

Principios de comunicaciones inalámbricas

representa la atenuación debida al número n de pisos entre transmisor y receptor (que debe ser contabilizado como mínimo 1) y es del orden de 10 a 15dB por piso²⁵.

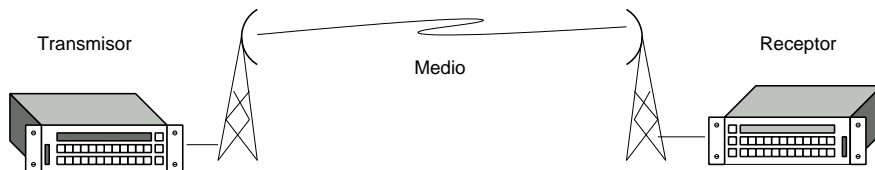
La recomendación presenta además formas de estimar la demora y modelos alternativos más sofisticados. Como broche de oro, nos entrega valores medidos de permitividad dieléctrica para algunos materiales comunes, y la forma de calcular sus correspondientes índices de reflexión para poder aplicar los conceptos y modelos tradicionales.

Cálculo de enlace (Link budget)

Del análisis de la fórmula de Friis que viéramos al analizar el concepto de atenuación por espacio libre: $\frac{P_r}{P_t} = G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2$, podemos realizar una importante conclusión de su expresión en decibeles:

$$P_r[dB] = P_t[dB] + G_t[dB] + G_r[dB] - 20 \cdot \log f - 20 \cdot \log r + 147,56 dB$$

De aquí deducimos que la potencia recibida es igual a la potencia transmitida más las ganancias de ambas antenas, menos la atenuación por espacio libre que a su vez depende de la frecuencia de la señal y de la distancia entre las antenas.



$$P_t[dBm] + G_t[dBi] - L[dB] + G_r[dBi] = P_r[dBm] > Sens[dBm]$$

El cálculo de enlace lo realizamos mediante el análisis anterior, teniendo en cuenta que necesitamos un mínimo de potencia en el receptor para que opere adecuadamente (sensibilidad del receptor), y dejar algo de margen como para poder sobrevivir a situaciones que hagan que el espacio libre deje de serlo.

$$margen = P_t[dB] - S_r[dB] + G_t[dB] + G_r[dB] - L[dB]$$

Así, para un receptor que necesita -90dBm, con antenas isotrópicas, para cubrir una distancia de 100m a 2,4GHz; necesitamos una potencia **mínima** de transmisión de -21dBm, y dejando un margen de seguridad de 20dB utilizaremos un transmisor de -1dBm.

25 La recomendación contiene una tabla algo más detallada.

Introducción

Si bien los cálculos se han hecho basados en la fórmula de Friis, que aplica a espacio libre, es posible utilizar la ecuación de cálculo de enlace con otro modelo que nos provea la atenuación correspondiente. Para ello, simplemente reemplazaremos L por el valor de atenuación (loss) calculado o estimado por dicho modelo.

Un detalle que hemos dejado de lado pero merece consideraciones, son las pérdidas introducidas por conectores y cables. La atenuación introducida por 1m de cable a 2,4GHz puede ir de aproximadamente 0,8dB para un RG-58 a 1,5dB para el RG-174.

Aproximaciones prácticas

Del análisis anterior deducimos:

- ➔ El alcance se duplica cuando se mejora en 6dB el link budget²⁶ (asumiendo que la primera zona de Fresnel se encuentra despejada).
- ➔ Conforme se duplica la frecuencia, la atenuación se incrementa 6dB²⁷.
- ➔ La atenuación a 2,4Ghz es 8,5dB más que a 900MHz²⁸.
- ➔ La atenuación por espacio libre puede calcularse como
$$L [dB] = 32,44 + 20 \cdot \log(f [MHz]) + 20 \cdot \log(r [Km]) \quad 29$$
- ➔ La atenuación por espacio libre puede calcularse como
$$L [dB] = 20 \cdot \log(f [MHz]) + 20 \cdot \log(r [m]) - 27,55 \quad 30$$
- ➔ El radio máximo en metros de la primera zona de Fresnel es

$$F_{1_{max}} = 17,32 \times \sqrt{\frac{r}{4f}}, \text{ con } f \text{ en MHz}^{31}. \text{ Esta zona debe estar libre si}$$

- ➔ queremos aplicar el modelo de espacio libre.
- ➔ La atenuación disminuye 6dB cada vez que se duplica la altura de la antena³².

26 $R = 2r \Rightarrow 20 \cdot \log(R) = 20 \cdot \log(2r) = 20 \cdot \log(2) + 20 \cdot \log(r) = 20 \cdot \log(r) + 6dB$

27 $F = 2f \Rightarrow$ el mismo análisis que la nota al pie anterior pero con F en vez de $R...$

28 $20 \cdot \log\left(\frac{2,4 \cdot 10^9}{900 \cdot 10^6}\right) \approx 8,5$

29 Si $20 \cdot \log(c) - 20 \cdot \log(4\pi) \approx 147,55$; $f[MHz]$ y $r[Km]$ es $20 \cdot \log(10^6) + 20 \cdot \log(10^3) = 180$; luego $180 - 147,55 = 32,44$

30 Si $20 \cdot \log(c) - 20 \cdot \log(4\pi) \approx 147,55$; $f[MHz]$ es $20 \cdot \log(10^6) = 120$; luego $147,55 - 120 = 27,55$

31 $F_{1_{max}} = \sqrt{\frac{\lambda \cdot \frac{r}{2} \cdot \frac{r}{2}}{r}} = \sqrt{\frac{c \cdot r}{4f}} = \sqrt{\frac{c}{10^6}} \times \sqrt{\frac{r}{4f}} = 17,32 \times \sqrt{\frac{r}{4f}}$, redondeando $c \approx 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

32 En el modelo de tierra plana, la atenuación depende del cuadrado de la altura de cada antena; y como vimos en varias notas al pie, $H = 2h \Rightarrow 20 \cdot \log(H) = 20 \cdot \log(2h) = 20 \cdot \log(h) + 6dB$

Principios de comunicaciones inalámbricas

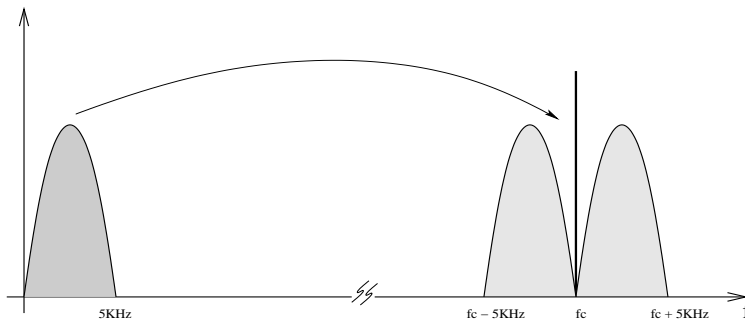
- El alcance se duplica cuando se cuadruplica la altura de la antena³³ (asumiendo que la primera zona de Fresnel no se encuentra despejada).

Atenuación de diversos obstáculos a 2,4GHz

tabique de yeso	~5dB
pared de ladrillo	~15 a 20dB
concreto	~25dB
losa	~35dB
vidrio 6mm	~1dB

Modulación

Modulación es el proceso por el cual trasladamos una señal de su porción espectral original (banda base) a otra que nos permita atravesar con éxito determinado medio de transmisión. Por ejemplo, las emisoras comerciales de la banda de 530 a 1550 KHz, conocida como AM (Amplitude Modulation)³⁴, toman la voz del locutor, anuncios comerciales y música, limitan su ancho de banda a menos de 5KHz, y con esta información *modulan* en amplitud a otra señal llamada *portadora*, que transporta a esta otra, y es la frecuencia que sintonizamos. El receptor de radio de AM se diseña para seleccionar y recibir una señal de entre 0,5 y 1,5 MHz, con un *ancho de banda* de 10KHz.



33 Los 12dB que ganamos de cuadruplicar la altura los gastamos en duplicar la distancia, pues una depende del cuadrado y la otra de la cuarta potencia.

34 También conocida como MW (Medium Wave) en algunos países, y traducida como OM (Onda Media)