

# Técnicas para medidas de características de transmisión en aplicaciones WiMAX en desarrollo

Por David Beltrán



David Beltrán. Departamento de Instrumentación de Rohde & Schwarz España. S.A.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) se basa en técnicas de transmisión inalámbrica especificadas en el estándar IEEE 802.16.

## El desarrollo de WiMAX

El objetivo original de WiMAX fue crear un sustituto para los servicios de cable de banda ancha, como las diversas tecnologías de DSL. Adicionalmente al WiMAX en el segmento fijo (802.16-2004), se añadieron aplicaciones móviles en la versión del estándar 802.16e-2005, facilitando un acceso de banda ancha completo.

El siguiente paso de desarrollo consiste en crear las primeras aplicaciones para WiMAX, con ayuda de la tecnología MIMO (multiple input multiple output), que posibilitará tasas de transferencia elevadas y una eficiencia espectral mejorada. En contrapartida, MIMO presenta nuevos retos para los equipos de test necesarios en desarrollo, certificación y producción de aplicaciones WiMAX MIMO.

## WiMAX necesita equipos de test avanzados

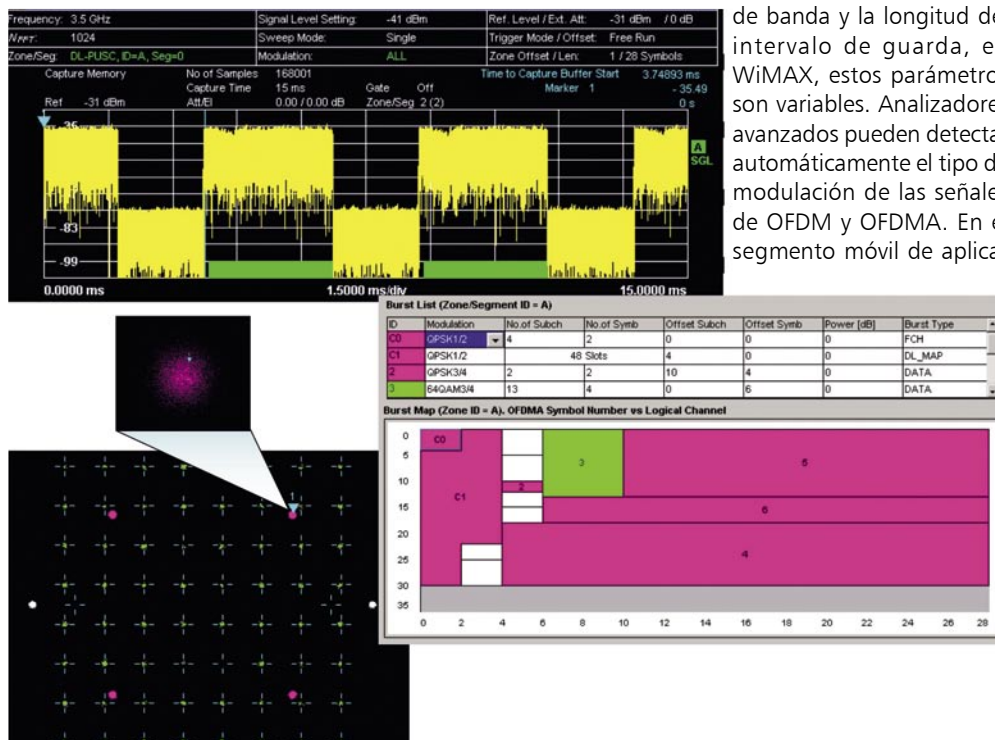
El desarrollo de aplicaciones y componentes WiMAX requiere la investigación precisa de las características de RF. Desafortunadamente, los analizadores de espectro convencionales no son capaces de analizar la calidad de la modulación de la señal de WiMAX (OFDM/OFDMA). Primero se tiene que almacenar y demodular la señal completa, lo que precisa un analizador de espectro de gran ancho de banda, como mínimo de 20MHz. Es deseable que el equipo pueda analizar la señal completa de WiMAX, no sólo analizando la señal en el rango de RF sino en el rango de banda base, para poder detectar cualquier degradación que la señal haya sufrido debido, por ejemplo, al canal de transmisión. Equipos con esta funcionalidad pueden aprovecharla para analizar otras señales digitales en banda base, e incluso otras señales analógicas.

Previamente a realizar medidas de señales OFDM/OFDMA, es necesario definir la frecuencia y la longitud de almacenado, así como el ancho de banda y la longitud del intervalo de guarda, en WiMAX, estos parámetros son variables. Analizadores avanzados pueden detectar automáticamente el tipo de modulación de las señales de OFDM y OFDMA. En el segmento móvil de aplica-

ciones WiMAX, es posible, por ejemplo, decodificar el DL-MAP (el cual contiene una descripción precisa de la modulación de las diferentes portadoras en cada instante de tiempo) y utilizarlo para la demodulación. Un analizador de espectro con esta funcionalidad facilita al usuario realizar medidas de una señal de bajada sin la necesidad de comprender o introducir el DL-MAP (ver FIG 1), simplificando las medidas en señales transmitidas y apoyando el trabajo de desarrollo, incluso posibilita utilizarlo de forma eficaz en entornos de producción.

El analizador de señal es otro equipo esencial para el desarrollo de aplicaciones WiMAX. Un analizador de señal calcula los principales parámetros utilizados para caracterizar señales de WiMAX, incluso presentándolas en formato tabulado, proveyendo al usuario, de un vistazo rápido, toda la información para optimizar el sistema, o en formato gráfico mostrando de forma detallada la medida del parámetro. El error vector magnitud o EVM (error vector magnitude) es muy importante para valorar la calidad de la modulación. Indica la desviación del punto real medido en el diagrama de constelación en comparación con el valor ideal esperado (FIG 1). La calidad de la señal se puede calcular basándose en parámetros como el desfase I/Q, error de cuadratura desfase entre componentes en cuadratura y en fase. Un analizador también debe mostrar los parámetros de error de reloj de frecuencia y de símbolo, la potencia transmitida y el factor de cresta. La representación gráfica del EVM respecto al tiempo o respecto a la frecuencia es una vista que aporta mucha información para la investigación de la influencia de transitorios o la respuesta en frecuencia. Otras relaciones como el error de frecuencia y de fase, y el retraso de grupo muestran información adicional de interés en su formato gráfico. El estándar de WiMAX requiere medidas de conformidad de test como potencia de canal adyacente y máscara temporal. La

Figura 1. La imagen superior muestra la señal de WiMAX en el dominio del tiempo. Las barras verdes indican que la señal se ha detectado y que parte de la misma se ha analizado. Gracias a la información en la cabecera de control de trama, FCH (frame control header) y a la DL-MAP, se detecta la composición de la ráfaga y la modulación (se muestra en las imágenes inferiores), como paso previo para mostrar esta información se debe remodular la señal.



mascara para medidas espectrales debe ser configurable para adaptarse a los requisitos de regulación de los diferentes países, y determinar de forma sencilla si los productos WiMAX pueden venderse en las distintas regiones del mundo.

### Tecnología WiMAX MIMO

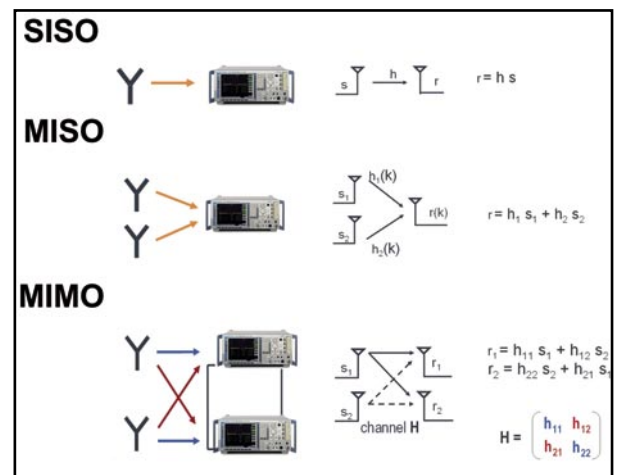
Debido al crecimiento en curso de la demanda por capacidad de canales, cada vez más estándares como WiMAX están adoptando la tecnología MIMO. Esta tecnología incrementa la tasa de transmisión y permite alcanzar mejor calidad de transmisión, mediante la utilización de múltiple antenas transmisoras y receptoras de forma simultánea. La eficacia de MIMO se basa en aprovechar la propagación multicamino, considerada en estándares anteriores como una fuente de interferencias. MIMO utiliza cada uno de los caminos de propagación entre el transmisor y el receptor para mejorar la relación señal ruido (S/N). Para aplicaciones móviles en particular la recepción multicamino reduce las fluctuaciones de nivel recibidas comparado con una transmisión de un único canal. El estándar 802.16e-2005 (WiMAX) define diferentes modos MIMO para sistemas de dos o cuatro antenas.

Existe una distinción entre codificación especial temporal, STC (space time coding) y la multiplexación real (MIMO real). En la STC, se transmite la misma información por ambas antenas pero con diferente codificación, lo que genera un aumento de la relación señal ruido (S/N) y por tanto un aumento del rango del sistema. Sin embargo, la tasa de transferencia solo se incrementa como resultado de una mejora de la calidad de la señal. Este modo se denomina Matriz A y la codificación se basa en la técnica de Alamouti. En MIMO real, también conocido como Matriz B, se transmiten de forma simultánea dos flujos de datos diferentes por cada una de las antenas, incrementando la velocidad de transferencia y la eficiencia espectral. En ambos modos los flujos de datos contienen secuencias de bits piloto, transmitidas en frecuencias diferentes o portadoras en función de la antena en uso para que no exista interferencia mutua. Basándose en la secuencia de bits piloto, el receptor puede distinguir el flujo de datos transmitido por cada antena.

### Medidas en aplicaciones de transmisión WiMAX MIMO

Hacer medidas que implican aplicaciones MIMO requiere una adaptación de los algoritmos utilizados en el software de análisis para WiMAX. Muchas aplicaciones de test diseñadas para comprobación o producción tienen como primer objetivo determinar si las señales transmitidas cumplen con el estándar adecuado y si las características físicas se encuentran entre los límites especificados. Los diferentes caminos de la antena no necesitan medirse simultáneamente, sino que pueden evaluarse uno tras otro. Esto significa que un solo analizador es suficiente para esta aplicación. La configuración en el instrumento de medida incluye el número de conexión de antena y el modo de operación (DL PUSC matriz A o B) utilizado para la transmisión de datos. Se suelen representar valores tales como EVM, nivel de potencia y desequilibrios I/Q para cada camino de antena.

Por supuesto, se necesita un análisis mucho más extenso para la fase de desarrollo y para tests de validación. Por ejemplo, si se necesita reproducir completamente los datos de la señal de transmisión o analizar la interferencia por acoplamiento entre antenas, se deberán realizar medidas simultáneas en ambas antenas (FIG 2). En modo de matriz A,



esto es posible con un solo analizador de señal. Las antenas de transmisión se combinan y conectan a la entrada del analizador (MISO: múltiples entradas, una sola salida). Debido a la codificación especial que se utiliza, es posible separar las señales otra vez y demodular completamente los datos, de forma que se miden los dos canales, de forma que se miden los dos canales (FIG 3). En contrapartida, en el modo de matriz B, esta medida requiere dos analizadores para calcular la matriz de canal H y demodular la señal (FIG 2). Como posible solución se puede utilizar un primer analizador de espectros con capacidad para análisis de WiMAX funcionando como maestro y un segundo analizador de espectros como esclavo. El analizador esclavo se activa por el maestro sólo para grabar datos. El maestro luego procesa los resultados.

Figura 2. Modos de medidas de transmisión diferentes para aplicaciones WiMAX: En el caso de SISO, hay una sola antena para transmitir y otra sola para recibir. El canal h se puede caracterizar por una magnitud escalar. En el caso de MISO (matriz A), hay dos antenas transmisoras y una sola receptora, por lo que se necesita un vector para caracterizar el canal. En el caso de MIMO real (matriz B), se necesitan dos analizadores para la caracterización completa del canal, que se caracteriza por la matriz H.



Figura 3. Resultados de medida para aplicaciones MISO: Este analizador muestra medidas adicionales como la planicidad espectral de los dos canales h1 y h2.