

HSDPA: la nueva generación del UMTS

Versión traducida y editada del artículo “HSDPA: la nuova generazione dell’ UMTS”—*Notiziario Tecnico Telecom Italia*, Anno 13, no. 1, Giugno 2004—. La Redacción Técnica de esta revista, a través del grupo de Asistencia Técnica de ETECSA, nos ha cedido los derechos para su traducción y publicación.

Por Ing. Claudio Guerrini, Ing. Alessandro Pace

El sistema de tercera generación UMTS está viviendo una fase de expansión gracias a la ampliación de la cobertura por parte de los mayores operadores y a la disponibilidad comercial de los terminales.

En la prospectiva de desarrollo de los servicios de datos, el 3GPP comenzó la estandarización de la técnica HSDPA —*High Speed Downlink Packet Access*— en el 2000 y la completó e insertó en el *Release 5* del sistema UMTS en el 2001. El HSDPA constituye un conjunto de funciones de radio que mejoran la eficiencia del espectro y la gestión de flujo a alta velocidad e intermitencia al alcanzar una velocidad máxima de 14 Mbit/s. De esta forma se pueden proponer servicios evolutivos con una elevada interactividad —juegos, mensajería instantánea— y fluidez —flujo—.

En el artículo, después de las motivaciones para el desarrollo del HSDPA, se ilustran las peculiaridades de la interfaz de radio para presentar por último algunas evaluaciones de las prestaciones.

Introducción

El UMTS es el sistema radio móvil de tercera generación concebido para aplicaciones de multimedia. La primera versión del UMTS, y que el ente de estandarización denominaba *Release 99*, permite velocidades de algunos cientos de Kbits/s¹ idóneas para múltiples servicios.

El 3GPP ha desarrollado en *Release 5* del UMTS la técnica HSDPA que aumenta la velocidad en *downlink* al reducir los atrasos de transmisión y los tiempos de latencia en la red de acceso. Las actividades sobre el HSDPA se iniciaron a principio del año 2000 y las primeras especificaciones se expidieron en diciembre del año siguiente; por otra parte, las operaciones de corrección y perfeccionamiento se prolongaron hasta el 2003². Los principales objetivos del HSDPA son el incremento de la eficiencia del espectro del sistema —se pretende, al menos, duplicar la alcanzada en *Release 99*—; el mejoramiento de la gestión de informaciones intermitentes con velocidad máxima

—la velocidad máxima nominal supera los 14 Mbit/s respecto a los 2 Mbit/s de *Release 99*—; y la flexibilidad de la transmisión de radio a través de mecanismos adaptables, basados en la rápida reconfiguración de los recursos y en la valoración del canal de transmisión.

El posicionamiento del HSDPA en términos de prestaciones y ambiente de utilización aparece representado en la figura 1. El HSDPA interviene también en el acceso de datos a alta velocidad en los escenarios macrocelulares siempre que sea competitivo con las redes locales inalámbricas en los interiores.

En *Release 99* se encuentran los servicios de portadores RAB —*Ra-*

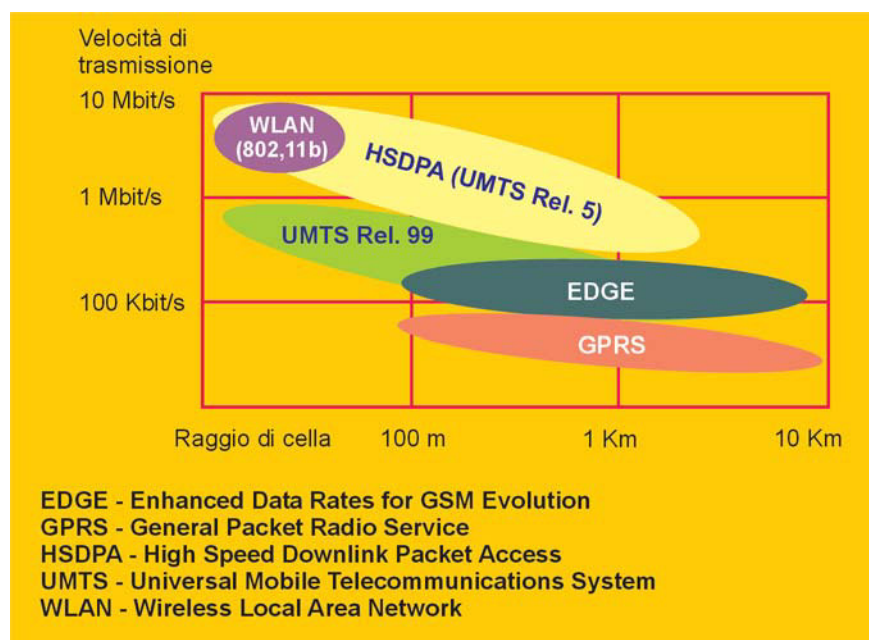


Figura 1 Posicionamiento de la técnica HSDPA

Radio Access Bearer— idóneos para la gestión de diferentes categorías de tráfico y existe el canal común FACH —*Forward Access Channel*—, con atrasos de contenidos pero con capacidad limitada, que no se adapta con facilidad a grandes volúmenes de información. El canal dedicado DCH —*Dedicated Channel*— permite mayor rendimiento³ debido a la velocidad de transmisión variable y al control de adaptación de la potencia emitida.

Sin embargo, el canal dedicado no representa el vector ideal para las fuentes intermitentes; su instalación exige, de hecho, algunos cientos de milisegundos debido a la reconfiguración de la conexión entre la red y el terminal. Con el HSDPA se introduce el canal HS-DSCH —*High Speed - Downlink Shared Channel*—, que se comparte entre más usuarios y con mecanismos más rápidos para la asignación y entrega de los recursos. Para garantizar la integridad

de los datos y controlar la velocidad de transmisión se utilizan técnicas de recombinación de los paquetes y de codificación y modulación que facilitan la adaptación.

A continuación, se trata el componente FDD —*Frequency Division Duplex*— del sistema, al cual prestan mayor interés los operadores y fabricantes para el futuro desarrollo de las redes.

HSDPA: características principales

Las innovaciones introducidas con HSDPA en los protocolos y en la interfaz de radio UMTS se insertan en la arquitectura del UTRAN —*UMTS Terrestrial Radio Access Network*— del Release 99 / Release 4⁴, y se ilustran en la figura 2. Para el transporte en las interfaces terrestres del UTRAN —lu, lub y lur— se utiliza en este Release el modo de transferencia ATM. Los componentes por

paquete y por circuito pueden unirse por definición en el dominio IMS —*IP Multimedia Subsystem*— en 3GPP.

Las principales funciones introducidas en UTRAN con HSDPA se describen a continuación:

- ♦ Utilización de un canal compartido, HS-DSCH, idóneo para la transmisión por paquete con tráfico discontinuo. En el caso de los canales dedicados, los códigos permanecen asignados durante toda la sesión, a menos que la conexión no esté inactiva por un intervalo límite seleccionable —por lo general algunos segundos—, en cuyo caso los códigos vienen separados. Este procedimiento es eficiente cuando la fuente mantiene la inactividad por un tiempo prolongado; la sucesiva reasignación y sincronización del canal requiere de cientos de milisegundos. Como las fuentes de datos son, en general, intermitentes, conviene reservar para el tráfico por paquetes un subconjunto de códigos, al multiplicar así más comunicaciones en el tiempo; este es el principio del HS-DSCH y que se muestra en la figura 3.

- ♦ Esquemas de retransmisión híbridos H-ARQ —*Hybrid Automatic Repeat on request*—. La transmisión por paquete prevé la retransmisión de los bloques de radio que resultan dañados después de la decodificación para el control de errores. En los esquemas ARQ convencionales las unidades informativas dañadas se descartan y se solicita una nueva transmisión a través del protocolo RLC —*Radio Link Control*— que radica en el RNC —*Radio Network Controller*—. Con el

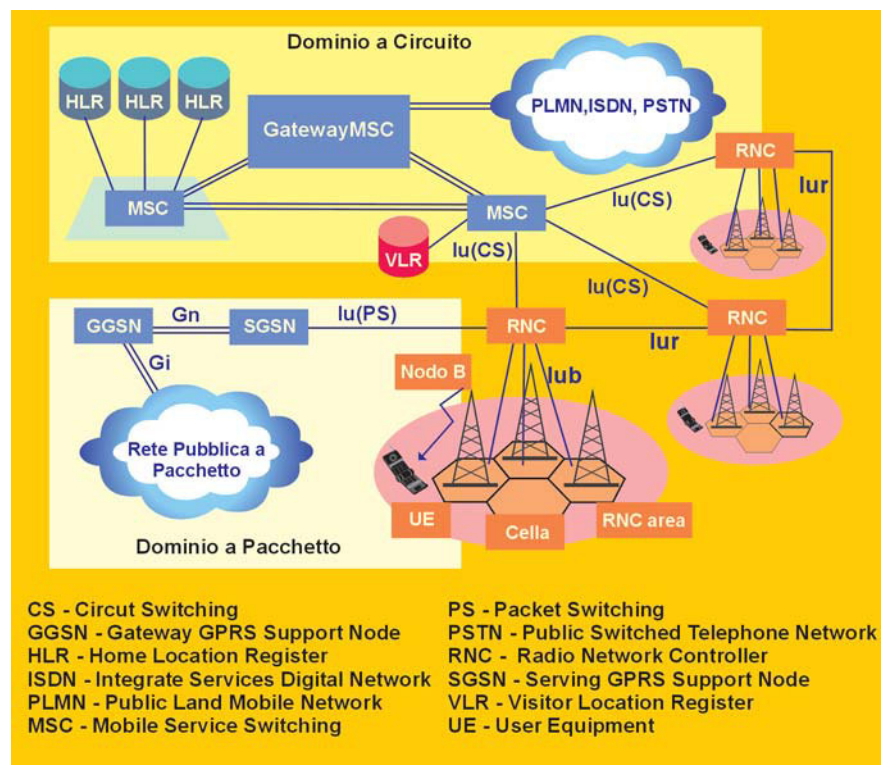


Figura 2 Arquitectura de la red UMTS

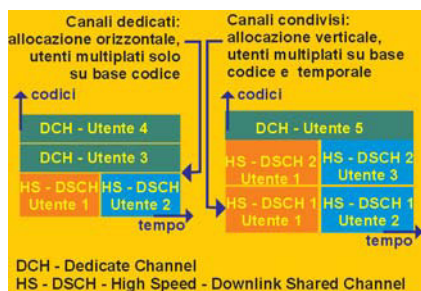


Figura 3 Multiplicación en el dominio del tiempo y de los códigos para el HS-DSCH

H-ARQ se combinan los bits de protección de los errores contenidos en la primera transmisión del bloque informativo con aquellos de las retransmisiones sucesivas al incrementar de esta manera la probabilidad de corrección de los errores. Este método, que se realiza en el nodo B y evita los atrasos legados al cruce de las interfases lub y lur, se conoce como híbrido porque fusiona el ARQ convencional con la decodificación para la corrección de errores.

♦ Utilización de la modulación 16-QAM —*Quadrature Amplitude Modulation*—. Para conseguir velocidades de transmisión superiores a la de *Release 99*, en HSDPA se introduce en *downlink* la modulación 16-QAM, que transmite en la misma banda un número doble de bits con relación a la modulación QPSK —*Quad Phase Shift Keying*— utilizada en *downlink* en *Release 99*. La modulación 16-QAM, con más carga desde el punto de vista radioeléctrico en relación con la QPSK, establece también los requisitos indispensables para la realización del móvil en términos de sensibilidad de valoración de la amplitud y de la fase de la señal. En el nodo B, la modulación 16-QAM establece mayores requisitos

de linealidad para el amplificador de potencia debido al inconstante desarrollo.

♦ Estructura de trama modificada para el HS-DSCH: el canal compartido y organizado en subtramas de duración fija e iguales a 2 ms. La breve duración con respecto a la trama del canal dedicado —10 ms— permite mayor reactividad tanto en la gestión de los procesos H-ARQ como en la política de salida —programación— de los paquetes en cola y espera de transmisión; el programador del HS-DSCH no está localizado en el RNC como el de los canales dedicados, sino que reside en el nodo B para garantizar una mayor inmediatez.

♦ Modulación y codificación adaptadora AMC —*Adaptive Modulation and Coding*—. Con esta técnica, que se utiliza también en el componente EDGE del sistema GSM/GPRS, cambia el tipo de modulación y de corrección de errores sobre la base de la capacidad del canal radio móvil⁵. El terminal evalúa la

capacidad de conexión y el CQI —*Channel Quality Indicator*— la restituye a la red. El nodo B (Figura 4) puede utilizar el CQI además, para las políticas de programación al privilegiar, por ejemplo, a los usuarios de radio.

La gestión de los mecanismos de H-ARQ, el control de errores, la modulación de adaptación y la programación imponen un aumento de la complejidad del nodo B y, por lo tanto, una actualización del hardware.

HSDPA: el nivel físico

La introducción del HSDPA requiere de una actualización de la interfaz de radio de *Release 99* —con relación a la cual se introducen el canal HS-DSCH y otros canales de señalización—.

Canales físicos y de transporte

Las especificaciones de *Release 99 / Release 4* prevén el uso del canal dedicado para la transmisión de datos por paquete a alta velocidad —32 Kbit/s y superiores—.

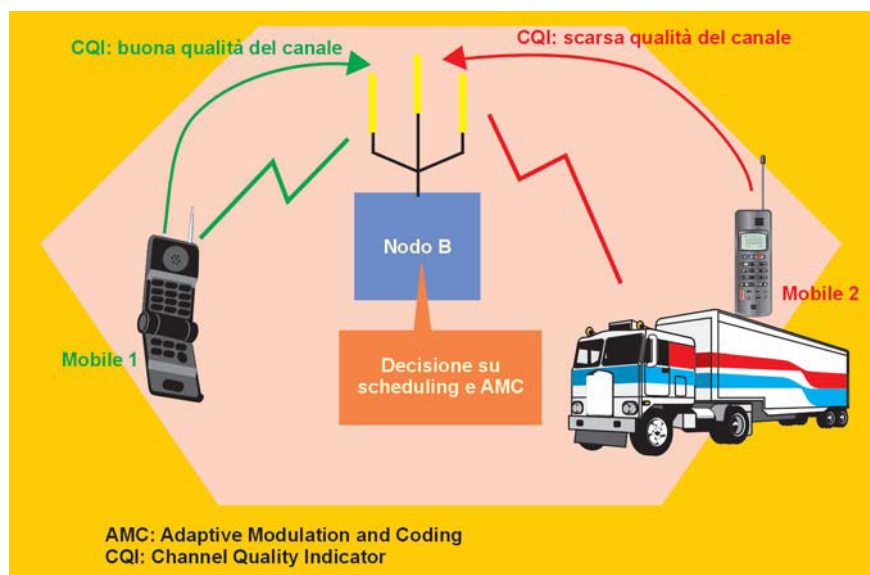


Figura 4 Mecanismo de indicación del CQI por parte del terminal

En el UMTS existe una distinción entre el canal de transporte dedicado (*DCH*), es decir, las funciones que se ofrecen a partir del nivel físico para el transporte de los bloques de radio, y el canal físico dedicado DPCH —*Dedicated Physical Channel*— que es el recurso representado por el código de *scrambling* —secuencia que, en *downlink*, se extrae de una familia de 512 códigos e identifica la celda de manera inequívoca—, por el código de *spreading* —secuencia que efectúa el alargamiento del espectro de la señalización numérica hasta la velocidad de 3,84 Mchip/s— y por la conexión para un número variable de tramas.

En el componente FDD de UMTS el acceso múltiple ocurre sólo por divisiones de código, pero se ha definido una trama de 10 ms que se organiza en 15 *time slot* y contiene informaciones relacionadas con la conexión. En cada *time slot*, más allá de los campos para el transporte de las unidades de datos, están presentes las informaciones de control generadas por el nivel físico: el grupo de control de potencia TPC —*Transmit Power Control*—, la secuencia piloto para la evaluación del canal de transmisión y un descriptor de formato TFCI —*Transport Format Combination Indicator*— provee indicaciones sobre el *payload* transportado, por ejemplo, en la utilización de la transmisión discontinua —en la que por la voz, en ausencia de afonía, se envía un ruido de fondo a sintetizar por el receptor telefónico—.

El nodo B, conforme a la relación señalización / interferencia medida en la secuencia piloto, genera el TPC que consiste en la orden de aumento o disminución —por lo general 1 db— de la potencia; la frecuencia de 1,5 kHz del TPC permite compensar las rápidas caídas del canal.

El SF —*Spreading Factor*— para el canal dedicado en *downlink* varía desde 256 —tasa de bit bruta del DPCH: 30 Kbit/s— hasta 4 —tasa de bit bruta: 1920 Kbit/s—; la relación entre SF y la tasa de bit bruta está dada por la fórmula:

$$\text{Tasa de bit bruta [bit/s]} = \frac{\text{Frecuencia de chip} \cdot \frac{\text{bit}}{\text{Símbolo}}}{\frac{\text{chip}}{\text{Símbolo}}} = \frac{3,84 \text{ Mchip/s} \cdot 2}{SF}$$

debe tenerse en cuenta que para la modulación QPSK se envían 2 bit por símbolo. En la red se utiliza un SF mínimo de 8 bit —tasa de bit bruta: 860 Kbit/s— para transportar flujos con velocidad neta de 384 Kbit/s de la redundancia para el control de errores. El intervalo mínimo de asignación de los recursos de transmisión es el TTI —*Transmission Time Interval*—, igual a una o más tramas⁶.

En el HSDPA se introduce el canal de transporte HS-DSCH, al cual corresponde el canal físico HS-PDSCH —*HS Physical DSCH*—, que se muestra en la figura 5. La organización está en subtramas de 2 ms —3 *Time Slot*— con SF Fijo y desprovistas de campos de control; la duración del TTI es igual a la de la subtrama. Cada código de *spreading* representa un canal físico distinto y los bits transmitidos para cada *Time Slot* son 320 —QPSK— ó 640 —16-QAM—.

Para cada TTI pueden asignarse hasta 15 códigos por usuario⁷ —modalidad multicódigo—. La tabla 1 muestra las diferencias en el uso del canal dedicado y del canal compartido HS-DSCH; aunque

en este falta el control de potencia (TPC), la rápida adaptación de la transmisión a las características del canal de radio ocurre por la codificación y modulación de adaptación y por los esquemas híbridos de retransmisión (H-ARQ), que operan con la granularidad del TTI de 2 ms.

Los procedimientos de señalización del HSDPA prevén dos nuevos canales físicos:

- ♦ En *downlink*, el HS-SCCH —*High Speed Shared Control Channel*— a través del cual se envían al terminal los parámetros del canal compartido HS-DSCH —códigos, modulación y codificación—.
- ♦ En *uplink*, el HS-DPCCH —*High Speed Dedicated Physical Control Channel*— que transmite la respuesta de los paquetes transmitidos en el HS-DSCH y la indicación de la capacidad del canal (CQI).

Durante la sesión HSDPA, además, se asigna al móvil un canal dedicado (DPCH), que en *downlink* tiene una velocidad baja y transporta sólo la señalización. Como utiliza códigos OVFSF, es oportuno que el DPCH se entregue en caso de inactividad.

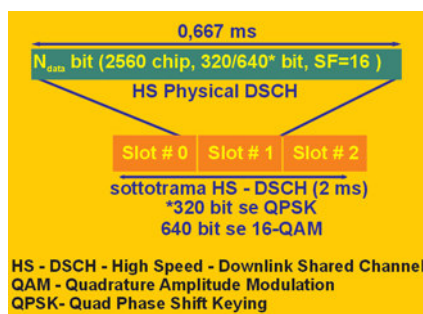


Figura 5 Estructura del HS-PDSCH en el dominio del tiempo

	DSCH	HS-DSCH
Factor de expansión (SF)	4÷256	16
Control de potencia en ciclo cerrado	Sí	No
Modulación	QPSK	QPSK o 16-QAM
Modulación y codificación adaptadora	No	Sí
Retransmisiones de híbridos (H-ARQ)	No	Sí
Modalidad multicódigo	No	Sí
Duración del TTI	10÷40 ms	2 ms
Soft Handover*	Sí	No
Tasa de bit máxima**	384 Kbit/s	114,4 Mbit/s***
Posición del programador	RNC	Nodo B
DCH: Dedicated Channel H-ARQ: Hybrid Automatic Repeat on Request HS-DSCH: High Speed - Downlink Shared Channel QAM: Quadrature Amplitude Modulation QPSK: Quad Phase Shift Keying RNC: Radio Network Controller TTI: Transmission Time Interval		

Tabla 1 Comparación entre DCH y HS-DSCH

*el traspaso *soft* consiste en instaurar un segundo canal de radio en la celda de destino antes de que se libere el canal ocupado en la celda de origen, y permitir un cambio progresivo.

**el *bearer* de 2 Mbit/s está contemplado en las especificaciones de *Release 99* pero los fabricantes no lo implementan.

*** ver el subtítulo Velocidad de transmisión y tipos de terminales HSDPA.

Downlink	SF	Códigos	Tasa de bit (Kbit/s)
HS-PDSCH	16	1÷15	900 ÷ 14 400 (payload)
DPCH (asociado a HS-DSCH)	256	1	3,4 (señalización)
HS-SCCH	128	1÷4	(campos de control elaborados a nivel físico)
Uplink	SF	Códigos	Tasa de bit (Kbit/s)
DPCH (asociado a HS-DSCH)	8 ÷ 16	1	64 ÷ 128 (payload) +3,4 (señalización)
HS-DPCCH	256	1	(campos de control elaborados a nivel físico)
DPCH: Dedicated Physical Channel HS-DPCCH: High Speed - Dedicated Physical Control Channel HS-DSCH: High Speed - Downlink Shared Channel HS-PDSCH: High Speed - Physical Downlink Shared Channel HS-SCCH: High Speed - Shared Control Channel			

Tabla 2 Canales utilizados en HSDPA

En *uplink*, como aparece resumido en la tabla 2, las informaciones de tráfico y control que generan los niveles protocolares superiores se transportan a través del canal dedicado asociado al HS-DSCH⁸.

La asignación de los recursos

El canal HS-DSCH utiliza códigos de longitud fija (SF) igual a 16; el diagrama OVFSF pone a disposición exactamente 16 códigos con SF 16 (Figura 6), de los cuales, los códigos que utilizarán los canales HS-PDSCH son 15 como máximo, porque el código $C_{16,0}$ está bloqueado: de aquí se derivan los códigos utilizados para el canal piloto difundido en la celda, el canal en transmisión y para los otros canales comunes —paginación,

FACH—. Una fracción de los 15 códigos a utilizar deberá estar disponible, incluso para otros servicios UMTS —telefonía, video llamadas— coexistentes con el HSDPA.

Los códigos utilizados para la transmisión en HS-DSCH se indican para cada TTI a través de un canal compartido denominado HS-SCCH, que indica al móvil el grupo de códigos asignados a través de la posición del primer código asignado —*Starting Node*—, que en la figura 6 es el código $C_{16,1}$; y del número de códigos OVFSF, siempre adyacentes, asignados a partir del *starting node*.

En el mismo TTI pueden ubicarse diferentes grupos de códigos para más usuarios, por ejemplo, con la disposición de diez códigos pueden asignarse de manera contemporánea de 5 a 2 usuarios.

En los sistemas CDMA la potencia es un recurso que debe administrarse con cuidado, porque al aumentar la potencia de transmisión asociada a un canal, disminuye el número de canales que se pueden activar —la potencia disponible, de hecho, es fija— o porque los canales de alta velocidad —como los HS-PDSCH— requieren una potencia elevada y generan una interferencia relevante.

Reservar de manera estática un conjunto de códigos o una fracción de la potencia para el HSDPA resulta ineficiente si el tráfico HSDPA es escaso. Las principales soluciones para su estudio son:

- ♦ Algoritmos de adaptación para definir el conjunto de códigos o una fracción de potencia para el HSDPA; en dependencia del tráfico en la celda, el RNC podrá reservar de manera dinámica —sobre una escala temporal del orden de 5÷60 segundos— un conjunto de códigos y una fracción de potencia.

- ♦ Un portador exclusivo para el servicio HSDPA; se puede dedicar una frecuencia FDD al HSDPA, al erogar los demás servicios sobre la base de los restantes portadores⁹.

- ♦ Reutilización del diagrama OVFS —los canales HS-PDSCH pueden transmitirse y utilizar una secuencia *scrambling* secundaria para duplicar el diagrama OVFS—.

- ♦ Limitación del servicio HSDPA para una porción de la celda; para detener la potencia utilizada por el HSDPA debe escogerse proveer el servicio sólo en una porción interna de la celda.

Velocidad de transmisión y tipos de terminales HSDPA

En el HSDPA se transmite en cada TTI un solo bloque de datos por usuario —dicho bloque se conoce como *Transport Block* en la terminología 3GPP—; los bits para la protección de los errores están adjuntos a la laguna de creación *Transport Block*. El formato de transmisión, indicado al terminal sobre el canal HS-SCCH, se define en términos de esquema de modulación —QPSK ó 16-QAM—, número de códigos adyacentes en el diagrama OVFS y posición del *starting node* (Figura 6), y dimensión del bloque de radio TBS —*Transport Block Size*— con 64 posibles valores por cada combinación del esquema de modulación y número de códigos.

La tasa de codificación se escoge con el conocimiento de la dimensión del TB y la velocidad de los bits —información + redundancia— al entrar al modulador; está definida de forma inequívoca al haber fijado el esquema de modulación y el número de códigos OVFS. En relación con la figura 5, si se utilizan la QPSK y

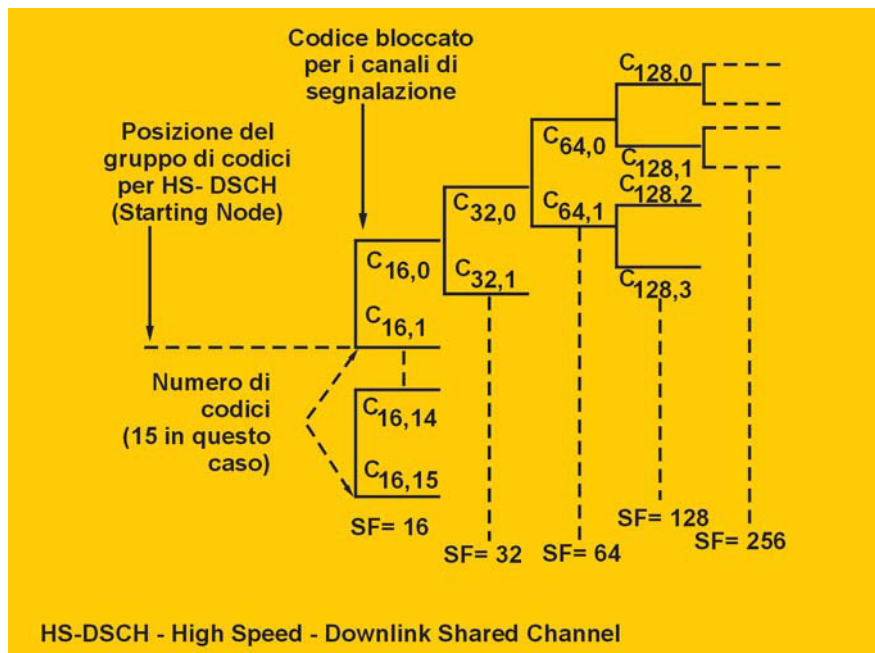


Figura 6 Árbol OVFS y asignación de los códigos para el HS-DSCH

2 códigos OVFS, la velocidad de los bits para entrar al modulador es igual a:

$$\frac{(2 \text{ códigos}) \times (320 \text{ bit}) \times (3 \text{ Time Slot})}{2 \text{ ms}} = 960 \text{ Kbit/s}$$

y si la dimensión del bloque es, por ejemplo, de 931bit, la tasa de codificación es:

$$\frac{(931 \text{ bit})}{(320 \text{ bit}) \times (3 \text{ Time Slot}) \times (2 \text{ códigos})} \cong \frac{1}{2}$$

El número de los formatos de transmisión que se admiten en el HSDPA¹⁰ es igual a:

$$(15 \text{ códigos}) \times (2 \text{ modulaciones}) \times (64 \text{ valores de TBS}) = 1920$$

algunos de los cuales aparecen en la figura 7. La máxima velocidad del HSDPA es de 14,4 Mbit/s con el compromiso de los 15 códigos y con el esquema de codificación menos protegido; de las simulaciones se deducen velocidades máximas superiores a 1 Mbit/s por sistema cargado, que hacen atrayente el HSDPA, incluso para el *streaming* de contenidos de multimedia.

Los terminales HSDPA se clasifican en 12 categorías, codificadas y representadas en la figura 8. Entre los parámetros del tipo de móvil, que la red indica en la fase de acceso al servicio, aparecen:

- ♦ Las modulaciones: clases 11 y 12 están limitadas sólo a QPSK.

- ♦ El intervalo mínimo inter-TTI —de 1 a 3 TTI—: es el período mínimo para el envío de bloques de radio consecutivos. Los tipos de terminales con intervalo mínimo de 1 TTI pueden recibir datos en subtramas consecutivas.
- ♦ Máximo número de códigos contemporáneos recibidos —5, 10 ó 15—.
- ♦ Velocidad máxima en *downlink* soportada por el terminal —de 0,9 a 14,4 Mbit/s—.

Los tipos de terminales con valores idénticos de tasa de bit, número de códigos e intervalo inter-TTI —por ejemplo, las clases 1-2, 3-4, 5-6, 7-8— son distintos sobre la base de las diferentes dimensiones de la memoria del decodificador y de la diversa capacidad de elaboración para la recombinación de los paquetes en el H-ARQ.

H-ARQ y modulación / codificación de adaptación

Cada nuevo bloque de radio, que representa la unidad informativa elemental a transmitir sobre el HS-DSCH, es tratado en el nodo B por un codificador para la corrección de los errores —turbo código¹¹— que introduce dos bit de redundancia por cada bit de información —tasa de codificación 1/3—; después de esta operación se pueden remover algunos bit del flujo codificado, al garantizar un compromiso entre la expansión de banda debido a la codificación y velocidad de transmisión. Así, la secuencia que se obtiene se subordina y, por lo tanto, se

- ♦ La primera transmisión puede lograrse incluso con una tasa de codificación inferior —por ejemplo, 1/2—.
- ♦ Si se detecta un error que no se puede corregir, se transmite una respuesta negativa (*Nack*).
- ♦ Contra el *Nack* se envían todos los bit de protección o una fracción de estos, hasta que se reciba una respuesta positiva (*Ack*) o se alcance el número máximo de retransmisiones.

En el ejemplo, el ciclo se termina con la primera retransmisión. En la tabla 3 aparecen diversos tipos de H-ARQ, caracterizados por el contenido de las retransmisiones.

El nodo B puede transmitir más bloques en serie antes de esperar

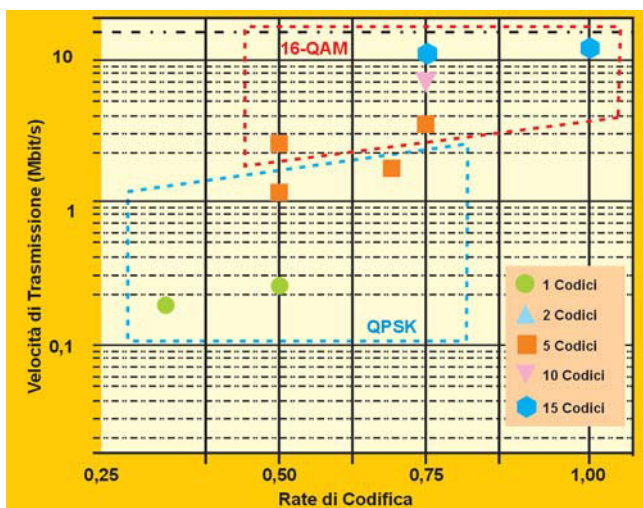


Figura 7 Formatos de transmisión y tasa de bit para el HSDPA

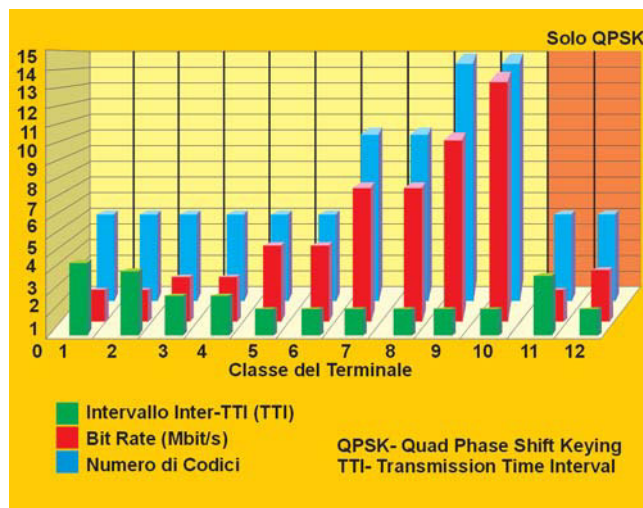


Figura 8 Tipos de terminales HSDPA

segmenta para la transmisión en más HS-PDSCH —es decir, en más códigos ortogonales— con el esquema de modulación preseleccionado.

Si se daña el bloque recibido del terminal en los esquemas H-ARQ, se recombina en el decodificador con los datos recibidos para la retransmisión desde el nodo B. Una técnica para mejorar las prestaciones es la adjunta en la retransmisión de bit de protección siguientes —*Incremental Redundancy*—, para aumentar la probabilidad de corrección de los errores por parte del decodificador; un ejemplo de este método se muestra en la figura 9. El procedimiento consiste en los siguientes pasos:

- ♦ El codificador Turbo trata el bloque de datos con una tasa de codificación de 1/3.

la respuesta del primer paquete —*Stop and Wait*—; a los nuevos bloques corresponden otros procesos H-ARQ en el terminal. El móvil envía la respuesta a través de un canal apropiado en *uplink* HS-DPCCH —*HS-Dedicated Physical Control Channel*—, alrededor de 5 ms después de la recepción de los datos y se demuestra que la transmisión

continúa, hacia el mismo terminal, requiere de un número mínimo de procesos H-ARQ a elaborar en paralelo equivalente a 6 (Figura 10). La conexión entre el bloque transmitido y el mensaje de respuesta —*Ack / Nack*— es inequívoco, pues el intervalo ΔT que se muestra en la figura 10 es fijo —H-ARQ sincrónico¹²—. Las especificaciones 3GPP prevén que la red indique al móvil que repita los mensajes de respuesta, si no se transmiten datos en TTI consecutivos, para reducir la probabilidad de errores en el *Ack / Nack*.

Para cada retransmisión y nuevo bloque puede variarse el número de códigos y el esquema de codificación y modulación, según los algoritmos de adaptación que se basan en la calidad del canal de radio restituida por el móvil (CQI) y valorada por el nodo B.

Los algoritmos de programación para el envío de los paquetes pueden privilegiar el rendimiento total de la celda al servir sobre todo a los usuarios que experimentan el C/I máximo, los flujos de mayor prioridad según el perfil del usuario o los requisitos de calidad de los servicios; el uso democrático de los recursos de radio —potencia en la transmisión, número de códigos y de TTI— asignados de manera cíclica y equitativa

a las diferentes sesiones; y un rendimiento homogéneo de las sesiones para flujos informativos de la misma categoría.

La gestión de la movilidad

UMTS prevé procedimientos innovadores con relación a la segunda generación, cuyos traspasos pueden ocurrir en modalidad *soft*.

En el traspaso *soft* se instaura una segunda conexión hacia la celda de destino, que se selecciona teniendo en cuenta la medida del terminal, antes de que se libere el canal en la celda de origen. La conexión se libera hacia la celda de origen sólo cuando las medidas indican que, por ejemplo, la potencia recibida a través del canal piloto desde la celda de destino supera en el umbral predefinido la potencia del canal piloto desde la celda de origen. El procedimiento de traspaso *soft* previene las microinterrupciones en la comunicación y permite al móvil combinar en la sección de banda de base del receptor¹³ las dos señales que consiguen la ventaja de macrodiversidad; sin embargo, no es gestionado por el canal HS-DSCH. En la figura 11 se muestra el procedimiento de entrega, en el cual el canal dedicado asociado está en traspaso *soft*, mientras que el HS-DSCH se transmite sólo en la celda de origen y después en la celda de destino.

En *uplink*, en la fase de traspaso *soft*, el canal dedicado asociado es demodulado tanto por la celda de origen como por la de destino; sin embargo, el canal de control HS-DPCCH es decodificado sólo por la celda del servidor HSDPA.

Prestaciones

En el entorno 3GPP están presentes numerosas valoraciones de las prestaciones obtenidas por simulación. Uno de los aspectos

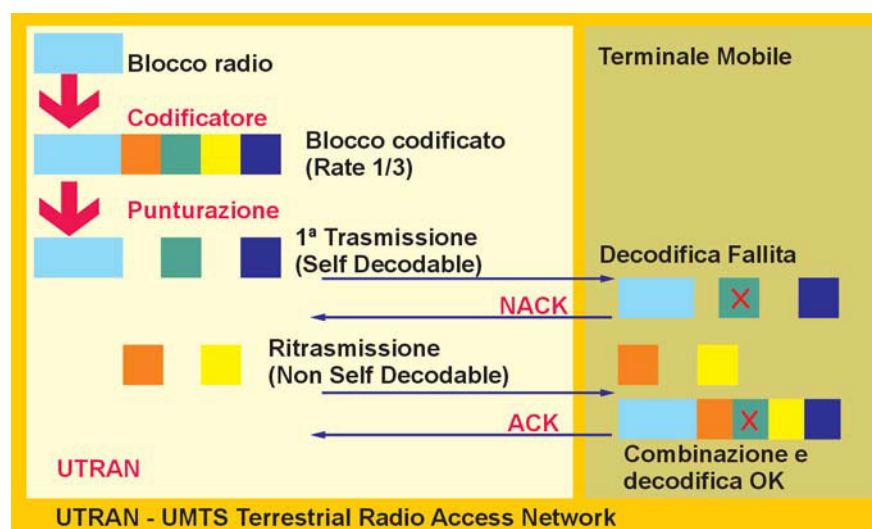


Figura 9 El H-ARQ en la transmisión de redundancia de aumento

Tipo de H-ARQ	Combinación en el decodificador	Utilización	Nota
Tipo 1	No	DCH	Esquema de ARQ convencional para los canales dedicados.
Tipo 2	Sí	HSDPA	Retransmisiones que no se decodifican de manera autónoma: contienen sólo redundancia en aumento <i>full IR</i> .
Tipo 3	Sí	HSDPA	Retransmisiones que se decodifican de manera autónoma: contienen los bits de información en conjunto con los bits de protección.

ARQ- Automatic Repeat on reQuest
DCH- Dedicate Channel
HSDPA- High Speed Downlink Packet Access
IR- Incremental Redundancy

Tabla 3 Esquemas de H-ARQ en HSDPA

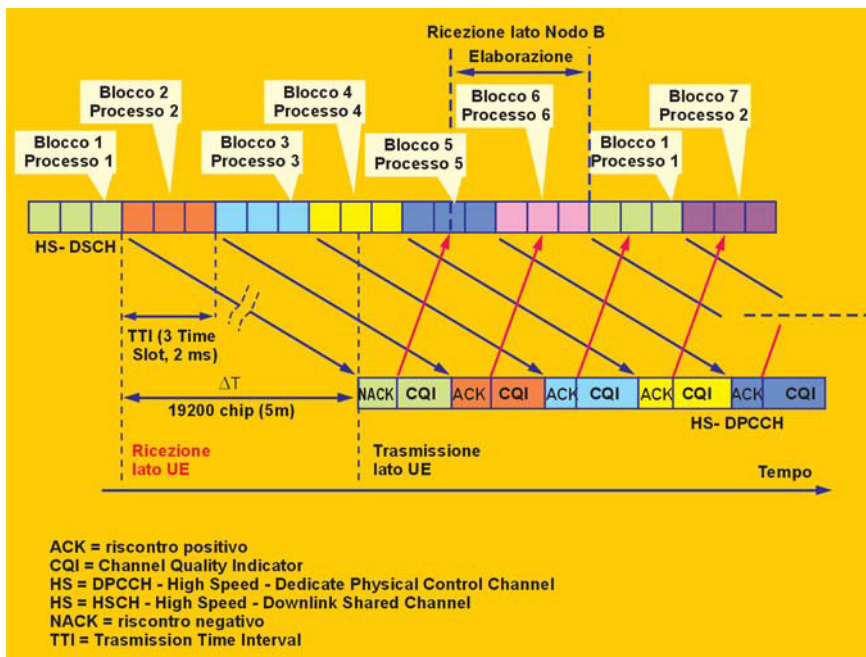


Figura 10 Esquema H-ARQ Stop and Wait con 6 procesos

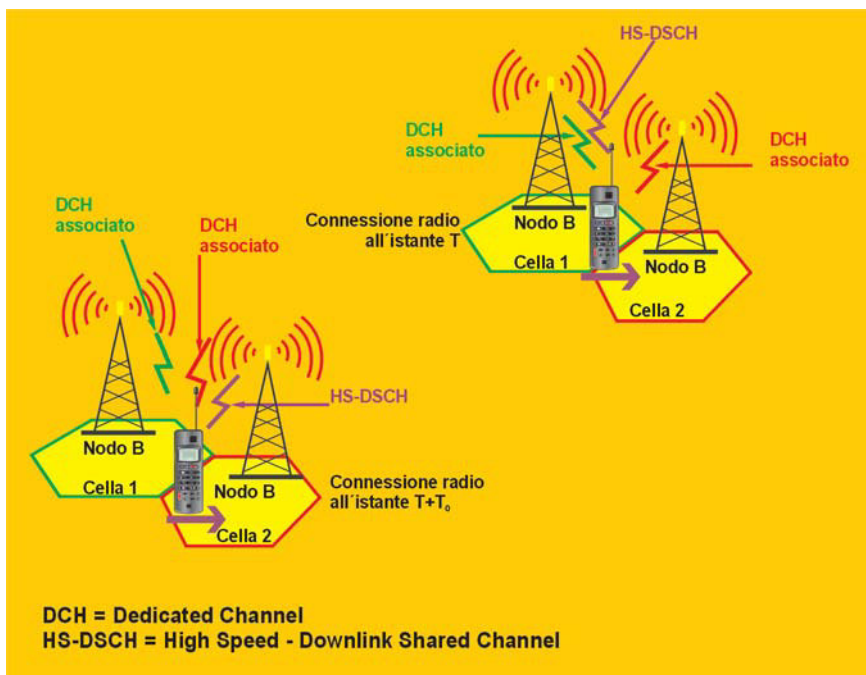


Figura 11 Evolución de una conexión de datos

relevantes es la frecuencia de uso de los formatos de transmisión en varios entornos de propagación. La figura 12 muestra los resultados para un canal representativo de la propagación en interiores; en el análisis se considera también la modulación 64-QAM y se excluye del estándar a causa de la baja probabilidad de utilización.

Las simulaciones de la conexión de radio —nivel de enlace— permiten identificar la tasa de errores (BLER) en función de la relación señal / interferencia (C/I) y de la relación $E_b / (I_0 + N_0)$; el punto de trabajo se selecciona en una correspondencia de BLER igual al 10 %.

En la tabla 4 se observan, de manera sintetizada, algunos resultados obtenidos en el entorno 3GPP.

Los resultados de las simulaciones de *link* alimentan las simulaciones de sistema. En la figura 13 se muestra la comparación entre HSDPA y *Release 99* —con velocidad máxima teórica de 2 Mbit/s— en términos de rendimiento sólo para los *Packet Call*¹⁴; los resultados se refieren a un modelo de tráfico interactivo con programador de C/I máximo en escenarios macrocelulares —radio de celda de 1,4 km—. Se observa, además, por el HSDPA un mejoramiento del orden de un 100 % con relación a *Release 99* y el decremento de rendimiento debido a los usuarios de voz.

Conclusiones

El HSDPA representa una evolución del sistema UMTS del que se comparte la arquitectura y, la gestión de la movilidad se caracteriza por poseer gran flexibilidad para adaptarse a las distintas condiciones de transmisión. Permite vincular, de manera fluida, aplicaciones interactivas y contenidos de multimedia en flujo debido a un conjunto efectivo de celdas próximo a 3 Mbit/s. En el artículo se tratan numerosos aspectos del HSDPA, que evidencian el criterio innovador para la gestión de los recursos a través de la programación, modulación, codificación de adaptación y las técnicas H-ARQ. De las valoraciones de las prestaciones se espera duplicar la eficiencia del espectro por parte del HSDPA con relación a *Release 99* del UMTS.

El HSDPA es una técnica muy prometedora, para la cual existen sistemas experimentales que en breve evolucionarán hacia aplicaciones comerciales. ▀

Traducción: Lic. Yudit Capote Nodarse
 Revisión: Lic. Elda Jeny Báez Álvarez

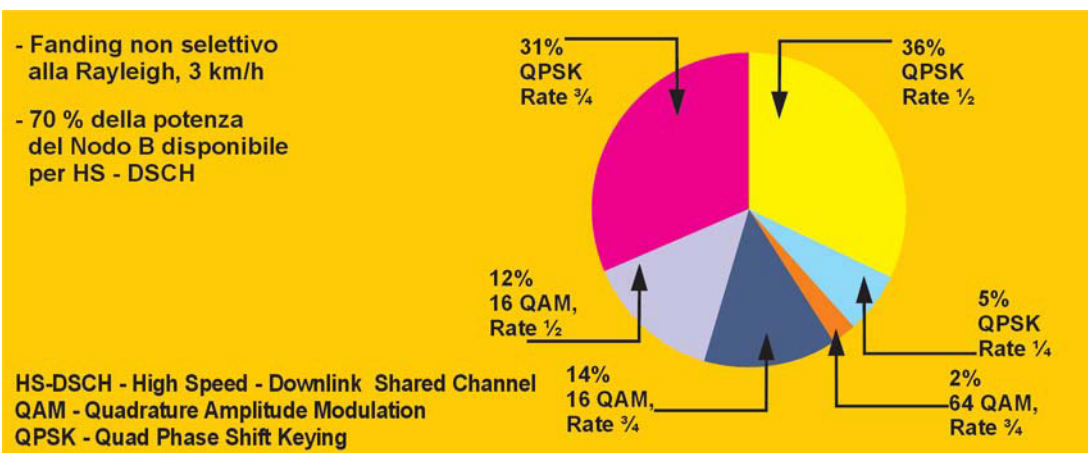


Figura 12 Utilización de los esquemas de codificación y modulación

	QPSK Tasa $\frac{1}{4}$	QPSK Tasa $\frac{1}{2}$	QPSK Tasa $\frac{3}{4}$	16-QAM Tasa $\frac{1}{2}$	16-QAM Tasa $\frac{3}{4}$
Tasa de bit (kbit/s)	~120	~240	~360	~480	~720
C/I (dB)	-12,8	-9,5	-7,2	-5,6	-3,5
$E_b/(I_0 N_0)$ (db)	2,3	2,6	3,1	3,4	3,8

C/I: Carrier over Interference
QAM: Quadrature Amplitude Modulation
QPSK: Quad Phase Shift Keying

Tabla 4 La estructura del HS-PDSCH en el dominio del tiempo

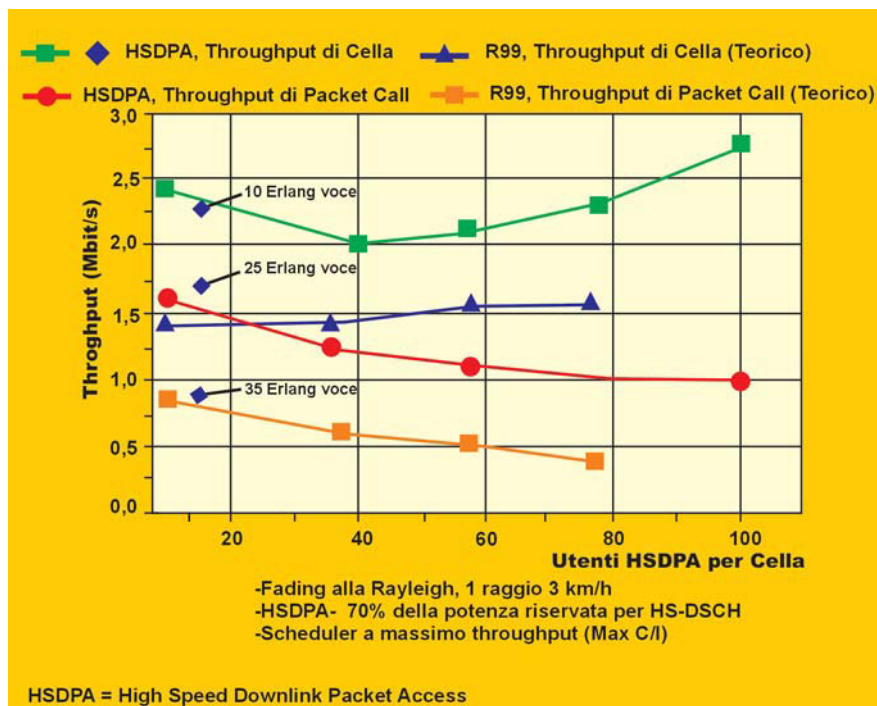


Figura 13 Prestaciones del sistema para el HSDPA

Notas

¹En Release 99 la máxima velocidad en downlink es de 2 Mbit/s. Sin embargo, un servicio de 2Mbit/s absorbería todos los recursos de la celda, para lo que conviene limitar la velocidad a 384 Kbit/s para permitir el acceso simultáneo a más usuarios.

²Los primeros productos acordes a Release 5 —al principio Release 2000— serán entregados a mitad de 2004.

³El rendimiento mide la información que se transfiere en término medio en la unidad de tiempo (bit/s) y que se puede calcular para la celda entera, una sesión o la transferencia de cada objeto.

⁴Release 4 —especificaciones concedidas en marzo de 2001— no incluye nuevas funciones de radio de importancia con relación a Release 99, sino introduce algunas prestaciones para la señalización y el transporte a través de las interfases Iu, Iub y Iur.

⁵Se seleccionará un esquema de codificación, que garantice una elevada protección de la información siempre y cuando la calidad del canal de radio sea insuficiente, y uno de mayor rendimiento si el terminal percibe una relación C/I favorable.

⁶El TTI es igual a 20 ms para la fonía así como en el sistema GSM, donde el codificador opera en segmentos de 20 ms; para la transmisión de datos el TTI puede extenderse hasta 40 ms con la finalidad de garantizar un mayor provecho de diversidad temporal, gracias al intercalado —distribución de segmentos diferentes del mismo bloque de datos en más tramas—.

⁷El número de códigos HS-DSCH que se gestiona es, sin embargo, una característica prestacional del terminal —UE capability según la terminología 3GPP— y varía de un mínimo de 5 códigos para los terminales de banda más bajos a un máximo de 15.

⁸La descripción del canal dedicado asociado se basa en la propuesta presentada en 3GPP para el RAB interactivo/background HSDPA.

⁹Se recuerda que en Italia los operadores TIM, Vodafone y Wind disponen de 2 bandas FDD apareadas con una extensión de aproximadamente 5 Mhz cada una; sin embargo, estas bandas —para los nuevos operadores que no disponen de una red 3GPP— son tres.

¹⁰Se recuerda que los análogos formados para las tecnologías EDGE y GPRS son respectivamente 9 y 4.

¹¹El turbo código empleado en HSDPA es el mismo de Release 99 y prevé dos codificadores en paralelo.

¹²En los esquemas H-ARQ asincrónicos, la relación temporal entre la recepción del bloque y el envío del mensaje de respuesta

no está predeterminada, al mensaje de respuesta se le adjunta el identificador secuencial del bloque al que este se refiere.

¹³El típico receptor WCDMA es un filtro conocido como receptor Rake que puede dedicar las distintas ramas a los múltiples caminos y combinar las señales recibidas por las distintas celdas.

¹⁴Medido sólo en los intervalos de actividad del canal para la transferencia de un objeto —por ejemplo, una página Web—.

Bibliografía

3GPP TR 25.848, Physical Layer Aspects of UTRA HSDPA, versión 4.0.0, marzo 2001

3GPP TR 25.858, HSDPA: Physical Layer Aspects, versión 5.0.0, marzo 2002

3GPP TR 25.855, HSDPA: Overall Description, versión 5.0.0, setiembre 2001

3GPP TR 25.308, HSDPA: Overall Description, Stage 2, versión 5.3.0, diciembre 2002

3GPP TS 25.211, Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD), versión 5.5.0, setiembre 2003

3GPP TS 25.212, Multiplexing and Channel Coding (FDD), versión 5.6.0, diciembre 2003

3GPP TS 25.213, Spreading and Modulation (FDD), versión 5.3.0, marzo 2003

3GPP TS 25.214, Physical Layer Procedures (FDD), versión 5.7.0, diciembre 2003

3GPP TS 25.302, Services Provided by the Physical Layer, versión 5.7.0, diciembre 2003

3GPP TS 25.306, UE Radio Access Capabilities Definition, versión 5.7.0, diciembre 2003

3GPP TS 25.321, MAC Protocol Specification, versión 5.7.0, diciembre 2003.

3GPP TS 25.322, RLC Protocol Specification, versión 5.7.0, diciembre 2003

3GPP TS 25.331, RRC Protocol Specification, versión 5.7.1, diciembre 2003

3GPP TS 34.108, Common Test Environment for UE

Buldorini, A.; Guerrini, C.; Vaillant, A.; Pace, A. Descrizione della tecnica HSDPA e analisi preliminare delle problematiche di deployment, DPR TILab 2003.04273, diciembre 2003

Kolding, T.E.; Pedersen, K.I.; Wigard, J.; Frederiksen, F.; Mogensen, P.E.: High Speed Downlink Packet Access: WCDMA Evolution, IEEE Vehicular Technology Society News, febbraio 2003

Mazzenga, F.; Napolitano, A.; Porzio Giusto, P.; Vatalaro, F.: Lo Standard UMTS per le Telecomunicazioni Cellulari di Terza Generazione, *Notiziario Tecnico Telecom Italia*, anno 9, n°2, pp. 62-75, ottobre 2000

Pace, A.; Valentini, L. "System Level Performance Evaluation of UTRA-FDD", IEEE PIMRC 2000, Londra, settembre 2000, pp. 343-347

Tdoc R1-00-0556 (Motorola): Feasibility Study of Advanced Techniques for High Speed Downlink Packet Access, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #12, Seul, aprile 2000

Tdoc R1-00-1241 (Motorola): Forward Link Simulation Results for HSDPA, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #16, Busan, ottobre 2000

Tdoc R1-00-1395 (Motorola): Adaptive Modulation and Coding (AMC), 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #17, Stoccolma, novembre 2000

Tdoc R1-03-1004 (Qualcomm Europe): Example of Rel-99 Transport Format control algorithm, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #34, Seul, ottobre 2003

Tdoc R1-03-1132 (Vodafone UK): Reply LS on description of HS-DSCH Radio bearers, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #34, Seul, ottobre 2003

Porzio Giusto, P.; Vatalaro, F.: Accesso Multiplo a Divisione di Codice per Sistemi Radiomobili Cellulari di Terza Generazione, *Notiziario Tecnico Telecom Italia*, anno 9, n°2, pp. 47-61, ottobre 2000

WCDMA for UMTS, a cura di Holma, H.; Toskala, A., edito da John Wiley & Sons, giugno 2000

Nota editorial: por la complejidad y especificidad del tema, se ha decidido no traducir las frases que aparecen tanto en italiano como en inglés dentro de las figuras. Igualmente se ha respetado el idioma original de la bibliografía.