

Esercizio 1

- Un segnale sonoro con banda di 5000 Hz deve essere campionato e quantizzato in modo PCM uniforme prima di essere trasmesso su due canali ISDN.
- Se il segnale trasdotto in impulsi elettrici ha un'estensione tra -3V e $+3\text{V}$, qual'è la dimensione minima di un singolo intervallo di quantizzazione?

Esercizio 1 - Soluzione

- Il segnale deve essere campionato a 10 KHz, cioè con 10000 campioni al secondo
- Ogni campione deve essere rappresentato con n bit, tale che $n * 10000 \leq 128000$ bit/s
- Il valore massimo di n è 12, pari a 4096 intervalli di quantizzazione
- Ogni intervallo di quantizzazione ha quindi dimensione pari a $6 / (2^{12}) = 1.46$ mV

Esercizio 2

Si ipotizzi che il C/I richiesto sui canali in uplink di una rete GSM sia pari a 15 dB. Si assuma quindi:

- tutte le celle di uguale dimensione
- che l'interferenza sia dovuta solo al primo tier di celle interferenti
- La potenza ricevuta alla distanza d è proporzionale a $1/d^n$

Qual'è il valore di Q e la dimensione del cluster da utilizzare nel caso in cui il fattore di attenuazione sia:

- $n=4$
- $n=3$

Esercizio 2 - soluzione

Procedimento per $n=3$

- Usando la formula: $\frac{C}{I} = \frac{(D/R)^n}{6} = \frac{(\sqrt{3G})^n}{6}$
- Calcolo $G = \text{sqrt}_{[n/2]}(6 \cdot C/I) / 3 =$
 $= \text{sqrt}_{[n/2]}(6 \cdot 31.62) / 3 = 11.006$
- Arrotondo G al primo valore utile superiore, cioè 12 ($i=2, j=2$) per $G = i^2 + j^2 + ij$
- $Q = \text{sqrt}(3G) = 6$

Esercizio 2 - soluzione

Procedimento per n=4

- Usando la formula: $\frac{C}{I} = \frac{(D/R)^n}{6} = \frac{(\sqrt{3G})^n}{6}$
- Calcolo $G = \sqrt[n/2]}(6 \cdot C/I)/3 =$
 $= \sqrt[n/2]}(6 \cdot 31.62)/3 = 4.59$
- Arrotondo G al primo valore utile superiore, cioè 7 ($i=2, j=1$) per $G = i^2 + j^2 + ij$
- $Q = \sqrt{3G} = 4.58$

Esercizio 3

- Una BTS trasmette un burst per una stazione mobile MS, che lo riceve all'istante $t=t_0$
- Si supponga che la MS si trovi a 10 km dalla BTS e che usi il timing advance nella sua trasmissione
- Calcolare quanto tempo *dopo* t_0 MS trasmette il suo burst di risposta
- Se MS non usasse timing advance quanti bit dovrebbe utilizzare come “tempo di guardia” alla fine dello slot per evitare di sovrapporre la propria trasmissione a quella di altre MS in slot contigui?
- Nota: si consideri velocità del segnale di $3 \cdot 10^8$ m/s

Esercizio 3 - Soluzione

Soluzione 1

- ad una distanza di 10 km corrisponde un tempo di propagazione di:

$$10000/(3 \cdot 10^8) = 3.33 \cdot 10^{-5} \text{ s} = 33.3 \text{ } \mu\text{s}$$

- senza t.a., la MS dovrebbe rispondere dopo tre slot, cioè 1.731 ms
- in realtà, usando il t.a. pari a due volte il tempo di propagazione, trasmetterà a

$$t = t_0 + 1.731 - 0.066 = t_0 + 1.664 \text{ ms}$$

Esercizio 3 - Soluzione

Soluzione 2

- è necessario usare come tempo di guardia un numero di bit pari a quanti ne trasmetterei durante il timing advance
- un tempo di bit = $3.69 \mu\text{s}$, quindi:
bit di guardia = $66.6 / 3.69 = 18,04 \text{ bit} \rightarrow 19 \text{ bit}$

Esercizio 4

Dimensionare gli apparati di una cella GSM
calcolando il numero di portanti e di transceiver
necessari per fornire servizio ad almeno 40 utenti
voce

Esercizio 4 - soluzione

Soluzione

- 40 utenti voce
- Ogni trama di una portante in una direzione di trasmissione porta 8 slot = 8 canali voce half-duplex -> 8 canali di traffico unidirezionali
- Considerando traffico unidirezionale, occorrono $40/8 = 5$ portanti per il traffico e 1 per la portante C0. Per la bidirezionalità del traffico, 10 portanti e 2 per C0 (uplink e downlink).
- Occorrono quindi 6 transceiver nella cella

Esercizio 5

Un sistema cellulare fa uso di canali fisici FDMA/TDMA. Ogni trama TDMA dura 6 ms ed è composta da 7 slot. Gli apparati sono dotati di un transceiver che opera a 250 kb/s.

Sapendo che la struttura di un burst “normale” include:

- un tempo di guardia pari a 14,25 bit
- 60 bit di training e di inizializzazione
- X bit utente che trasportano 13 kb/s di voce codificata e 7 kb/s di codifica di canale

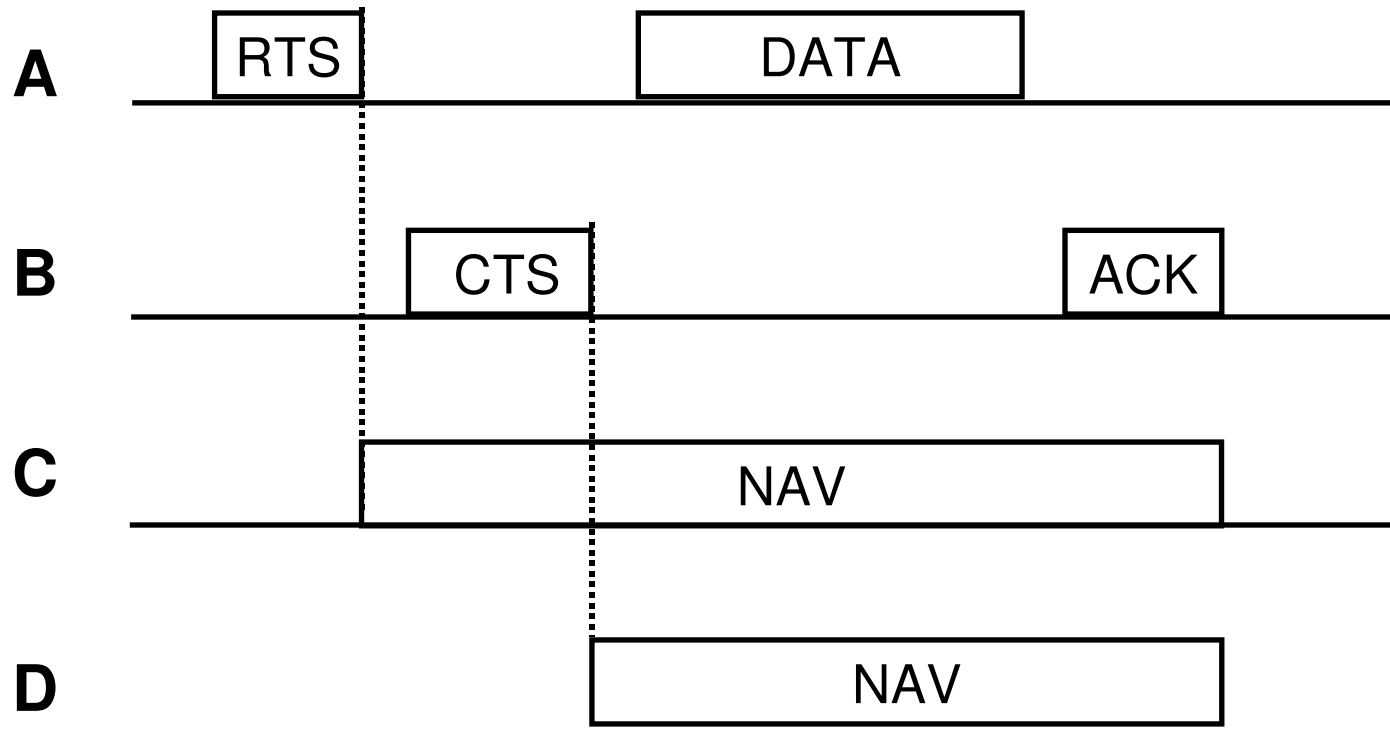
Determinare quante trame in una multitrama di traffico lunga 26 trame possono essere dedicate al traffico utente e quante al traffico di segnalazione

Esercizio 5 - soluzione

- Uno slot dura $857\mu\text{s}$ e porta 214.25 bit. Eliminando tempi di guardi a e bit di controllo, restano $X=140$ bit utili per il traffico utente
- Il throughput utente è di 20 Kb/s e il canale fisico offre una capacità utile di $140/0.006$ (bit utente trasmessi in un tempo di trama) cioè 23.33 kb/s
- Ogni multitrama dura 156ms e in questo tempo devo trasportare un traffico utente di $20000 \cdot 0.156 = 3120$ bit. Poiché in ogni trama passano 140 bit, mi occorrono 22.28 trame (ossia 23) della multitrama per il traffico utente

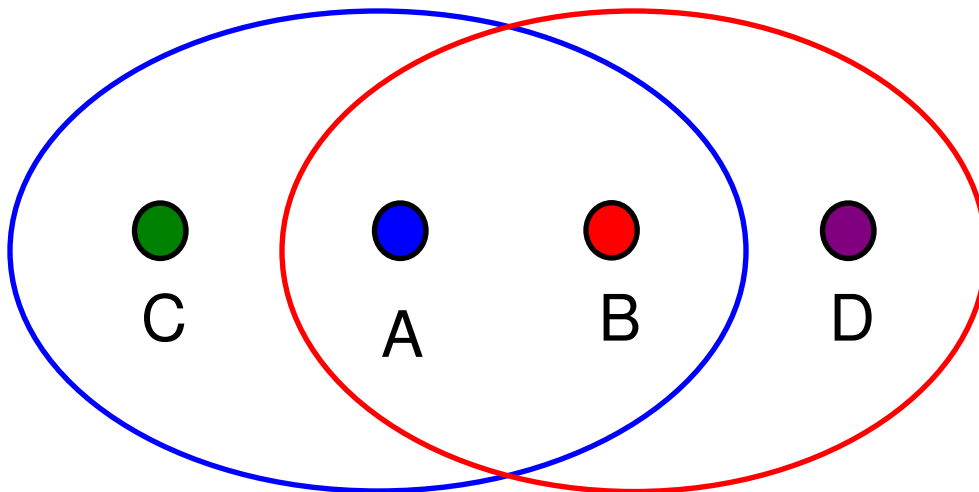
Esercizio 6 - 802.11 WLANs

1. Quale stazione è più vicina ad A? C o D?
2. Disegnare una distribuzione spaziale dei nodi, evidenziando le portate radio di A e B



Esercizio 6 - Soluzione

1. C è più vicina perché reagisce all'RTS settando il NAV
2. Possibile distribuzione (notare che D sente solo il CTS, quindi è fuori portata di A)



Esercizio 7

Calcolare il throughput medio di una WS 802.11b in una BSS nel caso in cui:

- La WS sia l'unica stazione presente
- La WS generi traffico UDP uplink tale da saturare il canale (c'è sempre una trama da trasmettere) e non vi sia traffico in downlink

Si assuma che i bit della trama siano così suddivisi:

- 18 byte di preambolo @ 1 Mb/s
- 6 byte di intestazione PLCP @ 1 Mb/s
- 34 byte di intestazione MAC @ 11 Mb/s
- 1000 byte di payload @ 11 Mb/s

Si assuma che la durata di un ACK sia di 110 μ s

Esercizio 7 - Soluzione

Ogni ciclo di trasmissione di una trama è così composto:

- $24 \times 8 \text{ bit} / 1 \text{ Mb/s} = 0.192 \text{ ms}$
- $34 \times 8 \text{ bit} / 11 \text{ Mb/s} = 0.024 \text{ ms}$
- $1000 \times 8 \text{ bit} / 11 \text{ Mb/s} = 0.727 \text{ ms}$
- $10 \text{ }\mu\text{s}$ di SIFS
- $110 \text{ }\mu\text{s}$ di ACK
- $50 \text{ }\mu\text{s}$ di DIFS
- $15.5 \times 20 \text{ }\mu\text{s}$ di durata media di postbackoff

TOTALE: 1.413 ms

Il throughput medio risulta: $8000 / 0.001413 = 5.8 \text{ Mb/s}$

Esercizio 8

Si consideri una IBSS 802.11b con 10 stazioni wireless, tutte a portata radio l'una dell'altra. Tutte le stazioni usano l'accesso base DCF (quindi senza RTS/CTS) e trasmettono trame di durata *totale* (inclusi header) pari a 1 ms. La durata degli ACK è di 110 μ s. I parametri dell'accesso DCF sono quelli standard: DIFS=50 μ s, SIFS=10 μ s, slot time=20 μ s, CWmin=31, CWmax=1023.

Si assuma che:

- tutte le trasmissioni abbiano successo, ossia venga sempre ricevuto l'ACK relativo alla trama inviata; quindi non si verificano mai né collisioni né errori sul canale;
- una stazione, identificata come WS_A , inizi la trasmissione all'istante t_0 ;
- la trasmissione successiva di WS_A avvenga all'istante $t_1 = t_0 + 3,71$ ms;
- WS_A sia in saturazione (ha sempre traffico da trasmettere)

Si determini:

- i) quante trame sono trasmesse tra le due trasmissioni di WS_A ;
- ii) qual è il valore di postbackoff estratto da WS_A dopo la prima trasmissione.

Esercizio 8 - soluzione

- WS_A inizia a trasmettere a t_0 e termina a $t=1000+10+110=1120 \mu s$. Il canale diventa libero a $t=1170 \mu s$. Dopo questa trasmissione, ci sono **due** trasmissioni da parte di altre stazioni.
- Poiché deve trascorrere almeno un tempo di slot (per fare scalare il backoff alle altre stazioni), possiamo assumere che la prima trasmissione inizi a $t=1190 \mu s$ e lasci il canale libero a $t=1190+1170=2360 \mu s$.
- La successiva, dopo un tempo di slot, inizierà a $t=2380 \mu s$ e lascerà il canale libero a $2380+1170=3550 \mu s$. Mancano $160 \mu s$, cioè 8 tempi di slot. Contando i tempi di slot trascorsi prima delle trasmissioni intermedie, determiniamo che il postbackoff estratto era **10**.
- Nota: le trasmissioni devono essere due, non una o nessuna perché altrimenti WS_A avrebbe estratto un postbackoff superiore alla CW_{min} (e WS_A è in saturazione, quindi deve trasmettere sempre). Non possono essere tre, perché non vi è il tempo.

Esercizio 9

Si consideri una BSS 802.11b con Access Point e 2 stazioni wireless (identificate come A e B); Le stazioni A e B NON sono a portata radio l'una dell'altra, ma entrambe sono a portata radio dell'AP. Nella BSS si usa l'accesso base DCF (quindi senza RTS/CTS). La stazione A vuole trasmettere una trama di durata *totale* (inclusi header) pari a 0.3ms, mentre la stazione B vuole trasmettere una trama di durata *totale* pari a 0.4ms.

La durata degli ACK è di 140 μ s, DIFS=50 μ s, SIFS=10 μ s, slot time=20 μ s.

Si assuma che A inizi a trasmettere all'istante t_A , mentre B inizia all'istante $t_B = t_A + 200 \mu$ s. Si assuma inoltre che:

- una stazione rilevi la collisione (ACK mancante) entro un tempo SIFS +ACK successivo al termine della propria trasmissione, e quindi inizi il backoff;
- dopo la collisione iniziale, B estragga un valore di backoff pari a 20;

Si determini quale intervallo di valori di backoff permettono ad A di trasmettere con successo al secondo tentativo. Motivare la risposta con l'ausilio di un disegno.

Esercizio 9 - soluzione

- A termina la trasmissione dopo $300 \mu\text{s}$, poi attende SIFS+ACK, capisce che ha colliso e dopo DIFS inizia il backoff al tempo $300+10+140+50=500 \mu\text{s}$; B inizia a trasmettere a $200 \mu\text{s}$ e termina a $600 \mu\text{s}$.
- Idealmente, ad A basterebbe un backoff minimo di **5** per riuscire a trasmettere su canale libero, ma se ipotizziamo che l'AP necessiti di qualche ms aggiuntivo per demodulare correttamente le due trasmissioni consecutive (di B e poi di A), meglio sarebbe avere un backoff minimo di **6**.
- Inoltre, B ritenta a trasmettere al tempo $600+10+140+50+20*20=1200 \mu\text{s}$. Se sottraiamo la durata della trasmissione di A, la stazione A non può iniziare a trasmettere *dopo* $900 \mu\text{s}$, quindi il backoff può al massimo durare $900-500=400 \mu\text{s}$, ossia backoff minimo pari a **20**.