

# Midiendo el alcance del módulo ZigBit™ Amp

Artículo cedido por Next For SA



*Se describe aquí, un test del alcance que presentan los módulos inalámbricos ZigBit™ Amp. El artículo resume el trabajo de configuración de las pruebas y aporta una descripción detallada de las condiciones en campo durante el test. Las conclusiones se basan en la calidad del enlace y el ratio de paquetes perdidos para cada módulo receptor bajo prueba. Finalmente, el estudio revela el superior alcance al aire libre que presentan los módulos ZigBit Amp [1] con respecto a las configuraciones ZigBit convencionales [4], [5]. Se ha comprobado que el alcance del ZigBit Amp llega hasta los 4000m*

## Factores ambientales que perturban la conectividad RF

Debido a las propiedades físicas de las ondas de radio en la banda de frecuencia de 2,4GHz, el efecto de la propagación multi-trayectoria es especialmente evidente en espacio abierto. En lugar de considerar la línea de visión como la única dirección en la que la señal RF se propaga, se debería contemplar también la llamada Zona Fresnel, un área de propagación de forma bicónica entre el transmisor y el receptor. Para mejorar el alcance en espacio abierto, no sólo debe estar libre de obstáculos la línea de visión, sino también la Zona Fresnel. Como ejemplo, para alcances de hasta 300m, el diámetro de la zona Fresnel debe tener al menos 5,4m.

- Obviamente, los detalles del entorno afectan a la recepción en varios aspectos:
- La tierra del suelo en la Zona Fresnel es capaz de disminuir la potencia de la señal y cambiar la polarización.
- La vegetación de la zona puede atenuar la señal.
- La superficie del agua puede generar reflejos que afectan a la recepción.

Así, las medidas de alcance que exceden de 1km resultan mejores en entornos en los que el transmisor y el receptor se encuentran en colinas separadas por depresiones.

Los objetos, estacionarios y en movimiento, que se encuentran lejos de la línea de visión pueden interferir drásticamente con el modelo resultante, así como afectar a la medida del alcance.

Objetos metálicos grandes, líneas eléctricas, vehículos y personas pueden también perturbar la propagación RF. Obviamente, se deben minimizar otros factores como las fuentes RF distintas de la señales de radio en cuestión.

Más allá de la presencia de obstáculos físicos, los resultados de las pruebas pueden verse también afectadas por factores ambientales, dentro de los cuales, los más destacados son la temperatura y la humedad.

## Aire libre y condiciones ambientales

Para realizar la prueba de alcance del ZigBit Amp en largas distancias, se consideró el área de la autopista M7, a 60km de Moscú, entre otras opciones. Esta carretera de 20m de ancho ofrece

tramos rectos lo suficientemente largos para las distancias exigidas, con pocos obstáculos. El área resultó ser completamente llana, factor crítico en la selección de la localización del objetivo. Habiendo descubierto que el puente de la autopista M7 atravesaba una carretera local, la estación receptora RX fue colocada en ese lugar debido al desfiladero, hasta 5 km de longitud, encontrado en dirección este (ver una vista general de Google Earth en la Figura 1). El puente que cruza la autopista se encontraba a unos 8m de altura.

Así, la localización de los receptores fue instalada en la estación RX, situada en el ancho arcén de 3m. Mediante un coche equipado con un medidor de distancia preciso (ver Figura 3), el transmisor fue transportado hacia el este a lo largo de la autopista a través de las localizaciones situadas a distancias de 2000m, 3000m y 4000m desde la estación. Para eliminar la influencia de la vegetación junto a la carretera, los transmisores se colocaron al otro lado de la carretera, admitiéndose, así, las medidas a pesar del tráfico.

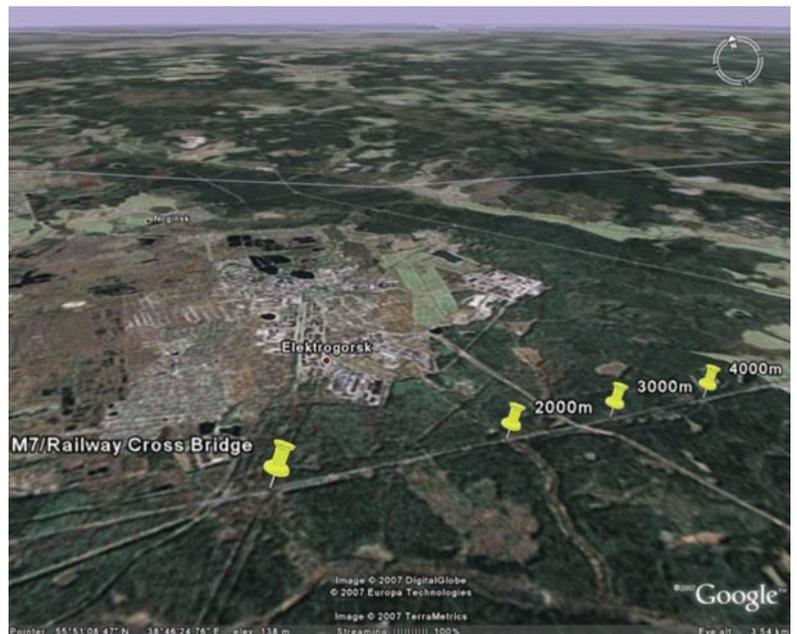


Figura 1. Localización de la prueba con puntos de referencia



• El mismo módulo montado en una tarjeta MeshBeans Amp similar fue configurada como transmisor

- El equipamiento auxiliar incluía:
  - Dos pares de baterías tipo D 1,5V para alimentar el transmisor.
  - Cable RS-232 para conectar el módulo receptor al PC portátil.
  - Medidor de distancias, en el coche empleado para transportar el módulo de transmisión (ver Figura 3).
- Todas las pruebas fueron hechas bajo las siguientes condiciones:
  - Ambas placas MeshBeans se colocaron horizontalmente en trípodes con la antena sujeta en vertical.
  - La señal RF se transmitió en el canal 0x14.
  - La potencia TX de salida al máximo: 100mW (+20 dBm).

Para cargar archivos imagen hex con JTAG, se configuraron los fuse bits como FF/9D/C0 con las opciones:

Brown-out detection disabled  
 JTAG interface enabled Serial program downloading (SPI) enabled  
 Boot Flash section size=1024 words  
 Boot start address=\$FC00 Ext.Clock;  
 Start-up Time: 6 CK + 0ms.

Para permitir la máxima potencia de salida para el transmisor, se deben colocar los interruptores DIP-switch SW4 en posición ON/ON/ON y reiniciar el módulo de transmisión pulsando el botón RESET. El canal 0x14 del transmisor se selecciona mediante 9 pulsaciones lentas del botón SW2, teniendo en cuenta el canal de comienzo por defecto (0xB – 2405 MHz). De la misma manera, se selecciona el canal 0x14 para el módulo receptor.

Antes de que la conexión se establezca, todos los LEDs del receptor permanecen parpadeando. Una vez que la conexión se ha establecido, el LED verde se fija en ON, mientras que el amarillo y el rojo destellan periódicamente.

Al comenzar a utilizar el software Hyper Terminal, es necesario ajustar el correspondiente puerto COM con los parámetros de la Tabla 3.

Figura 2: Módulo receptor con antena externa montado en lo alto del trípode.

Figura 3. Medidor de distancias del coche

Dispositivo	Software
ZigBit™ Amp (Transmisor)	transmitter.srec, transmitter.hex – cualquiera de estos archivos imagen puede ser usado opcionalmente para cargar al transmisor con Range Measurement Tool
ZigBit™ Amp (Receptor)	receiver.srec, receiver.hex – cualquiera de estos archivos imagen puede ser usado opcionalmente para cargar al transmisor con Range Measurement Tool
PC	Software Hyper Terminal

Tabla 2. Software instalado

Fecha	08 de Noviembre de 2007
Temperatura	-6°C
Humedad relativa	73%
Presión atmosférica	744 mm de Hg.
Viento	Sin viento

Tabla 1. Condiciones atmosféricas durante la prueba

Para acometer las series completas de medidas para cada distancia entre transmisor y receptor, los módulos se instalaron en lo alto de trípodes de 1,6m (ver Figura 2). La prueba se realizó en un día de comienzos del invierno en el que se observaron las condiciones meteorológicas indicadas en la tabla 1:

Durante la prueba fue utilizado el siguiente equipamiento:

- Dos trípodes de aluminio extendidos a una altura de 1,6m.
- PC portátil alimentado por generador AC externo.
- Módulo ZigBit™ Amp (ZDM-A1281-PN rev.2.0) con amplificador de potencia de salida y antena externa; antena Titanis Swivel de altas prestaciones a 2,4GHz fijada al conector SMA (ver Figura 2); el módulo se montó en una tarjeta de desarrollos MeshBeans Amp (configurada como receptor) conectada al portátil a través del interfaz RS-232.

La Tabla 2 especifica el software instalado en cada dispositivo inalámbrico y en el PC antes de la prueba. Las imágenes del receptor y el transmisor fueron cargadas con el Range Measurement Tool [2] disponible en el software MeshNetics eZeeNet™ v.1.5 y superior [3].

Parámetro	Valor
Velocidad de transmisión	38400 bps
Bits de datos	8
Paridad	No
Bits de paro	1
Control de flujo	No

Tabla 3. Configuración del puerto COM

Para cargar los archivos imagen srec con la utilidad Serial Bootloader se emplearon fuse bits como FF/9C/C0, seleccionando las siguientes opciones:

Brown-out detection disabled  
 JTAG interface enabled Serial program downloading (SPI) enabled  
 Boot Flash section size=1024 words  
 Boot start address=\$FC00 Boot Reset vector Enabled (default address=\$0000) Ext. Clock;  
 Start-up Time: 6 CK + 0ms.

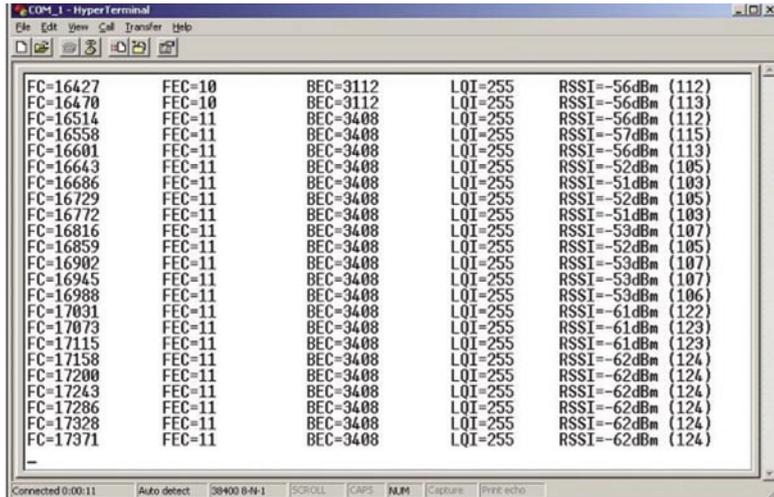
### Observaciones en campo

Para determinar el alcance del Zig-Bit Amp, la calidad de la conexión fue estimada en función de la distancia TX/RX. Para observar los errores de transmisión, se utilizó el software Hyper Terminal en el PC receptor. La prueba, para cada distancia, consistió en que el transmisor enviara periódicamente paquetes de datos que contenían 1024 bits de una secuencia generada pseudoaleatoriamente (polinómica, de acuerdo con la recomendación ITU-T O.151), y el receptor almacenara información sobre el número de paquetes (tramas) recibidos, paquetes perdidos, y paquetes que contenían bits de error.

El estado de la conexión se monitorizó en el PC receptor como muestra el ejemplo de la Figura 4.

La Tabla 4 presenta los parámetros observados sobre la calidad de la conexión. Cuando se produjo el fallo en la conexión, todos los LEDs comenzaron a parpadear en la tarjeta receptora y se detuvo el contador FC. Como com-

Figura 4. Salida de Hyper Terminal de la aplicación Range Measurement



Parámetro	Descripción
FC	Contador de tramas
BEC	Contador Bit Error
FEC	Contador Frame Error
LQI	Indicador de la calidad del enlace
RSSI	Indicador de la fuerza de la señal recibida

Tabla 4. Parámetros observados en la calidad del enlace

plemento a estas observaciones de fallos, la estabilidad de la conexión fue determinada para cada prueba a través de estimaciones visuales basadas en ratios de tiempo de conexión mientras los LEDs indicaban que la conexión estaba funcionando. La sesión Hyper Terminal proporciona las series de conexión posteriores. Las series de pruebas de datos fueron salvadas en registros de texto, separados en función de la distancias TX/RX.

Tabla 6. Resumen de observación de la prueba de alcance

### Calidad de la conexión

La interpretación en laboratorio de cada registro de datos estaba basada en el cálculo de estadísticas de los ratios y también en el indicador estándar RSSI. Estas estadísticas fueron representadas en la forma mostrada en la Tabla 5. La conexión era considerada estable si se satisfacían las dos condiciones siguientes:

$$FER < 0.1; BER < 0.01$$

La conexión era considerada fallida si ocurría alguna de las condiciones siguientes:

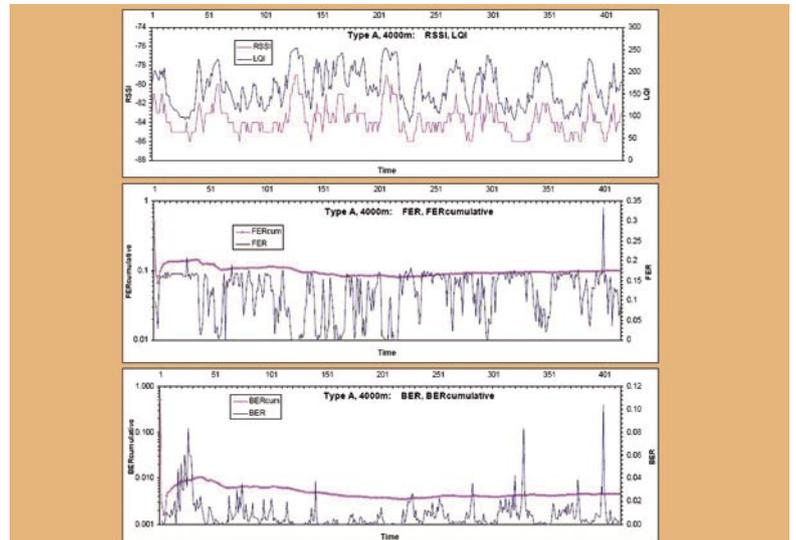
Estadística	Descripción
FR	Ratio de tramas
BER <sub>short</sub>	Bit Error Rate (valor puntual)
BER <sub>cum</sub>	Bit Error Rate (valor acumulado)
FER <sub>short</sub>	Frame Error Rate (valor puntual)
FER <sub>cum</sub>	Frame Error Rate (valor acumulado)

Tabla 5. Estadísticas de los ratios

- Cualquiera de las condiciones anteriores no se cumplía en términos de FERcum o BERcum (Valores acumulativos).
- Las condiciones no se cumplían en términos puntuales si al menos 5 de los picos de FERshort o BERshort excedían el umbral especificado.

Para estimar el alcance del módulo, los resultados de las medidas se resumen en la Tabla 6. De acuerdo con el promedio del RSSI, las estimaciones de BERcum y FERcum se dan en términos de niveles finales obtenidos durante el periodo de estabilización (unos 3min). Siguiendo con las especificaciones discutidas, las localizaciones TX pueden ser cla-

TX/RX distance, m	RSSI, dBm	FER	BER	Notas
2000	-72	0,02	0,0010	Conexión estable
3000	-78	0,05	0,0015	Picos raros en FER y BER, no hay caída, conexión estable
4000	-83	0,10	0,0040	No fallo BER, picos esporádicos en FER, conexión aceptable.



sificadas con respecto a la calidad observada en la conexión, como se representa en la Tabla 6. En la Figura 5 se exponen las variaciones de la conexión para la distancia TX/RX de 4000m.

### Conclusión

El módulo ZigBit™ Amp realizado con el amplificador de potencia de salida y el amplificador de entrada de bajo nivel de ruido entrega una característica aceptable de alcance en la distancia máxima de 4000m.

### Bibliografía

- [1] ZigBit™ Amp OEM Modules. Product Datasheet. MeshNetics Doc. M-251~03.
- [2] eZeeNet™ Software 1.7. eZeeNet™. Range Measurement Application. User's Guide. MeshNetics Doc. P-EZN-452~04.
- [3] eZeeNet™ Software. Product Datasheet. MeshNetics Doc. M - 251~02.
- [4] ZigBit™ OEM Modules. Product Datasheet. MeshNetics Doc. M-251~01.
- [5] Módulo OEM ZigBit™. Nota de aplicación. Estudio comparativo de las prestaciones de alcance y sensibilidad de receptor de ZigBit™. Next-For Doc. MN\_NA02