PROPAGACIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

Grado Ingeniería de Sistemas de Comunicaciones Móviles y Espaciales Curso 19-20. 10/10/2019

PRUEBA FORMATIVA 1. FUNDAMENTOS DE ANTENAS Y ANTENAS DE HILO (1h20)

Nombre alumno:

1. Una antena tiene un diagrama de radiación cónico con una intensidad de radiación normalizada dada por: $U(\theta) = 1$ para $0 < \theta < 45^o$ y $U(\theta) = 0$ para $45^o < \theta < 180^o$. También se ha medido su adaptación obteniéndose una ROE de s=1.8 a la frecuencia de trabajo. Calcule el ángulo sólido a que equivale la antena, su directividad y su ganancia en dBs.(1 pto)

$$\Omega_A = \int_0^{\pi/4}\int_0^{2\pi} 1 \cdot \operatorname{sen}\theta \, d\theta \, d\phi = -\cos\theta\Big|_0^{\pi/4} \cdot 2\pi = \left(\frac{-\sqrt{2}+2}{2}\right) \cdot 2\pi \simeq 0,586\pi \text{ Sr}$$

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A} = \frac{4\pi}{0,586\pi} \simeq 6,83 \qquad S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \qquad |\Gamma| = \frac{S-1}{S+1} = \frac{0,8}{2,8} = \frac{2}{7}$$

$$(1-|\Gamma|^2) = 1 - \frac{4}{49} = \frac{45}{49}$$

$$G = \frac{45}{49} \cdot 6,83 = 6,27 \Rightarrow 10 \log_{10} G = 7,97 \text{ dB}$$

2. Describa los diferentes parámetros que se utilizan en los pasos intermedios para el cálculo del diagrama de radiación a partir del campo radiado por una antena como el mostrado abajo. Describa y enuncie cada uno de los pasos indicando las características matemáticas de las magnitudes físicas involucradas y sus unidades hasta obtener el diagrama de radiación de la antena. (1 pto)

$$\vec{E} = [\sqrt{5} sen\theta\hat{\theta} + \frac{1-j}{\sqrt{3}} cos\phi\hat{\phi}]\frac{e^{-jkr}}{r} \qquad (1)$$

$$\langle \bar{S} \rangle = \frac{1}{24}\left[|E_\theta|^2 + |E_\phi|^2\right] = \frac{1}{24}\left[5 \operatorname{sen}^2\theta + \frac{2}{3}\cos^2\phi\right]\frac{1}{r^2} \quad \left[\frac{W}{m^2}\right] \text{ vector}$$

$$U = r^2 \langle S \rangle = \frac{1}{24}\left[5 \operatorname{sen}^2\theta + \frac{2}{3}\cos^2\phi\right] \quad [W] \text{ es calar.}$$

$$U_{max} = \frac{1}{24}\left(5 + \frac{2}{3}\right) = \frac{17}{64}$$

$$r(\theta,\phi) = \frac{U}{U_{max}} = \frac{15 \operatorname{sen}^2\theta + 2\cos^2\phi}{17} \quad \text{adimensional escalar.}$$

3. Un fabricante le vende una antena con una ganancia de -2.5dB. ¿Es posible, o se ha equivocado? ¿Qué eficiencia máxima tendría una antena así? (1 pto)

Es posible, la ganancia puede ser negativa en dBs.

$10^{\frac{-2,5}{10}} = 0,562$ como $G = eD$ cuando D es mínima esto es $D=1$, tendríamos la máxima eficiencia para esta ganancia $e = 56,2\%$ para cualquier otra D la eficiencia sería menor.

4. En una aplicación RADAR a $f = 10GHz$ en la que es necesario potencias radiadas del orden de kW se está planteando como elección de antena un parche (antena resonante de aproximadamente tamaño $\lambda/2$) y una bocina de $20\lambda^2$ de apertura. Elija según los criterios vistos en clase la antena más adecuada argumentando, cualitativa y cuantitativamente, los motivos para ello. (1 pto)

Un sistema Radar requiere alta potencia., potencias del orden de KW no son compatibles con la tecnologia microstrip (impresa). La tecnología de guía de ondas y sus antenas, por ejemplo las bocinas, si permiten propagar esas potencias..

Un radar tiene que tener una antena directiva

- un parche puede tener alrededor de 6-8 dB de D.
- nuestra bocina tiene de apertura $20\lambda^2$

$$A_{ef.} = \frac{\lambda^2}{4\pi} D \qquad D_{bocina} = \frac{20\lambda^2 \cdot 4\pi}{\lambda^2} \simeq 251 \simeq 24\,dB.$$

$D_b >> D_{parche}$ elegiríamos la bocina.

5. Contraponga las principales características que diferencian al campo próximo de la antena con la aproximación de campo lejano desarrollada en el curso. (1 pto)

En clase lo vimos para el dipolo infinitesimal., sin entrar en detalles.

En la aproximación de campo lejano.

$\bar{E} \perp \bar{H}$ y ambos a la dirección de prop. $\hat{r}$ onda TEM.

$\frac{|E|}{|H|} = \eta$ , el campo E cae $\propto \frac{1}{r}$ con la distancia.

onda esférica, campos E y H en fase.

En el campo próximo a la antena, $\bar{E}$ y $\bar{H}$ no son transversales $E_r \neq 0$ $\exists$ componentes longitudinales.

El campo E tiene variaciones del tipo $\propto \frac{1}{r}, \frac{1}{r^2}$ y $\frac{1}{r^3}$

Los objetos (metálicos) situados en las proximidades, modifican el campo original cambiando la respuesta de la antena.

6. Una antena de directividad 19 radia una potencia de 3 kilowatios. Obtenga el valor del campo eléctrico radiado en la dirección de máxima radiación a 30km de la antena. ¿Qué potencia sería necesario radiar por la antena para mantener el anterior valor a una distancia de 300km? (1 pto)

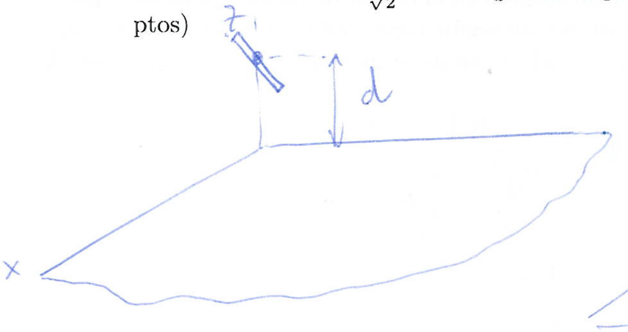
$$P_{rad} = \frac{3\cdot 10^3 \cdot 19}{4\pi \cdot (30\cdot 10^3)^2} = 5{,}04\cdot 10^{-6}\ W/m^2$$

$$\frac{|E_i|^2}{2\eta} = 5{,}04\cdot 10^{-6}\ W/m^2 \qquad |E_i|^2 = \frac{19}{5000} \Rightarrow |E_i| = 0{,}062\ \frac{V}{m}$$

$$\frac{P_{in}\cdot 19}{4\pi\,(300\cdot 10^3)^2} = 5{,}04\cdot 10^{-6} \qquad P_{in} = 300000\ W$$

300 kW para compensar $\frac{1}{10^2}$ en distancia.

7. A una distancia $d = \lambda/2$ en vertical sobre un plano conductor perfecto situado en z=0 se coloca un dipolo infinitesimal excitado por una corriente $I_0$. Dicho dipolo esta orientado según la dirección dada por el siguiente vector normalizado $\frac{\hat{x}+\hat{z}}{\sqrt{2}}$. Obtenga el campo radiado por dicho dipolo en cualquier dirección del espacio. ( 1.5 ptos)




Es la suma de un dipolo en $\hat{x}$ y otro en $\hat{z}$, los dos con corriente $\frac{I_0}{\sqrt{2}} = I$

$$\uparrow +\uparrow\ e^{+jk\frac{\lambda}{2}\hat{z}\cdot\hat{r}} \qquad \leftarrow +$$

$$\uparrow +\downarrow\ e^{-jk\frac{\lambda}{2}\hat{z}\cdot\hat{r}} \qquad \rightarrow$$

$$\bar{A}_z = \frac{\mu_0}{4\pi} I L \frac{e^{-jkr}}{r}\hat{z} \qquad \bar{A}_x = \frac{\mu_0 I L}{4\pi}\frac{e^{-jkr}}{r}\hat{x}$$

$$\bar{E} = -j\omega\bar{A}$$

$$\bar{E}_{total} = \bar{E}_{dip\hat{z}} + \bar{E}_{dip\hat{x}} = -j\omega\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{IL}{\sqrt{2}}\frac{e^{-jkr}}{r}\left[-\operatorname{sen}\theta\,\hat{\theta} + \cos\theta\cos\phi\,\hat{\theta} - \operatorname{sen}\phi\,\hat{\phi}\right]$$

Con el tª de las imágenes podemos modelar el plano conductor como dos arrays de dos dipolos

caso $\uparrow\uparrow$ $\quad e^{+j\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{2}\cos\theta} + e^{-j\pi\cos\theta} \Rightarrow 2\cos(\pi\cos\theta)$

$\leftarrow\rightarrow$ $\quad e^{j\pi\cos\theta} - e^{-j\pi\cos\theta} \Rightarrow 2j\operatorname{sen}(\pi\cos\theta)$

$$\bar{E}_{total} = E_0\frac{e^{-jkr}}{r}\left[-2\cos(\pi\cos\theta)\cdot\operatorname{sen}\theta\,\hat{\theta} + 2j\operatorname{sen}(\pi\cos\theta)\left(\cos\theta\cos\phi\,\hat{\theta} - \operatorname{sen}\phi\,\hat{\phi}\right)\right]\ \frac{V}{m}$$

ojo sólo válido para $z > 0$

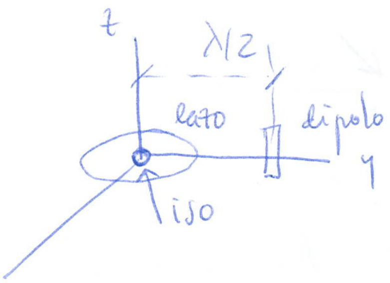
8. Considere una antena de onda progresiva formada por un hilo de longitud $L = 3\lambda$ y recorrido por una corriente $I = I_0 e^{-jk_0 z}$. Obtenga los ángulos en los que se producen los nulos de radiación y el ángulo del máximo. *(1 pto)*
Diagrama en el caso de una antena de onda progresiva de longitud L y excitación de fase $\beta$ es:
$r(\theta,\phi) = (\frac{sen\,u}{u})^2\,(sen\theta)^2$ con $u = k\,\frac{L}{2}\,(cos\theta - \frac{\beta}{k})$

En este caso $\beta = k_0$ por lo que $u = 3\pi(\cos\theta - 1)$ la sinc tiene un máximo en $\theta = 0$ pero ojo el diagrama $sen^2\theta$ tiene un nulo en $\theta = 0$.

| $\theta$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $sen\,\theta$ | 0 | 0,03 | 0,117 | 0,251 | 0,414 | 0,586 | 0,751 | 0,884 | 0,968 | 1 |
| $sen\,u/u$ | 1 | 0,99 | 0,896 | 0,57 | 0,133 | 0,004 | 0,045 | 0,0001 | 0,016 | 0 |
| $r$ | 0 | 0,2 | 0,72 | 0,98 | 0,39 | 0,01 | 0,23 | 0,0007 | 0,11 | 0 |

El diagrama tiene un max en 28° casi 30° y nulos en 0, 90°, 50° y 70°

9. Calcule el campo radiado en todas las direcciones del espacio y el diagrama de radiación producidos por la siguiente configuración de antenas elementales. Un lazo pequeño situado en el origen de coordenadas en el plano XY, un dipolo corto, de misma amplitud máxima de campo y orientado según $\hat{z}$, colocado a una distancia $d = \lambda/2$ en el eje $\hat{y}$ y un radiador isotrópico con polarización $\hat{\phi}$ situado en el origen de amplitud doble y en oposición de fase. (1.5 ptos)




$$E_{lazo} = E_0 \,sen\,\theta\,\hat{\phi}\,\frac{e^{-jkr}}{r}$$
$$E_{dipolo} = E_0\,sen\,\theta\,\hat{\theta}\,\frac{e^{-jkr}}{r}$$
$$\bar{E}_{iso} = E_0\,\hat{\phi}\,\frac{e^{-jkr}}{r}$$

$$\bar{E}_{rad} = \left[E_0\,sen\,\theta\,\hat{\phi} + E_0\,sen\,\theta\,\hat{\theta}\,e^{jk\frac{\lambda}{2}\hat{y}\cdot\hat{r}} - 2E_0\,\hat{\phi}\right]\frac{e^{-jkr}}{r}$$
$$= E_0\,\frac{e^{-jkr}}{r}\left[(sen\,\theta - 2)\,\hat{\phi} + sen\,\theta\,e^{j\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{2}\,sen\,\theta\,sen\,\phi}\,\hat{\theta}\right]$$

$$U = r^2\langle S\rangle = E_0^2\left[(sen\,\theta - 2)^2 + sen^2\theta\right]$$
$$= E_0^2\left[2\,sen^2\theta - 2\,sen\,\theta + 4\right]$$

$$r(\theta,\phi) = \frac{2\,sen^2\theta - 2\,sen\,\theta + 4}{4} = \frac{sen\,\theta\,(sen\,\theta - 1)}{2} + 1$$