

P1 Propagação e Antenas – 2015-1 Professor Marcelo Perotoni

1. O chip Texas CC2541, transceptor para módulos Bluetooth (2.45 GHz), possui as seguintes especificações: Sensibilidade mínima de -90 dBm, Potência máxima de transmissão 0 dBm. Uma aplicação móvel possui uma antena com um ganho de -1 dB, a outra ponta é um laptop com respectiva antena com Diretividade de 3 dB e eficiência de 0.86. Calcule, usando a fórmula de Friis, a máxima distância para que o laptop possua um link com o equipamento celular funcionando de maneira correta.

2. (a) Os campos magnéticos exatos de um loop infinitesimal posicionado ao longo do plano xy estão abaixo. A partir dos mesmos escreva os campos exatos para a condição de campo distante. Justifique sua resposta. (b) Que tipo de onda temos nessa condição? Ela possui frequência de corte? Explique. (c) Essa antena é omni, direcional ou isotrópica, no campo distante? Por que? (d) Qual a direção e valor da componente de campo elétrico no campo distante?

$$H_r = j \frac{ka^2 I_0 \cos \theta}{2r^2} \left[ 1 + \frac{1}{jkr} \right] e^{-jkr}$$

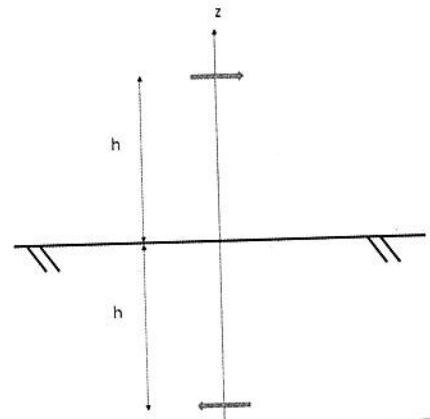
$$H_\theta = -\frac{(ka)^2 I_0 \sin \theta}{4r} \left[ 1 + \frac{1}{jkr} - \frac{1}{(kr)^2} \right] e^{-jkr}$$

$$H_\phi = 0$$

3. Uma antena dipolo de meia onda, com resistência de perdas de 1 Ohm, é conectada ao gerador cuja impedância é  $50 + j25$ . Assumindo a tensão do gerador como 2V pico e a impedância do dipolo (excluindo as perdas) de  $73 + j42.5$  ache a potência:

- (a) fornecida pela carga (real)  
 (b) radiada pela antena  
 (c) dissipada pela antena  
 (d) Qual seria a impedância da antena ideal para maximizar a transferência de potência?  
 (e) Para o item anterior, seria sugerida um dipolo mais curto ou mais longo para o casamento? Por que?

4. (a) Calcule o fator de rede (array factor) para um dipolo colocado horizontal a uma altura  $h$  do solo. DICA: some o termo  $e^{jkr}/r$  para os dois casos, levando em consideração as simplificações usuais de campo distante para o expoente (fase) e amplitude. (b) Para altura  $h = \lambda$  calcule os nulos para essa condição.



5. (a) No caso de uma antena loop como explicar o conceito da origem da radiação eletromagnética devido a aceleração de cargas visto que a corrente circula “indefinidamente” no loop? (b) Antenas loop respondem majoritariamente ao campo magnético. Explique uma aplicação típica da mesma, justificando brevemente. (c) Explique o motivo da introdução de um núcleo de ferrite (alta permeabilidade magnética) no centro de uma antena loop.

# P1 ANTENAS 2015.1

①  $f = 2.45 \text{ GHz}$     $\lambda = 3 \times 10^8 / 2.45 \times 10^9 = 0.12 \text{ m}$

$P_{RX} = -90 \text{ dBm} \rightarrow -90 \text{ dBm} = 10 \log P_{mW}$     $P_{mW} = 10^{-\frac{90}{10}} \text{ mW}$   
 $P_w = 1 \times 10^{-12} \text{ W}$

$G_{TX} = -1 \text{ dB} \rightarrow -1 = 10 \log G_{TX}$     $G_{TX} = 0.79$

$D_{RX} = 3 \text{ dB}$     $D = 10^{0.3} = 2$     $G_{RX} = 0.86 \times 2 = 1.71$

$P_{TX} = 0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW} \equiv 1 \times 10^{-3} \text{ W}$

$$P_{RX} = \frac{P_{TX} G_{TX} G_{RX}}{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2} = \frac{P_{TX} G_{TX} G_{RX} \lambda^2}{4\pi d^2} \rightarrow d = \sqrt{\frac{P_{TX} G_{TX} G_{RX} \lambda^2}{P_{RX} (4\pi)^2}}$$

$$d = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-3} (0.79) (1.71) (0.12)^2}{1 \times 10^{-12} (4\pi)^2}} \equiv 350 \text{ m}$$

②  $H_r \rightarrow 0$  pois ss pode ter campos  $H_\phi$  e  $H_\theta$  no farfield  
 Ademais campos FF tem que cair com  $1/r$   
 (a)

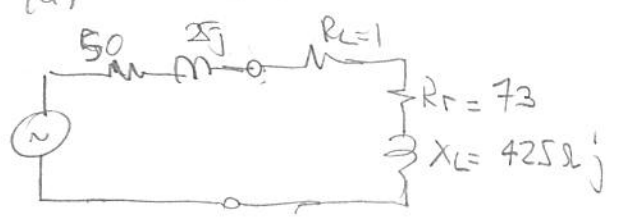
$H_\phi = 0$     $H_\theta = -\frac{(ka)^2 I_0 \sin\theta}{4r} e^{-jkr}$

(b) onda TEM, si freq. Corte

(c) antena omni

(d)  $V=RI$  ok + EM    $E = \eta H \rightarrow E_\phi = + \eta \frac{(ka)^2 I_0 \sin\theta}{4r} e^{-jkr}$

③  $I_G = \frac{V_G}{Z_T} = \frac{V_G}{Z_A + Z_G} \Rightarrow I_G = \frac{2}{(50 + 1 + j73) + (25 + 42.5j)} = 14.16 \times 10^{-3} \angle -28.5^\circ$   
 (a)

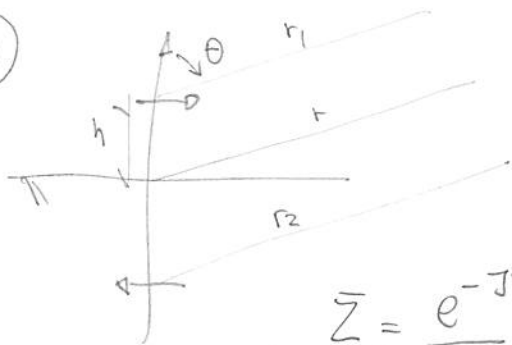


$P_S = \frac{1}{2} V_G I_G^* = \frac{1}{2} 2 [(12.442 + j6.77) \times 10^{-3}]$

$P_S = 12.442 \text{ mW}$

(b)  $P_R = \frac{1}{2} |I_G|^2 R_r = \frac{1}{2} |I_G|^2 \cdot 73 = 7.3 \text{ mW}$

(4)



(a)

Amplitude  $r_1 = r = r_2$

Fase:  $r_1 = r - h \cos \theta$

$r_2 = r + h \cos \theta$

$$\vec{Z} = \frac{e^{-jkr}}{r} - \frac{e^{-jkr_2}}{r} = \frac{1}{r} \left[ e^{-jk(r-h\cos\theta)} - e^{-jk(r+h\cos\theta)} \right]$$

$$= \frac{1}{r} e^{-jkr} \left( e^{jk h \cos \theta} - e^{-jk h \cos \theta} \right) = e^{-\frac{jkr}{r}} \left[ 2 \sin(kh \cos \theta) \right]$$

$$\cos \varphi = \frac{e^{j\varphi} + e^{-j\varphi}}{2}$$

$$\sin \varphi = \frac{e^{j\varphi} - e^{-j\varphi}}{2} \rightarrow 2 \sin \varphi = e^{j\varphi} - e^{-j\varphi}$$

(b)  $h = \lambda$   $kh = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \lambda = 2\pi$   $AF = \sin(2\pi \cos \theta)$

(A)  $(2\pi \cos \theta) = 0$  P/  $\theta = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$

~~Ad~~

$\theta = \frac{3\pi}{2} = 270^\circ$  (abaixo terra!)

(B)  $2\pi \cos \theta = \pi \rightarrow \cos \theta = 1/2$   $\theta = 60^\circ$

(C)  $2\pi = 2\pi \cos \theta \rightarrow \theta = 0^\circ$

(5) (a)  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$   $\vec{v}$  = vetor (o módulo e fase )

(b) Campo  $\vec{H}$  apresenta ruído ambiente maior em geral que  $\vec{E}$   
 Radiolocalizações  
 sondas

(c)  $R_{\frac{r}{r_1}} = M^2 R_{r_1} / \text{nucleo}$   
 nucleo

quanto aumenta  $R_r$   
 faz concentrar + campo no núcleo