

Corso di Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione e il controllo ambientale

Test scritto del 29 / 06 / 2005

Si risponda alle seguenti domande marcando con un segno le risposte che si reputano corrette. Si risolva inoltre il problema riportato in fondo.

Domanda 1

Che cosa rappresenta il modulo del vettore di Poynting associato ad una onda elettromagnetica nel generico punto P?

- 1) La potenza trasportata dall'onda
- 2) La polarizzazione dell'onda in P
- 3) La densità di potenza in P associata alla propagazione dell'onda
- 4) L'intensità di radiazione nel punto P

Domanda 2

Qual è la corretta espressione della Formula di Trasmissione (o formula di Friis)?

- 1) $P_r = g_t \cdot g_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right) \cdot P_g$
- 2) $P_r = g_t \cdot g_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \cdot P_g$
- 3) $P_r = g_t \cdot g_r \cdot \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \cdot P_g$
- 4) $P_r = \frac{1}{g_t \cdot g_r} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \cdot P_g$

In quali condizioni vale tale formula?

Domanda 3

In un rivelatore a soglia, il valore della soglia deve essere scelto in modo da:

- 1) massimizzare la portata
- 2) garantire adeguato compromesso fra mancata rivelazione e falso allarme
- 3) eliminare l'effetto Doppler
- 4) massimizzare la potenza ricevuta

Domanda 4

Nell'analisi di una antenna a schiera è importante ricordare che:

- 1) il valore della funzione di radiazione di una schiera di antenne può essere determinato, per ogni direzione, moltiplicando il valore della funzione di radiazione del singolo elemento radiante per il valore della funzione di radiazione di una schiera di elementi isotropici, posizionati ed eccitati come gli elementi della schiera reale.
- 2) il valore della funzione di radiazione di una schiera di antenne coincide, per ogni direzione, col valore della funzione di radiazione di una schiera di elementi isotropici, posizionati ed eccitati come gli elementi della schiera reale.

- 3) le direzioni di massimo irraggiamento del singolo elemento sono sempre direzioni di massimo irraggiamento della schiera complessiva
- 4) le direzioni di zero del singolo elemento sono sempre direzioni di zero della schiera complessiva

Domanda 5

Ogni apparato ILS è sempre costituito da 3 parti principali. Quali?

- 1)
- 2)
- 3)

Qual è il valore della Differenza di Modulazione (DDM) che garantisce il corretto allineamento con il centro pista ed il corretto angolo di discesa?

- 1) Zero
- 2) Qualunque valore, purché positivo
- 3) Qualunque valore, purché negativo

Domanda 6

La teoria generale dei metodi di radiolocalizzazione si basa sui seguenti assunti ideali:

- 1) condizioni di linea di vista fra i terminali
- 2) adeguata stima del *location parameter* da almeno un certo numero minimo di stazioni fisse
- 3) il *location parameter* considerato è sempre il ritardo di propagazione
- 4) il *location parameter* è sempre di tipo differenziale (cioè dato dalla differenza di valori misurati)

Domanda 7

Perché la tecnologia E-OTD prevede l'utilizzo di *Location Measurement Unit (LMU)*?

- 1) per garantire sempre la condizione di linea di vista
- 2) per limitare l'effetto indesiderato dei cammini multipli
- 3) per garantire ritardi *end to end* sufficientemente contenuti
- 4) per ovviare al fatto che la rete GSM è asincrona

Domanda 8

Su quale metodo di localizzazione si basa il sistema GPS? Qual è il numero minimo di satelliti che deve essere in visibilità del ricevitore per garantire il corretto funzionamento?

- 1) ToA – 3 satelliti
- 2) TDoA – 3 satelliti
- 3) ToA – 4 satelliti
- 4) E-OTD – 4 satelliti

Domanda 9

Perché nel D-LAR si utilizzano 2 raggi laser a frequenza diversa?

- 1) Per ridurre l'effetto del fading da cammini multipli
- 2) Per ridurre l'errore di modo comune
- 3) Per rilevare la concentrazione di 2 componenti chimici contemporaneamente
- 4) Per aumentare la precisione della rilevazione

Domanda 10

I sistemi attivi di telerilevamento :

- 1) Rivelano sempre la potenza riflessa in direzione speculare
- 2) Rivelano soprattutto la potenza riflessa in direzione speculare

3) Rivelano soprattutto la potenza emessa in direzione diversa da quella speculare

PROBLEMA

Si consideri il sistema di radiolocalizzazione basato sulla semplice rete cellulare riportata in figura 1

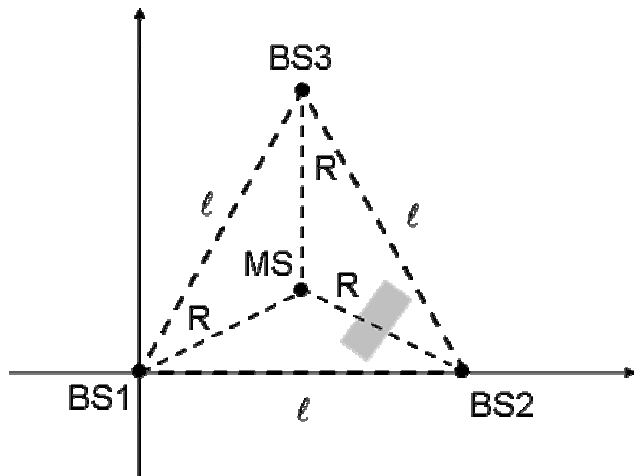


Figura 1

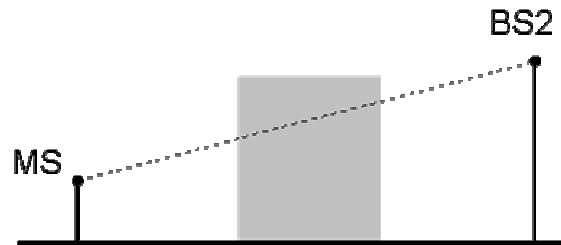


Figura 2

Le 3 stazioni fisse utilizzate per la localizzazione si trovano ai vertici di un triangolo equilatero di lato $l = 5$ km. Il mobile si trova nel baricentro di tale triangolo (di coordinate $l/2, \frac{l}{6} \cdot \sqrt{3}$), e dunque

ad una distanza geometrica bidimensionale da ciascuna delle stazioni fisse pari a $R = \frac{l}{3} \cdot \sqrt{3}$. Per

semplicità si suppongano le antenne ideali isotrope e si trascurino le altezze dei tralicci.

Il metodo utilizzato è il ToA ed il *location parameter* prescelto è l'attenuazione di tratta. Per ciascuna delle stazioni fisse, cioè, il mobile misura l'attenuazione di tratta ed a partire dai valori misurati stima la distanza tra il mobile e le stazioni fisse utilizzando per semplicità l'espressione dell'attenuazione isotropa di spazio libero.

Le stazioni fisse 1 e 3 si trovano in linea di vista con il ricevitore (si suppongano trascurabili tutti i contributi ricevuti diversi da quello diretto); la visibilità fra il mobile e la stazione fissa 2 è ostruita da un ostacolo che introduce una attenuazione supplementare $A_{supp}^{dB} = 3dB$ rispetto al contributo diretto (figura 2).

- 1) Nelle ipotesi fatte, calcolare le distanze R_1, R_2, R_3 rispetto alle stazioni fisse 1, 2, 3 stimate dal mobile;
- 2) È lecito attendersi una stima di posizione esatta? Perché?
- 3) Supponendo di assumere come stima della posizione del mobile il baricentro dei 3 punti di intersezione (dei 6 potenziali) fra loro più vicini, calcolare l'errore di localizzazione commesso;

NOTE:

La risposta corretta a ciascuna delle domande vale 2 punti. La soluzione corretta del problema vale 10 punti.

Il tempo consentito per l'intero test è di 1 ora.

Risoluzione del Test scritto del 29 / 06 / 2005

Domanda 1

Risposta 3

Domanda 2

Risposta 2 – in condizioni di spazio libero

Domanda 3

Risposta 2

Domanda 4

Risposte 1 e 4

Domanda 5

Localizzatore, Guida di planata, Marker

Risposta 1

Domanda 6

Risposte 1 e 2

Domanda 7

Risposta 4

Domanda 8

Risposta 3

Domanda 9

Risposte 2 e 4

Domanda 10

Risposta 3

PROBLEMA

Domanda 1: Le BSs 1 e 3 si trovano in linea di vista e qualunque contributo diverso da quello diretto è trascurabile per ipotesi. In tal caso la formula di spazio libero si può assumere come modello di propagazione esatto e pertanto la stima di posizione risulta priva di errori: $\mathbf{R}_1 = \mathbf{R}_3 = \mathbf{R} = 2886 \text{ m}$

Per quanto riguarda la BS 2, l'attenuazione misurata dallo strumento (L_{mis}) risente evidentemente anche dell'attenuazione supplementare dovuta all'ostruzione prodotta dall'ostacolo. Pertanto è lecito affermare che il valore di attenuazione misurato dallo strumento vale:

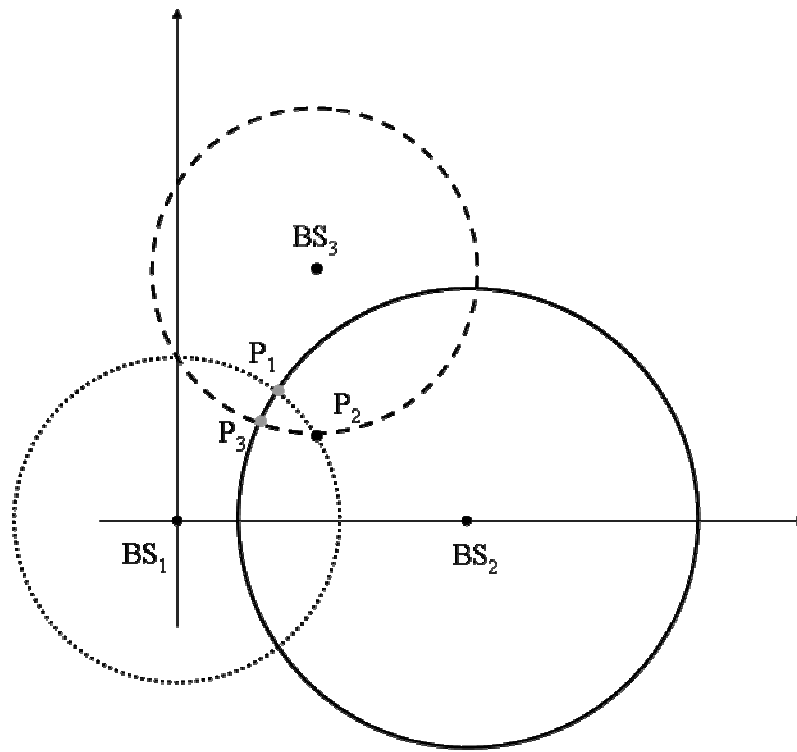
$$L_{\text{mis}} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 \cdot A_{\text{supp}} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 \cdot 10^{A_{\text{supp}}^{\text{dB}}/10} = 2 \cdot \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$$

A partire dal valore misurato, la distanza R_2 viene stimata per ipotesi per mezzo della formula di spazio libero:

$$L_{\text{mis}} = \left(\frac{4\pi R_2}{\lambda} \right)^2 \Rightarrow 2 \cdot \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi R_2}{\lambda} \right)^2 \Rightarrow R_2 = R \cdot \sqrt{2}$$

Poiché $R \approx 2887 \text{ m} \Rightarrow R_2 \approx 4082 \text{ m}$

Domanda 2: la stima di posizione non è corretta poiché la distanza R_3 non coincide con il valore ideale R . Le tre CFR di raggi R_1, R_2, R_3 rispettivamente non passano cioè tutte per il punto MS (vedi figura)



Domanda 3: i 3 punti di intersezione fra loro più vicini a MS sono indicati in figura come P_1, P_2 ($=MS=(2500,1443)$) e P_3

Per valutare le coordinate di P_1 il sistema da risolvere è ovviamente il seguente

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R^2 \\ (x - \ell)^2 + y^2 = R_2^2 = 2R^2 \end{cases}$$

La soluzione è la seguente:

$$P_1 = \left(x_1 = \frac{\ell}{2} - \frac{R^2}{2\ell}; y_1 = \sqrt{R^2 - x_1^2} \right) \approx (1667; 2355)$$

Analogamente per il calcolo di P_3

$$\begin{cases} \left(x - \frac{\ell}{2} \right)^2 + \left(y - \frac{\ell}{2}\sqrt{3} \right)^2 = R^2 \\ (x - \ell)^2 + y^2 = 2R^2 \end{cases}$$

Sviluppando i quadrati e sottraendo membro a membro:

$$\begin{cases} \ell \cdot x - \ell \cdot \sqrt{3} \cdot y + R^2 = 0 \Rightarrow y = \frac{x}{\sqrt{3}} + \frac{R^2}{\ell \cdot \sqrt{3}} \\ (x - \ell)^2 + y^2 = 2R^2 \end{cases}$$

Sostituendo l'espressione di $y(x)$ nella seconda equazione e risolvendo, si ottiene

$$x_{1,2} = \frac{1}{4\ell} \cdot \left[(3\ell^2 - R^2) \pm \sqrt{18\ell^2 R^2 - 3(R^4 + \ell^4)} \right] \Rightarrow P_3 = (1293,75 ; 1708,48)$$

La posizione stimata in base all'algoritmo assegnato è dunque

$$x_s = (x_1 + x_2 + x_3) / 3 = 1820.17$$

$$y_s = (y_1 + y_2 + y_3) / 3 = 1835.49$$

E pertanto l'errore di localizzazione vale

$$e = \sqrt{(x_{MS} - x_s)^2 + (y_{MS} - y_s)^2} = 785 \text{ m}$$