

HSPA: Nuevos desafíos para el diseño de amplificadores de potencia en los terminales UMTS ("UE")

Artículo cedido por el Departamento de Soporte de Rohde & Schwarz España

La tecnología de radio móvil, basada en UMTS, se está desarrollando a una velocidad suicida. Los operadores de red mundiales están, en la actualidad, mejorando sus redes con la nueva tecnología HSDPA ("high speed downlink packet access").

HSDPA optimiza la transmisión de datos en "downlink" (transmisión de la red al "UE"). Los nuevos métodos de transmisión permiten tasas de transmisión de datos de varios Mbit/s. Teóricamente, son posibles transmisiones de datos de hasta 14 Mbit/s. Además, HSDPA aumenta la capacidad de las redes de radio móvil.

Otra ventaja para los abonados son los tiempos de acceso más rápidos a servicios de datos. HSDPA es parte de la "release 5" de las especificaciones del 3GPP ("3rd Generation Partnership Project"), las cuales son relevantes para UMTS. Pero esto de ningún modo marca el final del desarrollo de la tecnología UMTS. Los fabricantes de infraestructuras de radio móvil y de "UEs", están trabajando ya duro en la implementación de HSUPA ("high speed uplink packet access"), una parte de la "release 6" del 3GPP. HSUPA contiene un número importante de mejoras para la transmisión de datos en "uplink" (transmisión de datos del "UE" a la red): tasas de transmisión de datos de varios Mbit/s, "throughputs" mayores y tiempos de acceso más rápidos. El lanzamiento comercial de HSUPA se espera durante el año 2007.

A la fusión de HSDPA y HSUPA se la conoce también como HSPA ("high speed packet access"). Con HSPA se beneficiarán los servicios de datos que requieren transmisión de grandes volúmenes de datos en "uplink" y "downlink" y que necesitan una interacción muy rápida entre ambos enlaces. Los servicios de oficina móvil, voz sobre IP y videoconferencia son ejemplos de estas aplicaciones.

Técnicas nuevas en la interfaz aire

Las ventajas de HSPA se lograrán mediante el empleo de nuevas técnicas en la interfaz aire. Esto incluye, por ejemplo, la introducción de un protocolo rápido de transmisión de datos (hybrid automatic repeat request, HARQ) tanto en "uplink" como en "downlink" que permite el recipiente de solicitud automática para la repetición de la transmisión de paquetes erróneos. A diferencia de UMTS, donde sólo se pueden transmitir paquetes de datos nuevos cada 10 ms, HSPA permite la transmisión cada 2 ms. De este modo, la red es capaz de responder ante cambios rápidos en las condiciones del canal radio. Se mantiene la estructura básica de la trama de transmisión de UMTS con una longitud de 10 ms y 15 "time slots". Sólo se introducen en el caso de HSPA subtramas de 2 ms de duración y 3 "time slots". Se puede transmitir un paquete de datos por cada subtrama.

Otra innovación importante en HSPA implica a la estación base. La estación base es la responsable de asignar los recursos para la transmisión de datos en HSDPA y HSUPA. Continuamente realiza medidas para determinar las condiciones de transmisión del "uplink", en base a las cuales un algoritmo en la estación base se encarga de tomar las decisiones de asignación de los recursos disponibles en "uplink". Además, la estación base analiza las medidas regulares reportadas por los móviles del estado de la calidad del canal para asegurar una asignación óptima de los recursos en "downlink".

Además de los numerosos cambios en los parámetros de transmisión físicos y la introducción de nuevos canales de transmisión físicos, HSPA requiere también de cambios en la arquitectura de protocolos. La implementación de HSPA no es un trabajo nada sencillo para los

fabricantes de elementos de red, terminales, chipsets y módulos.

Las siguientes páginas describen las dificultades que se tendrán que superar particularmente en el diseño de amplificadores de potencia para terminales compatibles con HSPA.

Nuevos canales en "uplink" para HSPA

Tanto UMTS como HSPA emplean como método de acceso múltiple en la interfaz aire WCDMA ("wideband code division multiple access"). En lugar de la división de los recursos por frecuencia o multiplexación de tiempo en canales, la señal se distribuye a través del espectro de frecuencias completo mediante el proceso de "spreading" del código. El factor de "spreading" se indica como una medida del "spreading" del código. Factores de "spreading" más bajos permiten velocidades de transmisión más altas, pero con ganancias de "spreading" inferiores.

Antes de la introducción de HSPA, básicamente eran relevantes dos canales en el enlace "uplink" para la transmisión de datos en UMTS: el canal DPDCH ("dedicated physical data channel") para la transmisión de los datos útiles y el canal DPCCH ("dedicated physical control channel") para la transmisión de la información de control. Los canales DPDCH y DPCCH se transmiten empleando el método de multiplexación IQ en el "uplink" (ver Fig. 1).

El canal DPDCH se localiza en el dominio I, el canal DPCCH en el dominio Q. A los canales DPDCH y DPCCH se les aplica el proceso de "spreading" de manera individual;

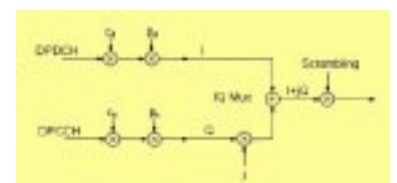


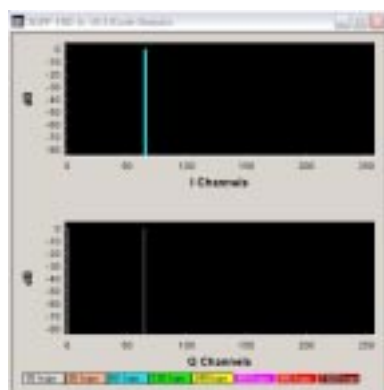
Figura 1. Transmisión de los canales DPCCH y DPDCH del enlace "uplink"

el DPDCH tiene un factor de spreading variable c_d dependiendo de la velocidad de transmisión, mientras que el DPCCH está siempre localizado en el código 0 con un factor de "spreading" fijo de 256.

Se necesita un canal nuevo en "uplink", el canal HS-DPCCH ("high speed dedicated physical control channel"), para propósitos de control aunque el objetivo de HSDPA sea la mejora en los canales de datos en "downlink". Este canal se emplea principalmente para transmitir las medidas para la determinación del estado de la calidad del canal del terminal a la red. A esta información se la conoce también como CQI ("channel quality indicador"). Además, la recepción correcta de los paquetes recibidos en "downlink" se confirma mediante el canal HS-DPCCH. Para este propósito, el terminal envía un mensaje de acuse de recibo ACK ("acknowledgement").

Si se recibe un paquete de datos erróneo, se puede solicitar de nuevo utilizando un mensaje NACK ("negative acknowledgement") en el canal HS-DPCCH.

El canal HS-DPCCH se transmite como un tercer canal de código en "uplink" y se localiza en el dominio Q. Como resultado, se obtiene la representación del dominio del código de la Fig. 2. El canal HS-DPCCH se sitúa en el código 64 con un factor de spreading fijo de 256, que se corresponde con una velocidad de símbolo de 15 kbps.



Debido a su estructura especial, el canal HS-DPCCH provoca algunas dificultades en el desarrollo de los amplificadores de potencia. El canal HS-DPCCH no se transmite de manera continua, sino únicamente cuando se va a enviar información desde los terminales. Como consecuencia de ello aparece una señal con estructura a ráfagas. Adicionalmente, se puede configurar a priori en la red el cambio en la potencia de transmisión dependiendo de la información que se va a transmitir en el HS-DPCCH. De este modo, se puede enviar un mensaje ACK con un nivel de potencia más alto que al enviar un mensaje NACK, por ejemplo. La información del mensaje CQI se puede escalar de manera individual. El canal HS-DPCCH no se basa necesariamente en el resto de canales del "uplink" con respecto al tiempo. Por esta razón, aparecen fluctuaciones en el rendimiento como consecuencia de que el canal HS-DPCCH no ocurre siempre en los límites del "time slot" de los canales dedicados DPDCH y DPCCH. En cambio, la transmisión de una subtrama del canal HS-DPCCH puede iniciarse de repente en la mitad de un "time slot" del canal DPCCH. En este caso, el terminal tiene que adaptar las potencias de transmisión absolutas con respecto a los canales individuales en "uplink" para evitar el exceso de transmisión de potencia máxima permitida.

La introducción de HSUPA viene acompañada de otros dos tipos de canal en "uplink": el canal E-DPDCH ("enhanced dedicated physical data channel") para la transmisión de datos de usuario con velocidades de transmisión altas y el canal E-DPCCH ("enhanced dedicated physical control channel") para la transmisión de información de control. Se debería tener en cuenta que podría haber hasta cuatro canales E-DPDCH por terminal. En función del volumen de datos y de la potencia de transmisión disponible, el terminal selecciona cuántos canales E-DPDCH se requieren para la transmisión de los paquetes de datos y qué factor de "spreading" es neces-



Figura 3. Señal HSUPA con cuatro canales E-DPDCHs

rio. La colocación de los canales E-DPDCH y el canal E-DPCCH en el dominio IQ se define para cada configuración posible del estándar. La Fig. 3, por ejemplo, muestra el dominio del código resultante para cuatro canales E-DPDCHs, medidos con un analizador de espectros. Esta configuración permite una velocidad de transmisión de datos máxima de 5.76 Mbps para HSUPA. El canal E-DPCCH se transmite siempre en el dominio I y se localiza en el código 1 con un factor de "spreading" de 256. En este caso, el canal HS-DPCCH se ubica en el código 33 con un factor de "spreading" de 256.

Los canales nuevos en "uplink" para HSUPA se tienen que tomar también en consideración en el desarrollo de los amplificadores de potencia de los terminales.

Ajuste de la potencia del canal

Se emplea un método especial para el ajuste de la potencia de los distintos canales en "uplink". Los factores de ganancia (también conocidos como factores beta) de los canales individuales se controlan desde la red a los terminales durante el proceso de configuración de la conexión. Para el canal DPCCH se los conoce como β_c , para el DPDCH β_d , para el HS-DPCCH β_{hs} , para el E-DPCCH β_{ec} y para el E-DPDCH β_{ed} . El factor de ganancia se emplea para describir una razón de amplitud específica que se asume

Figura 2. Dominio del código en Uplink con un canal HS-DPCCH

por el canal observado en relación al canal DPCCCH. Desde esta razón de amplitud es posible determinar el valor de potencia del canal observado en relación con el canal DPCCCH. La Tabla 1 muestra esto utilizando el canal E-DPCCH como ejemplo.

Los valores que se envían de la red al terminal para el E-DPCCH se enumeran en la columna de la izquierda de la tabla 1. El estándar estipula cómo el terminal ha de interpretar estos valores y que razón de amplitud, $A_{ec} = \beta_{ec} / \beta_c$, se ha de ajustar entre los canales E-DPCCH y DPCCCH. La razón de potencia resultante, la cuál se puede determinar fácilmente mediante el siguiente cálculo $20 * \log(\beta_{ec} / \beta_c)$, se puede leer en la columna de la derecha de la tabla 1.

ble que, en función de la clase de terminal observado, no se exceda la potencia de salida máxima permitida.

Razón de potencia de pico a potencia promedio

La razón de potencia de pico a potencia promedio de una señal ("peak-to-average ratio", PAR) es un parámetro de particular importancia para el dimensionamiento de los amplificadores de potencia. Este tema se discutió ampliamente cuando el estándar HSDPA se especificó en la "release 5" del 3GPP, ya que el tercer canal de código HS-DPCCH, a veces, incrementa de manera significativa el PAR de una señal en "uplink". Esto causa variaciones dinámicas muy grandes en la señal y requerimientos más estrictos en la linealidad de los amplificadores de potencia. Esto hace que sea más difícil permanecer libre de distorsiones y mantenerse dentro de los límites en el caso de las medidas de interferencia de canal adyacente permitida y de la medida de la calidad de la modulación. Además, se supone que los amplificadores de potencia empleados operan también eficientemente en cuanto a costes se refiere. Por esta razón, el estándar HSDPA permite una reducción de la potencia de salida máxima del terminal durante los periodos en los que se envía el canal HS-DPCCH. La reducción de potencia requerida depende principalmente de la razón de amplitud entre los canales DPCCCH, DPDCH y HS-DPCCH. La reducción permisible de potencia de salida máxima se especifica así pues dependiendo de las combinaciones de factor de ganancia β_c , β_d y β_{hs} . Sin embargo, el estándar sólo permite una reducción de la potencia de salida para combinaciones muy críticas, ya que una reducción grande de la potencia de transmisión afectaría a la cobertura de la celda. En el 3GPP, un valor de PAR 99.9 % se empleó como punto de referencia

para la evaluación de la reducción requerida de la potencia de transmisión. Se compararon diferentes señales en "uplink" de HSDPA con un canal de referencia que consistía únicamente de los canales DPCCCH y DPDCH. Como resultado, la "release 5" del 3GPP estipuló que la potencia de transmisión máxima de los terminales de clase de potencia 3 y 4 se podía reducir hasta en 2dB dependiendo de la combinación de factor de ganancia si se transmite un canal HS-DPCCH. El resultado también tuvo en cuenta que con señales HSDPA se pueden obtener con frecuencia valores de PAR más altos que 99.9 %.

Métrica Cúbica ("Cubic metric")

Con la introducción de HSUPA, este procedimiento se ha puesto a prueba de nuevo. La experiencia obtenida con HSDPA mostró que el incremento del PAR no se puede transferir 1:1 en dB a la reducción requerida de potencia de transmisión. Así pues, con la introducción de HSUPA, se definió la métrica cúbica (CM) como un nuevo punto de referencia en la "release 6" del 3GPP. Es un valor más preciso para la predicción de la reducción requerida de la potencia de transmisión para asegurar el rendimiento deseado en "uplink". La métrica cúbica se aplica de la misma manera tanto para señales "uplink" en HSDPA como en HSUPA. Dependiendo de la configuración del canal observado, la métrica cúbica se determina en el "uplink" y describe la razón entre las componentes cúbicas de la señal observada y las componentes cúbicas de la señal de referencia. Como señal de referencia se seleccionó una señal de voz sencilla. En las especificaciones del 3GPP se puede encontrar la fórmula del cálculo detallada. La métrica cúbica se basa en el hecho de que las no linealidades de tercer orden en las características de los amplificadores de poten-

Tabla 1 Razón de amplitud entre los canales E-DPCCH y DPCCCH

Signaling values for A _{ec} (dB)	Quantized amplitude ratios A _{ec} = p _{ec} /p _c	E-DPCCH power to be set in relation to DPCCCH
8	30/15	8.02
7	24/15	4.98
6	18/15	2.95
5	15/15	0.0
4	12/15	-1.94
3	9/15	-4.44
2	6/15	-5.46
1	6/15	-7.96
0	6/15	-6.54

El terminal puede, de este modo, escalar cada uno de los canales en "uplink" utilizando los factores de ganancia. Se ha de prestar especial atención a que los factores de ganancia describen cada una de las razones de los canales. Esta razón permanece invariable con independencia de la potencia total de la señal en "uplink". La potencia total de la señal en "uplink" se configura de antemano mediante los mecanismos ya conocidos de UMTS. El rápido control de potencia en "uplink" es crucial.

Para hacer esto posible, el terminal ha de seguir las órdenes de la red, mediante las cuáles la potencia de transmisión se puede aumentar o disminuir. Es, así pues, imprescindible

cia son la principal razón de las interferencias de canal adyacente en el "uplink". Por tanto, en las especificaciones de la "release 6" del 3GPP se determina la reducción permisible de la potencia de transmisión como una función de la métrica cúbica de la señal observada cuando se transmiten los canales HS-DPCCH y/o E-DPCCH / E-DPCCH.

La conformidad con el aumento de requerimientos de HSPA depende de la implementación del amplificador de potencia, por supuesto. Por lo tanto, el 3GPP determina varias especificaciones de test para las pruebas de los transmisores.

Medidas de acuerdo al estándar

Una de las especificaciones de prueba principales determina la comprobación de la potencia de salida máxima de los terminales HSPA. Esta prueba verifica si los terminales se mantienen dentro de la potencia de transmisión permisible dependiendo de la configuración de la señal observada. En las especificaciones de la "release 5" del 3GPP se definen valores fijos, que se tienen que aplicar dependiendo de la combinación de factor de ganancia de la señal observada. Según la "release 6", la reducción permisible de potencia de salida en el uplink se basa en la métrica cúbica.

Otro test importante describe la máscara de transmisión permisible del canal HS-DPCCH, que como ya se mencionó, tiene una estructura a ráfagas. Por esta razón, es importante que los cambios en la potencia permanezcan dentro de los límites especificados cuando se activa o desactiva el canal HS-DPCCH. La Fig. 4 muestra una medida apropiada en un comprobador de comunicaciones radio.

Las pruebas del transmisor para la máscara espectral, interferencia de canal de adyacente ("adjacent channel leakage ratio", ACLR), calidad de la modulación y precisión de fase que

ya eran conocidas antes de la introducción de HSPA, por consiguiente, se amplían para el caso de la tecnología HSPA. Por ejemplo, en la Fig. 5 se muestra una medida de ACLR en una señal "uplink" que contiene un canal HS-DPCCH. La medida se realizó con un tester de radio móvil. La Fig. 6 representa una medida notable de la calidad de la modulación, que se evalúa en base al parámetro EVM ("error vector magnitude"). El efecto que se puede apreciar es la consecuencia del inicio de la transmisión de una subtrama HS-DPCCH en la mitad del "timeslot" del canal DPCCH.

Según se especifica en el 3GPP, se definen señales especiales de referencia en "uplink" para todas las especificaciones de medida de las pruebas en transmisores. Algunas combinaciones de canal representativas se han seleccionado como subtests, ya que la combinación de los factores de ganancia influye considerablemente en las características de la señal. Las pruebas del transmisor de terminales compatibles con HSPA tienen que pasar todos los subtests, es decir, tienen que cumplir con todos los requerimientos de las distintas combinaciones de factores de ganancia.

Las especificaciones de test descritas aquí no son solo relevantes para las pruebas de conformidad. Se pueden emplear también para determinar la calidad de la implementación en las etapas más tempranas de un desarrollo.

Perspectivas de futuro

HSDPA y HSUPA presentan desafíos especiales en el desarrollo de los amplificadores de potencia. Los terminales compatibles con HSDPA han aparecido en el mercado hace ya algún tiempo y se ha probado su éxito en la práctica. Los primeros terminales compatibles con HSUPA a niveles comerciales, sin embargo, están todavía siendo desarrollados y optimizados. Con la

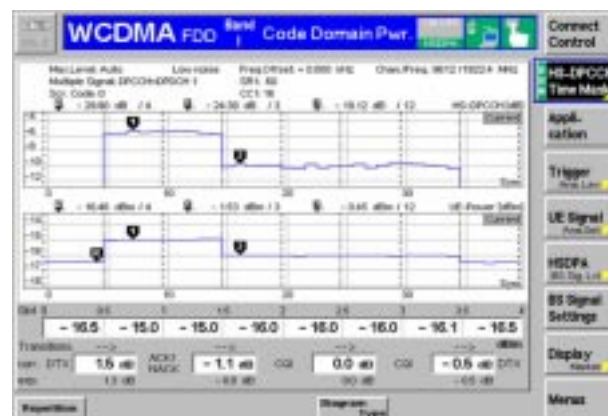


Figura 4. HS-DPCCH

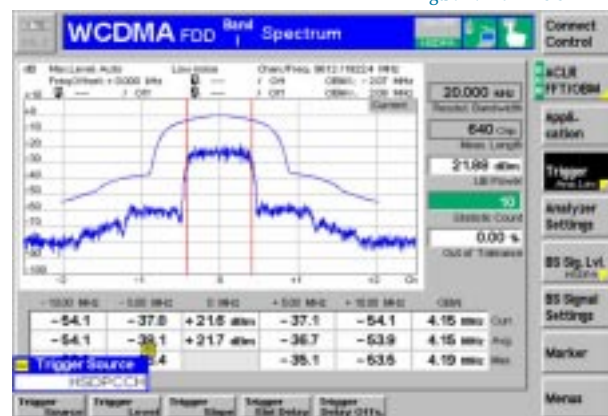


Figura 5. Medida ACLR



Figura 6. Medida EVM

ayuda de la potente instrumentación de test y medida (T&M), se pueden abordar estos desafíos en los inicios de su desarrollo.

El desarrollo de la tecnología HSPA aún no se ha completado. Para hacer las nuevas tecnologías mucho más eficientes, la "release 7" del 3GPP contará con mejoras adicionales para HSPA.