso particolare, 4 utenti hanno a disposizione 2 bande per trasmettere e 2 per ricevere e sono in grado di lavorare sulla stessa time slot.
Per il TDMA ogni utente aspetta il suo turno.

(a portante singola)



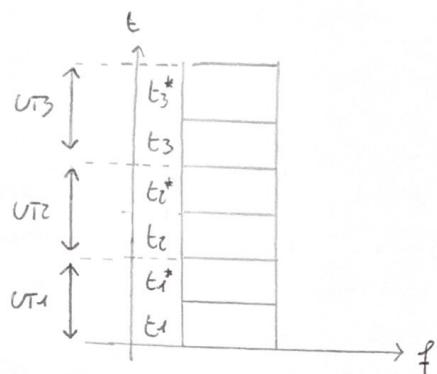
Sempre a 4 utenti ma con una banda per trasmettere e una per ricevere.

FDMA - TDD



4 utenti: ognuno dei quali trasmette e riceve dalla stessa banda ma su time slot diversi

TDMA - TDD



3 utenti che trasmettono e ricevono sulla stessa portante ma su time slot diverse

4) Si descriva il principio di funzionamento del protocollo di accesso al mezzo SLOTTED ALOHA, ricorrendo sotto opportune ipotesi la massima efficienza raggiunta

Il tempo è diviso in slot uguali e in uno slot si può trasmettere un solo frame. Gli utenti sono sincronizzati e trasmettono solo all'interno degli slot. Se due o più utenti trasmettono sullo stesso slot si verifica una collisione.

Quando un utente ottiene un frame lo trasmette nello slot successivo.

Se non avvengono collisioni il frame viene trasmesso con successo. Se ci sono collisioni l'utente deve ritrasmettere il frame in ogni slot successivo con probabilità p finché non ci riesce.

L'efficienza è il rapporto tra il numero di slot in cui viene effettuata con successo la trasmissione e il numero di trasmissioni generate in media in uno slot.

Supponendo N nodi: ognuno trasmette nel slot con probabilità p

- Probabilità che 1 nodo trasmetta con successo = $p(1-p)^{N-1}$

- Probabilità che N nodi trasmettano con successo = $Np(1-p)^{N-1}$

Per trovare l'efficienza massima troviamo p^* che massimizza $Np(1-p)^{N-1}$

$$\begin{aligned} f'(p) &= N(1-p)^{N-1} - (N-1)(1-p)^{N-2} Np \\ &= N(1-p)^{N-2} (1-p-Np+p) \\ &= N(1-p)^{N-2} (1-Np) \end{aligned}$$

$$f'(p)=0 \Rightarrow 1-Np=0$$

$$P=\frac{1}{N}$$

$$\begin{aligned} p &= p^* = \frac{1}{N} \\ \text{quindi: } P\{\text{Tx da un nodo}\} &= N \cdot p^* (1-p^*)^{N-1} \\ &= \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{N-1} \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{} e^{-1} \\ &= \frac{1}{e} = 0,37 \end{aligned}$$

Efficienza 37%

5) Pure Aloha

Non c'è sincronizzazione, quando un frame arriva l'utente lo trasmette immediatamente.

Aumenta la probabilità di collisione, un frame spedito in t_0 può collidere con quello spedito in t_{0-1} e sia in t_{0+1} .

Quindi: La probabilità che N nodi trasmettano con successo:

$$N \cdot p \cdot (1-p)^{N-1} \cdot (1-p)^{N-1}$$

Per trovare l'efficienza massima troviamo p^* che massimizza

$$Np(1-p)^{2N-2}$$

6) Aloha protocol → Throughput

Il Throughput è il numero medio di frame ricevuti con successo in un intervallo di tempo pari alla durata di uno slot (T_{htpt})

SLOTTED

$$S = G \cdot e^{-G} \quad \text{per trovare val. max troviamo } S^* \text{ che massimizza}$$

PURE

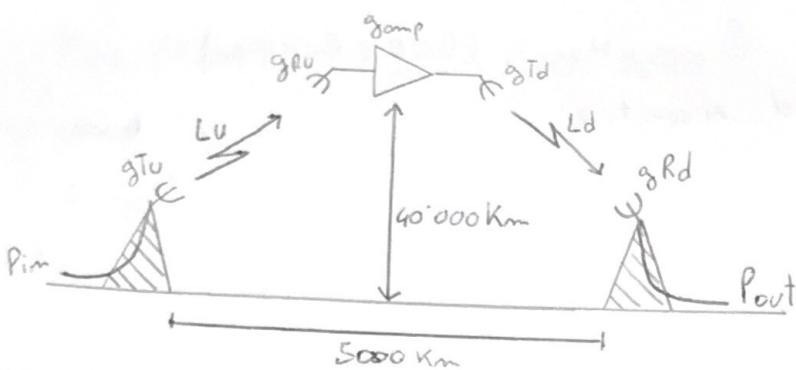
$$S = G \cdot e^{-2G} \quad \text{per trovare val. max troviamo } S^* \text{ che massimizza}$$

$$S^* = e^{-2G} - 2Ge^{-2G} = e^{-2G}(1-2G) \Rightarrow S_{\max} = \frac{1}{2}e^{-1} = 0,18$$

dove $G = \text{num. medio di frame generati (da } N \text{ nodi)} \text{ in un intervallo di tempo pari alla durata di uno slot}$

Esercizi

1) Trasmissioni Wireless

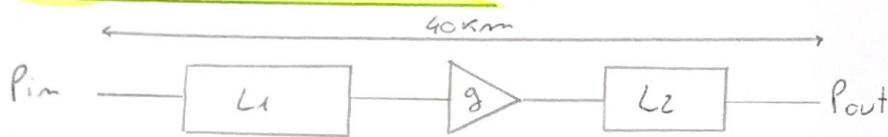


$$\begin{aligned}
 P_{im} &= 50 \text{ dBm} \\
 g_{Tu} &= 70 \text{ dB} \\
 g_{Ru} &= 30 \text{ dB} = g_{Td} \\
 g_{Rd} &= 50 \text{ dB} \\
 g_{omp} &= 80 \text{ dB} \\
 L_U &= L_d \\
 f_c &= 6 \text{ GHz}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_U = L_d &= g_{2,4} + 20 \log(4 \cdot 10^4) + 20 \log(6 \cdot 10^9) \\
 &= g_{2,4} + 20 \log(4 \cdot 10^4) + 20 \log(1600000000) \\
 &= g_{2,4} + g_{2,04} + 15,56 = 200 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{out \text{ dBm}} &= P_{im \text{ dBm}} + g_{Tu} - L_U + g_{Ru} + g_{Td} - L_d + g_{Rd} \\
 &= 50 + 70 - 200 + 30 + 30 - 200 + 30 \\
 &= -190 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

2) Trasmissioni cablate



a) Potenza all'ingresso del ripetitore

$$L_1 = \alpha l_1 = 60 \text{ dB}$$

$$P_{im \text{ dBm}} = 10 \log\left(\frac{2}{10^{-3}}\right) = 33 \text{ dBm}$$

$$P_{omp \text{ dBm}} = 33 - 60 = -27 \text{ dBm}$$

b) Potenza finale

$$l_2 = 20 \text{ Km} - 20 \text{ Km} = 16 \text{ Km}$$

$$L_2 = \alpha l_2 = 40 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned}
 P_{out \text{ dBm}} &= P_{im \text{ dBm}} + g_{omp \text{ dB}} - L_1 \text{ dB} - L_2 \text{ dB} \\
 &= 33 + 64 - 60 - 40 = -3 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{im} &= 2 \text{ W} \\
 \text{ripetitore a } 20 \text{ Km} \\
 g_{omp} &= 64 \text{ dB} \\
 \alpha &= 2,5 \frac{\text{dB}}{\text{Km}}
 \end{aligned}$$

3) Sensitività

Ricevitore wireless con $F = 8 \text{ dB}$
Modem che richiede $\text{SNR}_{\min} = 12 \text{ dB}$ per avere corretto
funzionamento in banda $B = 5 \text{ kHz}$ ($\text{BER} \leq \text{BER}_{\max}$)
qual'è la sensitività del ricevitore?

$$N = F \cdot K \cdot T_0 \cdot B \cdot G$$
$$= FK T_0 B$$

$$N_{dB} = F + 10 \log(1,37 \cdot 10^{-20}) + 10 \log_{10}(290) + 10 \log(5 \cdot 10^3)$$
$$= 8 - 19,8 + 29,62 + 36,98$$
$$= -129 \text{ dBm}$$

$$S = 12 - 129 = -117 \text{ dBm}$$

4) RUMORE TERMICO

A) F di un ricevitore FM d: un telefonino è 16 dB qual'è la temperatura di rumore equivalente?

$$T_e = (F-1) T_0 \quad \text{ma } FdB = 16 dB$$

quindi:

$$F = 10^{\frac{16}{10}} = 39,8$$

$$T_e = (39,8 - 1) 290 = 11255^\circ K$$

B) Assumete che il segnale FM occupi 30 kHz e che si debba avere l'SNR $\geq 13 dB$, qual'è la sensitività del ricevitore FM?

$$N = FKB T_0 \cdot G$$

$$\begin{aligned} &= 16 dB + 10 \log (1,27 \cdot 10^{-20}) + 10 \log_{10} (290) + 10 \log (30 \cdot 10^3) \\ &= -113,5 dBm \end{aligned}$$

$$S = SNR - 113 = -100 dBm$$

7) Numero massimo di utenti in una cella del CDMA

Nel CDMA dato che tutti gli utenti condividono la stessa larghezza di banda

$$B = g \cdot R_B \xrightarrow{\text{tasso di coda}} \xrightarrow{\text{fattore di diffusione}}$$

diventa essenziale il controllo di potenza.

Indicando con P_s la potenza del segnale: $P_s = g \cdot P_r$
e con P_{int} la potenza di interferenza:

$$P_{int} = \overbrace{(N-1)}^{\text{interfer.}} P_r$$

Possiamo calcolare il rapporto segnale/rumore:

$$S/N = \frac{P_s}{P_{th} + P_{int}} \quad \text{dove} \quad P_{th} = \underbrace{F K}_{\substack{\rightarrow \text{figura di risonanza} \\ \rightarrow \text{c.d. Boltzman}}} \underbrace{T_c}_{\substack{\rightarrow \text{Temperatura amb.}}} R_b$$

$$\text{Supponendo } P_{th} \ll P_{int}, \quad S/N = \frac{P_s}{P_{int}} = \frac{g P_r}{(N-1) P_r}$$

$$\text{Supponendo } N \gg 1 \text{ scriviamo,} \quad N = \frac{B}{S/N_{min} \cdot R_b}$$

Per trovare il numero massimo di utenti: supponiamo bisogna moltiplicare N per un fattore di miglioramento delle prestazioni: $K = \frac{G_A G_V}{H_0}$

dove: G_A = guadagno di settorizzazione (2,5)

G_V = fattore di attività vocale (2,5)

H_0 = interferenza da celle adiacenti (1,9 dB)

$$N_{max} \approx \frac{B}{S/N_{min} \cdot R_b} \cdot K$$