

# Application Note

## Cómo la Eficiencia Espectral permite reducir costes

### Definición de Eficiencia

La Eficiencia Espectral tiene un gran impacto en el rendimiento y coste global de cualquier solución inalámbrica, algo que casi siempre se pasa por alto. La Eficiencia de la capa MAC se puede definir como la relación entre el throughput neto a nivel Ethernet (carga útil) y la capacidad bruta que puede ofrecer la capa física. Ahí es donde entra la eficiencia de la capa MAC, en la traducción de la capacidad a nivel físico en capacidad a nivel Ethernet.

Una de las características que hacen tan interesante a la tecnología 802.16-2009 (*WiMAX*) es su alta Eficiencia Espectral (>90%), muy superior a la Eficiencia en otras tecnologías como 802.11- *WiFi* (<50%).

### ¿Por qué WiMAX tiene una alta Eficiencia Espectral?

La Eficiencia Espectral resultante de un sistema es proporcional a las Eficiencias que se obtienen en cada nivel, y en este aspecto *WiMAX* es una tecnología muy equilibrada, ofreciendo buenos resultados en todos ellos:

- **A nivel físico:** Modulación OFDM, códigos de corrección correctores, modulación adaptativa,...
- **A nivel de enlace:** Capa MAC entramada en la que la Estación Base ejerce de árbitro controlando todas las transmisiones. El Acceso al Medio es por tanto completamente determinista: no se permiten colisiones, ni contienda, ni silencios. En esta capa reside gran parte del enorme potencial de *WiMAX*.
- **A niveles superiores:** Reducción al máximo de *overhead* y redundancias, maximizando la relación de bits de información por bits totales transmitidos.

Parece evidente que si se obtienen buenas Eficiencias relativas en cada uno de estos tres niveles, la Eficiencia Espectral resultante será excelente. Esto es precisamente lo que ocurre con la tecnología *WiMAX*. Las implicaciones de una alta Eficiencia Espectral se comentan a continuación.

## CONCLUSIONES

*Una tecnología con alta Eficiencia Espectral es capaz de proporcionar un mayor throughput con menor SNR, es decir, a mayor distancia que otro sistema poco eficiente. Además, y desde otro punto de vista, una mejor Eficiencia Espectral también se traduce en un mayor alcance para un mismo throughput neto. Esto puede tener importantes implicaciones económicas:*

- 1) **Ahorro en antenas:** Para una misma distancia de enlace, un sistema *WiMAX* es capaz de entregar el mismo throughput neto que un sistema 802.11 (*Wi-Fi*) empleando antenas de menor ganancia (más baratas).
- 2) **Ahorro en potencia:** Para la misma distancia y antenas, el enlace 802.16 necesita transmitir menor potencia que el enlace 802.11 para entregar el mismo throughput, por lo que no es necesario comprar equipos de mayor potencia, y por tanto de mayor coste
- 3) **Mayor throughput:** Para la misma distancia, antenas y potencia, un sistema 802.16 entrega un mayor throughput neto que un enlace 802.11.

### Impacto de la Eficiencia Espectral

La *Ley de Shannon* establece que la capacidad de un sistema depende del ancho de banda del canal (BW) y de la relación señal a ruido (SNR). Por lo tanto, para un mismo BW, un sistema poco eficiente necesita una mayor SNR para lograr las mismas prestaciones que otro más eficiente, o lo que es lo mismo, un sistema más eficiente con peor SNR puede ofrecer el mismo rendimiento que otro menos eficiente.

La capa física permite el uso de diferentes modulaciones de subportadora, desde las más sencillas como BPSK hasta más complejas como 64QAM. Cuanto más compleja es la modulación, más capacidad tiene la capa física (p. ej. la capacidad de 64QAM-3/4 es nueve veces la capacidad de BPSK-1/2). Esta mayor capacidad se consigue a cambio de una mayor SNR, que se traduce en un menor alcance. A igualdad de potencia de transmisión, sensibilidad y ganancia de antenas, a mayor modulación más capacidad pero menor alcance.

Una capa MAC altamente eficiente es capaz de exprimir al máximo la capacidad proporcionada por la capa física. Por lo tanto, para proporcionar un mismo throughput neto a nivel Ethernet, que es lo que realmente importa, cada caso requerirá una capacidad determinada al nivel físico. Cuanto peor sea la eficiencia MAC, más capacidad se necesitará a nivel físico para proporcionar el throughput neto deseado, por lo que será necesario emplear modulaciones más complejas capaces de proporcionar dicha capacidad, lo que se traduce en un menor alcance del enlace debido a la mayor SNR necesaria.

Es claro por tanto que si nuestro sistema *WiMAX* de Alta Eficiencia nos permite trabajar al mismo rendimiento con menores SNR, podríamos mantener el rendimiento del enlace reduciendo las ganancias de las antenas de transmisión y recepción, lo que se traduce en antenas más baratas, más pequeñas, y más fáciles de instalar. Estamos reduciendo los costes de la instalación invirtiendo en una tecnología altamente Eficiente.