

Ayudantía 1 Comunicaciones Digitales

"Propagación"

Nicolás Araya Caro

Docente:
Diego Dujovne

22 de marzo de 2022

- Horario Ayudantía: Lunes 10:00 (sec. 1), Martes 10:00 (sec. 2).
- Si no pueden ir a una, pueden aparecer en la otra :).
- Contacto: nicolas.arayac@mail.udp.cl

Están diseñados para transmitir información considerando 4 intereses principales:

- La selección de la forma de onda que obtendrá la información.
- El ancho de banda y potencia de la onda.
- El efecto del ruido en la información recibida.
- El costo del sistema.

Las señales utilizadas en las telecomunicaciones corresponden a ondas electromagnéticas. Como toda onda electromagnética esta posee una frecuencia medida en Hz, esta frecuencia determina la forma en que la onda se propaga en la tierra.

Para una propagación efectiva de la señal una antena tener un largo equivalente a:

$$h = \frac{\lambda}{10} \quad [m]$$

El λ corresponde a la longitud de onda de la señal, esta es obtenida por:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [m]$$

Donde c es la velocidad de la luz ($3 * 10^8$ m/s) y $f(s)$ la frecuencia de la señal.

Una antena que planea transmitir a través de LOS que está a una altura h es capaz de cubrir una distancia equivalente a:

$$d = \sqrt{2rh} \quad [m]$$

Donde r es el radio ajustado de la tierra equivalente a 8497 km

Si se desea que dos antenas (A_1 y A_2) que están a una distancia d se puedan ver por sobre el horizonte entonces se debe cumplir que:

$$d \leq d_1 + d_2$$
$$d \leq \sqrt{2rh_1} + \sqrt{2rh_2}$$

Los dB son una medida logarítmica de alguna unidad, en nuestro caso usamos dB asociado a Watts. Esto nos obliga realizar la conversiones correspondientes:

$$P_W = 10^{(x_{dB}/10)}$$
$$x_{dB} = 10 \log(P_W)$$

Otra medida que solemos utilizar son los dBm, estos usan la misma conversión solo que están asociados a los miliWatts o 10^{-3} W.

$$P_{mW} = 10^{(x_{dBm}/10)}$$
$$x_{dBm} = 10 \log(P_{mW})$$

Si en un enlace ambas antenas se logran ver por LOS, entonces es posible transmitir una señal. Esta señal pierde potencia a medida que avanza en el medio por ello su potencia al ser recibida equivale a:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \quad [\text{W}]$$

Donde:

P_t : Potencia de transmisión en Watts

G_t : Ganancia de la antena transmisora en dB

G_r : Ganancia de la antena receptora en dB

Problema

Si se tiene una torre de 100 m de altura, donde se coloca una antena, considerando solamente la curvatura de la tierra en línea de vista, a qué distancia puedo poner un receptor ubicado a 5 m de altura?

$$\begin{aligned} \blacksquare h_1 &= 100 & d_1 &= \sqrt{2rh_1} & d_2 &= \sqrt{2rh_2} \\ \blacksquare h_2 &= 5 & d_1 &= \sqrt{2 * 8497000 * 100} & d_2 &= \sqrt{2 * 8497000 * 5} \\ & & d_1 &= 41223,77 \text{ m} & d_2 &= 9127,91 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d = d_1 + d_2 = 41223,77 + 9127,91 = 50441,68 \text{ m}$$

Por lo tanto, ambas antenas pueden estar hasta aproximadamente 50.44 km entre ellas.

Problema

Si se tiene una torre de 100 m de altura, donde se coloca una antena, considerando solamente la curvatura de la tierra en línea de vista, a qué distancia puedo poner un receptor ubicado a 5 m de altura?

■ $h_1 = 100$

■ $h_2 = 5$

$$d_1 = \sqrt{2rh_1}$$

$$d_1 = \sqrt{2 * 8497000 * 100}$$

$$d_1 = 41223,77 \text{ m}$$

$$d_2 = \sqrt{2rh_2}$$

$$d_2 = \sqrt{2 * 8497000 * 5}$$

$$d_2 = 9127,91 \text{ m}$$

$$d = d_1 + d_2 = 41223,77 + 9127,91 = 50441,68 \text{ m}$$

Por lo tanto, ambas antenas pueden estar hasta aproximadamente 50.44 km entre ellas.

Problema

Si se tiene una torre de 100 m de altura, donde se coloca una antena, considerando solamente la curvatura de la tierra en línea de vista, a qué distancia puedo poner un receptor ubicado a 5 m de altura?

■ $h_1 = 100$	$d_1 = \sqrt{2rh_1}$	$d_2 = \sqrt{2rh_2}$
■ $h_2 = 5$	$d_1 = \sqrt{2 * 8497000 * 100}$	$d_2 = \sqrt{2 * 8497000 * 5}$
	$d_1 = 41223,77 \text{ m}$	$d_2 = 9127,91 \text{ m}$

$$d = d_1 + d_2 = 41223,77 + 9127,91 = 50441,68 \text{ m}$$

Por lo tanto, ambas antenas pueden estar hasta aproximadamente 50.44 km entre ellas.

Problema

Si se tiene una torre de 100 m de altura, donde se coloca una antena, considerando solamente la curvatura de la tierra en línea de vista, a qué distancia puedo poner un receptor ubicado a 5 m de altura?

$$\begin{aligned} \blacksquare h_1 &= 100 & d_1 &= \sqrt{2rh_1} & d_2 &= \sqrt{2rh_2} \\ \blacksquare h_2 &= 5 & d_1 &= \sqrt{2 * 8497000 * 100} & d_2 &= \sqrt{2 * 8497000 * 5} \\ & & d_1 &= 41223,77 \text{ m} & d_2 &= 9127,91 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d = d_1 + d_2 = 41223,77 + 9127,91 = 50441,68 \text{ m}$$

Por lo tanto, ambas antenas pueden estar hasta aproximadamente 50.44 km entre ellas.

Problema

Si se tiene una torre de 100 m de altura, donde se coloca una antena, considerando solamente la curvatura de la tierra en línea de vista, a qué distancia puedo poner un receptor ubicado a 5 m de altura?

■ $h_1 = 100$	$d_1 = \sqrt{2rh_1}$	$d_2 = \sqrt{2rh_2}$
■ $h_2 = 5$	$d_1 = \sqrt{2 * 8497000 * 100}$	$d_2 = \sqrt{2 * 8497000 * 5}$
	$d_1 = 41223,77 \text{ m}$	$d_2 = 9127,91 \text{ m}$

$$d = d_1 + d_2 = 41223,77 + 9127,91 = 50441,68 \text{ m}$$

Por lo tanto, ambas antenas pueden estar hasta aproximadamente 50.44 km entre ellas.

Problema

Si se tiene una torre de 100 m de altura, donde se coloca una antena, considerando solamente la curvatura de la tierra en línea de vista, a qué distancia puedo poner un receptor ubicado a 5 m de altura?

$$\begin{array}{lll} \blacksquare h_1 = 100 & d_1 = \sqrt{2rh_1} & d_2 = \sqrt{2rh_2} \\ \blacksquare h_2 = 5 & d_1 = \sqrt{2 * 8497000 * 100} & d_2 = \sqrt{2 * 8497000 * 5} \\ & d_1 = 41223,77 \text{ m} & d_2 = 9127,91 \text{ m} \end{array}$$

$$d = d_1 + d_2 = 41223,77 + 9127,91 = 50441,68 \text{ m}$$

Por lo tanto, ambas antenas pueden estar hasta aproximadamente 50.44 km entre ellas.

Se tiene un enlace de 30 km en el que se quiere transmitir a 700 MHz. Para hacer ese enlace usted baraja 3 diferentes ofertas técnicas. Determine la validez de cada oferta.

- Oferta 1** Hacer 2 enlaces de 15 km cada uno con 3 torres de 20 metros de altura. En total se utilizarían 4 antenas con 12 dB de ganancia y con una sensibilidad de $1 \mu\text{W}$. La transmisión se realizara con una potencia de 300 W.
- Oferta 2** Hacer un enlace de 30 km con 2 torres de 30 metros de altura. Se utilizarían 2 antenas con 24 dB de ganancia y con una sensibilidad de $0,1 \mu\text{W}$. La transmisión se realiza con una potencia de 200 W.
- Oferta 3** Hacer 2 enlaces, el primero de 10 km y el segundo de 20 km, con 3 torres de 15 metros de altura. En total se usarán 4 antenas de 6 dB de ganancia y con una sensibilidad de $0,1 \mu\text{W}$. La transmisión se realiza con una potencia de 150 W.

Cobertura por distancia

Oferta	h [m]	Torres	Dist. a cubrir [km]	Dist. que cubre [km]
1	20	3	7,5	18,43
2	30	2	15,0	22,57
3	15	3	10,0	15,96

Verificar potencia

Primero hay que calcular la longitud de onda de la señal a transmitir. Esta corresponde a:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8}{700 * 10^6} = 0,42 \text{ [m]}$$

Cobertura por distancia

Oferta	h [m]	Torres	Dist. a cubrir [km]	Dist. que cubre [km]
1	20	3	7,5	18,43
2	30	2	15,0	22,57
3	15	3	10,0	15,96

Verificar potencia

Primero hay que calcular la longitud de onda de la señal a transmitir. Esta corresponde a:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8}{700 * 10^6} = 0,42 \quad [m]$$

Cobertura por distancia

Oferta	h [m]	Torres	Dist. a cubrir [km]	Dist. que cubre [km]
1	20	3	7,5	18,43
2	30	2	15,0	22,57
3	15	3	10,0	15,96

Verificar potencia

Primero hay que calcular la longitud de onda de la señal a transmitir. Esta corresponde a:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8}{700 * 10^6} = 0,42 \quad [m]$$

Verificar potencia

Además hay que convertir la ganancia de dB a W:

$$G_r = 10^{(12/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(1,2)} \quad [W]$$

$$G_r = 15,84 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(24/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(2,4)} \quad [W]$$

$$G_r = 251,18 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(6/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(0,6)} \quad [W]$$

$$G_r = 3,98 \quad [W]$$

Oferta	λ [m]	G_t y G_r [W]	P_t [W]	Sensibilidad [μ W]	P_r [μ W]
1	0,42	15,84	300	1	0,3
2	0,42	251,18	200	0,1	15,6
3	0,42	3,98	150	0,1	0,006

Verificar potencia

Además hay que convertir la ganancia de dB a W:

$$G_r = 10^{(12/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(1,2)} \quad [W]$$

$$G_r = 15,84 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(24/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(2,4)} \quad [W]$$

$$G_r = 251,18 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(6/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(0,6)} \quad [W]$$

$$G_r = 3,98 \quad [W]$$

Oferta	λ [m]	G_t y G_r [W]	P_t [W]	Sensibilidad [μ W]	P_r [μ W]
1	0,42	15,84	300	1	0,3
2	0,42	251,18	200	0,1	15,6
3	0,42	3,98	150	0,1	0,006

Verificar potencia

Además hay que convertir la ganancia de dB a W:

$$G_r = 10^{(12/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(1,2)} \quad [W]$$

$$G_r = 15,84 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(24/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(2,4)} \quad [W]$$

$$G_r = 251,18 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(6/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(0,6)} \quad [W]$$

$$G_r = 3,98 \quad [W]$$

Oferta	λ [m]	G_t y G_r [W]	P_t [W]	Sensibilidad [μ W]	P_r [μ W]
1	0,42	15,84	300	1	0,3
2	0,42	251,18	200	0,1	15,6
3	0,42	3,98	150	0,1	0,006

Verificar potencia

Además hay que convertir la ganancia de dB a W:

$$G_r = 10^{(12/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(1,2)} \quad [W]$$

$$G_r = 15,84 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(24/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(2,4)} \quad [W]$$

$$G_r = 251,18 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(6/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(0,6)} \quad [W]$$

$$G_r = 3,98 \quad [W]$$

Oferta	λ [m]	G_t y G_r [W]	P_t [W]	Sensibilidad [μ W]	P_r [μ W]
1	0,42	15,84	300	1	0,3
2	0,42	251,18	200	0,1	15,6
3	0,42	3,98	150	0,1	0,006

Verificar potencia

Además hay que convertir la ganancia de dB a W:

$$G_r = 10^{(12/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(1,2)} \quad [W]$$

$$G_r = 15,84 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(24/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(2,4)} \quad [W]$$

$$G_r = 251,18 \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(6/10)} \quad [W]$$

$$G_r = 10^{(0,6)} \quad [W]$$

$$G_r = 3,98 \quad [W]$$

Oferta	λ [m]	G_t y G_r [W]	P_t [W]	Sensibilidad [μ W]	P_r [μ W]
1	0,42	15,84	300	1	0,3
2	0,42	251,18	200	0,1	15,6
3	0,42	3,98	150	0,1	0,006

1 sistemas de comunicacion digitales y analogicos couch 7e