

# Práctico Comunicaciones Inalámbricas – punto 1

Santiago Nolasco

FI, IUA

---

*Keywords:* XBee, Path loss, Friis

---

## 1. Cálculo de enlace y modelos de propagación

El diseño de un radioenlace implica toda una serie de cálculos que pueden resultar sencillos o complicados, dependiendo de las características del sistema y del tipo de problema al que nos enfrentemos.

Es por ello que podemos dividir la propagación de la señal de acuerdo al entorno donde esta viaje:

- Espacios abiertos
- Entornos cerrados

### 1.1. Distancia máxima en espacios abiertos

La comunicación "outdoor" en este problema se asume en un entorno de propagación libre, donde no existen pérdidas atmosféricas, de polarización y de desadaptación de impedancias, es decir, operamos en regiones descubiertas.

Modo de funcionamiento	Normal	Boost
Potencia de Tx	+5dBm(3.1mW)	+8dBm(6.3mW)
Sensibilidad de Rx	-100dBm	-102dBm

Table 1: Technical review Xbee S2C

Para los cálculos siguientes se tomarán los datos de funcionamiento en modo "Normal".

Partiendo de la ecuación de Friis[1]

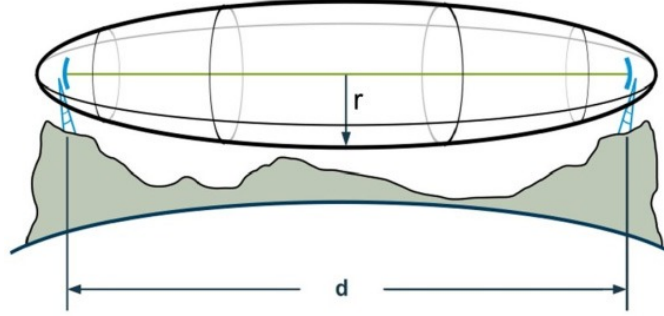


Figure 1: Primer zona de Fresnel

$$Pr = \frac{PtGtGr\lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

Siendo  $Pr$  (Potencia recibida),  $Pt$ (Potencia transmitida),  $Gt$ (Ganancia de antena tx),  $Gr$ (Ganancia de antena rx),  $\lambda$ (longitud de onda) y  $d$ (distancia radial entre antenas).

Podemos despejar la atenuación de espacio libre, también conocida como pérdida de trayectoria[2].

$$P_{Loss}[dB] = 94.4dB + 20 \log_{10} d[Km] + 20 \log_{10} f[GHz] - Gt[dBi] - Gr[dBi]$$

Y de esta despejar la máxima distancia(adicionamos -5dB de atenuación, por margen)

$$d[Km] = 10^{\frac{P_{Loss} + Gt + Gr - 20 \log_{10} f - 92.4dB - 5dB}{20}}$$

$P_{Loss} = Gt[dBm] - Gr[dBm] = +5dBm - (-100dBm) = 105dBm$   $f = 2.4[GHz]$  Las ganancias  $Gr[dBi]$  y  $Gt[dBi]$  se toman como valor cero por ser antenas omnidireccionales.

$$d[Km] = 10^{\frac{105dBm - 20 \log_{10} 2.4 - 92.4dB - 5dB}{20}} = 0.999[Km] = 999m$$

Con la máxima distancia  $d$  del radioenlace, calculamos la altura  $r$  de las antenas. Para ello nos valemos de las fórmulas del primer elipsoide de Fresnel, esto es determinando la zona libre de obstaculos[3].

$$r = F1(m) = 17.32 \sqrt{\frac{(d[Km]/2)^2}{d[Km]f[GHz]}} = 17.32 \sqrt{\frac{(0.99Km/2)^2}{0.99Km \cdot 2.4GHz}} = 7.28m$$

Por lo tanto la altura de las antenas, es decir para establecer una comunicación punto a punto a distancia máxima  $d = 999m$  entre 2 XBee es de  $r = 7.28m$  en la zona libre de obstaculos. Además este es un valor muy cercano al valor  $d = 1200m$  dado por la hoka de datos de la XBee.

### 1.2. Distancia máxima en entornos cerrados

La propagación "indoor" difiere respecto a los sistemas "outdoor". Para asegurar una eficiente comunicación interior, la ITU a llevado una serie de propuestas para el caso de comunicaciones punto a punto. Debido a que en una comunicación en entornos cerrados esta muy influenciada por la geometría del lugar y los objetos en ella. Tanto estos objetos y la construcción de la misma, ocasionan pérdidas por reflexiones, dispersión y absorción de las señales RF.

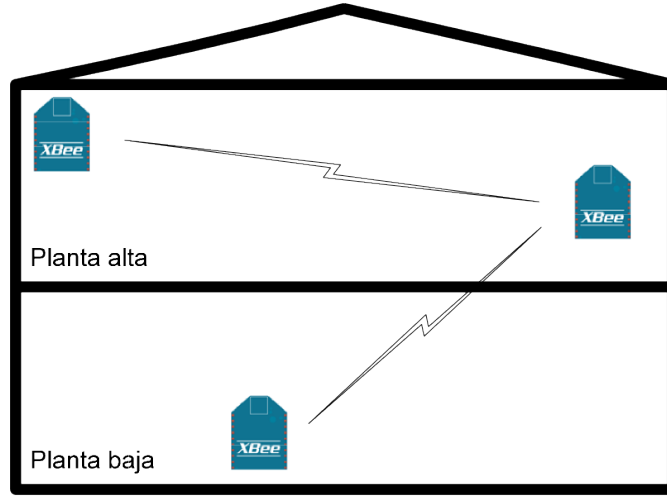


Figure 2: Entornos cerrados

#### 1.2.1. Cálculo Planta alta

Para el cálculo de máxima distancia, como lo indica la figura. Nos valdremos de la fórmula de "path loss" [4]

$$L_{Loss}[dB] = L_{do}[dB] + N \log_{10} d/do + Lf_n[dB]$$

Donde  $N$ (Coef. de pérdida),  $f$ (Frecuencia en Mhz),  $d$ (Distancia entre base y terminal),  $L_{do}$ (Pérdida a do),  $L_f$ (Atenuación través del piso),  $d_0$ (distancia de ref=1m) y  $n$ (nro de pisos entre terminal y base). En nuestro caso particular al igual que en el caso anterior, calculamos la máxima atenuación:  $L_{Loss} = G_t - G_r = +5dBm - (-100dBm) = 105dBm$   $N = 28$  Por dato de tabla [5](Espacio residencial a 2.4GHz).  $L_{do} = 20 \log_{10} f[MHz] - 28 = 39.6dB$   $L_{f_n} = 0$  Por ser un mismo piso. Despejando  $d$ , incluyendo una atenuación adicional de 10dB por la cantidad de objetos que puedan influir en la comunicación.

$$d[m] = 10^{\frac{L_{Loss}[dB] - L_{do}[dB] - L_f - 10dB[dB]}{N}} d[m] = 10^{\frac{105dBm - 39.6dB - 0dB - 10dB}{28}} = 95.18m$$

Entonces en un piso la distancia máxima de transmisión es  $d = 95.18m$

### 1.2.2. Cálculo de comunicación entre Planta alta y baja

En este caso la máxima distancia  $d$ , será influenciada por la atenuación del piso, como separación de los dos ambientes. Por lo tanto  $L_f[dB] = 5$  dado por el cuadro, adicionamos una atenuación de 10dB . La distancia máxima será.

$$d[m] = 10^{\frac{L_{Loss}[dB] - L_{do}[dB] - L_f[dB]}{N}} d[m] = 10^{\frac{105dBm - 39.6dB - 5dB - 10dB}{28}} = 63.09m$$

Se puede notar aquí, que el valor de  $d$  distancia máxima es reducido por esta atenuación. Siendo el valor de  $d = 63.09m$  para comunicaciones entre dos pisos. Lo que es comparable al  $d = 60m$  dado por la hoja de datos.

## Referencias

- [1] Andreas F. Molisch. Wireless Communications.page 48. John Wiley & Sons. 2011.
- [2] Andrea Goldsmith. Wireless Communications.page 32. Cambridge University Press. 2005.
- [3] Andrea Goldsmith. Wireless Communications.page 40. Cambridge University Press. 2005.
- [4] Recommendation ITU-R P.1238-8. "Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz".page 4. P Series Radiowave propagation. 2015.

- [5] Recommendation ITU-R P.1238-8. "Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz".page 4 to 5. P Series Radiowave propagation. 2015.