

## ***Corso di Tecniche elettromagnetiche per la localizzazione e il controllo ambientale***

### **Test scritto del 27 / 09 / 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**

Cosa rappresenta la *resistenza di radiazione* di una antenna?

- 1) Poiché una resistenza non può che dissipare potenza per effetto Joule, la resistenza di radiazione descrive la potenza dissipata da un antenna per effetto della non idealità dei materiali;
- 2) La potenza dissipata per effetto Joule dalla resistenza di radiazione nel circuito equivalente corrisponde alla potenza effettivamente irradiata dall'antenna;
- 3) La resistenza di radiazione rappresenta il carico su cui è sempre chiusa un'antenna in trasmissione;
- 4) La resistenza di radiazione rappresenta sempre l'impedenza interna del generatore che descrive l'antenna in trasmissione all'interno del circuito equivalente.

#### **Domanda 2**

La direttività di una antenna:

- 1) È sempre maggiore o uguale ad uno;
- 2) È sempre minore o uguale ad uno, e vale 1 quando l'antenna è isotropa;
- 3) Vale 1 quando l'antenna è isotropa;
- 4) Vale 1 solo se l'antenna è priva di perdite;

#### **Domanda 3**

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 4**

In un radiocollegamento, la potenza ricevuta è funzione monotona strettamente decrescente con la distanza fra i terminali:

- 1) È vero solo se le antenne sono molto direttive;
- 2) È generalmente falso, poiché le interazioni del segnale irradiato con l'ambiente di propagazione determinano un andamento tipicamente oscillatorio;
- 3) È vero in condizioni di propagazione ideali, ovvero quando le antenne si trovano in condizioni di spazio libero;
- 4) È vero ma a condizione che i terminali si trovino in linea di vista;

#### **Domanda 5**

In un sistema di radiolocalizzazione quale è il numero minimo di parametri di localizzazione necessari alla stima della posizione?

- 1) Necessariamente 3;
- 2) 2 sono sufficienti, qualora ci si accontenti della stima bidimensionale (x e y);

- 3) Dipende dal metodo di localizzazione prescelto;
- 4) Uno solo, purché il sistema lavori in condizioni ideali;

### Domanda 6

Al fine di schermare le riflessioni dal suolo, alcuni ricevitori GPS adottano una particolare soluzione basata sull'utilizzo di un opportuno "piano di massa" o *choke ring*. Quali sono le principali ragioni di tale accorgimento?

- 1) Poiché nel sistema GPS la riflessione dal suolo è sempre presente, è opportuno adottare contromisure per mitigarne gli effetti.
- 2) La riflessione del terreno allarga notevolmente il *delay spread*, degradando di conseguenza la precisione del sistema;
- 3) L'eventuale interferenza del cammino riflesso può affievolire notevolmente il segnale ricevuto, poiché il cammino riflesso dal terreno ha una ampiezza paragonabile a quella del contributo diretto;
- 4) Il ricevitore GPS utilizza antenne direttive particolarmente inadeguate a gestire segnali riflessi dal terreno;

### Domanda 7

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 8

Un radar alla frequenza di 3 GHz irradia una potenza di 10 W per mezzo di un'antenna avente un guadagno di 30 dB. Sapendo che la sensibilità del ricevitore è pari a  $10 \mu\text{W}$ , quanto vale la sezione radar massima di un oggetto per NON essere rilevato alla distanza di 100 m?

- 1)  $2 \text{ m}^2$  circa;
- 2)  $200 \text{ m}^2$  circa;
- 3)  $0.02 \text{ m}^2$  circa
- 4)  $20 \text{ m}^2$  circa

### Domanda 9

La differenza fra un radar monostatico e bistatico è

- 1) Il radar monostatico è passivo, il bistatico attivo
- 2) Il radar monostatico è co-locato, il bistatico dis-locato
- 3) Il radar monostatico trasmette e riceve dallo stesso punto, il bistatico emette da un punto e riceve da un altro
- 4) Il radar monostatico illumina un bersaglio alla volta, il bistatico due

### Domanda 10

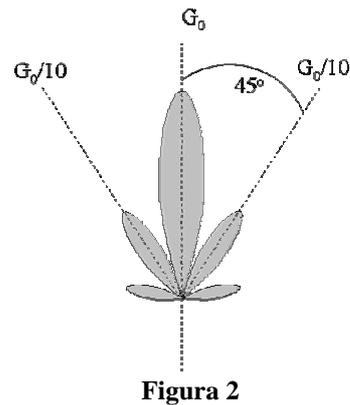
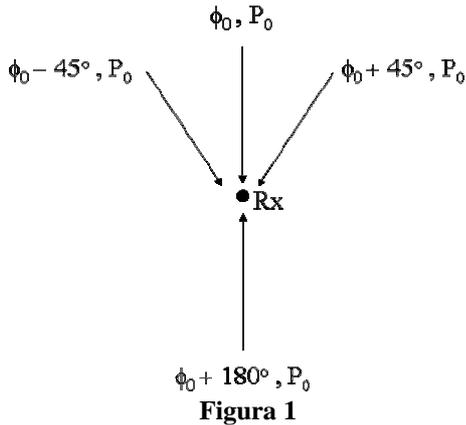
Perché l'utilizzo di un LIDAR differenziale costituisce un metodo migliore per rilevare la presenza di un inquinante rispetto ad altri sensori non basati su onde elettromagnetiche:

- 1) Perché il LIDAR ha una definizione (footprint) molto grande
- 2) Perché il LIDAR non risente di ostacoli frapposti

- 3) Perché il LIDAR da un'indicazione media, relativa ad un'area vasta e non risente di perturbazioni locali
- 4) Perché il LIDAR consente grande precisione a costi relativamente bassi

**PROBLEMA**

Si supponga che all'interno di un generico scenario propagativo il ricevitore sia raggiunto per semplicità da 4 soli contributi (raggi) distinti, qualunque sia la sua posizione. Si supponga inoltre che le distribuzioni delle direzioni di arrivo (*azimuth*) e le potenze in ingresso all'antenna ricevente siano per ogni raggio quelle descritte in figura 1



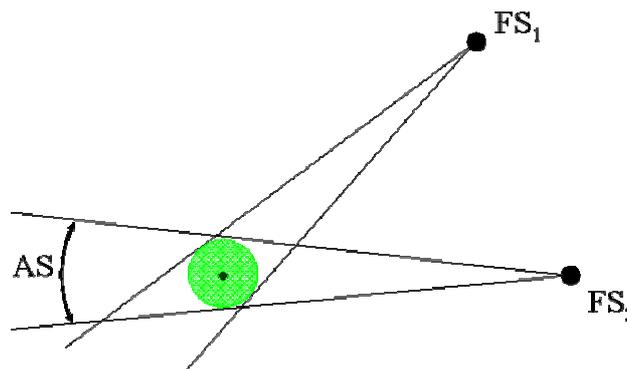
con  $\phi_0$  e  $P_0$  valori arbitrari. Supponendo inizialmente che l'antenna del ricevitore sia idealmente isotropa

- 1) calcolare l'*Azimuth Spread* (AS) in funzione delle costanti  $\phi_0$  e  $P_0$ . Come varia il valore di AS al variare di  $P_0$ ?

Supponendo invece che la funzione guadagno dell'antenna ricevente sia quella rappresentata in figura 2,

- 2) calcolare nuovamente l'*Azimuth Spread* (AS) in funzione delle costanti  $\phi_0$  e  $P_0$ , supponendo che il lobo principale dell'antenna ricevente sia sempre orientato nella direzione del contributo avente *azimuth*  $\phi = \phi_0$ .

Si supponga di realizzare in tale scenario un sistema di radiolocalizzazione cellulare basato sul metodo DoA. Si supponga che il valore dell' AS possa essere assunto come ragionevole stima dell'errore che affligge ciascuna misura angolare. In particolare, si supponga che la regione di incertezza dovuta agli errori di misura possa essere assunta approssimativamente circolare ed abbia un diametro di lunghezza pari all'arco di circonferenza sotteso all'angolo AS (vedi figura 3).



**Figura 3**

- 3) supponendo per semplicità che il ricevitore si trovi alla stessa distanza  $d$  dalle due stazioni fisse (FS), calcolare qual è la massima distanza  $d_{\max}$  che garantisce un errore massimo nella stima della posizione pari a 100 m. Eseguire il calcolo relativamente ai due valori di AS individuati ai punti 1 e 2.
- 4) Supponendo di dover garantire il servizio (in accordo alle specifiche descritte al punto 3) su di un'area di servizio rettangolare di dimensioni  $6 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ , calcolare il numero minimo di FS necessarie. Eseguire il calcolo relativamente ai due valori di AS individuati ai punti 1 e 2.

NOTE:

La risposta corretta a ciascuna delle domande vale 2 punti.

La soluzione corretta del problema vale 10 punti (rispettivamente 2,3,3,2 punti).

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

## Risoluzione del Test scritto dell'27 / 09 / 2005

Domanda 1

Risposta 2

Domanda 2

Risposta 1

Domanda 3

Risposte 1 e 3

Domanda 4

Risposte 2 e 3

Domanda 5

Risposta 3

Domanda 6

Risposta 3

Domanda 7

Risposte 1 e 4

Domanda 8

$$\sigma = \frac{P_R}{P_{IRR}} \cdot \frac{64\pi^3 r^4}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{g^2}$$

Risposta 4

Domanda 9

Risposte 2 e 3

Domanda 10

Risposte 3 e 4

### PROBLEMA

Se l'antenna è isotropa, la potenza ricevuta coincide per ogni raggio a quella che giunge all'antenna ricevente, e dunque  $P_0$ . Dalla definizione di *azimuth spread*:

$$AS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_r} (\phi_i - \phi_m)^2 \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{N_r} P_i}}$$

$$\text{dove } \phi_m = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} \phi_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{N_r} P_i} = \frac{\phi_0 \cdot P_0 + (\phi_0 + 45) \cdot P_0 + (\phi_0 - 45) \cdot P_0 + (\phi_0 + 180) \cdot P_0}{4P_0} = \frac{4\phi_0 + 180}{4} = \phi_0 + 45$$

Pertanto

$$AS = \sqrt{\frac{(\phi_0 - \phi_0 - 45)^2 \cdot P_0 + (\phi_0 + 45 - \phi_0 - 45)^2 \cdot P_0 + (\phi_0 + 180 - \phi_0 - 45)^2 \cdot P_0 + (\phi_0 - 45 - \phi_0 - 45)^2 \cdot P_0}{4P_0}}$$

$$AS_1 = \sqrt{\frac{45^2 + 135^2 + 90^2}{4P}} \approx 84^\circ = 1.466 \text{ rad}$$

Se l'antenna è direttiva in accordo al diagramma illustrato in figura, la potenza ricevuta da ogni raggio è data da  $P_0$  per il guadagno dell'antenna nella direzione di incidenza del raggio. Si osserva allora immediatamente che il raggio proveniente dalla direzione  $\phi_0 + 180$  viene annullato poiché corrisponde ad una direzione di zero. Inoltre:

$$\phi_m = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} \phi_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{N_r} P_i} = \frac{\phi_0 \cdot P_0 \cdot G_0 + (\phi_0 + 45) \cdot \frac{P_0 \cdot G_0}{10} + (\phi_0 - 45) \cdot \frac{P_0 \cdot G_0}{10}}{P_0 \cdot G_0 + 2 \cdot \frac{P_0 \cdot G_0}{10}} = \frac{\frac{6}{5} \phi_0}{\frac{6}{5}} = \phi_0$$

$$AS = \sqrt{\frac{(\phi_0 - \phi_0)^2 \cdot P_0 \cdot G_0 + (\phi_0 + 45 - \phi_0)^2 \cdot \frac{P_0 \cdot G_0}{10} + (\phi_0 - 45 - \phi_0)^2 \cdot \frac{P_0 \cdot G_0}{10}}{\frac{6}{5} P_0 \cdot G_0}}$$

$$AS_2 = \sqrt{2 \cdot \frac{45^2}{10} \cdot \frac{5}{6}} \approx 18.4^\circ = 0.321 \text{ rad}$$

L'errore massimo di stima coincide ovviamente con il raggio  $R$  della CFR che approssima la regione di incertezza. Per ipotesi tale raggio vale  $(d \cdot AS_{\text{rad}} / 2)$ . Ergo:

$$\frac{d_{\text{max}} \cdot AS_{\text{rad}}}{2} \leq 100$$

$$d_{\text{max}} \leq \frac{200}{AS_{\text{rad}}} \Rightarrow \begin{cases} d_{\text{max}_1} = \frac{200}{AS_1} = 136.42\text{m} \\ d_{\text{max}_2} = \frac{200}{AS_2} = 623\text{m} \end{cases}$$

Ogni FS è quindi in grado di offrire utile contributo alla localizzazione a tutti i ricevitori che si trovino ad una distanza da essa minore o uguale a  $d_{\text{max}}$ . Si può dire pertanto, che ogni stazione fissa "copre" un'area circolare di raggio pari a  $d_{\text{max}}$ . Pertanto, detto  $n$  il numero di FS necessario per coprire l'area di servizio  $A_s$ ,

$$N = \frac{A_s}{\pi \cdot (d_{\text{max}})^2} \Rightarrow \begin{cases} N_1 = \frac{18 \cdot 10^6}{\pi \cdot (d_{\text{max}_1})^2} = 308 \\ N_2 = \frac{18 \cdot 10^6}{\pi \cdot (d_{\text{max}_2})^2} = 15 \end{cases}$$