

# Simulación de redes de tercera generación con HSDPA

Garpar Pedreño López, Juan José Alcaraz Espín, Fernando Cerdán Cartagena  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena  
Campus Muralla del Mar. C/ Dr. Fleming s/n.  
Teléfono 968 32 65 44 Fax: 968 32 59 77  
E-mail: {juan.alcaraz, fernando.cerdan}@upct.es

**Resumen.** Las últimas versiones del estándar de telefonía móvil de tercera generación, UMTS, introducen un nuevo salto tecnológico con la introducción de la funcionalidad HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). Los principales objetivos de HSDPA son incrementar la tasa de transferencia por usuario, mejorar la calidad de servicio ofrecida y, en general, mejorar la eficiencia espectral, especialmente para los servicios de datos, asimétricos y con tráfico a ráfagas, como son la mayoría de servicios de Internet. El funcionamiento de este sistema se basa en la colaboración de múltiples técnicas y algoritmos, como la modulación y codificación adaptativa (AMC), el ARQ híbrido y complejos mecanismos de scheduling, muchos de ellos en fase de desarrollo. Este nuevo sistema se integra en un entorno ya complejo por sí mismo y existen muchas interacciones entre los diversos protocolos que son potencialmente optimizables. Con el objetivo de contribuir al desarrollo y la evaluación de algoritmos que mejoren el rendimiento del sistema desde varios puntos de vista, se ha desarrollado un simulador software de este sistema, totalmente modular y por tanto integrable en un simulador previo de servicios de datos en UMTS.

## 1. Introducción

### 1.1. Transmisión de datos en telefonía móvil de tercera generación.

Durante los próximos años, se espera que los servicios de datos experimenten un gran crecimiento y así, se conviertan en la principal fuente de tráfico en las redes celulares 3G. Entre estas aplicaciones se encuentran, por ejemplo, juegos multijugador, mensajes instantáneos, compras on-line, videoconferencias, películas, música y también acceso a bases de datos tanto públicas como personales. Para que todas estas aplicaciones sean posibles se necesita un sistema de alta capacidad que permita ejecutar simultáneamente servicios con diferentes necesidades de calidad de servicio. Este reto en el diseño de sistemas celulares ha sido resuelto con un nuevo concepto que se denomina HSDPA.

Con el fin de poder entender los conceptos que se explicarán más tarde, en la figura 1 se muestra el esquema completo de la red UMTS. Nosotros nos centraremos en la interfaz radio (Uu) entre el Nodo B (estaciones base) y los distintos usuarios.

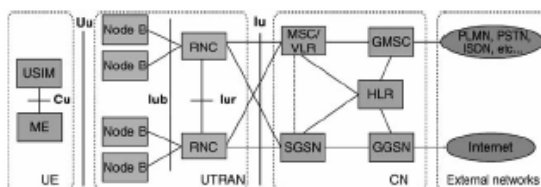


Figura 1. Arquitectura global de UMTS.

### 1.2. ¿Qué es HSDPA?

El concepto HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*) tiene por objetivo incrementar la tasa de pico de datos hacia el usuario, la calidad de servicio y, en general, mejorar la eficiencia de la transmisión de paquetes de datos en sentido *downlink*. Estas mejoras se consiguen gracias a un rápido y complejo mecanismo de control de canal. Este control de canal se basa en los siguientes aspectos:

- Intervalo de transmisión de paquetes (TTI) de duración fija, 2ms.
- Codificación y modulación adaptativas (AMC, *Adaptive Modulation and Coding*) que permiten adaptar dinámicamente las transmisiones a las variaciones de calidad experimentadas en el canal radio hacia el usuario. Los medios de adaptación de que se dispone son: tasa de código, esquema de modulación (QPSK o 16-QAM), número de multi-códigos empleados y potencia transmitida por código.

- Protocolo *hybrid* ARQ. Se trata de un protocolo de parada y espera donde se utilizan hasta ocho procesos ARQ en paralelo por cada usuario. Esto permite que un usuario pueda seguir transmitiendo paquetes mientras espera reconocimientos de los anteriores.

Para que todas estas técnicas se apliquen de forma más eficiente aún, la funcionalidad de *scheduling* (planificación) se ha desplazado desde la RNC hasta el Nodo B. Este hecho permite a la función de planificación disponer de información muy reciente sobre el canal radio y así seleccionar la

modulación y codificación que mejor se adapten al canal en cada TTI. Por otro lado, el proceso de retransmisión se realiza varios órdenes de magnitud más rápido que en la implementación convencional desde la RNC, debido a que se evitan los elementos de retardo entre el Nodo B y la RNC y a que el TTI en la RNC es como mínimo de 10 ms, mientras que en el Nodo B con HSDPA es de 2 ms.

Como consecuencia de estas mejoras, la tasa de pico de transferencia de datos desde la estación al usuario puede llegar teóricamente a superar los 10 Mbit/s, frente a los 384 Kbit/s de los canales de datos previos a la aparición de HSDPA.

## 2. Sistema implementado

Hasta el momento, el trabajo del grupo de investigación se ha centrado en el desarrollo de un simulador que implemente, dentro de la interfaz radio, la transmisión de datos a alta velocidad desde el Nodo-B hasta uno o varios dispositivos móviles (usuarios finales). El objetivo final es disponer de una herramienta que nos permita evaluar la eficiencia de HSDPA y, a partir de ahí, investigar y desarrollar posibles mejoras.

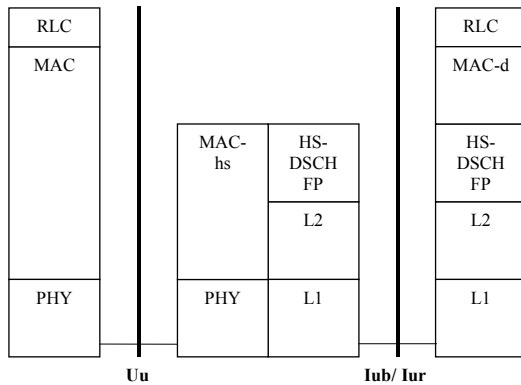


Figura 2. Arquitectura de protocolos para HS-DSCH en la configuración sin MAC-s/ch

En UMTS, dicha transmisión de datos a alta velocidad se conoce como funcionalidad HS-DSCH (*High-Speed Downlink Shared Channel*) y se implementa dentro de la capa MAC del Nodo-B, en una entidad llamada MAC-hs, ubicada en la estación base. Existe una entidad de este tipo por cada celda que implemente HS-DSCH. En la figura 2 se muestra la configuración más común de la pila de protocolos, donde Uu representa la interfaz radio entre usuario y Nodo B y Iub/Iur es la interfaz entre Nodo B y la SRNC.

Por otro lado, el Nodo B se conecta a los usuarios mediante los siguientes canales radio:

- HS-DSCH (*High-Speed Downlink Shared Channel*), canal de transporte por donde viajarán los datos.
- HS-SCCH (*High-Speed Shared Control Channel*), canales de señalización en sentido *downlink*.
- DPCCH-HS (*Dedicated Physical Control Channel High-Speed*), canales de señalización en sentido *uplink*.

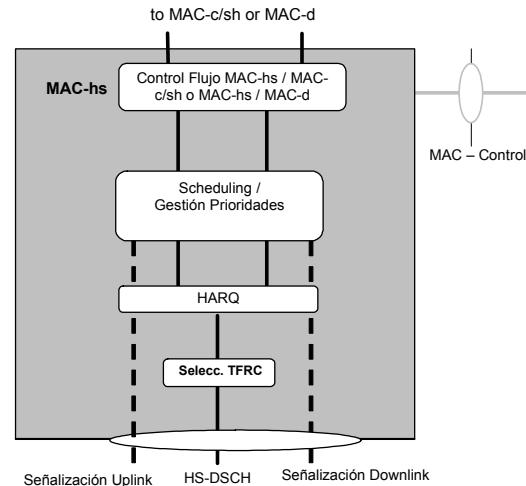


Figura 3. Arquitectura de la Entidad MAC-hs en el Nodo B

En la figura 3 se puede observar la estructura de la entidad MAC-hs en el Nodo B. Las funciones principales que lleva a cabo esta entidad son las siguientes:

- *Control de flujo.* A la entidad MAC-hs llegan los datos procedentes de MAC-d a través de lo que se denominan flujos MAC-d. El control de flujo se gestiona de forma independiente para cada flujo MAC-d mediante un sistema de colas y prioridades. Existen un total de ocho colas por usuario y quince prioridades distintas. Con esta función se busca reducir las tasas de paquetes descartados y retransmitidos como consecuencia de la congestión de MAC-hs.

- *Scheduling y gestión de prioridades.* Esta función se ocupa de gestionar los recursos de HS-DSCH entre la entidad HARQ y los flujos de datos según su prioridad. Cada nueva transmisión o retransmisión viene determinada por los informes de estado que proporciona el canal de señalización uplink, los cuales reflejan el estado de la interfaz radio en cada momento. Dependiendo de esa información se selecciona un usuario y una de sus colas de datos, de la que se extrae el paquete a transmitir y se le asocia un proceso HARQ.

- *Entidad HARQ*. Existe una por cada usuario y se encarga de manejar la funcionalidad *hybrid ARQ*. A su vez, cada entidad permite controlar ocho procesos.

- *Selección TRFC*. Consiste en la selección del adecuado formato de transporte para los datos a transmitir sobre el canal HS-DSCH. Esta selección se hará en base a la información aportada por el canal de señalización *uplink*.

La entidad MAC-hs en el lado del usuario presenta un esquema totalmente distinto (figura 4). Entre sus funciones se encuentran:

- *HARQ*. Al igual que en el Nodo B, se encarga de controlar el protocolo HARQ. Es la encargada de generar los ACKs y NACKs.

- *Reordenación*. Los paquetes recibidos en secuencia se envían directamente al desensamblador para su entrega a las capas superiores. Cuando ocurre alguna pérdida se activa un temporizador y los paquetes se van almacenando en colas similares a las del Nodo B. Una vez finalice el temporizador o lleguen los paquetes perdidos se transmiten todos los almacenados hacia el desensamblador.

- *Desensamblador*. Se ocupa de extraer los paquetes MAC-d del paquete MAC-hs y entregarlos a las capas superiores.

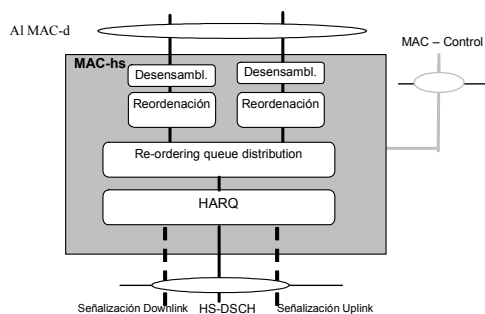


Figura 4. Arquitectura de la Entidad MAC-hs en el terminal móvil

### 3. Conclusiones

El desarrollo de un simulador para la evaluación del rendimiento en un sistema tecnológicamente complejo como el HSDPA ha demostrado ser una herramienta muy útil y de gran fiabilidad en estudios previos. Numerosos fabricantes y operadores basan sus decisiones técnicas en los resultados obtenidos mediante simulación. El propio organismo encargado de desarrollar las especificaciones técnicas del sistema (3GPP) se basa en las simulaciones como herramienta fundamental a la hora de adoptar un determinado

algoritmo, una técnica de modulación o un protocolo, por citar algunos, a las nuevas versiones del estándar. El motivo es que resulta muy costoso y generalmente inviable una evaluación mediante prototipos o sistemas reales. Nuestro simulador HSDPA se integra en un simulador más amplio y ya validado, que incorpora la pila de protocolos completa de transmisión de datos a través de UMTS.

Los resultados obtenidos hasta el momento han demostrado que la interacción entre capas produce efectos en ocasiones negativos para la calidad del servicio que deben ser tenidos en cuenta y que pueden ser mejorados por medio de una adecuada configuración de parámetros y la incorporación de nuevos algoritmos. Con la introducción de HSDPA se prevé que aparezcan nuevas interacciones que pueden reducir el rendimiento del sistema. Mediante estudios de simulación se pretende revisar y proponer nuevas metodologías para la configuración de parámetros en los protocolos UMTS implicados en la transmisión de datos, incluyendo HSDPA.

El scheduling es otro aspecto que deberá ser evaluado. Se trata de un elemento no estandarizado y existen hasta el momento diversas propuestas [4]. Los objetivos perseguidos por el scheduling son diversos, como maximizar el throughput global de la celda, minimizar el retardo por usuario o conseguir un reparto justo de los recursos. En ocasiones estos objetivos son excluyentes y es necesario encontrar un equilibrio entre ellos. Existen menos estudios que aborden el efecto de los mecanismos de scheduling en el rendimiento de otras capas, incluyendo la capa de transporte. Esta es otra línea de investigación que puede iniciarse a consecuencia de este trabajo.

### 4. Referencias

- [1] Harri Holma and Antti Toskala, "WCDMA for UMTS", 3<sup>th</sup> Edition John Wiley & Sons.
- [2] 3GPP TS25.321, "Medium Access Control (MAC) protocol specification", version 6.2.0 (2004-06).
- [3] 3GPP TS25.308, "UTRA High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2", version 6.1.0. (2004-03).
- [4] W. S. Jeon, D. G. Jeong, and B. Kim, "Design of packet transmission scheduler for high-speed downlink packet access systems," en Proc. IEEE VTC'02-Spring, vol. 3, 2002, pp. 1125–1129.