

RADIOCOMUNICACIONES 4º Curso Plan 94
EXAMEN FINAL 19 de Junio de 2003
EJERCICIO PRACTICO

1. El sistema móvil terrestre por satélite THURAYA permite el establecimiento de comunicaciones con terminales portátiles. Las características básicas del sistema, son:

- 1) Posición orbital del satélite: 44° E
- 2) Modulación: $\pi/4$ -DQPSK
- 3) Velocidad neta de bits por canal: 13 kb/s
- 4) Velocidad bruta de bits por canal: 46,8 kb/s
- 5) Anchura de banda por canal: 27,7 kHz
- 6) Valor umbral de la relación E_b/N_0 : 12,8 dB para $BER = 10^{-3}$
- 7) Diámetro y eficiencia de la antena del satélite: $D = 12,5$ m; $k = 60\%$
- 8) Temperatura de ruido del sistema receptor del satélite: 1.000°K
- 9) Banda de frecuencias del enlace ascendente: 1525,0-1559,0 MHz

Se desea estudiar la viabilidad del enlace ascendente desde un teléfono portátil que tiene una potencia $p = 1$ W, una antena equivalente a un dipolo en $\lambda/2$, con unas pérdidas por el cuerpo de 2 dB. El usuario está situado en un punto de coordenadas geográficas 40,47° N y 3,54° W.

Se pide:

- 1) Factor α de caída progresiva ("roll-off") de los filtros
- 2) Relación G/T del satélite para el umbral de E_b/N_0
- 3) Justificar la viabilidad del enlace

Solución

$$1) 27,7 = (1+\alpha) \cdot 46,8 / \log_2 4; \alpha = 0,18$$

$$2) j = 44 - (-3,54) = 47,54^\circ$$

$$R + h = 42172 \text{ km} \quad R = 6366 \text{ km.}$$

$$d = [42172^2 + 6366^2 - 2 \cdot 6366 \cdot 42172 \cdot \cos 40,5]^{1/2} = 39283 \text{ km.}$$

$$L_b = 92,5 + 20 \log (1,55 \cdot 39283) = 188,2 \text{ dB}$$

$$G_{\text{ant}} = 20,3 + 10 \log 0,6 + 20 \log 12,5 + 20 \log 1,55 = 44 \text{ dB}$$

$$G/T_{\text{sat}} = 44 - 10 \log 1000 = 14 \text{ dB/}^\circ\text{K}$$

$$\text{PIRE}_{\text{ascendente}} = 10 \log 1 + 2,2 - 2 = 0,2 \text{ dBW}$$

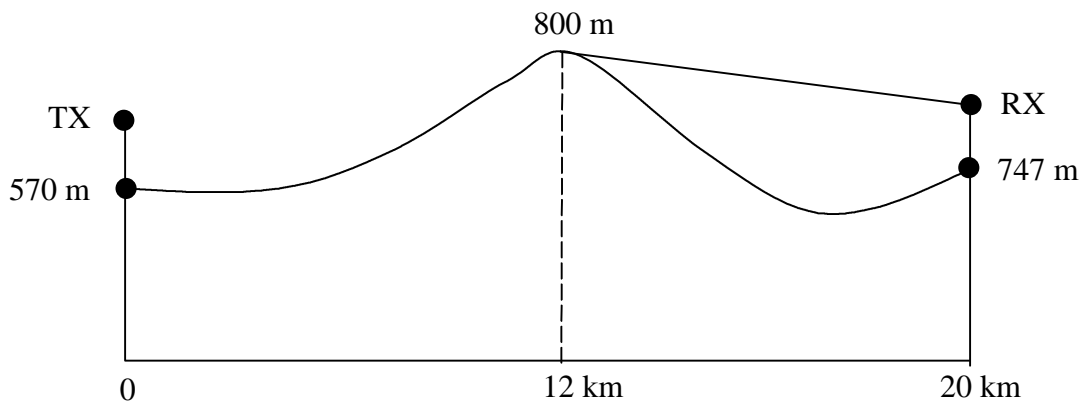
$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{asc} = 0,2 - 188,2 + 14 + 228,6 - 10 \log 13000 = 13,46 \text{ dB}$$

Como $13,46 > 12,8$ el enlace es VIABLE

2. Un transmisor de radiodifusión digital (DAB) que funciona en la frecuencia portadora $f = 220 \text{ MHz}$, utiliza una antena de 2 dBi de ganancia con un diagrama omnidireccional en el plano horizontal, y situada a una altura sobre el suelo $h_t = 30 \text{ m}$. La cota del terreno a pie de antena es $c = 570 \text{ m}$. y la altura media del terreno, a lo largo de un radial, entre 3 y 15 km . del transmisor al receptor, es $h_m = 562,5 \text{ m}$. La antena está unida al transmisor por un cable coaxial de 35 m . de longitud, con una atenuación unitaria $\alpha = 0,04 \text{ dB/m}$.

Se desea estudiar la recepción en un receptor móvil ubicado en un autobús. La altura de la antena del receptor es $h_2 = 3 \text{ m}$. El vehículo está parado en un punto a 20 km . del transmisor, cuya cota geográfica es 747 m . En la figura se representa el perfil del terreno para la línea radial del transmisor al receptor. El entorno de dicho punto es de tipo rural.

Calcule la potencia, en W , del transmisor para dar servicio al receptor con calidad DAB. Se utilizarán las curvas y procedimientos de la Recomendación UIT-R-1546.



Solución

1) Altura efectiva de la antena transmisora

$$h_{ef} = h_t + c - h_m = 30 + 570 - 562,5 = 37,5 \text{ m.}$$

2) Interpolación con la frecuencia:

$$\text{Campo a } 20 \text{ km, } h_1 = 37,5 \text{ m; } f_i = 100 \text{ MHz; } E_s = 49 \text{ dBu}$$

$$f_s = 600 \text{ MHz; } E_i = 46 \text{ dBu}$$

$$E = 46 + \frac{(49 - 46) \log(220/100)}{\log(600/100)} = 47,3 \text{ dBu}$$

3) Corrección por altura de antena del receptor

- Altura de referencia $h_R = 10 \text{ m}$ (zona rural)
- $h'_R = \frac{100 \cdot 20 \cdot 10 - 15 \cdot 37,5}{1000 \cdot 20 - 15} = 9,97 \approx 10 \text{ m}$

$$k_{h2} = 3,2 + 6,2 \cdot \log 220 = 17,72$$

$$\text{Corrección : } C = 17,72 \cdot \log (3/10) = -9,26 \text{ dB}$$

4) Corrección por despejamiento del terreno

$$h_{1s} = 570 + 30 = 600 \text{ m}$$

$$h_{2s} = 747 + 3 = 750 \text{ m}$$

$$\text{Ángulo de referencia: } \mathbf{q}_r = \text{tg}^{-1} \left(\frac{600 - 750}{20000} \right) = -0,43^\circ$$

$$\text{Ángulo de despejamiento: } \mathbf{q} = \text{tg}^{-1} \left(\frac{800 - 750}{8000} \right) = 0,36^\circ$$

$$\mathbf{q}_{\text{tca}} = \mathbf{q} - \mathbf{q}_r = 0,79^\circ$$

$$v' = 0,036 \sqrt{220} = 0,534$$

$$v = 0,065 \cdot 0,79 \sqrt{220} = 0,762$$

$$\text{Corrección: } L_D(v') - L_D(v) = 10,56 - 12,08 = -1,5 \text{ dB}$$

5) Campo final con las correcciones para 1 kW PRA

$$E = 47,3 - 9,26 - 1,5 = 36,54 \text{ dBu}$$

6) Campo necesario $E_{\text{nec}} = 35 \text{ dBu}$

$$\text{Corrección PRA } 35 - 36,54 = -1,5 \text{ dBkW}$$

$$\text{PRA (dBW)} = 28,5$$

$$\text{Gan. antena } G_d = 2 - 2,15 = -0,15 \text{ dBd}$$

$$\text{Pérd. cables } 35 \cdot 0,04 = 1,4 \text{ dB}$$

$$P_{\text{equipo}} = 28,5 + 0,15 + 1,4 = 30 \text{ dBW} \Rightarrow 1000 \text{ W}$$

RADIOCOMUNICACIONES 4º Curso Plan 94
Examen Final 19 de Junio de 2003
EJERCICIO TEORICO

1. El sistema digital de radiodifusión de audio, tiene las siguientes características básicas:

- a) Periodo de símbolo: 1246 μ s
- b) Número de portadoras: 1536
- c) Anchura de banda: 1,536 MHz
- d) Modulación: QPSK
- e) Duración de la trama: 96 ms
- f) Campo MSC de 72 símbolos, subdividido en 4 campos CIF con 864 CU cada uno

Se pide:

- 1) Tiempo de guarda (μ s)
- 2) Velocidad de símbolos (ksimb/s) y tasa binaria (Mb/s)
- 3) Número de bits por trama
- 4) Capacidad de una CU (bits)
- 5) Duración de un campo CIF
- 6) Velocidad de símbolos (ksimb/s)

Solución

1) $T_{\text{útil}} = 1536 \cdot 10^{-3} / 1536 = 1000 \mu\text{s}$.

$$T_g = T_s - T_u = 1246 - 1000 = 246 \mu\text{s}.$$

2) $R_s = 1 / 1,246 = 0,803 \text{ ksímb/s}$.

$$R_b = (\log_2 4) \cdot 1536 \cdot 1/1,246 = 2465,5 \text{ kbit/s}.$$

3) $N = 96 \cdot 2465,5 = 236687 \text{ bits}$.

4) En el MSC hay $4 \cdot 864 = 3456 \text{ CUs}$ y $72 \cdot 2 \cdot 1536 = 221184 \text{ bits}$.
En un CU, habrá: $221184 / 3456 = 64 \text{ bits}$.

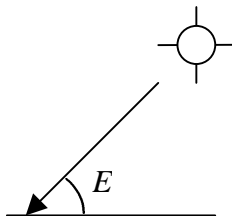
5) El MSC dura $72 \cdot 1246 = 89712 \mu\text{s}$; el campo CIF tendrá una duración
 $t = 89712 / 4 = 22428 \mu\text{s}$.

2. La banda de 12,5 GHz, está compartida por los servicios fijo y de radiodifusión por satélite. Por razones de compatibilidad, debe limitarse la densidad de flujo de potencia producida por la emisión de un satélite geoestacionario del servicio DBS en una cierta zona a $S = -110,5 \text{ dBW/m}^2$. El ángulo de elevación de los puntos de esa zona hacia el satélite es de 31° . La distancia satélite-Tierra es de 38.000 km y la atenuación por lluvia se valora en 1,5 dB. Las pérdidas en los terminales del satélite se cifran en 1,3 dB y la ganancia de su antena vale 40,3 dB.

Calcule la potencia máxima del transmisor del satélite.

Solución

1) El valor de S no debe rebasarse en ningún caso, por lo que la potencia se calcula en condiciones de cielo claro. No interviene la frecuencia (por ser densidad de potencia) ni la atenuación por lluvia (condición cielo claro).



$$S (\text{Watt/m}^2) = \frac{pire(\text{W})}{4pd^2(\text{m})} \cdot \text{sen } E$$

$$S (\text{dBW/m}^2) = \text{PIRE (dBW)} - 10 \log 4p - 20 \log d + 10 \log(\text{sen } E)$$

$$- 110,5 = \text{PIRE} - 10 \log 4p - 20 \log (38 \cdot 10^6) + 10 \log(\text{sen } 31^\circ)$$

$$\text{PIRE} = 55 \text{ dBW}$$

$$\text{PIRE} = P_{\text{trans}} - 1,3 + 40,3$$

$$P_{\text{trans}} = 16 \text{ dBW} \Rightarrow 40 \text{ W.}$$

3. En el estándar GSM, se ha previsto un valor máximo del retardo ecualizable igual a $16 \mu\text{s}$. Supuesta una propagación con un rayo directo y un solo rayo reflejado con ese retardo y un coeficiente de reflexión $R = 0,85 \cdot \exp(-j \cdot 0,95 \cdot \delta)$, siendo la frecuencia de portadora $f = 940,2 \text{ MHz}$ y la anchura de banda $BW = 200 \text{ kHz}$, se pide:

- 1) Frecuencia de ranura (“notch”) del canal
- 2) Profundidad del desvanecimiento en esa frecuencia
- 3) Justificar si el desvanecimiento es o no selectivo.

Solución

Condiciones para la ranura:

$$|f_c - f_0| \leq 1 / 2t$$

$$2\pi f_0 t + \mathbf{b} = (2n_0 + 1)\mathbf{p}$$

$$n_0 = \text{INT} \left[f_c t + \frac{\mathbf{b} / \mathbf{p}}{2} \right]$$

$$n_0 = \text{INT} \left[940,2 \cdot 16 + \frac{0,95}{2} \right] = 15043$$

$$f_0 = \left[\frac{2n_0 + 1 - 0,95}{32} \right] = 940,189 \text{ MHz}$$

Profundidad de desvanecimiento, que se alcanza en el “notch”, cerca de la portadora:

$$B = -20 \log |H(f)| = -20 \log (1 - b) = -20 \log (1 - 0,85) = 16,5 \text{ dB}$$

En la frecuencia portadora:

$$|H(f_c)| = [1 + 0,85^2 + 2 \cdot 0,85 \cdot \cos(2\mathbf{p} \cdot 940,2 \cdot 16 + 0,95\mathbf{p})]^{1/2} = 0,975$$

$$-20 \log |H(f_c)| = 1,2 \text{ dB}$$

Hay una gran diferencia entre $|H(f_0)|$ y $|H(f_c)|$ en dB, Desvanecimiento selectivo.

4. En una determinada situación de radiopropagación troposférica, con un gradiente de refractividad $\Delta N = -180$, ¿cómo se representan la tierra y el rayo para dibujar el perfil del enlace? Calcule el valor del gradiente del módulo de refracción ΔM y el radio de curvatura equivalente asociado.

Solución

Módulo de refracción

$$\Delta M = \Delta N + 157 = -180 + 157 = -23.$$

$$\text{Curvatura del rayo: } \frac{1}{k'R} = 23 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{Radio modificado: } \frac{10^6}{23} = 43478 \text{ km.}$$