

Dispositivos necesarios para efectuar pruebas realistas de sistemas de comunicaciones de alta densidad

Por Beate Hoehne, Agilent Technologies

 **Agilent Technologies**
www.agilent.com

Los proveedores de sistemas de comunicaciones por satélite de gama alta deben responder a demandas interminables de nuevos servicios, nuevas funciones y mayores capacidades de datos. Por consiguiente, los diseñadores de sistemas fuerzan al máximo el hardware de comunicaciones obligándolo a funcionar con anchos de banda más amplios, frecuencias portadoras más elevadas, o con ambas opciones de forma simultánea.

Durante años se ha considerado que 1 GHz de ancho de banda era más que suficiente para dar cabida a un amplio abanico de servicios. Sin embargo, hoy en día, la necesidad de desplazar una mayor cantidad de datos en menos tiempo hace que la tendencia de los anchos de banda de modulación se acerque hasta los 2 GHz o, en algunos casos, hasta los 5 GHz. Además, estos anchos de banda deben estar disponibles con unas frecuencias portadoras que no dejan de aumentar.

Estos cambios suponen un desafío para los diseñadores y, al mismo tiempo, repercuten sobre las pruebas y el análisis de los sistemas, subsistemas y componentes de comunicaciones. Según se describe a continuación, el equipo de pruebas necesario debe ofrecer una cobertura de frecuencias y un ancho de banda suficientes, así como las capacidades de modulación y demodulación adecuadas.

Descripción de los desafíos

El acceso a la "información en cualquier momento y desde cualquier lugar" puede crear situaciones desafiantes que, por otra parte, son muy habituales. Por ejemplo, no cuesta imaginarse a un espectador de Europa o Norteamérica viendo una transmisión de vídeo que se emite desde Japón a través de un teléfono móvil. Además, los desafíos no se limitan a las aplicaciones comerciales. En el caso de los sistemas de comunicaciones mi-

litares, se espera que sean capaces de manejar más información en menos tiempo y, además, con un alto grado de fiabilidad y seguridad.

En todas estas situaciones, los sistemas pueden utilizar modulación basada en estándares (tales como WCDMA o WiMAX), variantes especializadas basadas en esos mismos estándares o sistemas de modulación diseñados totalmente a medida. Gracias a las técnicas de modulación digital, los sistemas de comunicaciones de banda ancha pueden proporcionar mejores características de seguridad e inmunidad frente a interferencias. Estos avances intensifican aún más los desafíos relacionados con las pruebas y los análisis.

Situación concreta de los sistemas por satélite

Puesto que ya hay muchísimos satélites en órbita, el enfoque más rentable consiste en modificar la infraestructura existente. Para ello, se puede recurrir a nuevas técnicas de modulación que permiten utilizar unas velocidades de transmisión de datos superiores y ampliar la capacidad de los sistemas de manera general. Por ejemplo, con 16 QAM y 1 Gsímbolos/s se puede obtener una velocidad de transmisión de datos de 4 GB/s.

La alternativa sería lanzar un satélite nuevo, o incluso varios. Colocar un nuevo satélite en órbita no está exento de dificultades, entre otras, la necesidad de garantizar la interoperabilidad entre los nuevos enlaces de

comunicaciones y los existentes. Es posible que sea necesario establecer dichos enlaces entre las comunicaciones terrestres y espaciales o entre satélites y diversos tipos de equipos de radiocomunicación militar.

Cómo definir un sistema de pruebas viable

Las situaciones expuestas anteriormente esbozan los desafíos existentes en lo tocante a pruebas y análisis. Asimismo, la naturaleza de las señales de banda ancha plantea complicaciones adicionales, ya que contienen una gran cantidad de distorsiones que hace difícil poder efectuar medidas válidas.

Para responder a estos desafíos, podrán utilizarse cuatro dispositivos fundamentales en cualquier equipo de pruebas (Figura 1). En el lado del receptor, el primer elemento es un generador de forma de onda arbitraria (AWG), que puede simular las señales moduladas necesarias. Además, se precisa un convertidor de subida, encargado de convertir la señal modulada en la radiofrecuencia exacta.

Las medidas en el lado del transmisor se realizan utilizando dos dispositivos: un analizador de señales o espectros y un osciloscopio de banda ancha. Estos dos aparatos pueden mejorarse con un software de análisis vectorial de señales (VSA) que proporciona capacidades de demodulación y medidas fundamentales necesarias tales como la magnitud del vector de error (EVM).



Figura 1. Esta configuración de pruebas permite probar el receptor y el transmisor.

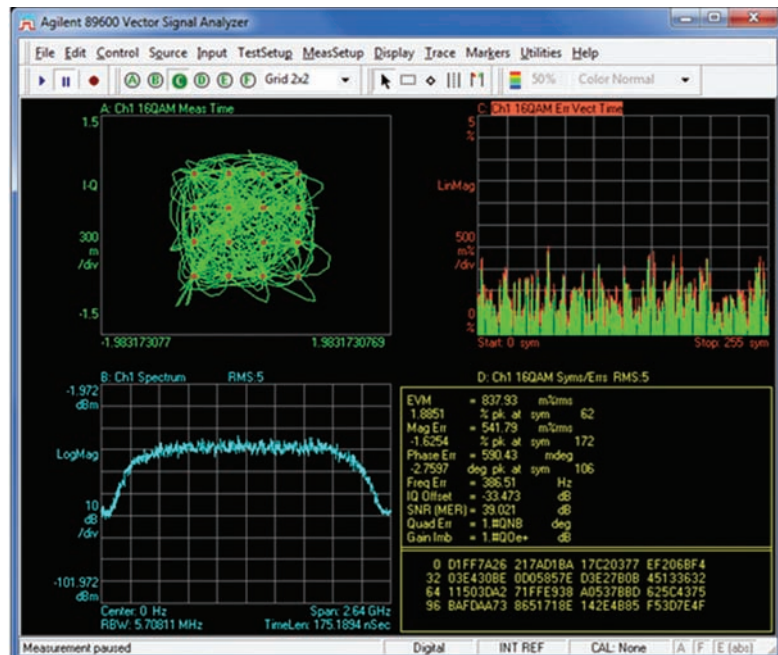
Realización de las medidas fundamentales

Son muchos los estándares de comunicaciones que utilizan EVM como indicador clave del rendimiento del sistema (Figura 2). En consecuencia, la configuración de pruebas debe tener una EVM muy baja. De este modo, aumentarán las posibilidades de detectar problemas sutiles en el dispositivo sometido a prueba (DUT).

Otra prueba contrastada consiste en medir la relación ruido/potencia (NPR) con un estímulo multitono. Aunque esta técnica lleva utilizándose desde la década de los cincuenta, es una medida informativa que puede sustituir a medidas de distorsión de intermodulación (IMD).

la potencia en la banda y más precisos serán los resultados de la prueba. Para garantizar un resultado de medidas constante, es necesario utilizar cientos o miles de tonos. Además, todos ellos deben diferenciarse de cualquier distorsión presente en el enlace (Figura 3). Esta técnica emplea un filtro rechaza banda en el que resulta sencillo controlar la frecuencia y la anchura en un punto concreto. En realidad, el osciloscopio o analizador mide el “silencio” de la NPR en el DUT.

La configuración de prueba de la NPR multitono presenta una última ventaja: es sencilla y repetible. Esta característica permite realizar comparaciones significativas entre la situación antes de proceder a efectuar cambios en un diseño, componente o algoritmo y la situación posterior a dichas modificaciones.

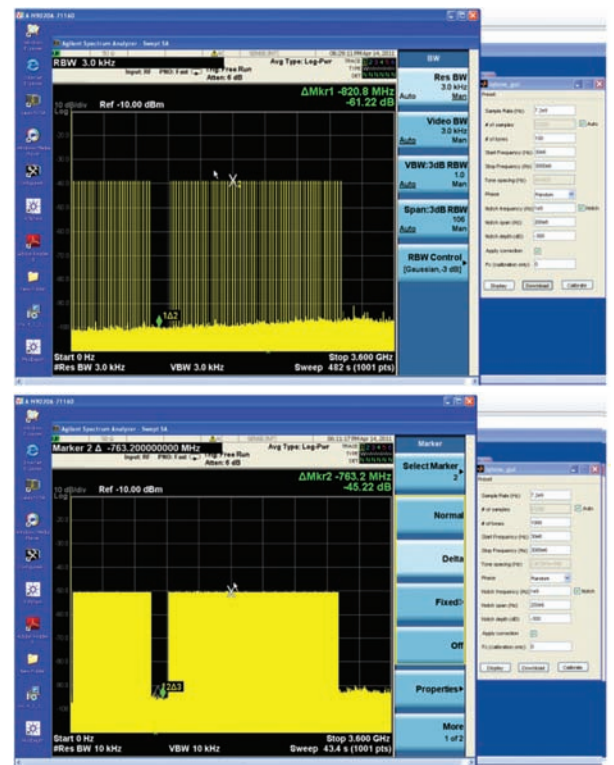


Las medidas IMD se concentran en la parte central de la banda de señal. Por el contrario, la prueba de NPR multitono puede cubrir toda la banda con una sola medida. Asimismo, crea grandes picos de señal que someten el canal de comunicación a un mayor esfuerzo comparado con, por ejemplo, la prueba de dos tonos. La medida obtenida proporciona una idea inmediata de las características de ruido y distorsión de un enlace de comunicaciones.

El multitono presenta además otra ventaja: cuanto más elevado sea el número de tonos empleado, mayor será

Otra medida clave es la respuesta de frecuencia del DUT. Para obtener un resultado preciso es necesaria una planicidad de amplitud constante en todos los tonos de la señal de estímulo. Esta técnica resulta menos atractiva si además hay que elaborar rutinas de corrección de errores, un proceso que requiere mucho tiempo y que puede acabar siendo difícil y complejo (Figura 4).

Por fortuna, la planicidad de amplitud se puede medir y corregir con el analizador de señales o espectros. Para ello, se efectúa la lectura de todos los tonos de la señal multitono, se calcula



la distorsión preliminar necesaria y se genera una señal multitono modificada que proporciona la corrección de amplitud que se precisa.

Tal como muestra la Figura 5, con esto se obtiene una señal multitono extremadamente plana. El único aspecto negativo de esta configuración es que se produce una disminución del rango dinámico libre de espurios (SFDR). Por consiguiente, el AWG empleado para generar la señal multitono debe tener una resolución suficiente (es decir, bastantes bits) para que el SFDR sea de 65 a 80 dB.

Figura 3. Una señal con 1.000 tonos (imagen de la izquierda) proporciona más potencia de banda y, por tanto, mayor precisión que una con 100 tonos (imagen de la derecha).

Figura 2. En este ejemplo de medida, la EVM es inferior al 1%.



Figura 5. Estas mediciones muestran los resultados obtenidos con una señal de 100 tonos antes (imagen de arriba) y después (imagen de abajo).

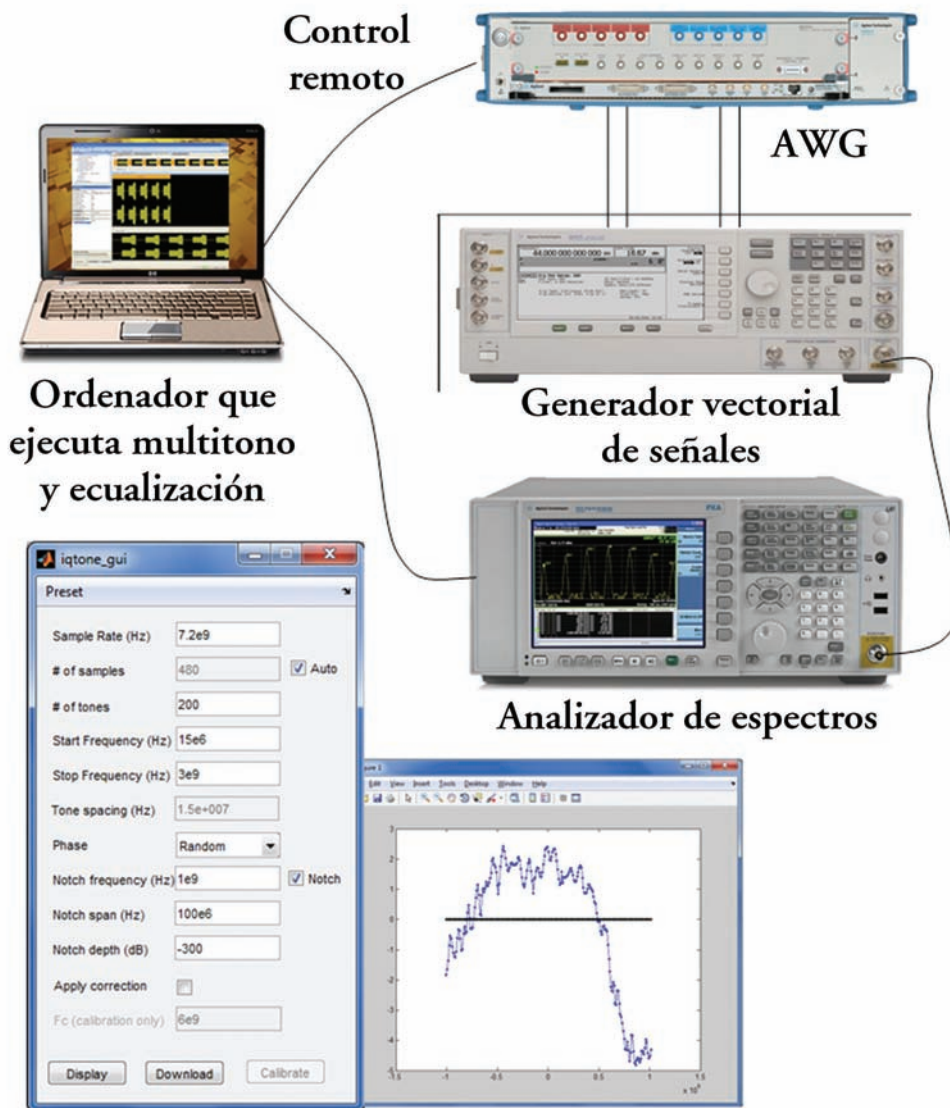


Figura 4. El AWG y el analizador de espectros se controlan a distancia desde un ordenador que ejecuta una rutina de ecualización.

Selección de un AWG adecuado

En los sistemas de comunicaciones, la distorsión no lineal es una característica clave. Los componentes de la distorsión de segundo orden quedan fuera de la banda de señal. No obstante, la banda sí logra capturar la distorsión de tercer orden. A las frecuencias típicas utilizadas en la actualidad, un AWG debería poder emitir 12 Gmuestras/s para simular una distorsión de tercer orden.

Además, con un AWG de ancho de banda amplio se puede crear una modulación que sea más amplia que algunas de las bandas actuales. Por ejemplo, 5 GHz de ancho de banda analógico de modulación proporcionarían hasta 10 GHz de ancho de banda de modulación. Además, con un

AWG de banda ancha resulta sencillo saltar de frecuencia en una o varias bandas.

Si resumimos todos los requisitos mencionados hasta ahora, las características clave del AWG ideal son las siguientes:

- SFDR elevado: garantiza que puedan diferenciarse con claridad los tonos de la distorsión. Asimismo, proporciona un margen suficiente para poder realizar medidas con la amplitud corregida.
- Amplitud plana: permite obtener medidas particularmente precisas de la respuesta de frecuencia del DUT.
- Ancho de banda amplio: hace posible simular distorsiones de tercer orden y la prueba de la banda de la señal.

El AWG M8190A de Agilent reúne todas estas funciones, por lo que proporciona una excelente fiabilidad de señal con una resolución de 14

bits a 8 Gmuestras/s o una resolución de 12 bits a 12 Gmuestras/s. En comparación con otros AWG disponibles en el mercado, el M8190A es el único capaz de producir de forma simultánea estos niveles de alta resolución y amplitud de ancho de banda. En consecuencia, este AWG puede crear escenarios de señales que llevan los diseños de comunicaciones hasta el límite y ofrecen más información sobre el rendimiento de los sistemas.

Cuando se utiliza en modo de 14 bits, el M8190A ofrece un rendimiento de SFDR de hasta 80 dB. Gracias a un ancho de banda analógico de 5 GHz, ofrece sobrada amplitud para los escenarios de pruebas más habituales. Además, incluye una memoria integrada de 2 Gmuestras para almacenar varios escenarios de pruebas y funciones de secuenciamiento avanzado con las que se pueden crear escenarios de señales especialmente realistas. Cuando todas estas funciones se utilizan de forma simultánea, el M8190A permite acelerar y hacer más flexibles las pruebas.

Conclusión

Parece justificado prever que en todo el mundo seguirá aumentando la demanda de información en cualquier momento y desde cualquier lugar, tanto en las aplicaciones comerciales como en las militares. De cara al futuro, lo más importante será la "flexibilidad" relacionada con los sistemas de comunicaciones y el equipo empleado para probarlos.

En el contexto de pruebas, utilizar la versatilidad de un AWG de alto rendimiento resulta un paso esencial para garantizar la flexibilidad presente y futura del sistema de pruebas. Además, un AWG equipado con una amplia memoria integrada y funciones de secuenciamiento avanzado permite crear escenarios de señales muy realistas cuando se trata de realizar pruebas exhaustivas y detalladas de los sistemas de comunicaciones durante las fases de desarrollo y validación, así como antes de su implementación en el mundo real.

Nota: los ejemplos incluidos en este artículo se basan en los MATLAB Scripts que están disponibles en www.agilent.com/find/81180_examples.