SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION
Examen Parcial. 1º parcial. 16/Marzo/2016

SELECCIÓN MÚLTIPLE (**2 Puntos**)

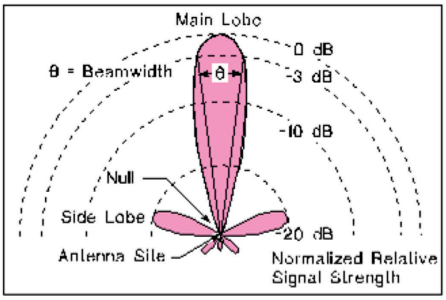
1. c. Más de 100 bits pero menos de 500 bits.
2. a. Atribución de un servicio de radiodifusión en la banda de 470 a 512 MHz
3. a. El modelo administrativo con algunas bandas de frecuencias no licenciadas
4. d. 20 dB
5. c. La atmósfera es Sub-refractiva

TEORIA (1 punto)

Enumerar y describir los principales parámetros del diagrama de radiación de una antena.

RADIATION PATTERN. Parameters:

1. **Main Lobe**: The lobe that contains the maximum radiation direction.
2. **Sidelobes**: Non-major lobe.
3. **Lateral lobes**: Lobes adjacent to the main lobe
4. **Back lobe**: Opposite the main radiation direction.
5. **Sidelobe level (SSL)**: The highest side lobe level relative to the main lobe level.
6. **Half Power Beamwidth (HPBW) or 3dB Beamwidth (3dB BW)**: Angle between half-power (-3 dB) points. It gives an indication of directivity.
7. **Null to Null Beamwidth**: Null-Null BW ~ 2.25 HPBW.
8. **Front to back**: Ratio between the main lobe and the back lobe.



PROBLEMA 1 (3,5 puntos)

a) $L_{Mismatch} = -10\log[1-|\rho|^2] = -10\log\left[1-\left|\frac{185-75}{185+75}\right|^2\right] = 0{,}86\ dB$

Chart, specific attenuation, for 4 GHz ⇨ Total: $8\cdot 10^{-3}$ dB/km

$$L_{gases} = 8\cdot 10^{-3}\cdot 18 = 0{,}144\ dB$$

$$S = \frac{\frac{P_{in}\cdot g_T}{l_{Mismatch}\cdot l_{gases}}}{4\pi r^2} = \frac{\frac{10^{0/10}\cdot 10^{(8{,}85+2{,}15)/10}}{10^{0{,}86/10}\cdot 10^{0{,}144/10}}}{4\pi(18\cdot 10^3)^2} = 2{,}45\cdot 10^{-9}\ W/m^2$$

$$E = \sqrt{S\cdot\eta_o} = 9{,}62\cdot 10^{-4}\frac{V}{m} \Rightarrow E\left(\frac{dB\mu V}{m}\right) = 20\log\left[E\left(\frac{\mu V}{m}\right)\right] = 59{,}67\ \frac{dB\mu V}{m}$$

Alda.Urkijo s/n.
E-48013 Bilbao.
kis@ehu.es
T946014036
F946014259

b) $P_{Rx} = \frac{S \cdot A_{effective} \cdot \eta_\Omega}{l_{cables}} = \frac{2{,}45 \cdot 10^{-9} \cdot 44{,}77 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}9}{10^{1/10}} = 7{,}8 \cdot 10^{-12}\, W$

$P_{Rx}(dBm) = 10\log[P(mW)] = -81\, dBm$

c) $N = \frac{KT_a B \eta_\Omega}{l_{cables}} + \frac{KT_{amb}B(1-\eta_\Omega)}{l_{cables}} + \frac{KT_{amb}(l_{cables}-1)B}{l_{cables}} + KT_o(f-1)B$

$N = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^{7} \left[\frac{500 \cdot 0{,}9}{10^{1/10}} + \frac{(273+15)(1-0{,}9)}{10^{1/10}} + \frac{(273+15)(10^{1/10}-1)}{10^{1/10}} + 290\left(10^{3/10}-1\right)\right]$

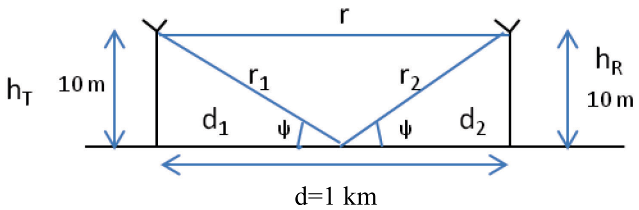
$N = 1{,}0049 \cdot 10^{-13}\, W \Rightarrow N(dBm) = 10\log[N(mW)] = -99{,}98\, dBm$

$\frac{C}{N} = C(dBm) - N(dBm) - Difraction_{margin} = -81 - (-99{,}98) - 5 = 13{,}98\, dB$

Configuración óptima: **16-QAM con Code Rate 0,6 ya que $\boldsymbol{C/N} > 11\boldsymbol{dB}$**

PROBLEMA 2 (3,5 puntos)

a) Punto de reflexión: Ángulo de incidencia=Ángulo de reflexión



$\psi = atan\left[\frac{h_T}{d_1}\right] = atan\left[\frac{h_R}{d_2}\right]$ $\quad d = d_1 + d_2 = 10\, km$ $\quad d_1 = d_2 = 500\, m$

$\psi = \text{atan}\left[\frac{h_T}{d_1}\right] = \text{atan}\left[\frac{10}{500}\right] = 0{,}019997\, rad$

$\psi_{threshold} = \left[\frac{5400}{\text{f}}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{5400}{3 \cdot 10^9}\right]^{\frac{1}{3}} = 0{,}012164\ \text{rad}$

$\psi > \psi_{threshold} \Rightarrow optical\ reflection\ theory$

Desfasaje entre el rayo directo y el reflejado:

$\Delta l = (r_2 + r_1) - r = \sqrt{500^2 + 10^2} + \sqrt{500^2 + 10^2} - 1000 = 0{,}19998\, m$

$\Delta = \Delta l \frac{2\pi}{\lambda} = 0{,}1999 \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = 1{,}9998 \cdot 2\pi\, rad = 12{,}56511\, rad$

Nota: La resolución también es correcta utilizando la expresión simplificada para el cálculo de la diferencia de caminos entre el rayo directo y el reflejado.
Asumiendo que $\psi \approx 0$, d >> h_r, h_t , y $\rho = -1$

Alda.Urkijo s/n.
E-48013 Bilbao.
kis@ehu.es
T946014036
F946014259

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea
Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao
Komunikazioen Ingeniaritza Saila
Departamento de Ingeniería de Comunicaciones

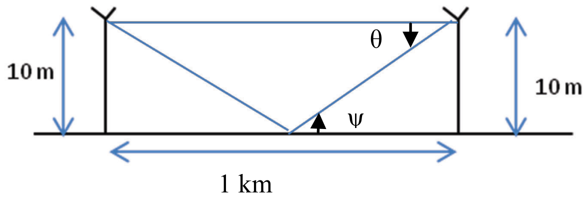
$$\Delta l \approx \frac{2h_T h_R}{d} = 0{,}2\,m \quad \Rightarrow \quad \Delta = \Delta l \frac{2\pi}{\lambda} = 0{,}2 \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 2\pi\, rad = 4\pi\, rad$$

$$|E| = |E_o|[1 + |\rho|^2 + 2|\rho|\cos(\Delta + \beta)]^{1/2} = |E_0|[1 + 1^2 + 2 \cdot 1 \cdot \cos(\Delta + \beta)]^{\frac{1}{2}}$$

$$Reflexion\ Losses = -20 log\left[\frac{|E|}{|E_0|}\right] dB$$

	$\Delta = \Delta \boldsymbol{l} \frac{2\pi}{\lambda}$ $\Delta \boldsymbol{l} = (\boldsymbol{r_2} + \boldsymbol{r_1}) - \boldsymbol{r}$	**Aproximación** $\Delta \boldsymbol{l} \approx \frac{2h_T h_R}{d}$
$\|E\|$	$\|E_0\| \cdot 0{,}001256$	0
$Reflexion\ Losses$	$58{,}02\ dB$	$\infty\ dB$

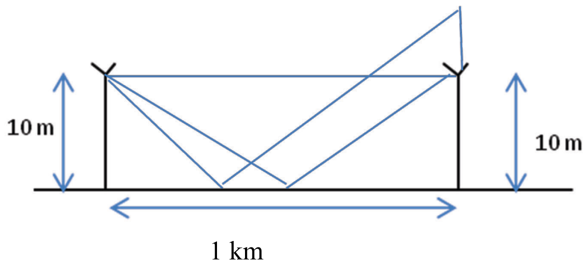
b)



El ángulo, θ, del nulo del diagrama de radiación vertical respecto de la línea de visión directa entre las dos antenas, para el cual las pérdidas por reflexión son nulas, se corresponderá con el ángulo del rayo reflejado en el receptor.

Dada la simetría de la geometría el ángulo de la señal reflejada en el receptor es igual al ángulo de incidencia en el punto de reflexión: $\theta = \psi = \text{atan}\left[\frac{h_T}{d_1}\right] = 0{,}01999\, rad = 1{,}14576°$

c)



1. En el punto de reflexión el ángulo de incidencia siempre tiene que ser igual al ángulo de reflexión. Para que esto suceda el punto de reflexión estará más cerca de la antena de menor altura = transmisora

$$\psi = atan\left[\frac{h_T}{d_1}\right] = atan\left[\frac{h_R}{d_2}\right] \qquad d_1 = \frac{d_2 \cdot h_T}{h_R} \qquad d = d_1 + d_2 = 1\, km$$

Si h_R aumenta, manteniéndose fijos h_T, y d, entonces d_2 tiene que aumentar y d_1 disminuir. Por lo tanto: el punto de reflexión estará más cerca de la antena de menor altura = transmisora. En este caso $\mathrm{d_1} = 400\ \mathrm{m}$

2. Con el mismo razonamiento del apartado anterior. Para que h_T se mantenga igual y d_1 disminuya, necesariamente el argumento $\psi = atan\left[\frac{h_T}{d_1}\right]$ tiene que aumentar.

El ángulo de incidencia en el punto de reflexión aumentará.

Alda.Urkijo s/n.
E-48013 Bilbao.
kis@ehu.es
T946014036
F946014259

3. El desfasaje viene dado por $\Delta = \Delta l \frac{2\pi}{\lambda}$ siendo Δl la diferencia de caminos entre el rayo reflejado y el rayo directo.
El camino del rayo reflejado aumentará pero también el del rayo directo.
En este caso el desfasaje aumenta:
$\Delta l = (r_2 + r_1) - r = \sqrt{400^2 + 10^2} + \sqrt{600^2 + 15^2} - \sqrt{1000^2 + 5^2} = 0{,}29995\, m$

$$\Delta = \Delta l \frac{2\pi}{\lambda} = 0{,}29995 \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = 2{,}9995 \cdot 2\pi\, rad = 18{,}846\, rad$$

4. $Reflexion\ Losses = -20 log\left[\frac{|E|}{|E_0|}\right] = -20 log\left[[1 + |\rho|^2 + 2|\rho|\cos(\Delta + \beta)]^{1/2}\right]$
Las pérdidas por reflexión dependerán de la fase total de la señal: suma de la fase del coeficiente de reflexión y del desfasaje del trayecto. Por lo tanto variarán en función del coseno del ángulo de desfasaje total, con variación oscilatoria en función del valor de la fase. Las pérdidas por reflexión no siempre disminuirán, pudiendo aumentar o disminuir de forma oscilante en función del valor del desfasaje.
En el caso del problema, asumiendo que ρ y β permanezcan constantes
$Reflexion\ Losses = -20 log\left[\frac{|E|}{|E_0|}\right] = -20 log\left[[1 + 1^2 + 2\cos(18{,}846 + \pi)]^{1/2}\right] \approx 50\, dB$
Por lo tanto, en este caso las pérdidas son menores.

d) 10 GHz

1. El punto de reflexión depende de la geometría de la reflexión y no depende de la frecuencia.
Por lo tanto, el punto de reflexión permanecerá fijo.
2. Con el mismo razonamiento del apartado anterior. La geometría de la reflexión no depende de la frecuencia.
Por lo tanto, el ángulo de incidencia en el punto de reflexión permanecerá fijo.
3. El desfasaje depende directamente de la frecuencia: $\Delta = \Delta l \frac{2\pi}{\lambda} = \Delta l \frac{2\pi \cdot f}{3 \cdot 10^8}$
Al aumentar la frecuencia, aumenta el desfasaje.
Por lo tanto: El desfasaje de la señal reflejada respecto del rayo directo, aumentará.
4. $Reflexion\ Losses = -20 log\left[\frac{|E|}{|E_0|}\right] = -20 log\left[[1 + |\rho|^2 + 2|\rho|\cos(\Delta + \beta)]^{1/2}\right]$
Las pérdidas por reflexión dependerán de la fase total de la señal: suma de la fase del coeficiente de reflexión y del desfasaje del trayecto. Por lo tanto variarán en función del coseno del ángulo de desfasaje total, con variación oscilatoria en función del valor de la fase.
Las pérdidas por reflexión no siempre aumentarán, pudiendo aumentar o disminuir de forma oscilante en función del valor del desfasaje.
En el caso del problema, asumiendo que ρ y β permanezcan constantes, $Reflexion\ Losses = -20 log\left[\left[1 + 1^2 + 2\cos\left(0{,}19998 \cdot \frac{2\pi \cdot 10 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} + \pi\right)\right]^{1/2}\right] \approx -4{,}78\, dB$, por lo que disminuirían en estas condiciones.

Alda.Urkijo s/n.
E-48013 Bilbao.
kis@ehu.es
T946014036
F946014259