

# Diseño y Operación de Redes Telemáticas

## Ejercicios Tema 2. Técnicas de acceso múltiple



**Ramón Agüero Calvo**

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



E.T.S.I.I.T - Máster Universitario en  
Ingeniería de Telecomunicación

Diseño y Operación de Redes Telemáticas  
Curso 2015/2016

Hoja de Problemas - Tema 2  
Técnicas de Acceso Múltiple

**Problema 1.**

Considérese un sistema CDMA con 2 usuarios conectados a una estación base. Se asume que la tasa binaria es  $R = 15 \text{ kbps}$ , mientras que la tasa de la secuencia de ensanchamiento es  $W = 3.84 \text{ Mchps}$ . La distancia a la que se encuentran de la misma es  $d_i = \{20, 55\} \text{ m}$ .

- Si ambos emiten la misma potencia,  $P_{TX} = 0.1 W$ , y se asume que el coeficiente de pérdidas de propagación es 4, calcular la relación  $\frac{E_b}{N_0}$  para ambos usuarios.
- Calcular a qué potencia tendrían que transmitir si se requiere una  $\frac{E_b}{N_0}$  mínima de 10 dB y el rango dinámico en el que se puede seleccionar la potencia de transmisión es  $[20, 50] \text{ dBm}$

**Problema 2.**

Se tiene un sistema CDMA con dos estaciones base y cuatro usuarios. La matriz  $\Gamma$  muestra las atenuaciones de los canales de propagación, de tal manera que  $\gamma_{i,j}$  es la atenuación correspondiente al enlace entre el usuario  $j$  y la estación base  $i$ . Teniendo en cuenta que la ganancia de procesamiento del sistema es 80, y que la potencia de ruido es 0.25, calcular las potencias de transmisión de los cuatro terminales si se pretende que la  $\frac{E_b}{N_0}$  para todos ellos sea de 10 dB y se asume que un usuario se conectará a la BS con la que tenga una menor atenuación.

$$\Gamma = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$

**Problema 3.**

Calcular la capacidad (*uplink*) de un sistema CDMA que tiene una ganancia de procesamiento  $G_p$  de 200, si se pretende asegurar una  $\frac{E_b}{N_0}$  mínima de 10 dB en los siguientes supuestos.

- Hay una única célula CDMA, y no se tiene en cuenta el factor de actividad de la voz.
- Se considera un factor de actividad de voz de  $\sigma = 0.35$ , manteniendo una única célula.
- Se asume un despliegue multi-celular, con un factor de interferencia inter-célula de  $\lambda = 0.6$

**Problema 4.**

Calcular el factor de incremento de ruido (*Noise Rise*) para un sistema CDMA con una tasa de chip de  $3.84 \text{ Mchip/s}$ . Se supone que los usuarios utilizan servicios con una tasa  $R = 30 \text{ kbps}$  y que el objetivo de  $E_b/N_0$  es de 8 dB. Realizar el cálculo tanto en el enlace de subida (*uplink*) y bajada (*downlink*), asumiendo dos valores diferentes para el factor de interferencia adicional generada por otras células:  $\lambda = \{0, 0.65\}$ . ¿Cuántos usuarios podría soportar el sistema si se pretende que el incremento de ruido no supere los 10 dB? (Utilizar el valor más restrictivo para cada uno de los dos valores de  $\lambda$ ).

**Problema 5.**

Considerar un sistema CDMA en el que

$$SIR = \frac{G}{\sum_{i=1}^{N_C-1} \chi_i + N}$$

Siendo  $G$  la ganancia de procesamiento del sistema y  $N$  la interferencia inter-celular, que se supone *Gaussiana*, con media  $0.247N_C$  y varianza  $0.078N_C$ . Además,  $\chi_i$  representa la interferencia intra-celular, que sigue una distribución de *Bernouilli* con probabilidad  $\alpha$ , correspondiéndose con la actividad vocal. La probabilidad de *outage* se define como la probabilidad de que la  $SIR$  esté por debajo de un valor objetivo  $SIR_0$ , tal y como se muestra seguidamente.

$$\mathcal{P}_{\text{outage}} = \Pr\{SIR < SIR_0\}$$

(a) Demostrar que

$$\mathcal{P}_{\text{outage}} = \Pr\left\{\sum_{i=1}^{N_C-1} \chi_i + N > \frac{G}{SIR_0}\right\}$$

(b) Encontrar una expresión analítica para  $\mathcal{P}_{\text{outage}}$ .

(c) Asumir que  $N_C$  es lo suficientemente grande y que, por tanto,  $\sum_{i=1}^{N_C-1} \chi_i$  se puede aproximar por una variable aleatoria Gaussiana. Encontrar la distribución de  $\sum_{i=1}^{N_C-1} \chi_i + N$  en función de  $N_C$  y una expresión analítica para la probabilidad de *outage* utilizando esta aproximación.

(d) Comparar los resultados de ambas aproximaciones con los siguientes parámetros:  $N_C = 35$  usuarios,  $\alpha = 0.5$ ,  $G = 150$ , y una  $SIR$  objetivo de  $SIR_0 = 5$  (7 dB).

*Utilizar un programa como Matlab para realizar los cálculos.*