

Tecnología de Radio



**Daniel Torres
Laguardia**

Ingeniero de Integración
Radio. NORTEL

El concepto de “*Beyond 3G*” (Más allá de la 3ª Generación), también extendido al de “4G”, engloba las tecnologías inalámbricas que van a marcar el futuro que va suceder al estándar de UMTS. Este tiempo post-UMTS, marcado por el grupo de estandarización de 3ª Generación 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), en su parte radio ha comenzado por HSDPA¹ con su mejora de rendimiento en enlace descendente (DL). Posteriormente HSUPA² compensará las comunicaciones en enlace ascendente (UL). El gran cambio vendrá con OFDM³ y MIMO⁴, dos técnicas de avanzado rendimiento radio. Y aparecerá otro término para la parte radio: LTE (*Long Term Evolution*).

El presente, HSDPA

HSDPA es considerada como la 3.5G y supone la mejora en el DL de WCDMA⁵, introduciendo una

configurar cada portadora para que aloje hasta 15 HS-DSCH (o varios HS-DSCH y el resto para canales de R99, la versión original de UMTS). También introduce una

ción híbrida: H-ARQ¹⁰, que combina corrección de errores mediante codificación y repetición de tramas detectadas como erróneas, que pueden ser combinadas con las enviadas anteriormente (“*chase combining*” o técnica de combinación). Otra de las características de HSDPA es la modulación y codificación adaptativa, dependiente de las condiciones radio. HSDPA forma parte del estándar 3GPP en su versión ‘Release 5’.

.....

“HSDPA es considerada como la 3.5G y supone la mejora en el DL de WCDMA, introduciendo una serie de modificaciones que aumentan el pico de velocidad de UMTS hasta los 14,4 Mbps”

.....

serie de modificaciones que aumentan el pico de velocidad de UMTS hasta los 14,4 Mbps. Una de esas mejoras es la introducción de un canal compartido (HS-DSCH⁶) de SF=16 (*Spreading Factor* o Factor de Ensanchamiento). Se puede

nueva modulación: 16-QAM⁷ que, aunque necesita mejores condiciones radio que la utilizada por UMTS (QPSK⁸), aumenta la velocidad al doble que ésta. Existe la posibilidad de reducir el TTI⁹ a 2ms. Utiliza un método de repeti-

HSUPA, futuro a corto plazo

HSUPA es una variante de WCDMA aplicada al enlace ascendente, siendo en algunos aspectos similar a HSDPA. El pico de velocidad máximo de HSUPA será de 5,7 Mbps, que corresponderá a una

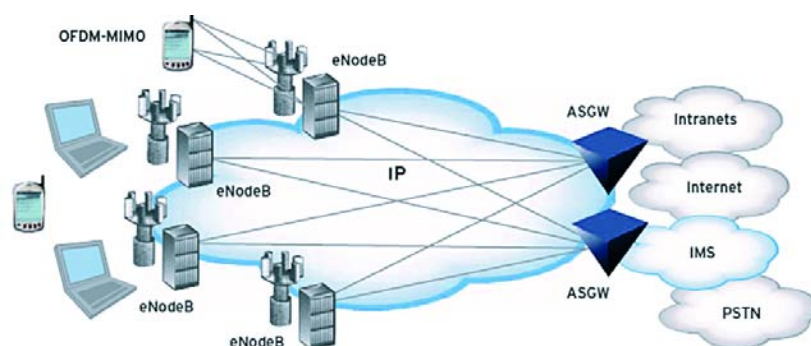


Figura 1. Visión "3G and Beyond". (Fuente: Nortel).

categoría 6 de E-DCH¹¹ (nuevo canal de enlace descendente) y a un TTI de 2ms. La tasa es justo la mitad de la máxima velocidad de HSDPA. Una diferencia fundamental entre ambas tecnologías es que HSDPA permite el uso de la modulación de 16-QAM (de doble tasa que la que utiliza normalmente WCDMA, que es QPSK), mientras que en HSUPA no se contempla. En cambio, en el enlace descendente la potencia transmitida es controlada por el Nodo B y permite una mayor flexibilidad para utilizar esa modulación. HSUPA forma parte de 3GPP en su versión "Release 6". Vamos a pasar a desarrollar algunas de sus características principales:

- "Scheduling" (programación) de la Estación Base. El Nodo B controlará los TFC¹² que usará el terminal. Las ventajas principales son una rápida adaptación a las variaciones de interferencia y un mejor control ante el aumento del nivel de ruido. La desventaja es que es un control "descentralizado" de la RNC¹³ porque el Nodo B no puede añadir la influencia de la interferencia en el resto de NodosB adyacentes. El Nodo B proporciona a los terminales

unos accesos programados, siendo éstos "absolutos" (imponiendo una limitación al uso) o "relativos" (aumenta o disminuye esta limitación de recursos).

- HARQ. El esquema de repetición es similar al de HSDPA, en este caso aplicado al E-DCH. Recor-

"HSUPA es una variante de WCDMA aplicada al enlace ascendente, siendo en algunos aspectos similar a HSDPA. El pico de velocidad máximo de HSUPA será de 5,7 Mbps"

demos que este proceso combina la repetición de tramas erróneas con la corrección mediante codificación. El protocolo de retransmisión está gestionado por el Nodo B. El proceso de respuesta de reconocimiento (ACK/NACK) se da por cada TTI. Las diferencias principales con la implementación en HSDPA son: retransmisiones síncronas, el máximo número de retransmisiones depende del TTI utilizado, si se configura la técnica "Incremental Redundancy" la secuencia es fija y depende de la tasa

del código, y funciona en "Soft Handover" (traspaso de celda, en el que no se pierde la comunicación en ningún momento).

- Menor TTI. Existe la posibilidad de usar un TTI de 2ms, además del de 10ms. Usar el TTI de 2 ms primero depende de las capacidades del terminal y, después, de la optimización del rendimiento, ya que un TTI de 2 ms permite velocidades mayores con un tamaño limitado del búfer, mientras que el TTI de 10 ms es recomendado cuando se está en el límite de la celda o en "Soft Handover".
- Protocolos y estructura física. La principal novedad es que se introduce en UL el canal E-DCH: soporta HARQ y "scheduling" del Nodo B, así como TTI de 10 ms y 2 ms. Utiliza un canal de

tráfico separado y se asocia sólo un canal de éstos por cada terminal. E-DPDCH¹⁴ es el canal físico para tráfico. Es una trama radio de 10ms dividida en 5 subtramas de 2ms. Su SF ("Spreading Factor") puede ir de valor 64 a 2. E-DPCCH y es el canal de control para el E-DPDCH¹⁵. El canal E-HICH¹⁶ lleva el ACK (mensaje de reconocimiento positivo) del E-DCH. El canal E-RGCH¹⁷ es el encargado de proporcionar los accesos relativos enviando órdenes para mantener, aumentar o disminuir el nivel de potencia máximo. El

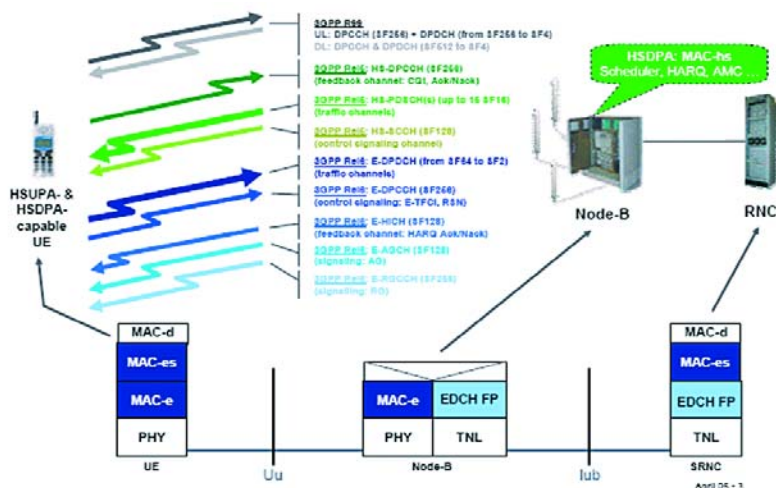


Figura 2. Esquema general del sistema HSUPA. (Fuente: Nortel).

canal E-AGCH¹⁸ proporciona los accesos absolutos. En el “down-link” también existe la posibilidad de utilizar un canal dedicado fraccional (F-DPCH). Este canal se introduce para optimizar el uso de códigos en el “downlink”, conteniendo sólo los bits de control de potencia.

- Cambio en la capa radio. HSUPA mejora el aprovechamiento de la macro-diversidad radio. Hay una celda servidora encargada de controlar al terminal, que le provee. Si hay radioenlaces adicionales, junto con el enlace servidor, forman el grupo servidor (S-RLS¹⁹).

El futuro a medio-largo plazo, HSPA, LTE

MIMO y OFDM van a ser las próximas protagonistas en la escena de las comunicaciones inalámbricas. A diferencia de las variantes introducidas para HSDPA y HSUPA, basadas ambas en el estándar de WCDMA, OFDM y MIMO son modificaciones más específi-

cas, básicamente en la modulación y en técnicas de diversidad, respectivamente. La combinación de ambas aumentará la capacidad de UMTS de forma considerable, hasta

.....

“OFDM y MIMO son modificaciones más específicas, básicamente en la modulación y en técnicas de diversidad, respectivamente. La combinación de ambas aumentará la capacidad de UMTS de forma considerable, hasta picos de 40 Mbps”

.....

picos de 40 Mbps para una portadora de 5 MHz. MIMO y OFDM forman parte de 3GPP en su versión “Release 7”.

HSPA o High Speed Packet Access, que incluye tanto a HSDPA para el enlace descendente como a HSUPA para el enlace ascendente, es la evolución a tecnología de la tercera generación (3G) de GSM/UMTS y provee conectividad inalámbrica a alta velocidad

MIMO

MIMO podrá aumentar la capacidad de HSDPA hasta en tres veces más. Esto lo consigue a través de múltiples transmisiones y re-uso de códigos con múltiples antenas en transmisión y recepción. Sin embargo, esta técnica requiere gran capacidad de procesamiento, de ahí que se retrase su implementación.

MIMO emplea múltiples antenas de transmisión y recepción para mejorar sustancialmente la interfaz aire. Utiliza codificación espacio-tiempo que mejora el tradicional sistema de diversidad en recepción. MIMO puede combinarse con la técnica de “beamforming” para mejorar el número de usuarios que cada antena puede dar servicio. Esta técnica cambia los haces de señal según la posición exacta del

usuario. Esta combinación puede llegar a ofrecer hasta siete veces más capacidad en el enlace descendente, comparado con un sistema de antenas convencional.

Si combinamos a la vez OFDM y MIMO con “beamforming”, se pueden conseguir capacidades de hasta 30-40 veces superiores a las actuales tasas de los sistemas 3G (UMTS) y con un coste también sensiblemente inferior. Asimismo, se ha trabajado en desplegar varias

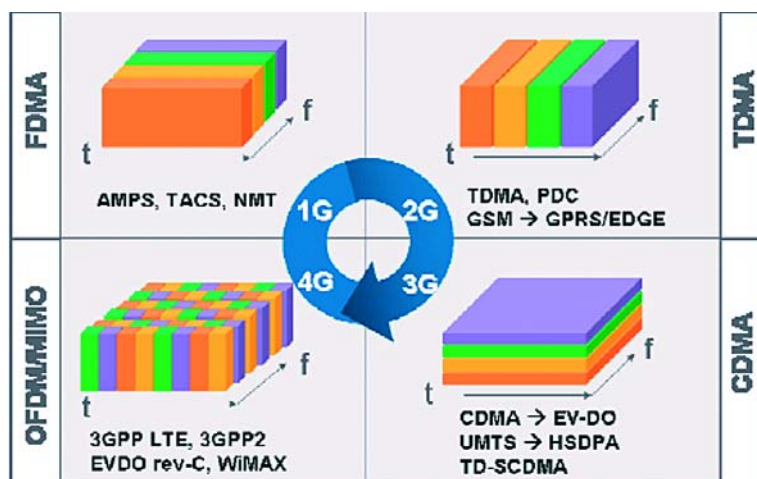


Figura 3. Distintas técnicas de multiplexación radio en las distintas generaciones. (Fuente: Nortel).

antenas en el equipo de usuario, lo cual resulta complejo debido a las limitaciones de espacio en el terminal. Otras áreas de investigación son las antenas meta-materiales, reducción de cable en el emplazamiento y tecnologías de amplificación de potencia.

OFDM

OFDM se basa en una técnica de transmisión en multiplexación por frecuencia. Las frecuencias y las modulaciones en cada canal son ortogonales entre sí, de manera que se minimiza la interferencia. Así, estos canales de banda estrecha pueden llegar a estar muy juntos entre ellos en la banda de espectros. El espectro de cada una de las portadoras tiene un cero en el centro de la frecuencia de cada una de las otras portadoras. Las subportadoras, en este caso, son de 6,2 kHz de ancho de banda, por lo que la transmisión tiene una gran tolerancia a la variación de retardo multicamino. Así, OFDM constituye una tecnología de acceso desplegada en gran variedad de aplicaciones inalámbricas y fijas como, por ejemplo: la difusión de

vídeo (DVB), WiMAX y ADSL. Debido a la extensa experiencia en el uso de OFDM, esta tecnología se convierte en una buena opción

“La solución LTE se basa en la simplificación genérica de la arquitectura de los sistemas “beyond 3G” o 4G, mejorando el rendimiento a la vez que reduciendo costes”

para las redes inalámbricas de nueva generación.

La solución LTE

Esta solución se basa en la simplificación genérica de la arquitectura de los sistemas “beyond 3G” o 4G, mejorando el rendimiento a la vez que reduciendo costes. Las principales características serán:

- La interfaz radio estará basada en MIMO y, como novedad, en OFDM. Importante: deja de utilizarse la multiplexación en código CDMA, característica de los sistemas 3G como UMTS.

- La red será completamente IP (*all-IP*), lo cual supone una beneficiosa simplificación de la estructura de red y fusiona los planos de control y usuario.
- El uso de “*Software Defined Radios*” (SDR), que suponen la optimización de los recursos radio para cada usuario mediante uso de *software*.
- Tasas de velocidad máximas de pico de 100 Mbps, en enlace descendente, y 50 Mbps, en enlace ascendente, 200 ms de establecimiento de sesión y 20 ms de retardo de ida y vuelta (RTT²⁰), lo cual provoca un aumento de la QoE (calidad de experiencia) del usuario.
- Gran eficiencia espectral, operatividad “siempre conectada” (“*always-on*”).

- La seguridad, que será un punto clave en redes completamente IP, que combinarán diferentes accesos y entornos, se controlará ampliamente (autenticación, protocolos seguros, integridad del *software*, etc.).

Los estándares también serán abiertos. Una de las claves será la reducción en el número de nodos incluidos en la red, involucrados en proceso de datos y transporte. Mejorará el tiempo de latencia, especialmente para mejorar las aplicaciones sensibles al retardo, como las comunicaciones interactivas, y en tiempo

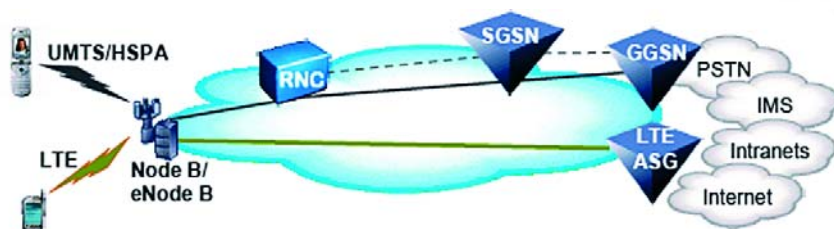


Figura 4. Esquema general de la red UMTS (superior) y la propuesta de LTE (inferior). (Fuente: Nortel).

real. Así, la red se compondrá de dos entidades funcionales para el plano de usuario y de control: “*Evolved Node B*” y “*Access System Gateway*” (Pasarela del Sistema de Acceso). Otro componente opcional dentro de la

blemente el rendimiento actual de las redes móviles. Más allá de la clara separación entre las distintas generaciones inalámbricas, desde la analógica a la digital y multimedia, los nuevos avances se traducen en el concepto de “*Beyond*

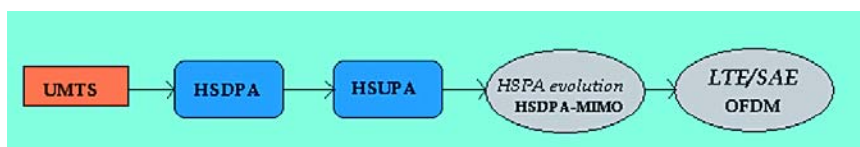


Figura 5. Gráfico de la evolución básica de las tecnologías inalámbricas, según estándar del 3GPP.

arquitectura, el servidor RRM²¹, facilita la movilidad con el resto de tecnologías inalámbricas.

Atendiendo al concepto de convergencia, hay que resaltar que la arquitectura está orientada al servicio que se prestará al usuario, soportando varias clases de servicio, cargos tarifarios basados en el contenido, calidad de servicio *end-to-end*, interfaces abiertos y escalabilidad de la red con elementos actualizables. Todo esto facilita la concepción de los servicios y los hace más efectivos en coste.

Conclusión

El camino evolutivo que va a suceder a UMTS, como tecnología móvil de banda ancha estandarizada, va a cambiar y mejorar sensi-

blemente el rendimiento actual de las redes móviles. Más allá de la clara separación entre las distintas generaciones inalámbricas, desde la analógica a la digital y multimedia, los nuevos avances se traducen en el concepto de “*Beyond*

Finalmente, podemos afirmar que el término “*4G*” hará referencia a la conjunción de todas las tecnologías móviles de banda ancha (añadiendo otras, como p.e., WiFi o WiMAX), de manera que los usuarios sean capaces de usar sus dispositivos de manera transparente e independientemente de cuál sea la tecnología de acceso. ♦

Notas

- ¹ HSDPA: High Speed Downlink Packet Access / Acceso por Paquetes de Alta Velocidad en Enlace Descendente.
- ² HSUPA: High Speed Uplink Packet Access / Acceso por Paquetes de Alta Velocidad en Enlace Ascendente.
- ³ OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplex / Multiplexación por División en Frecuencias Ortogonales.
- ⁴ MIMO: Multiple Input – Multiple Output / Entrada Múltiple – Salida Múltiple.
- ⁵ WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access / Acceso Múltiple de Banda Ancha por Multiplexación en Código.
- ⁶ HS-DSCH: High Speed Downlink Shared Channel / Canal Compartido de Alta Velocidad en el Enlace Descendente.
- ⁷ QAM: Quadrature Amplitude Modulation / Modulación de Amplitud en Cuadratura.
- ⁸ QPSK: Quadrature Phase Shift Keying / Clave de Desplazamiento en Cuadratura de Fase.
- ⁹ TTI: Transmission Time Interval / Intervalo de Tiempo de Transmisión.
- ¹⁰ H-ARQ: Hybrid-Automatic Repeat request / Petición de Repetición Automática Híbrida.
- ¹¹ E-DCH: Enhanced Dedicated Channel / Canal Dedicado Mejorado.
- ¹² TFC: Transport Format Control / Control del Formato de Transporte.
- ¹³ RNC: Radio Network Controller / Controlador de Red Radio.
- ¹⁴ E-DPDCH: Enhanced Dedicated Physical Data Channel / Canal Físico Dedicado Mejorado de Datos.
- ¹⁵ E-DPCCH: Enhanced Dedicated Physical Control Channel / Canal Físico Dedicado Mejorado de Control.
- ¹⁶ E-HICH: E-DCH HARQ: Acknowledgement Indicator Channel / Canal Indicador de Reconocimiento.
- ¹⁷ E-RGCH: E-DCH: Relative Grant Channel / Canal de Concesión Relativa.
- ¹⁸ E-AGCH: E-DCH: Absolute Grant Channel / Canal de Concesión Absoluta.
- ¹⁹ S-RLS: Serving Radio Link Set / Conjunto de Radioenlaces Servidores.
- ²⁰ RTT: Round-Trip Time / Tiempo de Ida y Vuelta.
- ²¹ RRM: Radio Resource Management / Gestión de Recursos Radio.