

Verificación del receptor de banda base LTE

Por Randy Becker

 Agilent Technologies
www.agilent.com

Hasta ahora, en un sistema de comunicación móvil la señal analógica procedente de la sección de RF era desmodulada en las componentes I y Q mediante técnicas analógicas. Sin embargo, en esta era de sistemas de radio definidos por software, la señal de frecuencia intermedia (FI) convertida en bajada suele ser digitalizada por un convertidor de analógico a digital (ADC) para ser enviada luego a la sección de banda base para su demodulación y descodificación. El receptor de banda base puede ser probado independiente de la sección de RF generando una señal de FI adecuada mediante un generador de señales con la frecuencia de salida configurada para la FI deseada.

Medir la salida del convertidor ADC representa un desafío, porque ahora la salida es digital y los analizadores de espectros estándares usados corrientemente para probar receptores realizan medidas en señales analógicas. Una solución consiste en analizar los bits digitales del convertidor ADC directamente con un analizador lógico para capturar los datos digitales. Lo difícil de todo esto es procesar los datos capturados y obtener un resultado que tenga sentido, dado que la mayoría de las aplicaciones de los analizadores lógicos no están preparadas para generar medidas de RF. De todos modos, puede ser útil usar un software especializado, como el software de análisis vectorial de señales 89601A de Agilent. Aunque este software suele ser utilizado en analizadores de espectros para desmodular varios formatos de modulación, también puede ser utilizado en un analizador lógico. El software ofrece un modo único de analizar el rendimiento del convertidor ADC, ya que puede realizar las tradicionales medidas de RF directamente sobre datos digitales. Además, le permite al diseñador calcular cuánto incide el convertidor ADC en el rendimiento de todo el sistema y comparar los resultados con medidas de RF efectuadas antes en el diagrama de bloques aplicando los mismos algoritmos de medida.

Con LTE la salida del convertidor ADC puede ser convertida en interfaz serie de alta velocidad como la interfaz CPRI en el eNB (estación base) o DigRF en el equipo de usuario. En algunos casos, es posible que la topología del receptor permita el acceso a los datos digitales sólo a través de uno de esos buses estándares industriales, complicando con ello el proceso de análisis de datos. Sin embargo, existen soluciones estándares para la industria que aceptan estos flujos de datos serie a alta velocidad. Por ejemplo, Agilent ofrece un analizador DigRF capaz de analizar datos digitales (al igual que un analizador lógico) o bien pasar los datos al software de análisis vectorial de señales, permitiendo realizar medidas vectoriales de los datos desmodulados.

Demodulación de banda base

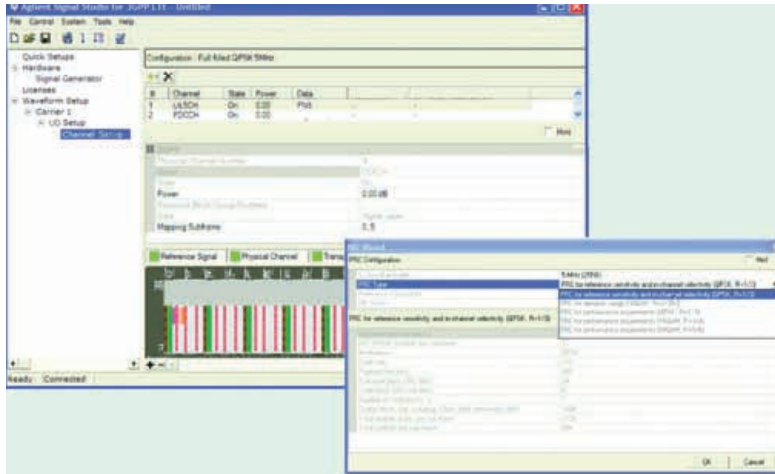
Las señales digitalizadas del convertidor ADC son transferidas a la sección de banda base donde los FPGA o ASIC se encargan de desmodular las señales. Hasta ahora, las medidas han sido relativamente simples, porque el equipo de prueba ha sido utilizado tanto para generar como para analizar las señales LTE. Ahora, el receptor del eNB o del equipo de usuario (UE) tiene que desmodular la señal y dar el resultado.

Al probar la sección de banda base del receptor, surge el problema de cómo enviar físicamente las señales de prueba al dispositivo bajo prueba. Dependiendo de si el receptor está en el ciclo de desarrollo, la señal de prueba podría ser inyectada en el receptor como señal de RF, FI, IQ analógica o IQ digital en la sección de banda base. La mayoría de los generadores de señales pueden generar señales para probar cada una de las secciones de un receptor. Normalmente, las salidas digitales de los generadores de señales son muestras de I y Q no procesadas de características físicas altamente configurables que comprenden el tipo de lógica, formato numérico, número

de bits, orden de bits, velocidad de muestreo y opciones de reloj. Como se ha mencionado antes, se espera que la mayoría de los diseños de radio LTE de banda base utilice una interfaz digital estándar industrial dedicada, como CPRI o DigRF, que requerirá el uso de herramientas de análisis especializadas. Lo importante es que la señal sea enviada al receptor en el formato adecuado.

Los generadores de señales pueden generar señales de temporización o aceptar señales de disparo para facilitar la sincronización con los receptores de equipos de usuario o eNB. Para facilitar la sincronización, la información acerca de la señal LTE generada puede ser preprogramada en el dispositivo bajo prueba. Por ejemplo, cuando se prueba un equipo de usuario, puede ser forzado mediante preprogramación para usar el grupo y el sector de ID de celda de la capa física generados por el generador de señales. Puede ser útil configurar un analizador vectorial de señales para desmodular la misma señal para cuya demodulación está configurado el receptor. Los algoritmos de demodulación y descodificación de la sección de banda base pueden ser verificados con señales LTE codificadas a nivel de la capa física, que pueden ser configuradas fácilmente mediante un generador de señales con una aplicación como Signal Studio para 3GPP LTE de Agilent. Los RB configurados en los límites de canal y de banda son de especial interés, porque es probable que los filtros de banda y canal distorsionen y atenúen parte de la señal.

Aunque las señales de prueba son fáciles de medir e interpretar con un analizador vectorial de señales con sus múltiples pantallas, es probable que la interfaz con un receptor LTE real sea una simple interfaz terminal con comandos y resultados patentados. Por lo tanto, una característica útil en un receptor es la capacidad para escribir los datos desmodulados procedentes de cada canal en un fichero



para poder analizarlos en un segundo momento y asegurarse de que los bits recibidos coinciden con los bits transmitidos.

La demodulación básica es verificada a nivel de subtrama. Terminado este paso, la descodificación del canal de transporte queda comprobada. Las especificaciones definen canales de referencia fijos (FRC) que son usados como configuraciones de referencia para determinar requisitos del receptor. Estas señales representan un buen punto de partida para la verificación inicial de los algoritmos de descodificación del canal de transporte. En la Figura 1 se ilustra un ejemplo de canal FRC en el enlace ascendente para probar un eNB.

Después de verificar que el receptor está desmodulando y descodificando la señal correctamente, el diseñador puede medir tasas de error de bit (BER) y tasas de error de bloque (BLER). En la Figura 2 se ilustra una simulación de la demodulación del receptor del equipo de usuario (UE) para un canal compartido en el enlace descendente (DL-SCH) en función de E_b/N_0 , que representa la energía por bit dividida por la densidad espectral de la potencia de ruido. Esto da una idea general de la relación existente entre la BER descodificada, la BER codificada en el canal de transporte y la BLER. La BER descodificada es una medida de BER a nivel de la capa física anterior a la descodificación en el canal de transporte, mientras que la BER codificada es una medida de BER posterior a la descodificación en el canal de transporte. La BER descodificada es una medida del rendimiento del receptor más sensible que la BLER o la BER codificada y resulta útil en

las primeras fases de caracterización del receptor. Los requisitos del receptor usan la BLER como índice de rendimiento, que es expresado como rendimiento relativo al rendimiento máximo del FRC. La codificación en el canal de transporte con corrección de errores FEC mejora claramente la tasa de error de bit.

Para medir las tasas de error de bit es necesario configurar una secuencia pseudoaleatoria para los datos de carga en el generador de señales y comunicársela al receptor, que de este modo puede autocorrelacionarse con ella y determinar la tasa de error de bit. Algunos generadores de señales pueden calcular la BER si la señal desmodulada y descodificada es enrutada de vuelta al generador de señales como señal TTL o CMOS. A diferencia de UMTS y sistemas anteriores, para LTE no se han establecido requisitos basados en BER y no se

soportan los mecanismos de bucle de retorno determinados para medir la BER del equipo de usuario. Todas las pruebas de receptores tanto de equipos de usuario como de eNB se basan en BLER, quedando la prueba de BER como herramienta de I+D.

Resumen

La prueba en bucle abierto con analizador vectorial de señales y software es una manera práctica de verificar la demodulación ADC y de banda base de un receptor de banda base LTE. Para probar todos los requisitos de BLER de equipos de usuario y eNB, basados en retransmisión HARQ, también será necesario probar el receptor en bucle cerrado.

Acerca del autor

Randy Becker consiguió el título de Ingeniero Técnico Industrial, en la rama de electricidad, en el Walla Walla College en 1997 y el título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Nebraska en 1999. A continuación, entró a trabajar en Hewlett-Packard/Agilent Technologies donde lleva 10 años trabajando en el campo del marketing técnico. Randy empezó como ingeniero de marketing en la división de análisis de espectro. Dos años más tarde, pasó a la división de fuentes de señales donde lleva ya ocho años. Actualmente, Randy es ingeniero de aplicaciones senior y se dedica a diversas tecnologías celulares centradas en W-CDMA y LTE.

Figura 1. Ejemplo de canal FRC QPSK R=1/3 en el enlace ascendente para realizar medidas de sensibilidad en el eNB y de selectividad en el canal.

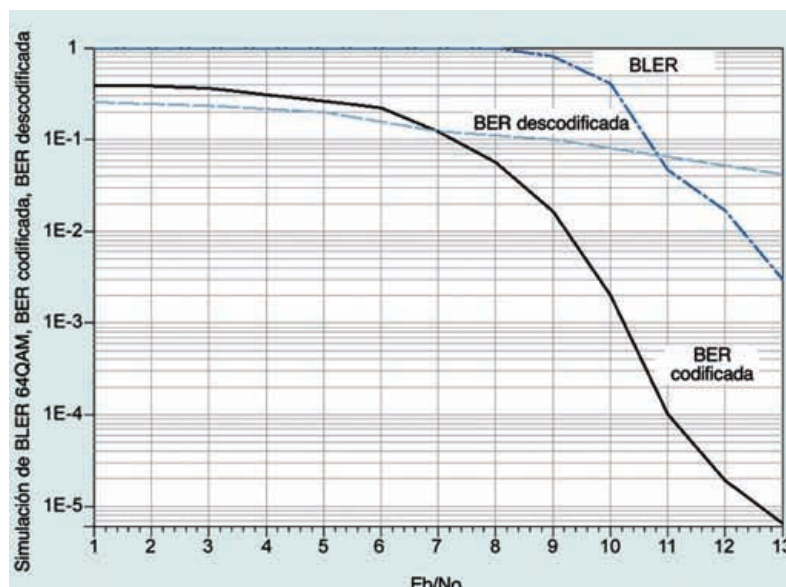


Figura 2. Simulación del funcionamiento del receptor del equipo de usuario para canal PDSCH 64QAM donde se muestra la relación entre BER descodificada, BER codificada y BLER.