

Corso di Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione e il controllo ambientale

Test scritto del 30 / 06 / 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

In condizioni di campo lontano:

1. il campo elettromagnetico irradiato da una antenna è approssimativamente nullo
2. il campo elettromagnetico irradiato da una antenna può essere approssimato come onda sferica
3. il campo elettromagnetico irradiato da una antenna può essere approssimato come onda TEM
4. il campo elettromagnetico irradiato da una antenna può essere approssimato come onda uniforme

Domanda 2

Il rendimento η di una antenna:

1. è un numero necessariamente maggiore di 1;
2. è sempre minore di 1;
3. è uno se e solo se nel circuito equivalente la resistenza di radiazione R_T è pari a zero;
4. è 1 se l'antenna è isotropa

Domanda 3

La direttività D di una antenna isotropa:

1. vale zero;
2. vale 1;
3. vale 1 solo se l'antenna è priva di perdite
4. è sempre maggiore di 1;

Domanda 4

Quando può ritenersi nullo lo spostamento Doppler del segnale ricevuto da un satellite GPS?

1. Quando il satellite transita sull'equatore;
2. Quando il terminale si trova nel piano individuato dall'orbita del satellite;
3. Quando il segnale ricevuto utilizza il codice P che come noto è immune da errori;
4. Quando satellite e terminale si trovano allineati sulla stessa radiale;

Domanda 5

Quale polarizzazione utilizza l'antenna della Guida di Planata del sistema ILS?

1. verticale perché in tal modo si riducono gli effetti di interferenza con gli strumenti di bordo
2. orizzontale per evitare la riflessione del terreno;
3. perpendicolare a quella del Localizzatore per evitare interferenza fra i due dispositivi;
4. orizzontale per meglio approssimare le condizioni necessarie per l'applicazione del teorema delle immagini

Domanda 6

Quali dei seguenti sistemi può essere classificato come UWB?

1. qualunque sistema basato sulla trasmissione di impulsi;
2. sistema UMTS (banda per canale ~ 5 MHz, frequenza centrale ~ 2 GHz)
3. rete locale avente una banda per canale pari a 900 MHz alla frequenza centrale di 3.5 GHz;

4. Qualunque sistema radio a corto raggio caratterizzato da una potenza massima in emissione inferiore a -41.3 dBm;

Domanda 7

Perché la tecnologia UWB si presta ad applicazioni di radiolocalizzazione?

1. per l'intrinseca risoluzione temporale;
2. per l'intrinseca risoluzione spaziale;
3. per l'immunità ai cammini multipli;
4. perché si tratta di un sistema sincrono, e dunque non richiede l'utilizzo di LMU;

Domanda 8

E' necessario individuare il grado di rugosità della superficie di una zona desertica. Allora:

1. si può utilizzare un radiometro, perché la rugosità aumenta la temperatura di brillanza
2. si può utilizzare uno scatterometro, il quale fornisce anche lo scattering pattern della superficie;
3. si può utilizzare una radar SLAR o SAR in cui i pixel più chiari sono quelli a rugosità maggiore;

Domanda 9

E' necessario determinare struttura urbana ed orientazione delle strade in una città. Allora:

- 1 si può utilizzare un LIDAR monostatico su piattaforma aerea
- 2 si può utilizzare un radiometro con footprint sufficientemente piccolo;
- 3 si può utilizzare una radar SAR
- 4 si può utilizzare una sonda ad infrarossi oppure ottica (fotocamera)

Domanda 10

E' necessario determinare la concentrazione di inquinanti su un'area urbana:

- 1 si può utilizzare un LIDAR monostatico montato al suolo o su un edificio
- 2 si può utilizzare un DIAL bistatico montato al suolo o su edifici
- 3 si può utilizzare un radar SAR ad altissima definizione
- 4 si può utilizzare un radiometro

PROBLEMA

Un sistema di radiolocalizzazione terrestre basato sul metodo ToA è costituito da 3 stazioni fisse che, in un assegnato sistema di riferimento, hanno coordinate $S_1(0;0)$, $S_2(3 \text{ km};0)$, $S_3(0;6 \text{ km})$.

Si supponga inizialmente che il sistema operi in condizioni ideali e che i ritardi di propagazione relativi ad un terminale che deve essere localizzato siano rispettivamente $\tau_{01} = 9.428 \text{ } \mu\text{sec}$, $\tau_{02} = 7.453 \text{ } \mu\text{sec}$, $\tau_{03} = 14.9 \text{ } \mu\text{sec}$.

1. calcolare la posizione P del terminale (punti 5);

Si supponga ora che, a causa delle imprecisioni del sistema (risoluzione temporale, condizioni di propagazione non ideali, ecc.), i ritardi di propagazione misurati τ_i ($i=1,2,3$) differiscano dai rispettivi valori ideali τ_{0i} per un fattore K:

$$\tau_i = \tau_{0i} \cdot K \quad i = 1,2,3$$

Si assuma K variabile aleatoria avente densità di probabilità: $f(k) = \lambda^2 \cdot k \cdot e^{-\lambda k}$, con λ parametro reale. Sia ε_i l'errore commesso sulla stima raggio della circonferenza i-esima e si supponga che l'errore complessivo ε sulla posizione possa essere espresso come:

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^3 \varepsilon_i}{3}$$

2. Calcolare il minimo valore di λ affinché l'errore medio commesso nella localizzazione di un terminale che si trova in P sia inferiore a 50 m (punti 5)
(si ricorda che date due variabili aleatorie X e $Y=aX+b \Rightarrow \langle Y \rangle = a \cdot \langle X \rangle + b$)

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 30 / 06 / 2006

Domanda 1

Risposte 2 e 3

Domanda 2

Risposta 2

Domanda 3

Risposta 2

Domanda 4

Risposta 4

Domanda 5

Risposta 4

Domanda 6

Risposta 3

Domanda 7

Risposte 1 e 3

Domanda 8

Risposte 2, 3

Domanda 9

Risposte 3, 4

Domanda 10

Risposte 1, 2, 4

PROBLEMA

Sulla base dei ritardi di propagazione assegnati, i raggi delle 3 circonferenze considerate per l'applicazione dell'algoritmo ToA valgono:

$$R_{01} = 2828.4 \text{ m}$$

$$R_{02} = 2236$$

$$R_{03} = 4470 \text{ m}$$

Poiché per ipotesi il sistema opera in condizioni ideali, le 3 CFR di raggi R_1 , R_2 ed R_3 passano certamente per l'effettiva posizione del terminale. Come noto, in tal caso le coordinate del terminale sono date dalle seguenti espressioni:

$$x_P = \frac{(y_2 - y_1) \cdot C_3 - (y_2 - y_3) \cdot C_1}{2 \cdot [(x_2 - x_3) \cdot (y_2 - y_1) - (x_2 - x_1) \cdot (y_2 - y_3)]}$$

$$y_P = \frac{(x_2 - x_1) \cdot C_3 - (x_2 - x_3) \cdot C_1}{2 \cdot [(y_2 - y_3) \cdot (x_2 - x_1) - (y_2 - y_1) \cdot (x_2 - x_3)]}$$

dove

$$C_1 = x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2 + R_{01}^2 - R_{02}^2$$

$$C_3 = x_2^2 + y_2^2 - x_3^2 - y_3^2 + R_{03}^2 - R_{02}^2$$

Pertanto, nel caso assegnato:

$$C_1 = -0.07523$$

$$C_3 = -24.094$$

E quindi **$X_p \sim 2 \text{ km}$, $Y_p \sim 2 \text{ km}$** .

L'errore sulla misura del tempo di propagazione si ripercuote sulla stima del raggio della CFR:

$$R_i = K \cdot R_{0i}$$

L'errore sulla stima del raggio R_i vale quindi $\varepsilon_i = R_i - R_{0i} = (K-1) \cdot R_{0i}$, e l'errore complessivo

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^3 \varepsilon_i}{3} = \frac{(K-1) \cdot (R_{01} + R_{02} + R_{03})}{3} = \frac{(R_{01} + R_{02} + R_{03})}{3} K - \frac{(R_{01} + R_{02} + R_{03})}{3}$$

$$\text{Posto } R = (R_{01} + R_{02} + R_{03})/3 = 3178.13$$

$$\varepsilon = R \cdot K - R \Rightarrow \langle \varepsilon \rangle = R \cdot \langle K \rangle - R$$

Poiché è immediato verificare che

$$\begin{aligned} \langle K \rangle &= \int_0^{\infty} k \cdot f(k) \cdot dk = \lambda^2 \cdot \int_0^{\infty} k^2 \cdot e^{-\lambda k} \cdot dk = \lambda^2 \cdot \left[k^2 \cdot \frac{e^{-\lambda k}}{-\lambda} \right]_0^{\infty} - 2\lambda^2 \cdot \int_0^{\infty} k \cdot \frac{e^{-\lambda k}}{-\lambda} \cdot dk = \\ &= 0 + 2\lambda \cdot \left[k \cdot \frac{e^{-\lambda k}}{-\lambda} \right]_0^{\infty} - 2\lambda \cdot \int_0^{\infty} \frac{e^{-\lambda k}}{-\lambda} \cdot dk = 2 \cdot \left[\frac{e^{-\lambda k}}{-\lambda} \right]_0^{\infty} = \frac{2}{\lambda} \end{aligned}$$

Ne segue

$$\langle \varepsilon \rangle = R \cdot \frac{2}{\lambda} - R \leq 50 \Rightarrow \lambda \geq \frac{2R}{R + 50} = 1.969$$