Corso di Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione e il controllo ambientale

Test scritto del 11 / 01 / 2006

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

Il *delay spread* rappresenta una stima della risposta impulsiva del canale radio. Pertanto:

- 1) Dipende esclusivamente dai ritardi di propagazione degli echi ricevuti
- 2) Dipende dalle potenze associate agli echi ricevuti
- 3) Dipende sia dai ritardi di propagazione degli echi ricevuti sia dalla potenza ad essi associata
- 4) Dipende dalla capacità del ricevitore di risolvere, separandoli, gli echi ricevuti

Domanda 2

Indicati con $D(t)$, $P(t)$, $C(t)$ ed f_2 rispettivamente il *Navigation Message*, la sequenza P, la sequenza C/A e la frequenza della portante L_2 del sistema GPS, quale è l'espressione formale del segnale ottenuto dalla modulazione della portante L_2 ?

- 1) $s_2(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot A \cdot D(t) \cdot \cos(2\pi f_2 t)$
- 2) $s_2(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot A \cdot [P(t) \oplus C(t) \oplus D(t)] \cdot \cos(2\pi f_2 t)$
- 3) $s_2(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot A \cdot [P(t) \oplus D(t)]$
- 4) $s_2(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot A \cdot [P(t) \oplus D(t)] \cdot \cos(2\pi f_2 t)$

Domanda 3

Perché il parametro GDOP (*Geometric Dilution of Precision*) è particolarmente critico per i sistemi di radiolocalizzazione come il GPS?

- 1) Perché va a sommarsi agli altri errori commessi nella stima di posizione, aumentandone quindi l'imprecisione
- 2) Perché rappresenta un fattore moltiplicativo dei singoli errori commessi durante il processo di misura
- 3) Perché può migliorare la stima della posizione, ma solo se la configurazione dei satelliti è pianificata in maniera opportuna e favorevole
- 4) Perché anche nei casi meno penalizzanti può quadruplicare l'errore complessivo sulla stima della posizione

Domanda 4

L'onda elettromagnetica irradiata da una antenna reale in campo lontano è in generale:

- 1) sferica
- 2) piana uniforme
- 3) sferica non uniforme
- 4) sferica, localmente piana uniforme

Domanda 5

In un radiocollegamento in spazio libero, la potenza ricevuta

- 1) è inversamente proporzionale alla frequenza del collegamento
- 2) è inversamente proporzionale alla distanza fra le antenne

- 3) è direttamente proporzionale ai guadagni delle antenne
- 4) è direttamente proporzionale alla direttività delle antenne

Domanda 6

Il *localizzatore* del sistema ILS:

- 1) Consente di mantenere l'aereo in allineamento con l'asse della pista;
- 2) Consente di far scendere l'aereo fino alla superficie della pista lungo una traiettoria di pendenza costante ritenuta la migliore per quella pista;
- 3) Consente di misurare la distanza dalla pista e quindi di conoscere la posizione dell'aereo lungo il sentiero di avvicinamento;
- 4) Modula in ampiezza la portante con segnali a frequenza diversa in modo tale che essi abbiano stessa intensità lungo l'asse della pista;

Domanda 7

Per una generica schiera di antenne:

- 1) La polarizzazione del campo totale irradiato coincide con la polarizzazione del campo irradiato dal singolo elemento;
- 2) Le direzioni di massimo irraggiamento del singolo elemento sono sempre direzioni di massimo irraggiamento della schiera complessiva;
- 3) Le direzioni di zero del singolo elemento sono sempre direzioni di zero della schiera complessiva;
- 4) La direttività complessiva è proporzionale alla direttività del singolo elemento;

Domanda 8

Come può un radiometro determinare la situazione del moto ondoso del mare?

- 1) Rilevando la potenza retro-diffusa dalla superficie del mare: più è elevata più il mare è "rugoso", quindi mosso
- 2) Rilevando la potenza retro-diffusa dalla superficie del mare: più è bassa più il mare è "rugoso", quindi mosso
- 3) Rilevando la sua temperatura di brillanza: una zona più "fredda" di quelle circostanti probabilmente è una zona di mare più mosso causa effetto schermante della schiuma

Domanda 9

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

Domanda 10

Perché l'antenna di un radar SLR punta lateralmente rispetto al nadir?

- 1) Per aumentare la copertura e quindi accelerare la scansione
- 2) Per migliorare la risoluzione nella direzione "range"
- 3) Per problemi di stabilità della piattaforma
- 4) Perché in tal modo si può ottenere una maggiore compattezza della antenna nella direzione trasversale

PROBLEMA

Si consideri un sistema di radiolocalizzazione basato su tecnica ToA e costituito per semplicità da 3 sole stazioni fisse (FS).

Il radiocollegamento fra l'utente mobile (MS) da localizzare e ciascuna delle stazioni fisse è affetto da *multipath*. Con riferimento ai cammini multipli fra MS e FS_i (i-esima stazione fissa), si supponga che la statistica dei ritardi relativi sia descritta dalla seguente densità di probabilità:

$$f(\xi) = \lambda_i^2 \cdot \xi \cdot e^{-\lambda_i \xi} \quad i = 1, 2, 3$$

con λ_i parametro caratteristico del radiocollegamento MS-FS_i. In particolare:

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_2 = 2 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_3 = 1.5 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$$

Si supponga inoltre che per effetto dei cammini multipli il ritardo di propagazione t_i stimato dalla FS_i differisca dal valore ideale (t_0^i) di una quantità pari valor medio ξ_M^i della densità di probabilità associata al radiocollegamento. In simboli:

$$t_i = t_0^i + \xi_M^i$$

1. Calcolare gli errori commessi sulla stima dei raggi delle 3 circonferenze necessarie per l'applicazione del metodo ToA (errore = valore stimato in assenza di errori – valore stimato in presenza di errori)
2. Si supponga che il ricevitore utilizzato sia in grado di misurare il *delay spread* (DS) del canale relativo ad ogni FS e che tale valore venga quindi utilizzato per correggere la misura temporale:

$$t_i = t_0^i + \xi_M^i - DS_i$$
$$DS_i = \sigma_i = \sqrt{\int_0^{\infty} (\xi - \xi_M^i)^2 \cdot f(\xi) \cdot d\xi}$$

Calcolare gli errori commessi sulla stima dei raggi delle 3 circonferenze considerando la correzione apportata

3. Supponendo che l'errore sulla stima della posizione sia proporzionale alla somma degli errori commessi nella stima dei raggi delle circonferenze

$$e = k \cdot (e_1 + e_2 + e_3)$$

calcolare la riduzione percentuale dell'errore complessivo ottenibile grazie alla correzione apportata.

NOTE:

La risposta corretta a ciascuna delle domande vale 2 punti.

La soluzione corretta del problema vale 10 punti (rispettivamente 3,4,3 punti).

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

Risoluzione del Test scritto dell'11 / 01 / 2006

Domanda 1
Risposte 2 e 3

Domanda 2
Risposta 4

Domanda 3
Risposte 2 e 4

Domanda 4
Risposte 1,3,4

Domanda 5
Risposta 3,4

Domanda 6
Risposte 1 e 4

Domanda 7
Risposte 1 e 3

Domanda 8
Risposte 2 e 3

Domanda 9
Risposta 3

Domanda 10
Risposte 1,2, e 4

PROBLEMA

Calcolo del valor medio della densità di probabilità assegnata

$$\begin{aligned}\xi_M^i &= \int_0^{\infty} \xi \cdot f(\xi) \cdot d\xi = \lambda_i^2 \cdot \int_0^{\infty} \xi^2 \cdot e^{-\lambda_i \xi} \cdot d\xi = \lambda_i^2 \cdot \left[\xi^2 \cdot \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \right]_0^{\infty} - 2\lambda_i^2 \cdot \int_0^{\infty} \xi \cdot \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \cdot d\xi = \\ &= 0 + 2\lambda_i \cdot \left[\xi \cdot \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \right]_0^{\infty} - 2\lambda_i \cdot \int_0^{\infty} \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \cdot d\xi = 2 \cdot \left[\frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \right]_0^{\infty} = \frac{2}{\lambda_i}\end{aligned}$$

Poiché evidentemente

$$e_i = t_0^i \cdot c - (t_0^i + \xi_M^i) \cdot c = \xi_M^i \cdot c = \frac{2c}{\lambda_i} \Rightarrow \begin{cases} e_1 = 20m \\ e_2 = 30m \\ e_3 = 40m \end{cases}$$

Calcolo della varianza della densità di probabilità assegnata

$$\sigma_i^2 = \int_0^{\infty} \left(\xi - \frac{2}{\lambda_i} \right)^2 \cdot f(\xi) \cdot d\xi = \int_0^{\infty} \xi^2 \cdot f(\xi) \cdot d\xi + \underbrace{\int_0^{\infty} \left(\frac{2}{\lambda_i} \right)^2 \cdot f(\xi) \cdot d\xi}_{\frac{4}{\lambda_i^2}} - \underbrace{\frac{4}{\lambda_i} \int_0^{\infty} \xi \cdot f(\xi) \cdot d\xi}_{\frac{2}{\lambda_i}}$$

$$\sigma_i^2 = \lambda_i^2 \cdot \underbrace{\int_0^{\infty} \xi^3 \cdot e^{-\lambda_i \xi} \cdot d\xi}_I - \frac{4}{\lambda_i^2}$$

$$I = \left[\xi^3 \cdot \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \right]_0^{\infty} + \frac{3}{\lambda_i} \cdot \int_0^{\infty} \xi^2 \cdot e^{-\lambda_i \xi} \cdot d\xi = 0 + \frac{3}{\lambda_i^3} \cdot \underbrace{\left(\lambda_i^2 \cdot \int_0^{\infty} \xi^2 \cdot e^{-\lambda_i \xi} \cdot d\xi \right)}_{\frac{2}{\lambda_i}} = \frac{6}{\lambda_i^4}$$

$$\sigma_i^2 = \lambda_i^2 \cdot \frac{6}{\lambda_i^4} - \frac{4}{\lambda_i^2} = \frac{2}{\lambda_i^2}$$

Pertanto

$$DS_i = \sigma_i = \frac{\sqrt{2}}{\lambda_i}$$

Grazie alla correzione apportata, gli errori sulla stima dei raggi divengono quindi

$$e_i = \left(\xi_M^i - DS_i \right) \cdot c = \frac{(2 - \sqrt{2}) \cdot c}{\lambda_i} \Rightarrow \begin{cases} e_{1c} = 5.86\text{m} \\ e_{2c} = 8.79\text{m} \\ e_{3c} = 11.72\text{m} \end{cases}$$

Con una riduzione percentuale dell'errore complessivo pari a

$$\Delta e = \frac{k \cdot (e_1 + e_2 + e_3) - k \cdot (e_{1c} + e_{2c} + e_{3c})}{k \cdot (e_1 + e_2 + e_3)} \cdot 100 \approx 70\%$$