



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

DEPARTAMENT DE TEORIA DEL SENYAL I COMUNICACIONS

Radiació i Ones Guiades

15 de juny de 2007

Data notes provisionals: 26 de juny de 2007

Període d'al·legacions: 27 de juny de 2007

Data notes revisades: 28 de juny de 2007

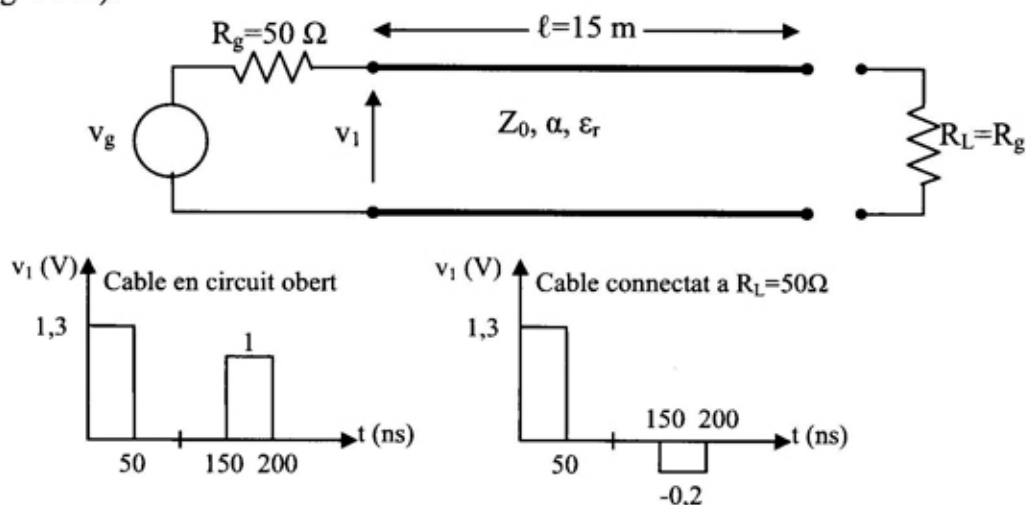
Professors: Ignasi Corbella, Juan Pérez, Mercè Vall-llossera.

Informacions addicionals:

- Durada de la prova: 3 hores
- Comenceu cada exercici en un full apart.

PROBLEMA 1

La figura mostra un generador de polsos rectangulars connectat a un cable de *baixes pèrdues*. Les formes d'ona de tensió *total* mesurades a l'entrada del cable $v_1(t)$ per dues condicions de càrrega diferents són les que es mostren a les gràfiques. La de l'esquerra correspon al cas en què l'altre extrem del cable es deixa en circuit obert ($R_L = \infty$) i la de la dreta aquell en què es connecta a una resistència igual a la del generador ($R_L = R_g = 50 \Omega$).



- Calculeu la constant dielèctrica relativa ϵ_r del cable.
- Per les dues condicions de càrrega ($R_L = \infty$ i $R_L = R_g$), deduïu les expressions de l'amplitud del segon pols de v_1 (que apareix entre 150 i 200 ns) en funció de l'amplitud del primer pols, les característiques del cable i els coeficients de reflexió de generador i càrrega.
- Calculeu els següents paràmetres del cable a partir del resultat anterior i de les dades de la figura: impedància característica $Z_0(\Omega)$, atenuació per unitat de longitud $A(\text{dB/m})$, capacitat per unitat de longitud $C(\text{pF/m})$ i inductància per unitat de longitud $L(\mu\text{H/m})$.

Considereu ara que el generador és *sinusoïdal*, d'amplitud **10V** i de freqüència variable; i que el cable té les característiques següents: $Z_0 = 75 \Omega$, $\epsilon_r = 3$ i $A = 0,015 \text{ dB/m}$. (Nota: aquests valors no són necessàriament solucions correctes dels apartats anteriors)

- Si es deixa el cable en circuit obert ($R_L = \infty$), calculeu a quina freqüència l'amplitud de tensió a la seva entrada V_1 serà mínima. Calculeu també el valor d'aquesta tensió mínima.
- Sense variar la freqüència, es connecta la resistència $R_L = 50 \Omega$ a la sortida del cable. Raoneu si la tensió V_1 correspondrà ara també a un mínim, a un màxim o a una altra situació diferent. Calculeu aquesta tensió.
- En la situació de l'apartat anterior, calculeu la potència que dissipa la càrrega R_L i la que dissipa el cable.

PROBLEMA 2

Un enlace óptico submarino de longitud $L=2000$ km utiliza fibra óptica monomodo. Los índices de refracción del núcleo y de la cubierta son $n_1=1.45$ y $n_2=1.435$, respectivamente. El parámetro V del modo que se propaga en la fibra es $V=2$ y la frecuencia central de trabajo es $f_0=200$ THz. Los "1" se codifican con pulsos gaussianos de ancho $2T_0=70$ ps. Para compensar las pérdidas de la fibra ($\alpha=0.24$ dB/Km), se coloca un amplificador cada $L_a=50$ km, que regenera la señal a su nivel inicial. Cada amplificador añade un ruido a la señal de valor (potencia) $P_N=2hf_0(G-1)B$, donde la constante de Planck vale $h=6.626 \times 10^{-34}$ J.s y el ancho de banda total es $B=40$ GHz. La potencia máxima de la señal es $P_0=0.5$ mW. El parámetro de dispersión de la fibra es $D=2$ ps/nm/km.

- ¿Cuál es el diámetro del núcleo de la fibra? La misma fibra, ¿Sería monomodo en primera ventana ($\lambda=0.88$ μm)? Justificad la respuesta. Suponed que los índices de refracción no cambian apreciablemente al pasar de 3ª a 1ª ventana.
- ¿Cuál es la longitud de onda central del canal (λ_0), y el ancho de banda en frecuencia (Δf) y en longitud de onda ($\Delta \lambda$) de la señal que se propaga? Suponed que el ancho de banda del láser es despreciable.
- ¿Cuál es la máxima velocidad de transmisión que se puede tener en este enlace? Dar el resultado en Gbit/s.
- ¿Cuál es la ganancia de los amplificadores? ¿Cuál es la relación señal-ruido al final del enlace? Considerad solamente el ruido debido a los amplificadores. Dar el resultado en dB.
- Si se colocan los amplificadores cada $L_a=100$ km, ¿Cuánto se deteriora la relación señal-ruido? Dar el resultado en dB.

$$\text{Ayuda: } \beta_2 = \frac{\lambda^2}{2\pi c} D; \quad V^2 = (k_1 a)^2 - (k_2 a)^2; \quad \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \sqrt{1 + \left(\frac{\beta_2 L}{T_0^2} \right)^2 \left(1 + \left(\frac{\delta \omega}{\Delta \omega} \right)^2 \right)}$$

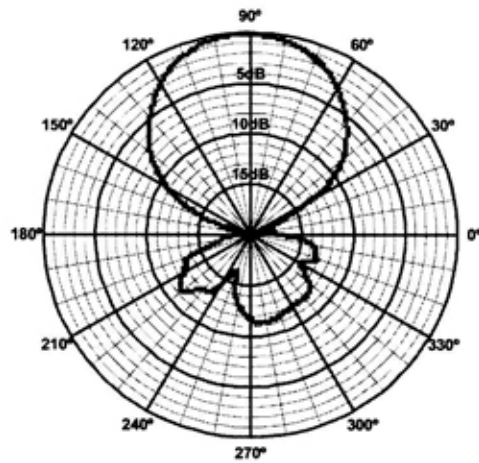
PROBLEMA 3

En una plaza de $60 \times 30 \text{ m}^2$ se ha instalado la antena con certificación del estándar 802.11b que se muestra en la figura 1 para dar cobertura WiFi. La polarización de la antena es lineal (campo eléctrico con vector de polarización $\hat{\theta}$) y los diagramas de radiación en los planos de elevación (variación según θ) y acimut (variación según ϕ) son los que se muestran en la figura adjunta. El ancho de banda del canal utilizado es de 22MHz y la frecuencia de la portadora es de 2450MHz.

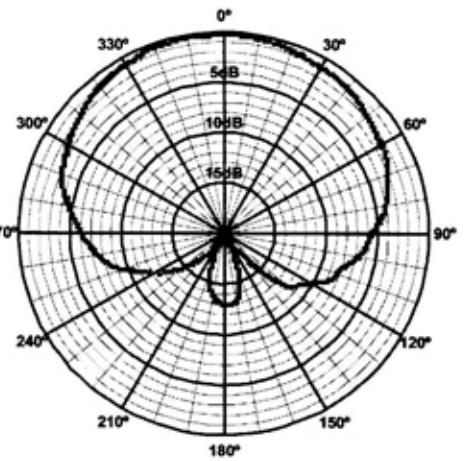
- Indicar la dirección del máximo de radiación e identificar el plano E y el plano H. Obtener el ancho de haz a -3dB y el nivel de lóbulo principal a secundario para ambos planos. Obtener la directividad en la dirección del máximo.
- La antena se sitúa a 5m del suelo (punto P0 de la figura 2) y en transmisión radia una potencia de 50mW. Calculad la densidad de potencia que se recibiría en condiciones de espacio libre en el punto P1, situado a la misma altura de la antena, con coordenadas ($x=60\text{m}$, $y=0\text{m}$) respecto de la antena. Ver figura 2.
- Se sitúa un portátil en el punto P1 con una antena dipolo de media onda para WiFi b (directividad máxima 1.64, diagrama independiente de ϕ y eficiencia 0.8) orientado según \hat{z} . Dicha antena se conecta a un receptor con factor de ruido 3dB. Si la temperatura de antena es de 90K y la temperatura ambiente de 300K obtener la relación señal a ruido a la salida del receptor.
- Suponer ahora que en el punto medio del edificio A se produce una reflexión ($\rho = -1$) que alcanza el punto P1. ¿En cuántos dB degrada esta reflexión la relación señal a ruido?
- ¿Cuál sería la densidad de potencia que se recibiría en el punto P2, sin visibilidad directa (el edificio B intercepta el camino directo), situado en el punto (60m , -15m) respecto de la antena? Ver figura 2.



Figura 1



Plano de elevación (θ)



Plano de azimut (ϕ)

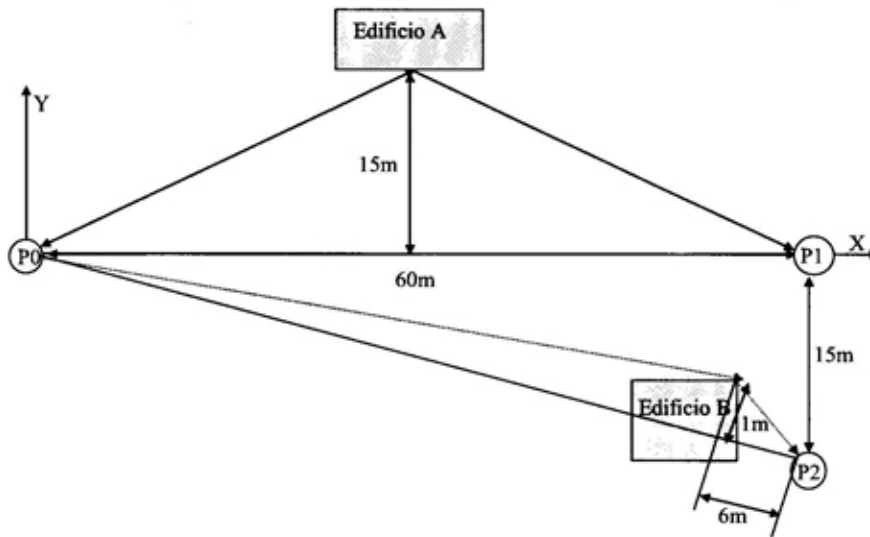
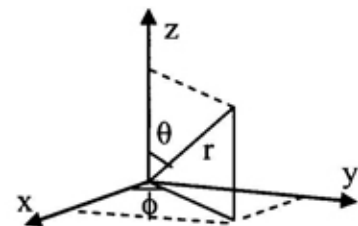


Figura 2



$$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}; T_0=290 \text{ K}$$

