

Medidas de la calidad de modulación de los enlaces ascendente y descendente de WiMAX móvil

Por Viswanathan Ganesan, Agilent Technologies



Acerca del autor:
 Viswanathan Ganesan es Director de Programas de Comunicaciones Emergentes de la Unidad de negocio de Sistemas Inalámbricos de Agilent. Trabaja en el desarrollo de negocio y la gestión de programas para el mercado de conexión inalámbrica en red desde 2000. Obtuvo una licenciatura en Tecnología (Electrónica y Telecomunicaciones) por el Instituto de Tecnología de Madrás, Chennai (India) en 1980 y una diplomatura en Administración de empresas en 1995. Es miembro del Grupo de Comunicaciones Inalámbricas del IEEE desde 2006.

Garantizar un rendimiento adecuado de RF puede convertirse en una difícil tarea para el diseñador de radio, tanto si se trata de una estación base WiMAX móvil como de una estación de abonados. El diseño de radio abarca numerosos aspectos. El estándar 802.16e requiere una serie de medidas para evaluar su rendimiento. En este artículo nos centraremos en las medidas de demodulación de los enlaces descendente y ascendente. Explicaremos cómo realizar medidas de la calidad de modulación en las señales de transmisión de los enlaces descendente y ascendente.

Para ello podemos examinar una grabación de señales WiMAX móvil suministrada con el software de análisis vectorial de señales de Agilent para WiMAX móvil.

Un método contrastado para obtener medidas de error de modulación y demodulación con la menor dificultad posible consiste en limitar la complejidad de la señal. Una buena forma de hacerlo es empleando una señal "uniforme".

La señal uniforme identificada aquí está limitada a un único tipo de modulación y utiliza todos los subcanales lógicos (y, por tanto, todas las subportadoras) para la subtrama completa. La potencia de la señal permanece constante para cada símbolo de la subtrama.

Dado que es posible crear una señal uniforme de la misma forma que señales OFDM más sencillas, se reduce la probabilidad de que se produzcan errores en la creación de señales o de DSP.

Puesto que la señal uniforme suele ser representativa de diversas señales OFDMA en términos de estadísticas de potencia y espectro, puede servir perfectamente como señal de prueba para empezar. La señal uniforme es correcta espectralmente y también suele

ser válida para las estadísticas de potencia. Estas estadísticas deberán aproximarse a la curva AWGN. Si bien las señales del enlace descendente pueden cambiar de potencia durante una subtrama para un único símbolo OFDM, las estadísticas de potencia CCDF deberán ser similares para las señales uniformes y las no uniformes. Además, en una señal uniforme resulta fácil encontrar las señales piloto (en relación a las cuales se demodula la señal).

Es necesario hacer algunas salvedades en este punto. Esta señal simplificada no es ideal para la prueba de receptores, ya que carece de cabecera de control de tramas (FCH) con modulación QPSK. También carece de DL-MAP, DCD, etc., que sí estarían presentes en una señal WiMAX real.

La aplicación N7615B Signal Studio de Agilent para 802.16e permite crear cómodamente formas de onda WiMAX móvil y WiBro que se ajustan a los estándares IEEE Wireless MAN-OFDMA PHY. Puede descargar formas de onda de muestra desde:

La intuitiva interfaz gráfica de usuario del software permite acceder con comodidad a los parámetros de la capa MAC básica y física. (Puede descargar el software desde www.agilent.com/find/signalstudio.)

A continuación se muestra la interfaz de usuario de N7615B para crear una señal uniforme (TDD) de 21 tiempos de símbolo OFDM, incluidos 20 símbolos de datos 64 QAM más un preámbulo con el MXA N5182A de Agilent.

Con la aplicación N7615B Signal Studio de Agilent puede descargar los archivos de formas de onda OFDMA (deberá adquirir la licencia del software) al generador de señales vectoriales N5182A MXG de Agilent para su reproducción. Este puede demodularse con la aplicación de medida OFDMA 802.16 N9075A del analizador de señales MXA N9020A de Agilent. También puede emplear una captura (archivo de grabación) realizada sobre dicha señal que se suministra con el software de análisis vectorial de señales 89601A de Agilent para conocer y familiarizarse con las medidas.

<http://www.home.agilent.com/agilent/editorial.jsp?cc=US&lc=eng&ckey=750943&nid=536902964.536905728.02&id=750943>

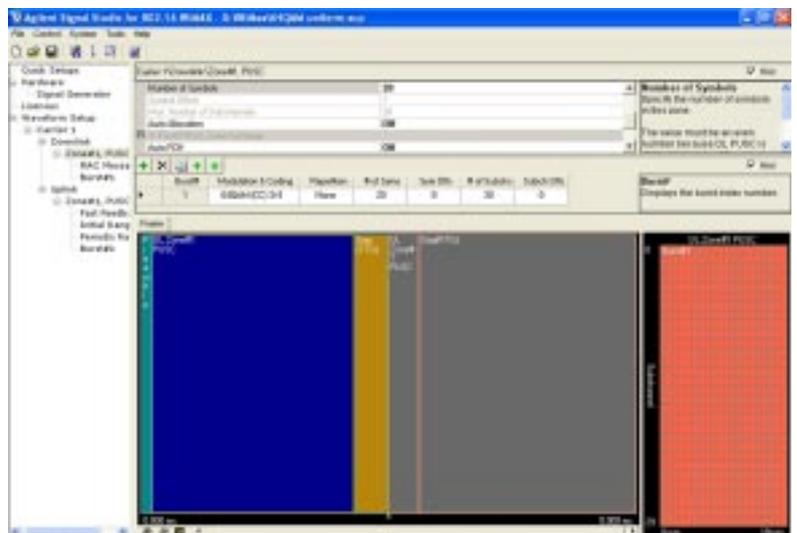


Figura 1. Interfaz de usuario de la aplicación Signal Studio de Agilent, configurando los parámetros de formas de onda del enlace descendente

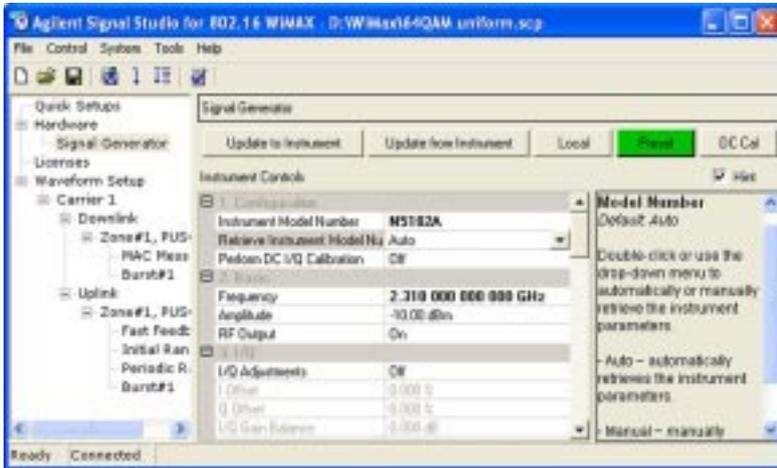


Figura 2. Interfaz de usuario de la aplicación Signal Studio de Agilent, configurando los parámetros del generador de señales

Medidas de la calidad de modulación del enlace descendente (DL)

El archivo: [i80216e_DLpuscUniform Q64.sdf](#) es una grabación de una señal de enlace descendente suministrada con el software VSA 89601A de Agilent (consulte www.agilent.com/find/89600). Esta señal uniforme ocupa todos los slots de la zona, lo que significa que todas las subportadoras OFDM están activas a lo largo de la subtrama y se modulan con 64QAM (salvo las señales piloto, que se modulan con BPSK). Suele resultar útil realizar las medidas vectoriales (envolvente temporal y espectro o espectro controlado) sobre una señal antes de preparar la realización de la demodulación digital. Por consiguiente, aquí se asume que la señal no tiene defectos graves sin corregir que puedan apreciarse en modo vectorial y que previsiblemente vayan a impedir la demodulación digital.

Configuración del software VSA 89600 para demodulación digital

El primer paso en la demodulación digital consiste en seleccionar el modo de demodulación. Para ello, seleccione la secuencia del menú siguiente en el analizador:

MeasSetup > Demodulator > Broadband Wireless Access, donde seleccionará 802.16 OFDMA. El paso siguiente consiste en abrir el cuadro de diálogo Demodulation Properties del OFDMA 802.16 (MeasSetup > Demod Properties) y sus cinco fichas, comenzando por la ficha Format (Figura 3).

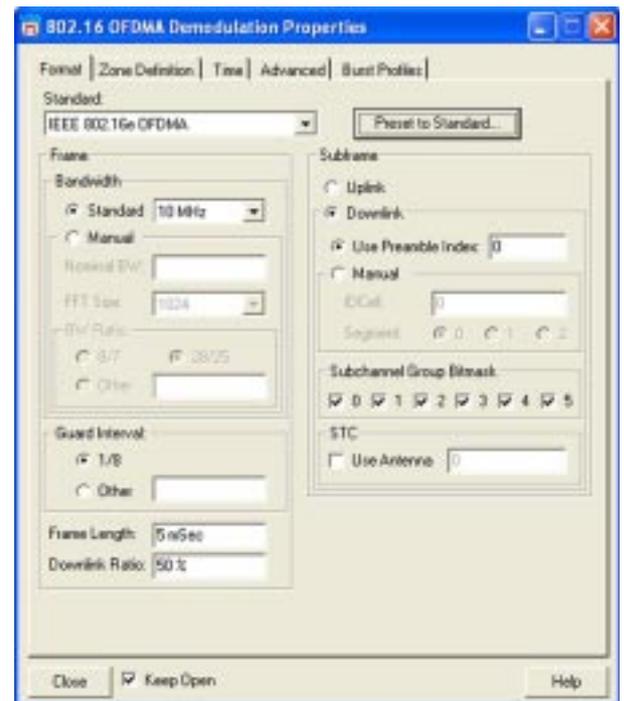
Dispone de tres perfiles predefinidos para elegir: 5 MHz, 10 MHz y WiBro. Para examinar nuestra señal actual, seleccione el perfil 10 MHz. Para ello, elija Preset to Standard > 802.16e: 10MHz. En la parte derecha de la ficha Format, seleccione la subtrama correspondiente: Uplink o Downlink.

En el paso siguiente, confirme o cambie los parámetros de la izquierda de la ficha Format asociados con el muestreo de la señal que realiza el analizador. Si elige Preset to Standard > 802.16e: 10MHz, se utilizarán de forma predeterminada los valores correctos para Bandwidth, BW Ratio y FFT Size. Si desea elegir otros valores, seleccione el cuadro Manual de la ficha Format. El tamaño FFT asociado con una señal de un ancho de banda nominal de 10 MHz es 1024, lo que proporciona 840 portadoras OFDM activas en la parte de datos de la ráfaga. Una señal con

un ancho de banda nominal de 20 MHz utilizaría un tamaño FFT de 2048 y 1640 portadoras activas, mientras que una señal con un ancho de banda nominal de 5 MHz utilizaría un tamaño FFT de 512 y 420 portadoras activas. Para esta medida queremos utilizar el modo de "análisis de zona uniforme", no "ráfaga de datos".

Para ello es necesario desactivar la casilla Data Burst Analysis en la ficha Zone Definition del cuadro de diálogo Demod Properties.

Figura 3. Selección de las propiedades de demodulación para análisis de señales OFDMA



Resultados de la demodulación

En el análisis del modo uniforme se detecta automáticamente el formato de modulación símbolo a símbolo.

Con estos parámetros y selecciones de medida para una pantalla de cuatro trazas (seleccione Display > Layout y configuraciones 2 x 2), el analizador produce una pantalla como la que se muestra en la Figura 4.

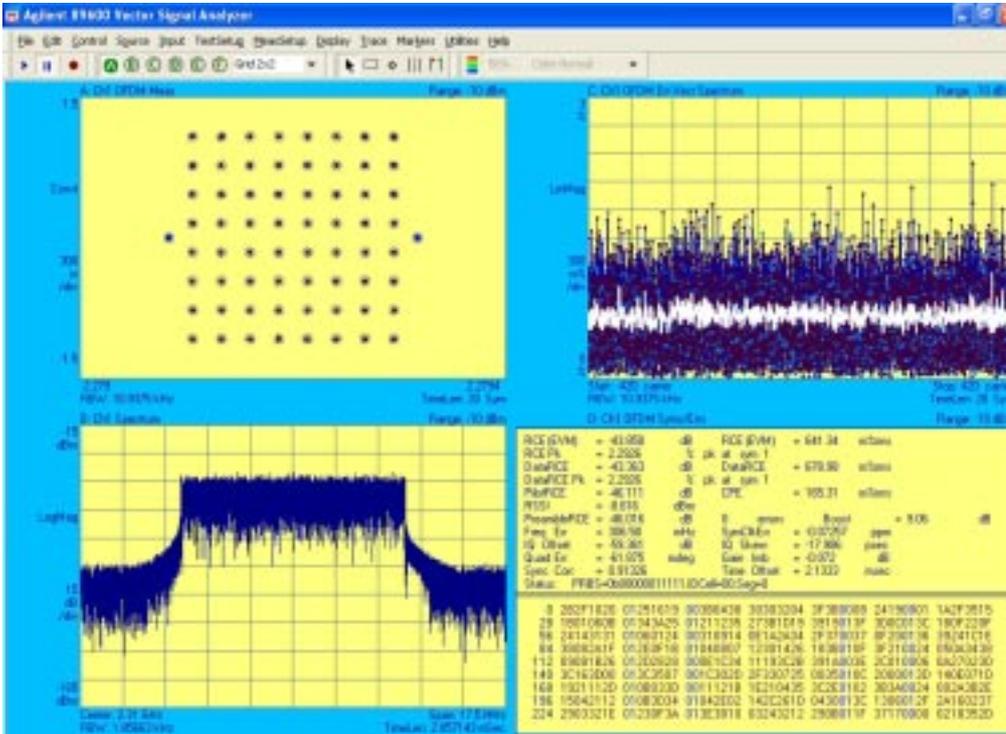
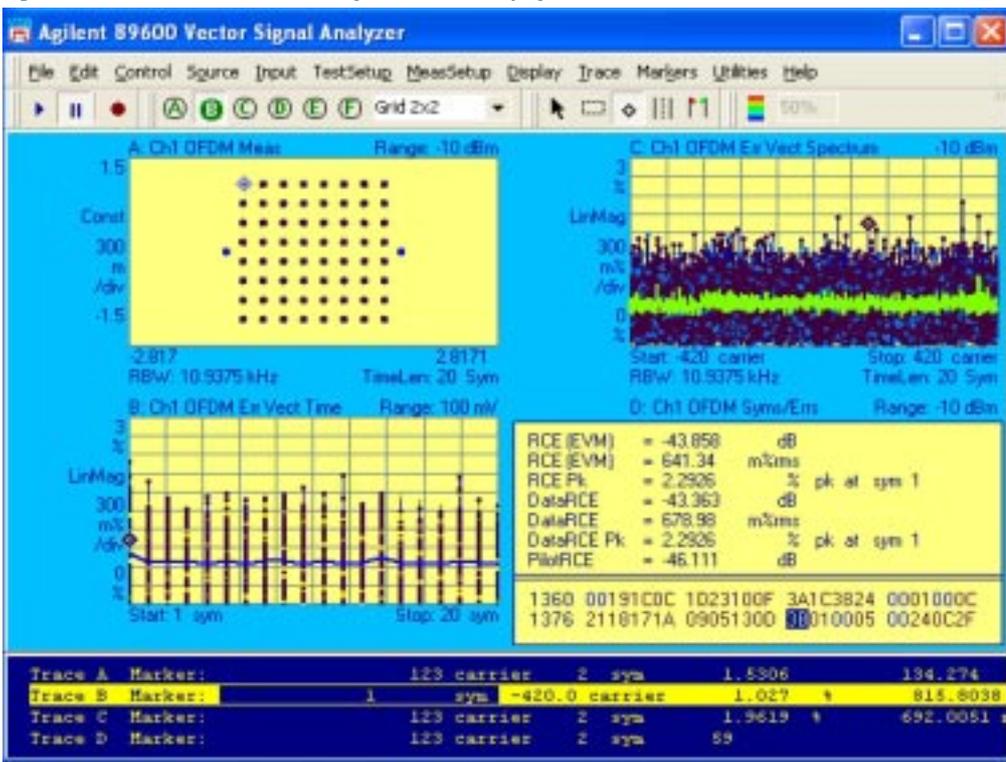


Figura 4. Resultados de la demodulación de una señal uniforme 64 QAM del enlace

Figura 5. Resultados de la demodulación – Tiempo del vector de error y espectro del vector de error



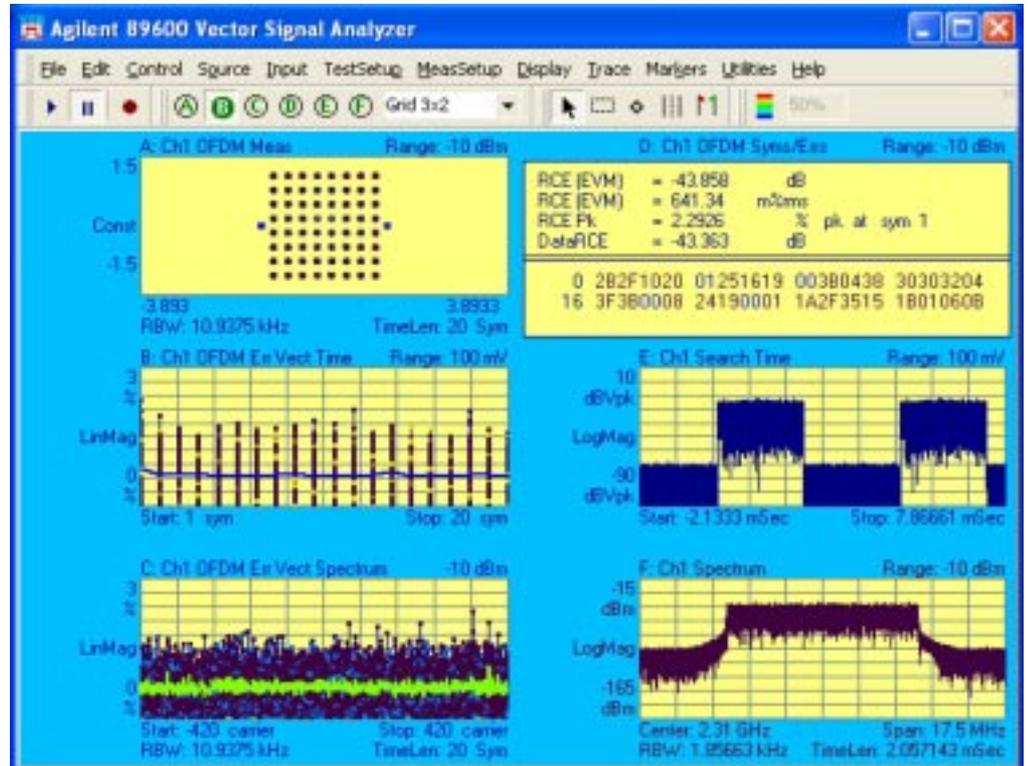
El aspecto uniforme de la pantalla del espectro del vector de error en la parte superior derecha indica que están ocupados todos los subcanales lógicos o las subportadoras OFDM. Una de las simetrías más útiles de la pantalla y el análisis de señales OFDMA se da entre la medida del espectro del vector de error (error frente a frecuencia o subportadora) y la medida del tiempo del vector de error (error frente a tiempo o símbolo). Estas medidas son complementarias y ortogonales, y pueden ser valiosas tanto para garantizar la medida correcta como para la verificación y solución de problemas de las señales. Por tanto, generalmente conviene tener ambas medidas en la misma pantalla, algo que se consigue fácilmente seleccionando la traza B (basta con hacer clic en cualquier lugar de la traza deseada), haciendo doble clic en la etiqueta Trace Data de la parte superior izquierda de la traza y seleccionando Error Vector Time en la lista alfabética del cuadro de diálogo resultante. A continuación, la traza de tiempo del vector de error puede escalarse automáticamente haciendo clic con el botón derecho en la traza y seleccionando Y Auto Scale. Ahora puede evaluar simultáneamente el error de la señal en los dominios del tiempo y de la frecuencia. Empleando el ratón y la herramienta de marcado (el pequeño diamante) de la barra de herramientas, puede activar y colocar un marcador en la traza que desee. Puede utilizar marcadores en todas las trazas (y dominios asociados) y combinar marcadores entre ellos. Para ello, seleccione Couple Markers en el menú Markers y elija la ubicación del marcador seleccionándolo en la traza activa. Los marcadores de todas las demás trazas se moverán en consecuencia. En la pantalla de la Figura 5 se muestra un resultado de ejemplo.

Tal como se muestra, es posible seleccionar un símbolo (por ejemplo, asociado con un pico de error) en un dominio deseado (tiempo, frecuencia, ubicación de constelación I/Q, etc.) y examinarlo en múltiples dominios al mismo tiempo como modo de determinar su causa o relevancia. Los errores pueden asociarse con un valor de símbolo específico (determinado por la tabla de símbolos), con un tiempo específico (o símbolo) o con una frecuencia específica (o subportadora).

En algunas aplicaciones de solución de problemas de señales complejas por ráfagas como éstas, puede resultar útil ver simultáneamente información demodulada e información del dominio del tiempo o del espectro. Si dispone de suficiente espacio de pantalla, puede utilizar el modo de pantalla de seis trazas del VSA 89600 seleccionando `Display>Layout` en los menús o haciendo clic en la lista desplegable de la derecha de los botones de traza de la barra de herramientas.

Si lo desea puede seleccionar configuraciones 3 x 2 ó 2 x 3 y aprovechar las dos trazas adicionales para mostrar el espectro de la señal y el envolvente de RF de las ráfagas de señales empleadas para la operación de búsqueda de pulsos (Ch1 Search Time). Consulte la Figura 6.

En particular, el uso de la pantalla de tiempo de búsqueda resulta útil para diagnosticar fallos de demodulación constantes o intermitentes en señales por ráfagas. El resultado del tiempo de búsqueda deberá incluir siempre una subtrama de RF completa como mínimo, incluidos los flancos de subida y bajada. Puede utilizar la pantalla de tiempo de búsqueda con los datos numéricos y los gráficos suministrados en la ficha `Time` del cuadro de diálogo `Demod Properties`.



Medida de la calidad de modulación del enlace ascendente (UL)

Para ilustrar la medida de la modulación del enlace ascendente utilizaremos la grabación `i80216e_ULPuscUniform Q64.sdf`, que se suministra con el software VSA 89600. Una vez más, antes de recuperar esta señal conviene ejecutar `Preset > Preset Setup`. Esta señal uniforme ocupa todos los slots de la zona, lo que significa que todas las subportadoras OFDM están activas y se modulan con el mismo tipo de modulación (salvo las señales piloto, que se modulan con BPSK). La subtrama de esta grabación es de 24 tiempos de símbolo OFDM, con una potencia aproximadamente constante y sin preámbulo. En OFDMA IEEE 802.16, las señales del enlace ascendente no incluyen preámbulos. Realice la configuración de

medida inicial descrita anteriormente para la medida del DL. En la Figura 7 se muestra el resultado para una pantalla típica de demodulación digital de cuatro trazas después del escalado automático.

Si bien la constelación es clara, el espectro del vector de error y la cifra de RCE para las portadoras no moduladas indican que la configuración predeterminada de demodulación digital no es totalmente correcta. Afortunadamente, hay indicaciones de la forma de corregir la configuración del analizador. En primer lugar, la constelación muestra que se han conseguido el bloqueo de portadoras y el bloqueo de símbolos. En segundo lugar, no es necesario utilizar análisis de ráfagas de datos (opción predeterminada de la operación `Preset to Standard`) cuando se analiza una señal uniforme. Sin embargo, antes de desactivar el análisis de ráfagas de datos conviene tener en cuenta varios aspectos de la constelación y la tabla `Syms/Errs`. La

Figura 6. Una pantalla de seis trazas muestra todavía más información

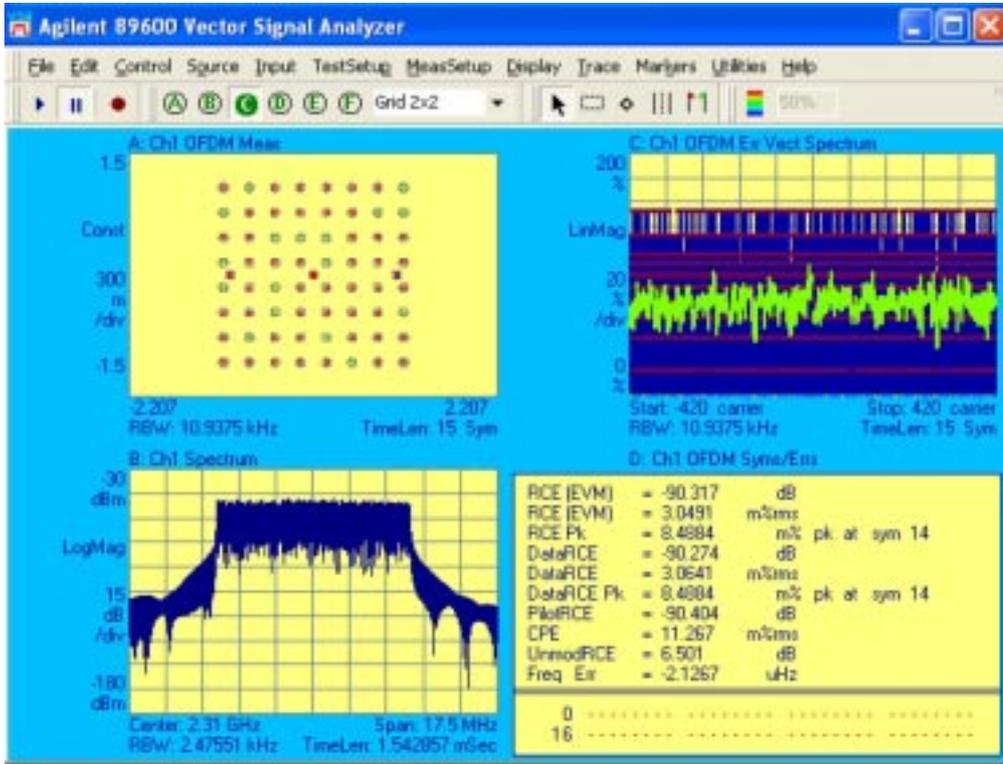


Figura 7. Una señal PUSC uniforme de enlace ascendente de 64QAM demodulada incorrectamente con la configuración predeterminada

constelación está claramente vinculada a algo, si bien la codificación de colores indica una combinación de ubicaciones de señales piloto y datos. Además, la traza de tiempo del vector de error es muy alta, mientras que los datos numéricos de error (RCE) transmitidos en la tabla Syms/Errs son bastante bajos, con una excepción: los datos RCE de Unmod (que representan el RCE de portadoras no moduladas).

La razón puede apreciarse consultando la ficha Advanced de Demod Properties. La configuración predeterminada de varios parámetros del analizador es distinta para las señales de UL y DL. Para las señales de UL, la opción predeterminada es incluir todos los subcanales inactivos en todas las trazas. En los datos tabulares de Syms/Errs, los errores siempre aparecen desglosados por tipo de portadora: Data RCE, Pilot RCE y UnMod RCE. Si desactiva Use Default Settings e Include Inactive

Subchannels en la ficha Advanced del cuadro de diálogo Demodulation Properties, las pantallas de error de traza aparecen más coherentes con los valores de los datos de error que se muestran en la tabla Syms/Errs. También puede ajustar otros parámetros de esta ficha como, por ejemplo, indicar que el analizador detecte automáticamente el formato de modulación o establecer manualmente el formato de modulación para señales uniformes. Para señales por ráfagas puede dejar que el analizador detecte automáticamente el formato de modulación o que use los formatos de modulación descritos en las definiciones de ráfaga. Tenga en cuenta que el analizador intentará emplear estas definiciones tanto si son correctas como si no.

Sin embargo, para ver correctamente esta señal uniforme debemos desactivar Data Burst Analysis. Como antes, deberá desactivar esta

opción en la ficha Zone Definition del cuadro de diálogo OFDMA Demodulation Properties. El analizador utilizará de forma predeterminada la detección automática del tipo de modulación de 64QAM. Dado que el analizador suele poder actualizar los resultados de la demodulación incluso cuando la reproducción de la grabación se encuentra en pausa, el efecto del cambio deberá ser inmediato. En la figura 8 se muestran resultados de ejemplo, con las pantallas de espectro y tiempo del vector de error definidas en 0,1%/división.

Esta señal es una simulación digital y prácticamente no tiene error, y los resultados de la demodulación son ahora correctos. Esta señal de enlace ascendente uniforme es relativamente sencilla de analizar, ya que sólo utiliza un tipo de modulación para las portadoras de datos y no incluye preámbulo ni FCH.

Para el analizador o para un receptor, la demodulación de la subtrama del enlace ascendente puede ser un problema por varias razones. En primer lugar, la falta de información sobre temporización, sincronización de frecuencia y equalización que podría suministrar un preámbulo requiere algoritmos de sincronización más complejos, y los receptores deben suponer ubicaciones y valores específicos de las señales piloto. En segundo lugar, la configuración del índice de números de trama y del tipo de trama (PUSC, FUSC, etc.) debe ser correcta para proporcionar al receptor las ubicaciones y los valores precisos de las señales piloto, esenciales para la demodulación. Generalmente, los números de trama incorrectos no producirán constelaciones reconocibles, si bien las constelaciones pueden presentar algunas características reconocibles de modulación digital. Para ayudar en la sincronización del UL, el software 89600 de-

modulará una señal aunque su PRBS (secuencia de bits pseudoaleatorios o secuencia binaria) sea incorrecta. La PRBS se utiliza para la aleatorización de datos mediante el mapeo de subportadoras a subcanales lógicos. También determina las posiciones de las señales piloto en una determinada zona.

El resultado de la semilla PRBS recuperada se presenta en la tabla Syms/Errs de la Figura 9. El usuario puede descomponer este valor de estado de 11 bits en un número de trama (Frame Number) y una célula de ID (ID Cell) para el UL con el fin de confirmar que la configuración se ajusta a las expectativas. Se suministra un pequeño indicador ("*") si el software detecta una falta de correspondencia entre la secuencia PRBS y la configuración, y también se presenta un indicador ("?") si el software 89600 no puede identificar la semilla PRBS de forma exclusiva. Esta situación puede deberse a que el generador de PRBS es incorrecto o a que no hay datos suficientes para deducir la PRBS. Dado que la PRBS determina la portadora y las posiciones de las señales piloto, una PRBS correcta es esencial incluso para las medidas iniciales. Esta función exclusiva del software VSA 89600 puede ayudarle a solucionar problemas en las primeras tareas de desarrollo y a obtener un diseño de trabajo lo más rápidamente posible.

Visite www.agilent.com/find/wimax si desea más información sobre WiMAX móvil. Agilent Technologies es miembro destacado del WiMAX Forum.

Referencias

Agilent Tech., IEEE802.16e WiMAX OFDMA Signal Measurements and Troubleshooting, Nota de aplicación 1578, Número de documento 5989-2382EN, 6 de junio de 2006.

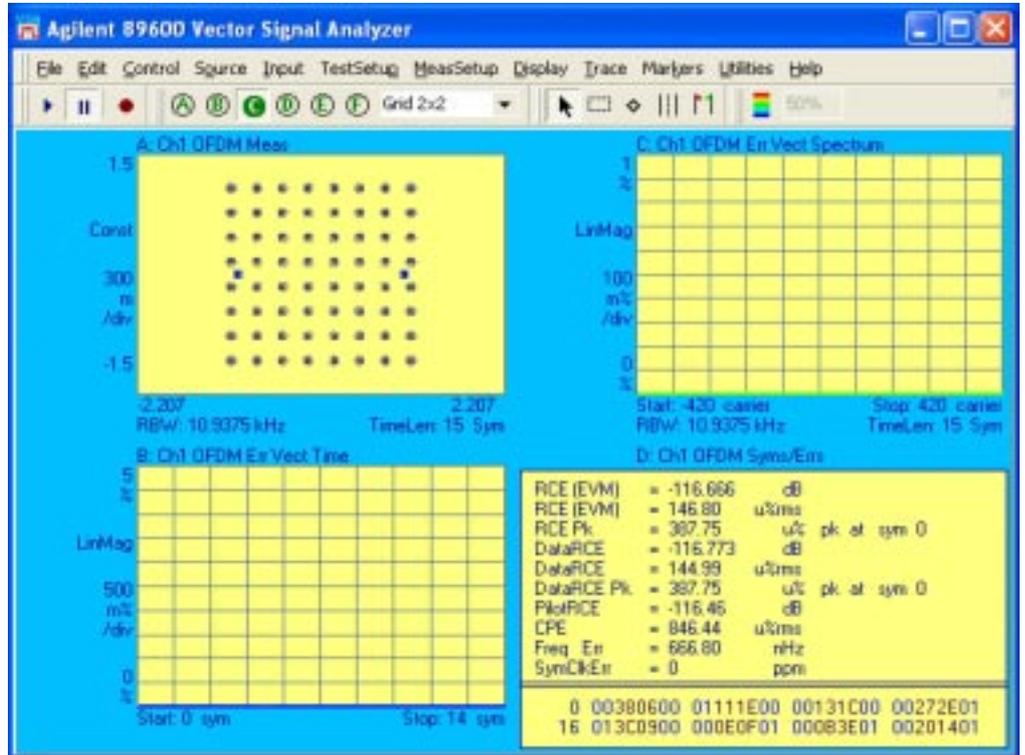


Figura 8. Una señal de enlace ascendente uniforme de 64QAM, correctamente demodulada

Figura 9. Tabla de símbolos/errores con célula de ID, número de segmento

