

Pruebas de estímulo-respuesta en el mundo real para componentes de RF de transmisores LTE

Por Mirin Lew de Agilent Technologies.



Las especificaciones de 3GPP LTE (Long Term Evolution) presentan algunos desafíos nuevos para los fabricantes de componentes y equipos para sistemas LTE. Los estándares comprenden múltiples anchos de banda por canal, distintos esquemas de transmisión para enlace descendente y ascendente, modos de transmisión full-duplex en frecuencia y tiempo (FDD y TDD), y uso de técnicas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). LTE coexistirá con las redes celulares 2G y 3G actuales, por lo que las posibles interferencias representan un problema importante

Este artículo describe algunas de las medidas de estímulo-respuesta de RF necesarias para garantizar que los componentes de RF de un transmisor funcionen según lo establecido en las especificaciones del sistema. Para la caracterización completa será necesario hacer medidas adicionales, tales como la compresión de ganancia, la distorsión de intermodulación, la figura de ruido y el consumo de potencia, pero en este artículo no se trata este tipo de pruebas tradicionales.

La capa física para LTE emplea OFDMA (ortogonal frequency division multiple access) para el enlace descendente y SC-FDMA (single-carrier frequency division multiple access) para el enlace ascendente. Se pueden usar seis anchos de banda distintos del canal comprendidos entre 1,4 y 20 MHz, con un espaciado fijo de la subportadora de 15 kHz, o 7,5 kHz para MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service).

En la Figura 1 se ilustra un diagrama de bloques de alto nivel simplificado del transmisor y del receptor de un dispositivo LTE. Los componentes de nivel inferior están determinados por el tipo de arquitectura empleada en el diseño y pueden estar constituidos por componentes adicionales, como filtros y amplificadores de ganancia variable. LTE emplea tecnología MIMO, por lo tanto, las estaciones base harán uso de varias cadenas de transmisión, cada una con su propia fuente de datos.

Los circuitos integrados de radiofrecuencia (RFIC) de los equipos de usuario (UE) pueden incluir distintas partes de este diagrama de bloques, donde algunas comprenderán únicamente el transmisor o el receptor y otras una combinación de transmisor y receptor en un solo componente. Tradicionalmente, los RFIC usaban entradas y salidas IQ en banda base analógica. Sin embargo, el uso de interfaces IQ digitales se está extendiendo considerablemente. La alianza MIPI (Mobile Industry Processor Interface) ha desarrollado el estándar DigRF, que describe la banda base digital de alta velocidad para interfaz RFIC en radios de nueva generación e incluye protocolos de control integrados para el RFIC.

Para probar amplificadores será necesario realizar medidas de estímulo-respuesta con ayuda de un generador de señal para crear una señal LTE de RF que se enviará al

dispositivo bajo prueba (DUT); seguidamente, la señal de salida del dispositivo bajo prueba será medida con un analizador de señal. Para probar la cadena de transmisión se necesitará una señal en banda base digital o analógica procedente de un generador de señal en las entradas I/Q y un analizador de señales para medir la salida de RF.

Generación de señal en el enlace descendente y ascendente

El software Signal Studio de Agilent es una familia de aplicaciones basadas en PC que generan archivos de formas de onda para descarga y reproducción en una serie de instrumentos de Agilent, como los generadores de señal MXG N5182A y ESG E4438C. El MXG ofrece la mejor relación ACLR (Adyacent Channel Leakage Ratio) del sector para pruebas de amplificadores de potencia. El ESG también puede ser utilizado con un módulo de interfaz de señales digitales, que convierte los datos IQ digitales a un formato adecuado para el dispositivo bajo prueba. Asimismo, el software Signal Studio puede ser utilizado con los analizadores lógicos de las series 16800 y 16900 de Agilent, como parte de la solución RDX para DigRF de Agilent, para crear señales IQ digitales.

Las aplicaciones Signal Studio N7624B y N7625B para FDD y TDD 3GPP LTE respectivamente proporcionan señales preconfiguradas para muchos de los modelos de prueba utilizados en las pruebas de cumplimiento de especificaciones para estaciones base y equipos de usuarios, las cuales pueden ser empleadas para pruebas de componentes. El software ofrece también funciones de configuración de señales personalizadas de alta flexibilidad, incluida la creación de señales multiportadora.

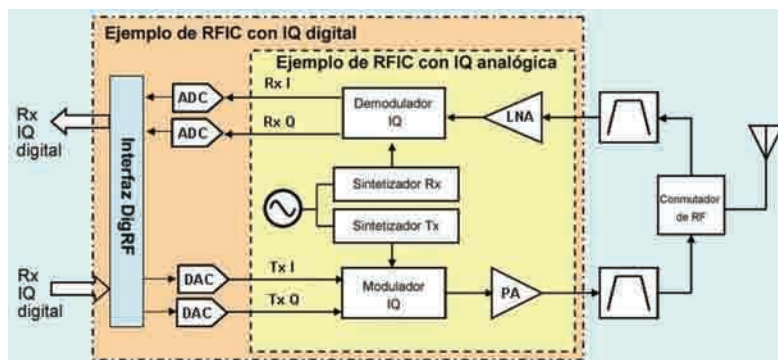


Figura 1. Diagrama de bloques simplificado del transmisor y receptor de un dispositivo LTE.

Análisis de señal en el enlace descendente y ascendente

Los analizadores de señal como los de la serie X (PXA, MXA, EXA y CXA) y PSA de Agilent efectúan un análisis de señal con análisis detallado de la modulación y pueden ser utilizados para realizar medidas de potencia de RF en señales LTE. Los analizadores MXA y PXA pueden medir, además, señales IQ analógicas. Las aplicaciones de medida opcionales permiten realizar fácilmente medidas de potencia activables pulsando un solo botón y análisis de modulación de señales LTE en el enlace descendente y ascendente.

El software de análisis vectorial de señales (VSA) 89600 es una aplicación basada en PC con opciones para FDD y TDD LTE que ofrece un análisis flexible y completo de la modulación y de señales MIMO. Del mismo modo, el software puede ser utilizado para realizar pruebas en interfaces de RF, IQ analógica e IQ digital en el diagrama de bloques, y funciona con una serie de analizadores de señal, osciloscopios, analizadores lógicos y el módulo analizador DigRF N5344A.

Medidas de potencia de salida

Al igual que en otros sistemas inalámbricos, un requisito de LTE es la medida fundamental de la potencia en banda ancha y estrecha. La potencia del canal indica la potencia media en el ancho de banda del canal integrado correspondiente. El ancho de banda ocupado mide el ancho de banda de la señal LTE que contiene el 99% de la potencia del canal. Por la índole de las señales del enlace descendente y ascendente, para comprobar las prestaciones del amplificador LTE será necesario también hacer medidas de potencia bajando hasta el nivel de elemento de recursos, que es un símbolo OFDMA o SC-FDMA que dura 66,7 μ s en una subportadora. Para dichas medidas es fundamental disponer de un analizador vectorial de señal (VSA) y las medidas de potencia asociadas a determinadas partes de la

señal requieren la capacidad de demodulación digital del VSA.

Obsérvese que para las señales TDD se necesita una medida en ventana temporal para garantizar que los datos sean capturados mientras la potencia de ráfaga está activa. El estándar no especifica el período de tiempo para la medida, pero generalmente se efectúa mientras la ráfaga está totalmente activa, sin incluir el tiempo de rampa ascendente o descendente. En la Figura 2 que aparece a continuación se ilustra la medida de potencia de canal usando un MXA para una señal TDD con vista en ventana activada.

Error de frecuencia, magnitud del vector de error y parámetros IQ

El error de frecuencia es la desviación de la frecuencia central de la señal con respecto a la frecuencia central deseada. La magnitud del vector de error (EVM) es una prueba clave de calidad de modulación para un transmisor e indica el nivel de distorsión de la señal. Las medidas de error IQ pueden revelar algunas de las posibles fuentes de distorsión. Para las pruebas de conformidad del transmisor de equipos de usuario es necesario medir la desviación IQ, que puede ser un indicador del paso de la portadora o una desviación DC de la señal en banda base. El error de frecuencia, la magnitud del vector de error y los parámetros IQ son recogidos en la lista de errores detectados (Error Summary) en las aplicaciones de la serie X o en el software VSA, como se ilustra en la Figura 3.

Función de distribución acumulativa complementaria (CCDF)

Tanto las aplicaciones LTE de la serie X como el analizador vectorial de señal 89600 realizan medidas de CCDF. Para las señales TDD, la medida debería realizarse sólo en el periodo de tiempo en el que la ráfaga de RF está activa, ya que la potencia medida mientras la ráfaga

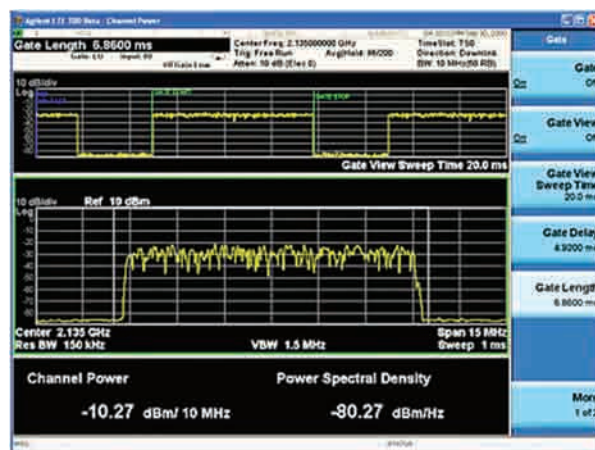


Figura 2. Medida de potencia de canal realizada con un MXA para señal TDD con vista en ventana activada.

no está activa dará un valor medio de potencia incorrecto y causará errores en la medida de CCDF. En la Figura 4 a continuación se ilustra una medida típica de TDD.

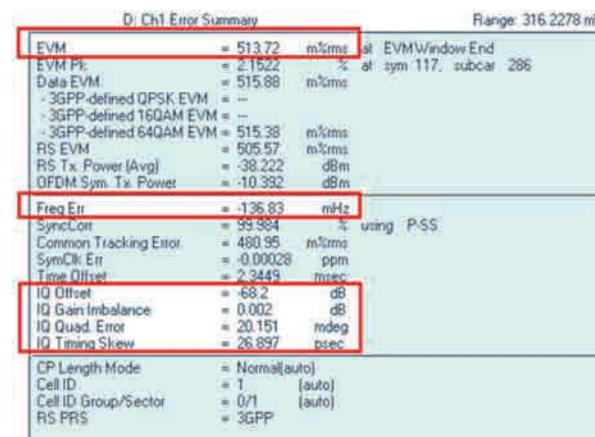


Figura 3. El error de frecuencia, la magnitud del vector de error y los parámetros IQ son recogidos en la lista de errores detectados (Error Summary) en las aplicaciones de la serie X o en el software VSA.

Figura 4. Medida típica de CCDF en una señal TDD.





Figura 5. Medida de SEM con líneas límite establecidas para un transmisor completo.

emisiones indeseadas en la banda de funcionamiento de acuerdo con las especificaciones de 3GPP. La con-

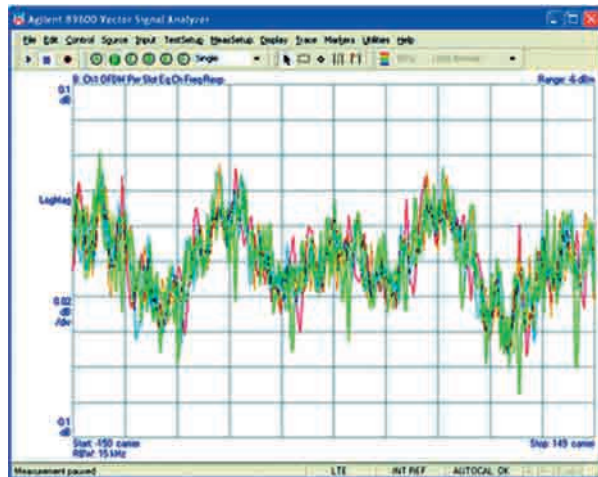


Figura 6. Respuesta de la frecuencia del canal del equalizador por intervalo.

Figura 7. Medida de emisiones en banda para la prueba de bloques de recursos no asignados de una señal del enlace ascendente de 5 MHz.



Factor de fugas del canal adyacente (ACLR) o potencia relativa del canal adyacente (ACPR)

El factor de fugas del canal adyacente (ACLR) es un elemento clave de los amplificadores de potencia, dado que estos amplificadores contribuyen de manera fundamental a la distorsión en la cadena de transmisión. Los sistemas LTE tienen que coexistir con los antiguos sistemas 2G y 3G en las mismas bandas de frecuencia, por lo que las pruebas de conformidad de RF para LTE comprenden casos donde los canales adyacentes pueden contener una señal LTE o bien una señal de generación anterior. Todos los canales LTE se miden con un filtro cuadrado (prácticamente lo mismo que no tener filtro), mientras que los canales W-CDMA se miden con un filtro en raíz de coseno alzado con factor de roll-off de 0,22 y un ancho de banda igual a la velocidad del chip (p. ej., 3,84 MHz). Para los componentes tanto de la estación base (enlace descendente) como de los equipos de usuario (enlace ascendente), las pruebas son efectuadas usando señales de prueba especificadas en los estándares. Para más detalles consúltese la información más reciente en <http://www.3gpp.org>.

Los ajustes para la medida de ACLR comprenden la configuración de las portadoras, las frecuencias de offset, anchos de banda de integración, anchos de banda de resolución y vídeo, filtros de medida y pruebas de límites. Para minimizar el recorte y evitar sobrecargas, el analizador de señal de la serie X selecciona automáticamente un valor de atenuación basado en el nivel de la señal medida en el mezclador de entrada. Aplicando una corrección de ruido es posible mejorar significativamente la medida de ACLR, en particular cuando la distorsión tiene un valor próximo al nivel de ruido del analizador. Con corrección de ruido, el analizador mide su propio nivel de ruido y lo resta a los datos de medida.

Máscara de emisión del espectro

La medida de la máscara de emisión del espectro (SEM) comprende

figuración de la medida de SEM es parecida a la de ACLR: al igual que para ACLR, la aplicación LTE de la serie X proporciona máscaras de límites predeterminadas para la medida de SEM y permite, además, configurar los parámetros manualmente. En la Figura 5 siguiente se ilustra un ejemplo de medida de SEM con líneas límite establecidas para un transmisor completo. Generalmente, los límites más restrictivos son utilizados para pruebas de componentes a fin de garantizar que el rendimiento del sistema cumpla la especificación.

Planitud del espectro (enlace ascendente)

Además de la magnitud del vector de error (EVM), es útil efectuar la prueba de planitud del espectro, ya que las medidas de EVM suelen realizarse después de que el analizador haya estimado y eliminado los errores de amplitud y fase sobre la frecuencia mediante un proceso de equalización, como se establece en el estándar. La planitud del espectro mide la variación de potencia relativa en las subportadoras del bloque de recursos asignado sobre un intervalo en el dominio del tiempo, con 20 medidas por trama.

La medida de planitud del espectro puede realizarse examinando la respuesta en frecuencia del canal equalizado resultante del proceso de equalización. El software VSA 89600 proporciona este dato y la aplicación de la serie X realiza la medida del análisis de modulación. Las dos aplicaciones muestran también la respuesta en frecuencia del canal del equalizador por intervalo, tal como se ilustra en la Figura 6 siguiente.

Emisiones en banda para la prueba de bloques de recursos no asignados (enlace ascendente)

Un equipo de usuario ocupa sólo una parte del ancho de banda del canal, dado que el canal ascendente es compartido con otros equipos de usuario. Las emisiones en banda para la prueba de bloques de recursos no asignados es una medida del nivel de potencia que puede transmitir el equipo de usuario a bloques de

recursos no asignados. Esta prueba vale sólo para transmisores y componentes de equipos de usuario.

En la Figura 7 siguiente se ilustra una medida de una señal del enlace ascendente de 5 MHz. La señal tiene ocho bloques de recursos asignados con la modulación QPSK establecida. Hay 25 bloques de recursos disponibles (numerados de RB #0 a RB #24) en el ancho de banda de 5 MHz.

Emisiones espúreas

Las pruebas de conformidad miden emisiones espúreas fuera de banda entre 9 kHz y 12,75 GHz (excluido el rango de frecuencias cubierto por la prueba de SEM) para garantizar protección a otros sistemas de radio que puedan estar funcionando en la misma zona geográfica. Pueden ser causadas por armónicos, productos de intermodulación y produc-

tos de conversión de frecuencia en el amplificador de potencia u otros componentes de la cadena de transmisión. Las pruebas de conformidad comprenden límites de prueba para situaciones específicas tales como la coexistencia con otros sistemas, como el GSM900, DCS1800, PCS1900, PHS y sistemas de radio de seguridad pública, sujetos a normas locales y a la banda operativa del equipo LTE.

En síntesis

Este artículo expone una serie de consideraciones acerca de las pruebas de componentes LTE y ofrece información sobre la creación de señales de prueba de estímulo LTE para componentes y sobre el análisis de señales LTE de componentes y transmisores. Para más información acerca de las soluciones para LTE de Agilent, visite la página www.agilent.com/find/lte.

Para profundizar sobre el tema

Las publicaciones de Agilent que se especifican a continuación describen otras medidas clave que se pueden realizar en amplificadores y transmisores:

- Pruebas de estímulo-respuesta para componentes LTE. Nota de aplicación n.º 5990-5149EN.
- Métodos mejorados para medidas de distorsión en dispositivos de banda ancha. Nota de aplicación n.º 5989-9880EN.
- Fundamentos de radiofrecuencia y figura de ruido de microondas. Nota de aplicación n.º 5952-8255EN.
- Medidas de onda continua (CW) y distorsión de intermodulación de barrido en amplificadores. Nota de aplicación n.º 5988-9474EN. 