

## CORSO DI PROPAGAZIONE E PIANIFICAZIONE NEI SISTEMI D'AREA

### PROVA SCRITTA DEL 9/9/2009

#### Domanda 1

Si consideri un sistema radiomobile CDMA funzionante in ambiente microcellulare. Si immagini di dovere dimensionare il rake-receiver del ricevitore nel seguente caso peggiore: piazza a pianta quadrata di lato  $L=400$  m con edifici riflettenti attorno e stazione base posta in un angolo della stessa.

Si individui il valore dei seguenti parametri che consente una perfetta equalizzazione del canale:

- minimo numero di rami (fingers)
- massimo ritardo  $\tau_k$  che deve compensare la linea di ritardo in ciascun ramo

A tal fine si considerino trascurabili tutti i cammini che subiscono più di 1 riflessione ed il cammino riflesso dal terreno.

#### Domanda 2

Dare una giustificazione del fatto che il cammino riflesso dal terreno sia trascurabile ai fini del dimensionamento di cui alla domanda 1. A tal fine si consideri che il tempo di chip dei codici utilizzati dal sistema vale circa  $T_c=250$ ns, e che le altezze della stazione base e del mobile dal suolo sono di metri 4.5 e 1.5 rispettivamente.

#### Domanda 3

Si illustri in maniera sintetica la ragione per cui in un sistema CDMA è utile utilizzare codici ortogonali solo nel collegamento base-mobile.

Tempo concesso: 1 ora

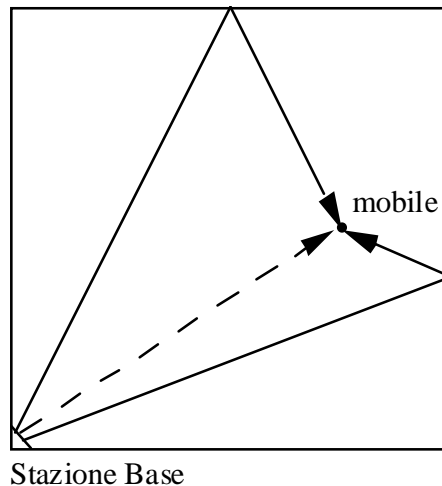
E' consentito consultare testi o appunti

Si giustifichi ogni passaggio matematico ed ogni risposta.

## SOLUZIONE DELLA PROVA SCRITTA DEL 9/9/2009

### Domanda 1

Poiché per ipotesi possono essere trascurati tutti i cammini che subiscono più di 1 riflessione, è immediato verificare che, per ogni possibile posizione della stazione mobile all'interno della piazza, oltre al cammino diretto esistono sempre e solo al più due cammini riflessi (vedi figura). Ne segue che il numero di rami del rake-receiver vale 3



Per calcolare il massimo ritardo  $\tau_k$  occorre considerare innanzitutto che con  $\tau_k$  non si intende indicare il ritardo assoluto, ma il ritardo *relativo* al cammino diretto (*excess delay*). Occorre pertanto individuare la posizione peggiore da questo punto di vista, ossia la posizione della stazione mobile che massimizza la differenza fra il ritardo assoluto del cammino riflesso e il ritardo del cammino diretto. In base a semplici considerazioni geometriche si osserva che tale situazione corrisponde ad avere la stazione mobile a ridosso della stazione base. Dette  $l_0$  la lunghezza del cammino diretto ed  $l_1$  quella del cammino riflesso in tale situazione, è immediato verificare che:

$$l_0 \approx 0;$$

$$l_1 \approx 2L;$$

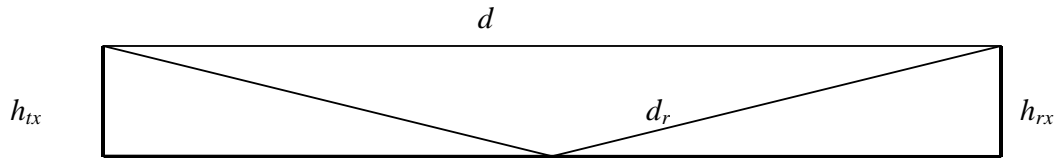
e pertanto

$$\tau_k \approx 2L/c - 0 \approx 2.67 \mu\text{sec}.$$

### Domanda 2

In generale, un Rake Receiver a  $n$  rami (fingers) è in grado di recuperare l'energia associata a  $n$  cammini distinti che giungono al ricevitore. Per separare i diversi cammini si sfruttano le proprietà dei codici quasi ortogonali utilizzati nei sistemi CDMA per i quali l'autocorrelazione ha valore massimo

unitario quando il codice generato localmente al ricevitore è sincrono con il codice in arrivo. Mediante l'uso di correlatori è quindi possibile ad ogni tempo di chip agganciarsi ad un diverso cammino. Pertanto, se più cammini arrivano nello stesso tempo di chip, essi saranno visti dal ricevitore come uno unico.



Il valore massimo della differenza  $d_d = d_r - d$  si ha quando  $d_r = h_{tx} + h_{rx}$  e  $d = 0$ . Per le grandezze in gioco nel caso microcellulare in esame al massimo si avrà circa perciò  $d_d \sim 6$  m. In tal caso il ritardo è pari a  $6/3e8 = 20$  ns, di molto inferiore al tempo di chip. Questo significa quindi che il cammino riflesso risulta sempre indistinguibile dal cammino diretto.

### Domanda 3

Il concetto di sincronia del sistema radiomobile (in particolare CDMA) si riferisce al fatto che siano sincroni o meno fra loro in ricezione i vari segnali che accedono alla comune risorsa (cioè al mezzo radio). Questo è vero nel collegamento base-mobile, perché i segnali indirizzati ai vari mobili dalla stazione base arrivano al ricevitore di ciascun mobile con gli stessi sfasamenti temporali reciproci con cui sono stati generati alla stazione base, dato che i vari segnali, a meno dell'effetto dei cammini multipli, percorrono lo stesso cammino radio. È in questo caso possibile allora giovare della cross-correlazione nulla di codici ortogonali, che, come noto, conservano questa proprietà solo in presenza di perfetta sincronia.

Al contrario non è possibile avere sincronia fra i vari segnali originati dai mobili nel collegamento mobile-base e quindi non è possibile sfruttare appieno le caratteristiche dei codici ortogonali.