EXAMEN SUBSISTEMAS DE RADIOFRECUENCIA Y ANTENAS

DPTO. DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES

6 de julio de 2012

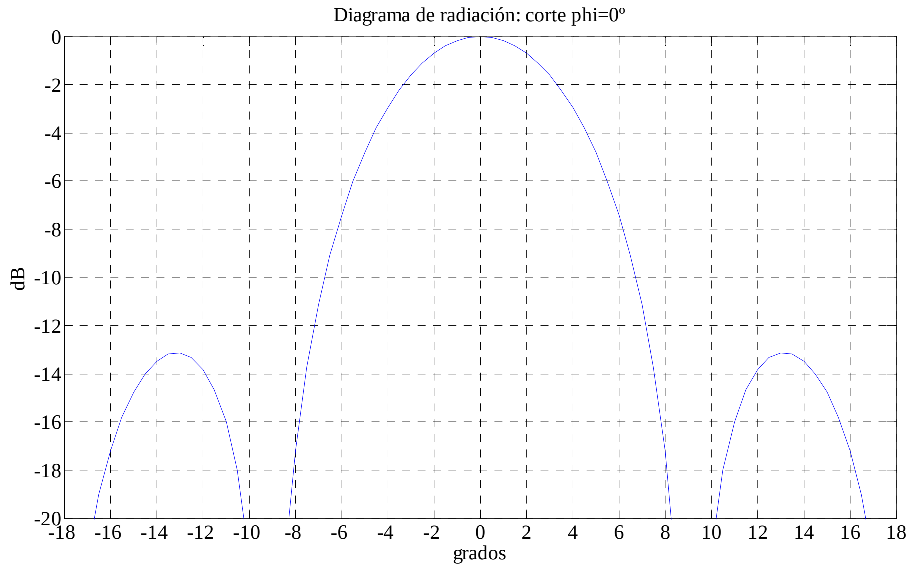
Problema (hay que entregar la hoja de este enunciado)

Alumno:

(puede utilizar ningún tipo de documentación, 50 puntos, 75 minutos)

PROBLEMA 1 (10 puntos)

Una antena posee un diagrama de radiación simétrico en pincel. La figura siguiente muestra un corte en Φ=0º de dicho diagrama.



Se sabe que la temperatura de brillo del sol es de 6000K (con un arco de 0.5º), la del cielo de 30K y la de la Tierra de 290K. Determine la temperatura de ruido de la antena T_A.

La temperatura de ruido de antena se puede calcular como (por ejemplo, Stutzman 9.24). Como en este caso no tenemos ninguna representación funcional y lo que tenemos es el diagrama de radiación, habrá que realizar una integración numérica. La integral del denominador corresponde al ángulo sólido de la antena que se puede sacar, de forma aproximada, directamente de la gráfica. Como el ancho de haz es relativamente estrecho, podemos sacar su ángulo sólido sin más que tomar su nivel a -3dB, esto es 4*2=8º. La cota de T_A será cuando el broadside apunte al sol.

$$T_A = \frac{\iint_\Omega T_B(\theta,\phi)\cdot P(\theta,\phi)d\Omega}{\iint_\Omega P(\theta,\phi)d\Omega} = \frac{\int_0^\pi\int_0^{2\pi} T_B(\theta,\phi)\cdot P(\theta,\phi)\cdot \sin\theta\cdot d\theta\cdot d\phi}{\int_0^\pi\int_0^{2\pi} P(\theta,\phi)\cdot\sin\theta\cdot d\theta\cdot d\phi} =$$

$$= \frac{\int_0^{2\pi} d\phi\cdot 2\cdot\int_0^{17\cdot\pi/180} T_B(\theta,\phi)\cdot P(\theta,\phi)\cdot\sin\theta\cdot d\theta}{(\Delta\vartheta_1)^2}$$

Los valores que toma el diagrama de radiación en saltos de 1º (en unidades naturales) son los siguientes:

0.94	**0.89**	**0.83**	**0.80**	**0.71**	**0.63**	**0.56**	**0.50**	**0.35**	**0.30**	**0.25**	**0.18**	**0.12**	**0.08**	**0.05**	**0.02**

Así se puede poner el sumatorio como sigue:

$$T_A = \frac{4\pi\cdot\left[6000\cdot\sin(0.5)\cdot 0.5\cdot\pi/180\cdot 0.94+\sum_{n=2}^{16}30\cdot 0.5\cdot\pi/180\cdot P(\theta_n,\phi)\cdot\sin\theta_n\cdot\right]}{(\Delta\vartheta_1)^2}=26.3K$$

PROBLEMA 2 (8 puntos)

Suponer que el campo radiado por una antena está dado por:

$$E=\hat{a}_\theta jw\mu k\sin(\theta)\frac{I_oA_1e^{-jkr}}{4\pi r}+\hat{a}_\phi jw\mu k\sin(\theta)\frac{I_oA_2e^{-jkr}}{2\pi r}$$

Los valores de A_1 y A_2 dependen de la geometría de la antena. Obtener la expresión de la resistencia de radiación de la antena. Determinar razonadamente la polarización que tiene dicha antena.

Para calcular la resistencia de radiación determinaremos la potencia radiada y la igualaremos a la expresión:

$$P_{rad}=\frac{1}{2}I_0^2\cdot R_{rad}=\frac{|E|^2}{120\pi}$$

$$\vec{E}=\hat{a}_\theta jw\mu k\sin(\theta)\frac{I_oA_1e^{-jkr}}{4\pi r}+\hat{a}_\phi jw\mu k\sin(\theta)\frac{I_oA_2e^{-jkr}}{2\pi r}=jw\mu k\sin(\theta)\frac{I_o\cdot e^{-jkr}}{4\pi r}\cdot\left(A_1\cdot\hat{a}_\theta+2A_2\cdot\hat{a}_\phi\right)$$

$$|E|^2=\vec{E}\cdot\vec{E}^*=\left(w\mu k\sin(\theta)\frac{I_o}{4\pi r}\right)^2\cdot\left(A_1^2+4A_2^2\right)=\left(f^2\cdot\mu\cdot\pi\cdot\sin(\theta)\frac{I_o}{c\cdot r}\right)^2\cdot\left(A_1^2+4A_2^2\right)$$

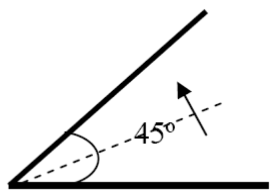
$$R_{rad}=\frac{\left(f^2\cdot\mu\cdot\pi\cdot\sin(\theta)\frac{1}{c\cdot r}\right)^2\cdot\left(A_1^2+4A_2^2\right)}{60\pi}$$

En cuanto a la polarización de la antena anterior, si se observa la expresión 2ª del anterior conjunto de ecuaciones claramente se ve que tiene dos componentes angulares con igualdad de fase. Esto quiere decir que la polarización será lineal con una inclinación respecto al eje θ que vendrá dada por:

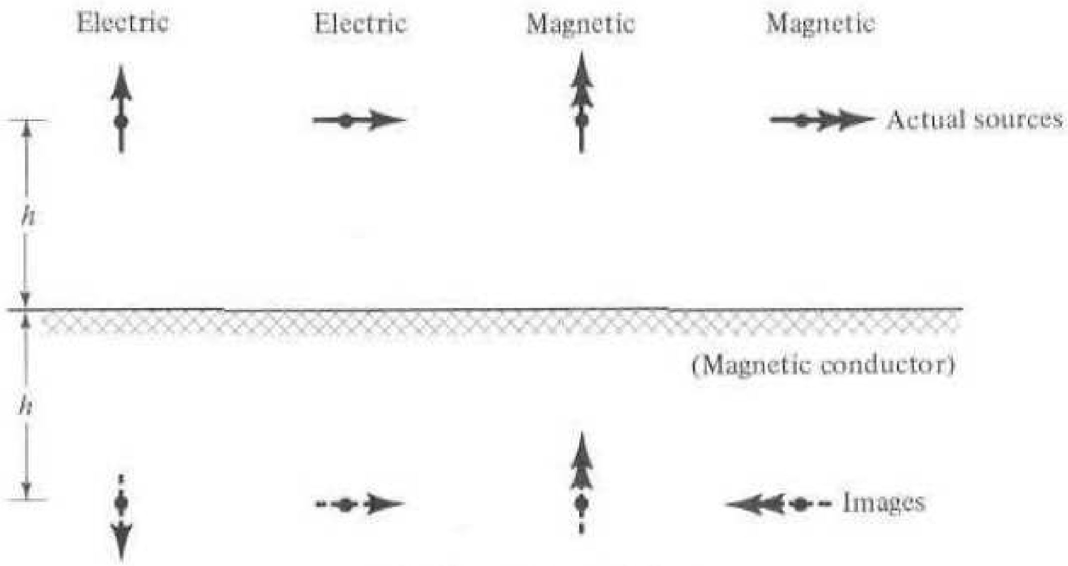
$$\alpha=\arctan\left(\frac{2A_2}{A_1}\right)$$

PROBLEMA 3 (7 puntos)

Imagina un dipolo infinitesimal situado entre dos conductores **magnéticos** ideales (PMC). El ángulo entre los PMC es 45º y el dipolo está situado en la bisectriz entre ambos PMC como se indica en la figura. La flecha indica la dirección de la corriente. Discuta el problema y dé una estimación de las imágenes de dicho dipolo.



Hay que aplicar el teorema de las imágenes considerando que el plano que tenemos es un plano magnético (PMC). De acuerdo con el teorema las imágenes se aplican siguiendo el cuadro que se muestra (tomado de Balanis)



Cuando tenemos un plano inclinado como el del enunciado habrá que hacer la imagen respecto a cada uno de los planos descomponiendo la corriente del dipolo eléctrico infinitesimal en componentes ortogonales respecto a cada uno de los planos. De esta forma las imágenes forman un octógono regular (360/45=8), situándose las imágenes en el centro de los lados de dicho octótgono, debido a las imágenes que producen las propias imágenes. Hay que tener en cuenta que el sentido de las imágenes va alternando de forma que en el sector dibujado está contrario a las agujas del reloj, en el siguiente a favor y así alternativamente.

PROBLEMA 4 (25 puntos)

Considere un array de antenas de tipo dipolos colineales, situado verticalmente a lo largo del eje Z funcionando a la frecuencia de 2 GHz. Las figuras de la parte posterior muestran un corte en Φ completo y un detalle de dicho corte con el fin de facilitar los cálculos que tengan que realizarse. Por este último motivo, y por si necesitaran dichos datos, se precisan los siguientes datos: los nulos entre los que se encuentra el haz principal están en 80.8º y 120.5º. Se pide:

a) Determine razonadamente de forma aproximada la directividad del anterior array y comente si habrá discrepancias y por qué con el valor que se obtendría de forma exacta (3 puntos)

Se trata de un array omnidireccional en el plano acimutal. Además, también sabemos que el diagrama está apuntando hacia 10º por debajo del plano del horizonte (100º).

Para calcular la directividad de forma aproximada utilizamos la fórmula de Krauss:

$$D = \frac{4\pi}{\Delta\vartheta_1 \cdot \Delta\vartheta_2} = \left\{ \begin{array}{l} \Delta\vartheta_1 = 2\pi(omnidireccional) \\ \Delta\vartheta_2 = 13\pi/180 \end{array} \right\} = 8.8 \Rightarrow 9.5dB$$

Los valores serían diferentes porque la fórmula de Krauss es tanto más precisa cuanto más estrecho es el haz.

b) Se quiere caracterizar el comportamiento en polarización del array anterior. Para ello se mide en una cámara anecoica con una sonda de tipo bocina piramidal (similar a las del laboratorio) pero de boca cuadrada de 0.5 m de lado y con una eficiencia total de radiación del 50%. Dicha bocina se coloca a una distancia de 8m.

1. Justifique la polarización del array utilizado **(2 puntos)**

Es un array de dipolos lineales donde las líneas de corriente son lineales y por lo tanto la polarización es lineal.

2. Para medir la relación copolar-contrapolar se ha girado 90º la posición de la sonda respecto a la inicial. ¿Por qué? Cuando se efectúa dicha operación la potencia recibida es 49.4nw. Si la potencia del transmisor era 10 mw, determine la relación copolar contrapolar en el array considerado. **(8 puntos)**

Cuando se toma la medida copolar la sonda está con polarización vertical. Para hacer la medida contrapolar se gira 90º para ver lo que se capta en una polarización ortogonal. Habrá que ver la potencia que se recibe en la situación copolar y en la situación contrapolar. La ganancia de la antena es:

$$G = \eta \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{fis} = 0.5 \cdot \frac{4\pi}{0.15^2} 0.5^2 = 69.8 \Rightarrow 18.44dB$$

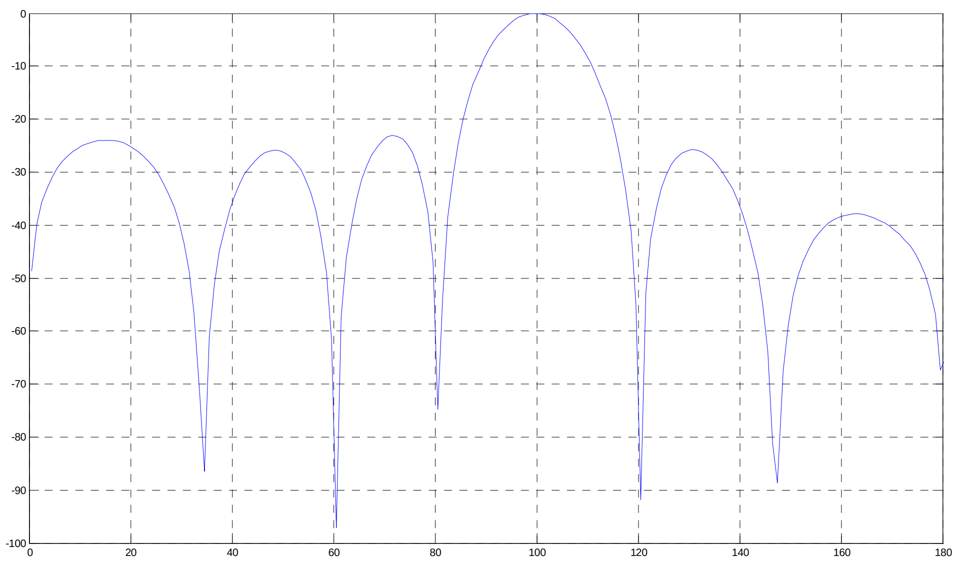
Como no dicen nada de la eficiencia del array se va a suponer que es 100% y que la ganancia es 9.05 dB. De esta forma podemos poner los siguientes balances de enlace

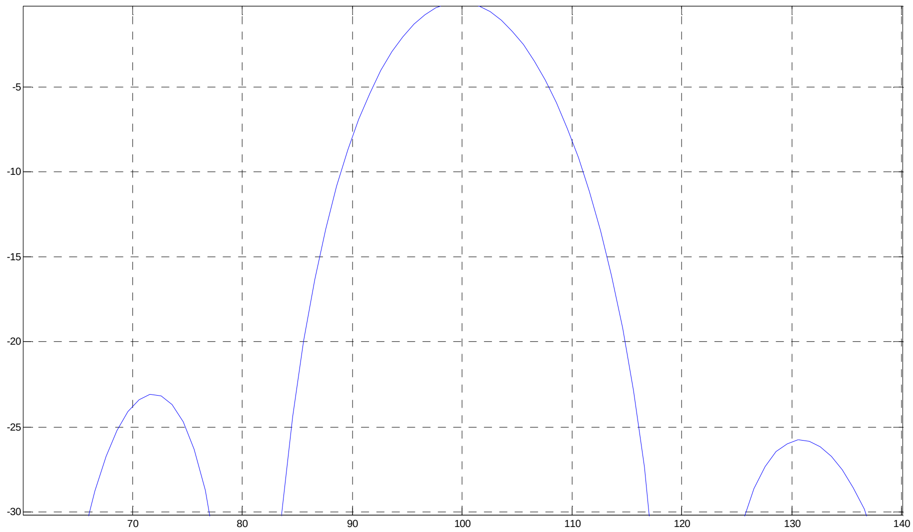
$$P_{Rco} = 10dBm + G_T + G_R - 20\log\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right) = 10 + 18.44 + 9.05 - 56.52 = -19.03dBm$$

$$P_{Rx} = -43.06dBm$$

$$Co / contra = 24.03dB$$

c) Se sabe que la alimentación del array es una de las tres alimentaciones canónicas. Con ayuda de las figuras y de los datos anteriores, determine todos los parámetros que caracterizan al array (tipo de alimentación, número de elementos, tamaño del array y alimentación en módulo y fase de cada elemento) (10 puntos)





Si la alimentación es una de las canónicas no puede ser uniforme porque el nivel de lóbulo secundario es de unos 23 dB por lo que sólo puede ser triangular o binomial. Como existen varios nulos diferentes, el diagrama tiene que ser triangular y no binomial donde los ceros son múltiples.
Para una alimentación triangular el ancho del haz principal viene dado por:

$$\Delta\Psi = \Psi_1 - \Psi_2 = k \cdot d \cdot \cos\vartheta_1 + \alpha - (k \cdot d \cdot \cos\vartheta_2 + \alpha) = k \cdot d \cdot (\cos\vartheta_1 - \cos\vartheta_2) = \pi$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot d \cdot (\cos 80.8 - \cos 120.5) = \pi \Rightarrow d = 0.75\lambda$$

Una vez hallado la separación entre elementos, con la misma expresión anterior podemos hallar el número de elementos que componen el array:

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0.75\lambda \cdot (\cos 80.8 - \cos 120.5) = \pi = \frac{8\pi}{N+1} \Rightarrow N = 7$$

El tamaño del array será (N-1)d=67.5 cm
Como la alimentación es triangular y hay 7 elementos, los módulos de las alimentaciones serían:
1, 2, 3, 4, 3, 2, 1
Por último, el array no está apuntando al broadside sino un poco por debajo, con lo que habrá un desfase entre elementos que podemos hallar mediante la condición del máximo:

$$\Psi_{\max} = 0 = k \cdot d \cdot \cos 100 + \alpha = 1.5\lambda \cdot \cos 100 + \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0.818 rad = 46.9^{\circ}$$

d) Justifique si la medida anterior se ha realizado en condiciones de campo lejano (2 puntos)

Hay que comprobar la condición de campo para las dos antenas:

$$R > \frac{2 \cdot (4.5\lambda)^2}{\lambda} = 40.5\lambda = 6.075m$$

luego sí se está en condiciones de campo lejano.

$$R > \frac{2 \cdot 0.5}{0.15} = 6.66m$$