

WiMAX en entornos rurales

Banda libre vs. Banda licenciada

September 2009
Rev A3

A la hora de seleccionar la banda de trabajo y el equipamiento necesario para proporcionar acceso WiMAX en un determinado escenario, es fundamental conocer las peculiaridades de dicho escenario y las ventajas e inconvenientes que ofrecen las diferentes alternativas de equipamiento disponibles.

Por ello, este documento pretende realizar una comparativa entre sistemas WiMAX trabajando tanto en Banda Libre como en Banda Licenciada, para el caso particular de un entorno rural.

En primer lugar se analizarán detenidamente las características específicas del medio rural, las dificultades que implica y las tecnologías que se pueden utilizar para proporcionar a los clientes finales acceso en banda ancha. A continuación, se procederá a analizar y comparar las características del sistema WiMAX en cada uno de las dos bandas frecuenciales y finalmente se concluirá que la banda libre resulta la mejor opción de trabajo con sistemas WiMAX en entornos rurales.

Sistema WiMAX: Bandas de 3,5 y 5,6 GHz

La tecnología WiMAX es una de las alternativas con mayor potencial para acceso de banda ancha en medios rurales. Una vez decidida la tecnología, el operador deberá evaluar si decide trabajar en la banda licenciada o en la banda libre. En los siguientes puntos se tratará de explicar más detalladamente las características principales de estas dos alternativas, para poder tomar la decisión más conveniente.

Banda licenciada

El equipamiento de infraestructura (BS - Estación Base) en la banda de **3,5 GHz** se suele caracterizar por los siguientes aspectos:

- Ofrecen la posibilidad de altas potencias de transmisión al carecer esta banda de limitación de potencia. Esta mayor potencia de transmisión se consigue a cambio de un importante incremento en el coste del equipamiento debido a la etapa de potencia y el sistema de alimentación y disipación del equipo.
- El ancho de canal más empleado es el de 3,5 MHz, lo que permite una capacidad máxima a nivel físico de 13.1 Mbps (ráfaga 64QAM-3/4). Mayores anchos de banda no son viables debido a la escasez de espectro y a la necesidad de reutilización de frecuencias, por lo que la mayor parte de las estaciones base sólo soportan ese ancho de banda.
- Las estaciones base pueden operar en modo *Full-Duplex*, lo que teóricamente duplica la capacidad, a cambio de un importante aumento de coste debido al uso de duplexores. En la realidad, para aplicaciones de acceso radio en banda ancha, el ancho de banda no se duplica, ya que la demanda de tráfico ascendente es muy inferior a la de tráfico descendente.

Banda libre

Para el caso de operar en banda libre (**5475–5725 MHz** en Europa), las características del equipamiento se resumen a continuación:

- La potencia de transmisión suele ser baja, ya que está limitada por aspectos regulatorios, por lo que el equipamiento suele tener una arquitectura ligera en la que el coste se ha optimizado
- La gran disponibilidad de espectro (200 MHz) permite el uso de anchos de canal mayores, siendo 10 MHz el ancho de banda más empleado, lo que permite una capacidad máxima a nivel físico de 37.7 Mbps (ráfaga 64QAM-3/4)
- El método de duplexado es siempre TDD, lo que obliga a repartir el *throughput* disponible entre tráfico ascendente y descendente, pero permite establecer una asimetría en el tráfico ascendente/descendente que se adapte a la demanda concreta, lo que se traduce en un mayor aprovechamiento del espectro.

Comparativa Técnica

Tras lo expuesto en los puntos anteriores, se observa que la principal diferencia radica en la potencia y espectro disponible:

- **Potencia** (afecta al coste): Mayor potencia implica mayor alcance, y en 3,5 GHz se puede optar a equipamiento de alta potencia (alto coste).
- **Espectro** (no afecta al coste): Mayor disponibilidad de espectro implica mayor capacidad. La banda de libre de 5,6GHz permite anchos de banda de 10 MHz, mientras que en 3,5 GHz se limita a 3,5 MHz.

El operador deberá elegir básicamente entre conseguir una mayor potencia con canales de 3,5 MHz, o tener canales de 10 MHz con menor potencia.

¿Qué banda proporciona un mejor rendimiento en escenarios rurales?

Como se explicará más adelante, en zonas rurales gana la disponibilidad de espectro al uso de mayor potencia, principalmente por dos motivos: menor coste (obvio) y mejor rendimiento (no tan obvio). A continuación se justifica el mejor rendimiento de un equipo con 10 MHz de ancho de canal que otro de mayor potencia pero con 3,5 MHz de ancho de canal.

Para aplicaciones de acceso radio en banda ancha, más importante que el alcance o que la capacidad proporcionada es la combinación de ambos parámetros, es decir, la capacidad proporcionada a una determinada distancia. De nada sirve un gran alcance con muy poca capacidad (tecnología tipo Tetra) ni una gran capacidad a corto alcance (tecnología tipo Wi-Fi). La aplicación requiere maximizar la capacidad con un radio de cobertura razonable para el escenario concreto, que en el caso de zonas rurales suele rondar los 5-20 km.

Obviamente, una estación de alta potencia llega más lejos que una de baja potencia, y una estación con 10 MHz de canal permite mayor capacidad que una con canales de 3.5 MHz. ¿Pero cuál permite maximizar el producto *throughput*-distancia?

WiMAX permite emplear diferentes modulaciones en función de la calidad de la señal, de modo que si la calidad de la señal es buena se emplea una modulación que proporcione un alto *throughput* (64QAM-3/4), mientras que si la calidad de la señal es mala se recurre a modulaciones de bajo *throughput* como BPSK -1/2, cuya capacidad es nueve veces inferior a 64QAM-3/4. Sin embargo, el *throughput* no sólo depende de la modulación empleada, sino también del ancho de banda utilizado.

Ejemplo práctico

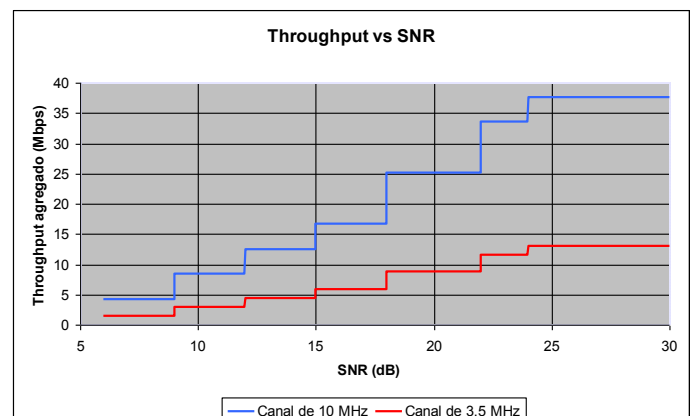
Tal y como se muestra en la gráfica, el sistema con canal de 10 MHz (banda libre) permite una mayor capacidad para cualquier relación SNR que el sistema con canal de 3,5 MHz (banda licenciada). Este fenómeno tiene un importante impacto en el comportamiento de una red WiMAX a la hora de comparar el producto *throughput*-distancia.

Para cortas distancias, la calidad de la señal es lo suficientemente alta como para permitir el uso de la mejor modulación (64QAM-3/4) en ambos sistemas (BS en banda libre y BS de alta potencia en 3,5 GHz), por lo que el rendimiento del sistema en banda libre supera con creces al sistema en banda licenciada con un *throughput* que es prácticamente el triple.

Según crece la distancia de cobertura, el sistema en banda libre comienza a notar la degradación de la señal, mientras que el sistema en banda licenciada puede mantener la máxima modulación debido a su mayor potencia de transmisión. Sin embargo, el *throughput* del sistema en banda libre sigue siendo superior. Este fenómeno continúa hasta que el nivel de degradación de la señal se traduce en una relación SNR de alrededor de 12 dB (modulación QPSK-3/4), para la que un canal de 10 MHz es capaz de proporcionar el mismo *throughput* que un canal de 3,5 MHz con la máxima modulación (SNR>24 dB).

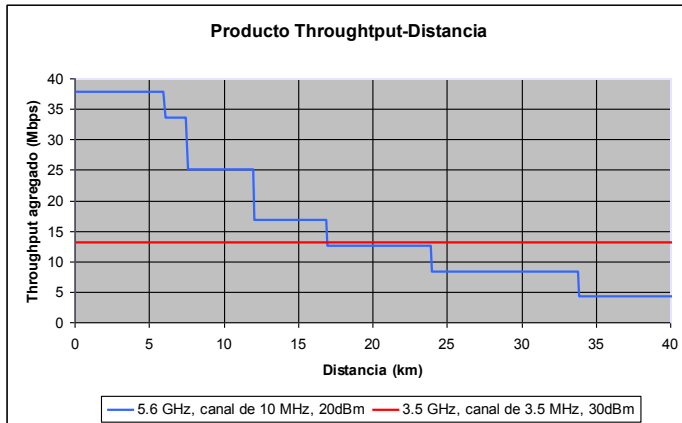
Finalmente, para distancias muy grandes el sistema en banda licenciada supera el rendimiento del sistema en banda libre.

La clave está en la distancia para la que el sistema en banda libre y el sistema en banda licenciada proporcionan el mismo *throughput*. Para distancias menores el rendimiento es superior en banda libre, y para distancias mayores, es mejor en banda licenciada (mayor potencia). Los usuarios de la red WiMAX se distribuyen en la zona de cobertura a diferentes distancias, por lo que su distribución en relación a esa distancia de rendimiento equivalente justifica la elección de la banda de trabajo, aunque habrá que tener otros parámetros en cuenta, como el elevado coste del equipamiento de alta potencia en banda licenciada.



En la siguiente ilustración se presenta el máximo *throughput* neto descendente (de estación base a estación de usuario) proporcionado por dos BS diferentes:

- Estación Base en 3,5 GHz con ancho de canal 3,5 MHz y 1W de potencia
- Estación Base en 5,6 GHz con ancho de canal 10 MHz y 0,1W de potencia



Es decir, una estación en banda libre (azul) y una en banda licenciada (rojo) de mayor potencia.

En ambos casos se supone propagación con línea de vista (LOS) típica de escenarios rurales, el duplexado es TDD y la antena empleada es sectorial de 16 dBi. En cuanto a los parámetros de los CPEs, se han tomado de CPEs existentes de la misma gama. Se ha introducido en ambos casos un margen de 5 dB debido a pérdidas de apuntamiento y desvanecimientos.

Los escalones que se aprecian en la curva azul (correspondiente al sistema en banda libre) se corresponden con los cambios de modulación. Según aumenta la distancia se reduce la calidad de la señal, por lo que se reduce la modulación, reduciendo por tanto el *throughput*. Este fenómeno no ocurre en el sistema en 3.5 GHz, que debido a su mayor potencia de transmisión es capaz de mantener la máxima modulación en todo el rango de distancia considerado.

CONCLUSIONES

Tras la comparativa realizada en el punto anterior, se concluye que la distancia de rendimiento equivalente de ambos sistemas se sitúa entre 15 y 25 km, distancia más que suficiente para despliegues en escenarios rurales. Si los usuarios se sitúan a distancias inferiores a 25 km, el rendimiento del sistema en banda libre es superior. Para distancias superiores el sistema en banda licenciada presenta un mejor rendimiento.

Para refrendar esta afirmación, se compara la capacidad proporcionada por las mismas estaciones base a cada usuario en un escenario LOS, con 30 usuarios distribuidos uniformemente entre 5 y 20 km de distancia a la estación base.

Los usuarios están situados por debajo de la distancia de rendimiento equivalente, por lo que la capacidad del sistema en banda libre será superior. Efectivamente, el sistema en banda libre es capaz de proporcionar una capacidad a cada usuario muy superior que el sistema en banda licenciada, como se muestra a continuación:

	3.5 GHz	5.6 GHz
Tráfico descendente	147 kbps	235 kbps
Tráfico ascendente	126 kbps	207 kbps

Por lo tanto, y como se ha explicado en este documento, en escenarios rurales la elección es clara: es mejor disponer de espectro que disponer de potencia, ya que el rendimiento (*throughput* y distancia) es mejor y el coste muy inferior. Por lo tanto, **Albentia Systems recomienda el uso de equipamiento en banda libre de 5,6 GHz para aplicaciones rurales.**