

Capítulo 11: Sistema HSDPA

Sistema HSDPA

1. Origen de HSDPA. Diferencias respecto a UMTS.
2. Modificaciones en la red.
3. Canales físicos.
4. Modulación, codificación, adaptación de tasa.
5. Procesos asociados a la transmisión: HARQ con combinación, adaptación de tasa binaria al estado del canal, planificación de usuarios, traspaso.
6. Protocolos.
7. HSDPA+.
8. Planificación.

1. Origen de HSDPA. Diferencias respecto a UMTS.

HSDPA

- *High Speed Downlink Packet Access.*
- Evolución de UMTS (*Release 5* y sucesivas de las especificaciones) para conseguir mayor velocidad binaria y capacidad en el enlace descendente.
- Se refiere sólo a la interfaz radio.
- Hasta 14 Mb/s (optimista).
- Pensado para servicios de conmutación de paquetes, no sensibles al retardo.

Características generales de HSDPA (I)

- Los canales lógicos se mantienen respecto a UMTS (DTCH, DCCH).
- Canal de transporte: HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*, DL), compartido entre los usuarios.
- Canales físicos:
 - HS-PDSCH (*High Speed Physical Downlink Shared Channel*, DL)
 - HS-SCCH (*High Speed Shared Control Channel*, DL)
 - HS-DPCCH (*High Speed Dedicated Physical Control Channel*, UL).
- Subtrama de 2 ms.
- Modulaciones 16QAM (*Release 5*) y 64QAM (*Release 7*), además de QPSK.
- Retransmisiones (HARQ) con combinación.
- No se utiliza traspaso con continuidad.
- No hay control de potencia en bucle interno ni factor de ensanchamiento variable (en su lugar se utiliza adaptación de tasa).

Características generales de HSDPA (II)

- Adaptación de la tasa binaria en función del estado del canal de propagación (*adaptive modulation and coding, AMC*), por parte de la base (nodo B). Se modifican los siguientes parámetros de la transmisión:
 - Modulación: QPSK / 16QAM / 64QAM.
 - Tasa de codificación: código turbo con repetición o eliminación (*puncturing*) de bits.
 - Número de canales físicos (HS-PDSCH) transmitidos en paralelo a un usuario.
 - Posible reducción de la potencia total de transmisión para los canales físicos.
- Planificación de usuarios en función del estado del canal de propagación (*channel-dependent scheduling*), por parte de la base (nodo B).
- Subcapa MAC-hs en la base para gestionar las retransmisiones con combinación, planificación de usuarios y adaptación de tasa.

2. Modificaciones en la red

Modificaciones en la red

- No hay entidades nuevas en la red respecto a UMTS.
- Hay **funcionalidades nuevas en la estación base** (subcapa MAC-hs):
 - Modulación 16QAM, 64QAM
 - Adaptación de la tasa de transmisión
 - Planificación de usuarios
 - Retransmisiones con combinación
- Estas funciones se ejecutan en la base, no en el RNC, para que puedan hacerse más rápido (más veces por segundo).
- Deben hacerse rápido para poder adaptarse al estado del canal de propagación (desvanecimiento multitrayecto).
- Puede ser necesario ampliar la capacidad de la interfaz Iub, para poder transmitir tasas binarias elevadas.
- HSDPA puede usar la misma portadora que el resto de canales UMTS, o bien una portadora separada.

3. Canales físicos.

Canales físicos

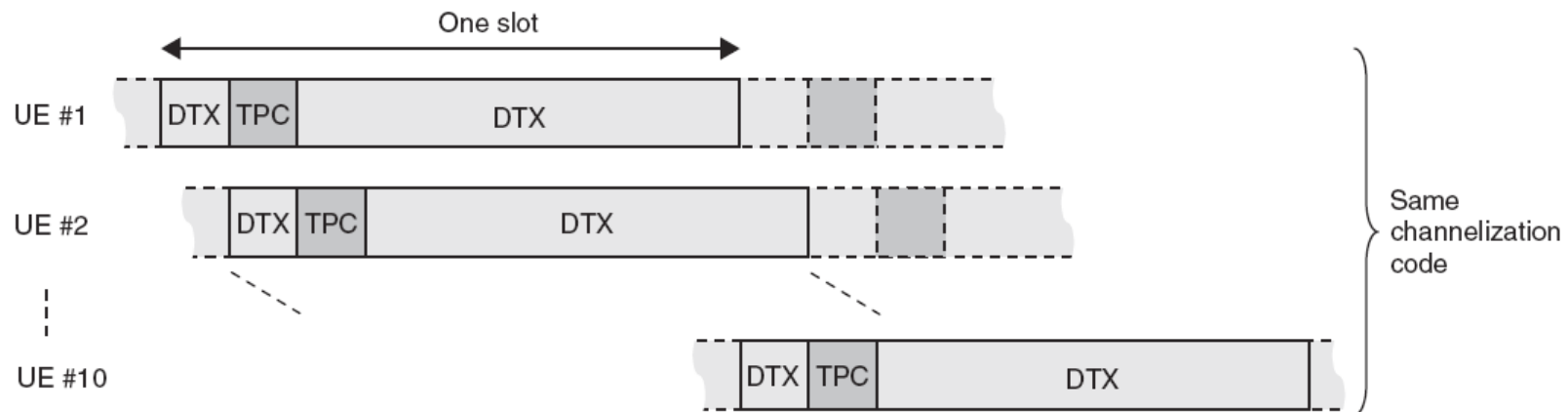
- HS-PDSCH (DL, compartido):
 - Datos (canal de transporte HS-DSCH).
 - Pueden enviarse varios HS-PDSCH en paralelo a cada usuario.
 - Factor de ensanchamiento 16.
- HS-SCCH (DL, compartido):
 - Señalización en DL: formato de transporte usado (se indica explícitamente), usuario al que se transmite (implícitamente: se incluye la identidad del móvil al calcular el CRC).
 - El número de canales HS-SCCH existentes determina a cuántos usuarios puede transmitirse simultáneamente.
 - Factor de ensanchamiento 128.
- HS-DPCCH (UL, dedicado):
 - Señalización en UL: formato de transporte recomendado (CQI), solicitud de retransmisiones (ACK/NACK).
 - Factor de ensanchamiento 256

Canales físicos

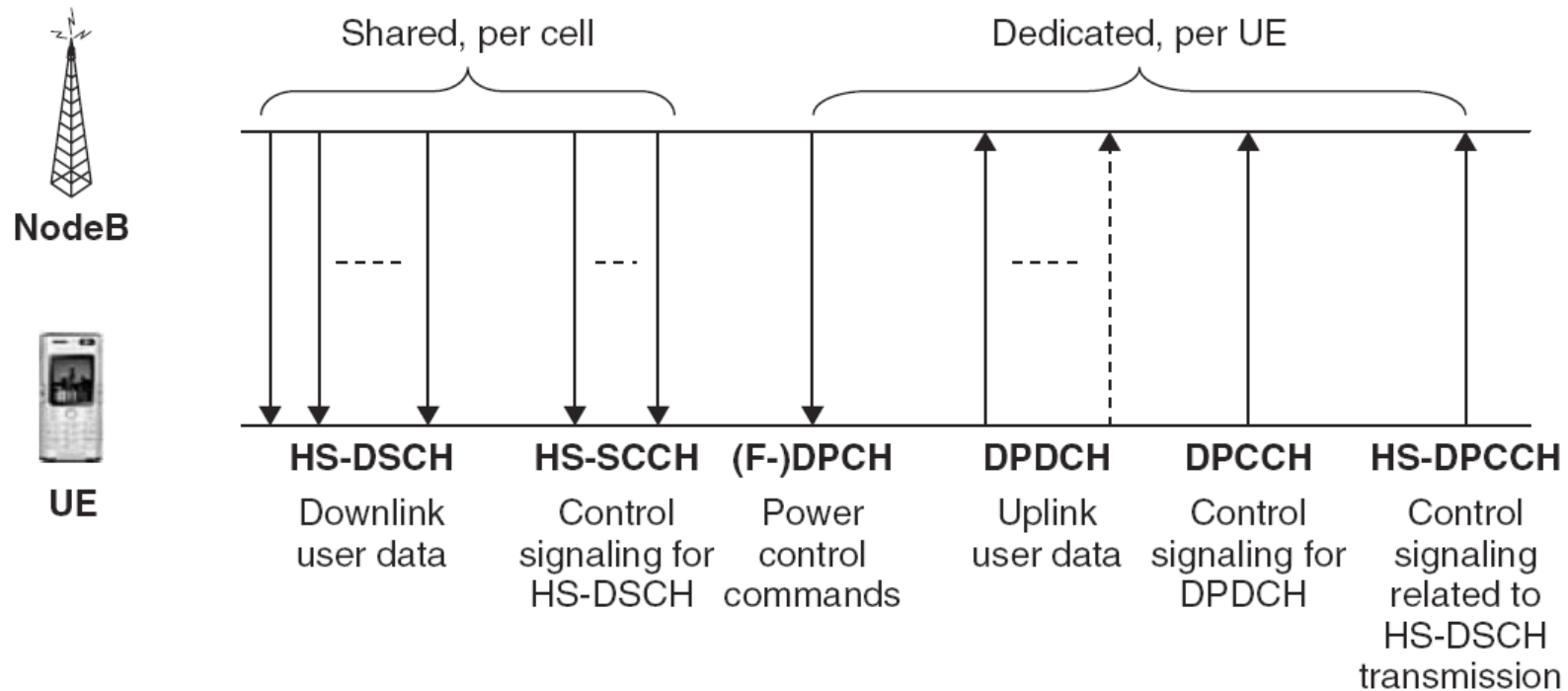
- Canales de UMTS (DPDCH, DPCCH)
 - HSDPA puede enviarse en paralelo con canales dedicados UMTS ascendentes y descendentes: DPDCH, DPCCH.
 - Aún cuando no haya transmisiones UMTS descendentes, el DPCCH descendente es necesario para el control de potencia en bucle interno del HS-DPCCH (bits TPC).
 - En el caso anterior, puede sustituirse el DPCCH descendente por un nuevo canal, el F-DPCH.

Canales físicos

- F-DPCH (DL, compartido):
 - Es opcional
 - Factor de ensanchamiento 256
 - Contiene únicamente bits TPC, necesarios para controlar la potencia del HS-DPCCH
 - Puede verse como un formato especial de intervalo del DPCH descendente, en el que sólo hay bits TPC
 - Pueden compartirlo un máximo de 10 móviles (mismo OVSF).

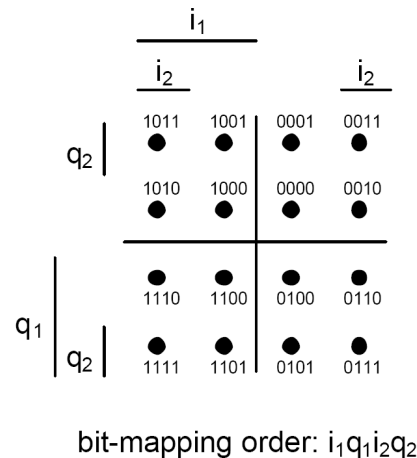
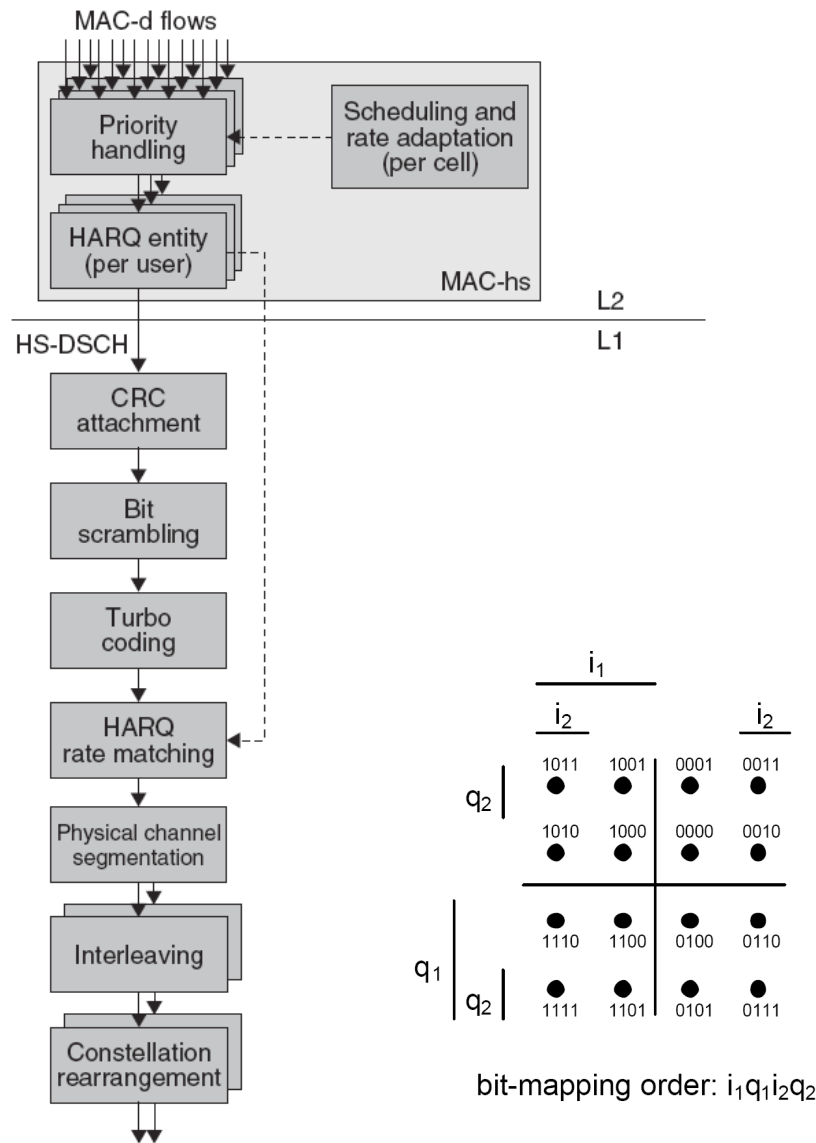


Uso de canales físicos



4. Modulación, codificación, adaptación de tasa

Procesado para generación de la señal en HS-DSCH



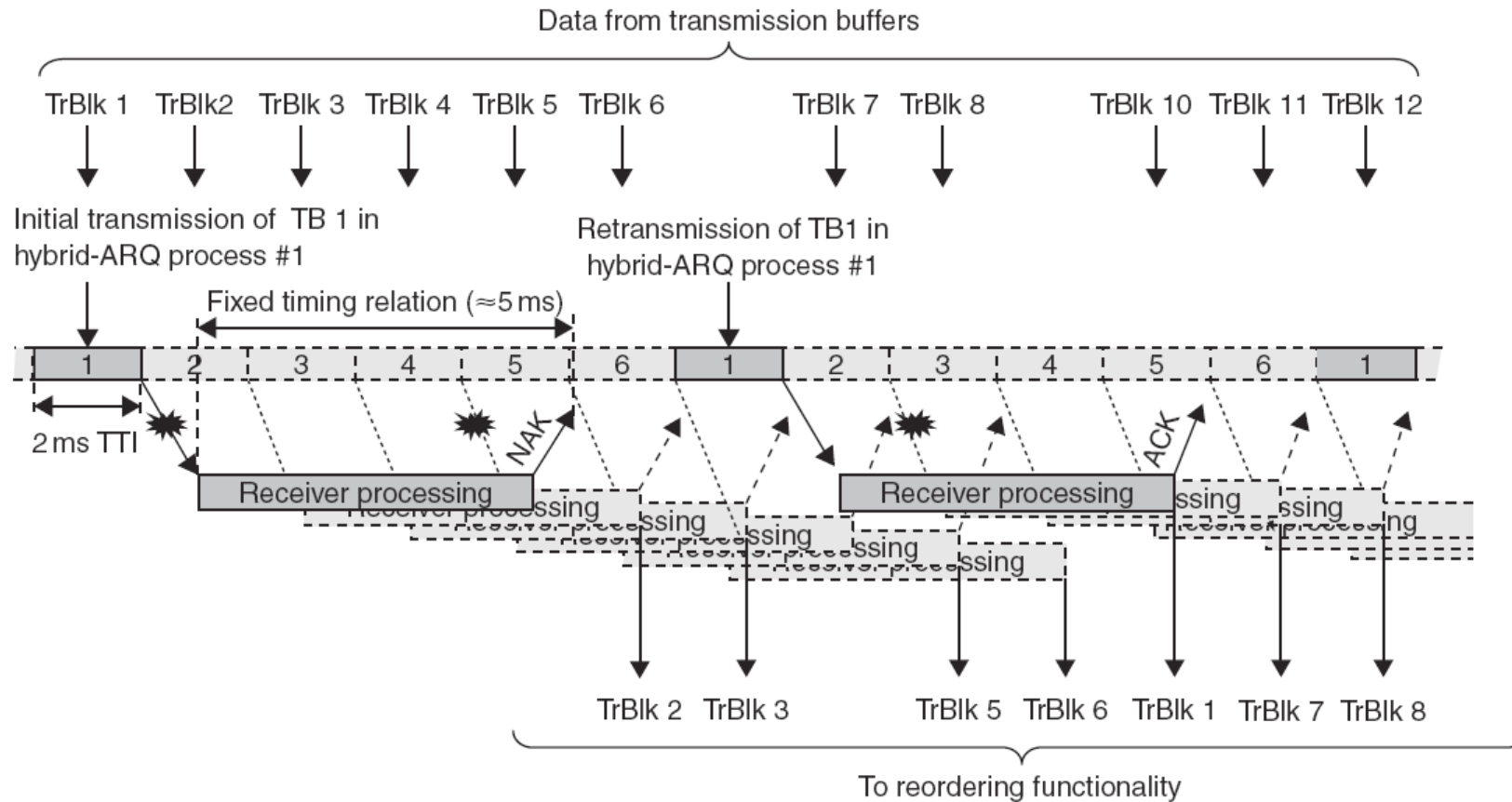
- La **aleatorización** (*scrambling*) de bits ayuda a que se utilicen por igual los símbolos externos e internos en 16QAM. Esto es útil para obtener una referencia de amplitud.
- El código turbo es el mismo de UMTS.
- La **adaptación de tasa** funciona de forma conjunta con la generación de retransmisiones, ya que al retransmitir (variante con redundancia incremental) pueden enviarse bits codificados diferentes (correspondientes a los mismos bits de fuente).
- La **reorganización de la constelación** modifica la correspondencia de bits a símbolos, para que en las sucesivas retransmisiones los índices de los bits más fiables sean diferentes (esto es importante sobre todo en la variante Chase).

5. Procesos asociados a la transmisión:
HARQ con combinación, adaptación de
tasa binaria al estado del canal,
planificación de usuarios, traspaso.

HARQ con combinación de retransmisiones

- Se utiliza HARQ con combinación de retransmisiones, mediante combinación Chase o redundancia incremental (IR).
- Las versiones de los bloques transmitidos (*redundancy versions*, RV) se generan a partir de un único código turbo, por medio de eliminación (*puncturing*) o repetición de bits.
- El procedimiento se lleva a cabo mediante varios **procesos HARQ** de tipo parada y espera (*stop-and-wait*), que funcionan intercalados en el tiempo: mientras el receptor decodifica un bloque recibido, el transmisor va enviando otros.
- El número máximo de procesos HARQ es 8; típicamente hay 6.
- Cada bloque puede requerir un número diferente de retransmisiones: es necesario **reordenar** en el receptor.
- El protocolo HARQ con combinación de retransmisiones pertenece al nivel físico.
- Se utilizan además retransmisiones convencionales en el nivel RLC (para los bloques que no han llegado correctamente tras el número máximo de retransmisiones de nivel físico).

Procesos HARQ



Adaptación al canal de la tasa binaria

- CQI (*Channel Quality Indicator*): define el formato de transporte (modulación, tasa de codificación, número de canales físicos, posible reducción de potencia).
- Hay 30 posibles CQI, ordenados por la tasa binaria que proporcionan.
- El móvil debe elegir el CQI más alto (mayor tasa binaria) que da lugar a una **BLER** en **primera transmisión** menor o igual al **10%**.
- El móvil calcula el CQI en función del estado del canal (midiendo la E_c/I_0 del CPICH), teniendo en cuenta además las prestaciones del receptor.
- El móvil envía el CQI por el canal físico HS-DPCCH, con un periodo configurable entre 2 ms y 160 ms.
- Además del CQI recibido, la base puede utilizar otra información para estimar el estado del canal (por ejemplo, potencia transmitida por la base en el DPCCH/F-DPCH).
- La base utiliza la estimación del estado del canal para elegir el formato de transporte, considerando además otros factores como cantidad de información por enviar o potencia disponible para el HS-DSCH.

Categorías de terminales

Se definen varias categorías de terminales, en función de los formatos de transporte que pueden utilizar:

- Número de canales HS-PDSCH que pueden recibir en paralelo
- Memoria para HARQ con combinación
- Velocidad de proceso del turbo-decodificador: máximo número de bits por TTI y tiempo entre bloques recibidos (inter-TTI)

Categoría	Nº máx HS-PDSCH	Inter-TTI mín	Tamaño de bloque máx	Tasa máx (Mbps)	Nº de soft bits máx	Modulación
1	5	3	7298	3.6	19200	16QAM, QPSK
2	5	3	7298	3.6	28800	16QAM, QPSK
3	5	2	7298	3.6	28800	16QAM, QPSK
4	5	2	7298	3.6	38400	16QAM, QPSK
5	5	1	7298	3.6	57600	16QAM, QPSK
6	5	1	7298	3.6	67200	16QAM, QPSK
7	10	1	14411	7.2	115200	16QAM, QPSK
8	10	1	14411	7.2	134400	16QAM, QPSK
9	15	1	20251	10.1	172800	16QAM, QPSK
10	15	1	27952	14	172800	16QAM, QPSK
11	5	2	3630	1.8	14400	QPSK
12	5	1	3630	1.8	28800	QPSK

Ejemplo de tabla de CQI

- Aplicable a móviles de categorías 1–6
- *Transport Block Size*: número de bits por bloque de transporte. Determina la tasa binaria instantánea:

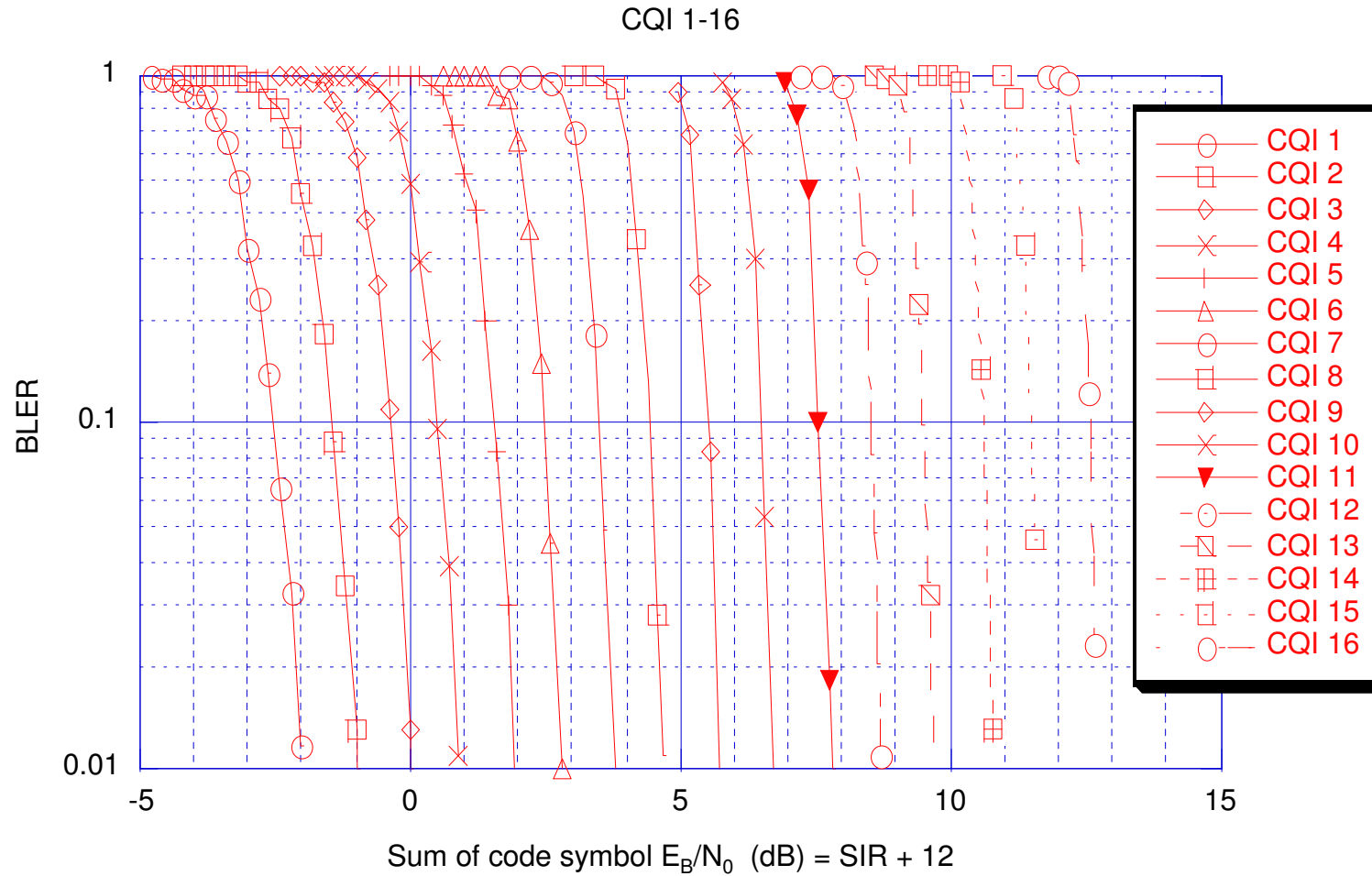
$$R = \text{TBS} / 2 \text{ ms:}$$

- CQI 1: 68,5 kb/s
- CQI 22-30: 3,6 Mb/s

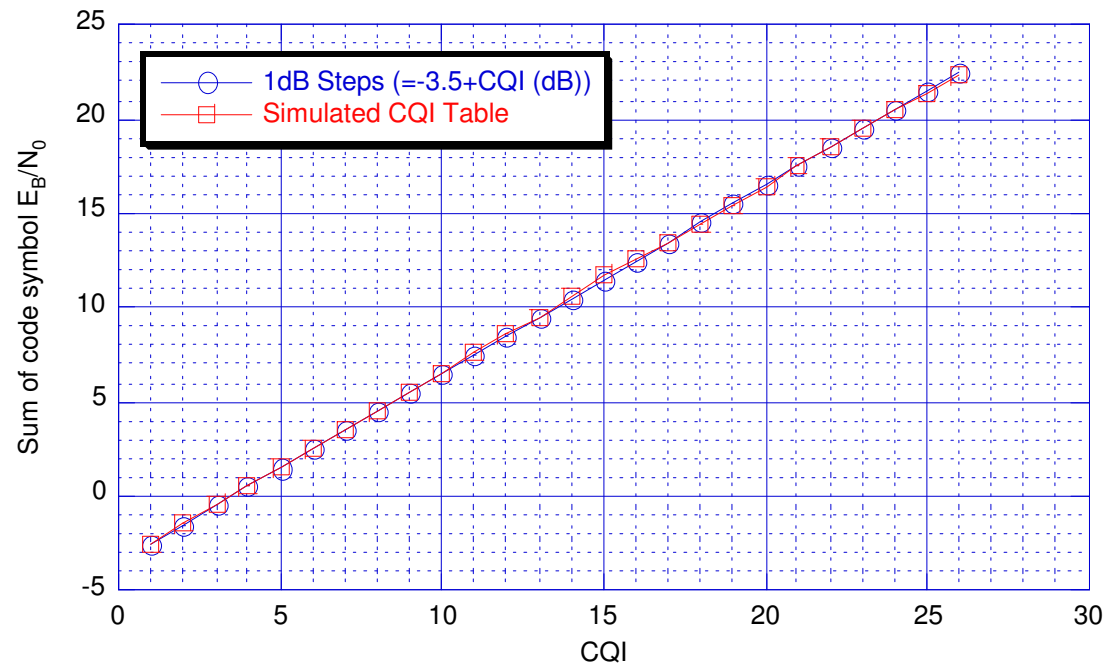
- *Reference power adjustment*: reducción de potencia en dB
- N_{IR} : memoria del terminal para IR
- X_{RV} : Controla la versión de IR utilizada en la ARQ

CQI value	Transport Block Size	Number of HS-PDSCH	Modulation	Reference power adjustment Δ	N_{IR}	X_{RV}	
0	N/A	Out of range					
1	137	1	QPSK	0	9600	0	
2	173	1	QPSK	0			
3	233	1	QPSK	0			
4	317	1	QPSK	0			
5	377	1	QPSK	0			
6	461	1	QPSK	0			
7	650	2	QPSK	0			
8	792	2	QPSK	0			
9	931	2	QPSK	0			
10	1262	3	QPSK	0			
11	1483	3	QPSK	0			
12	1742	3	QPSK	0			
13	2279	4	QPSK	0			
14	2583	4	QPSK	0			
15	3319	5	QPSK	0			
16	3565	5	16-QAM	0			
17	4189	5	16-QAM	0			
18	4664	5	16-QAM	0			
19	5287	5	16-QAM	0			
20	5887	5	16-QAM	0			
21	6554	5	16-QAM	0			
22	7168	5	16-QAM	0			
23	7168	5	16-QAM	-1			
24	7168	5	16-QAM	-2			
25	7168	5	16-QAM	-3			
26	7168	5	16-QAM	-4			
27	7168	5	16-QAM	-5			
28	7168	5	16-QAM	-6			
29	7168	5	16-QAM	-7			
30	7168	5	16-QAM	-8			

Ejemplo de curvas de BLER, canal estático



Ejemplo de umbrales de CQI

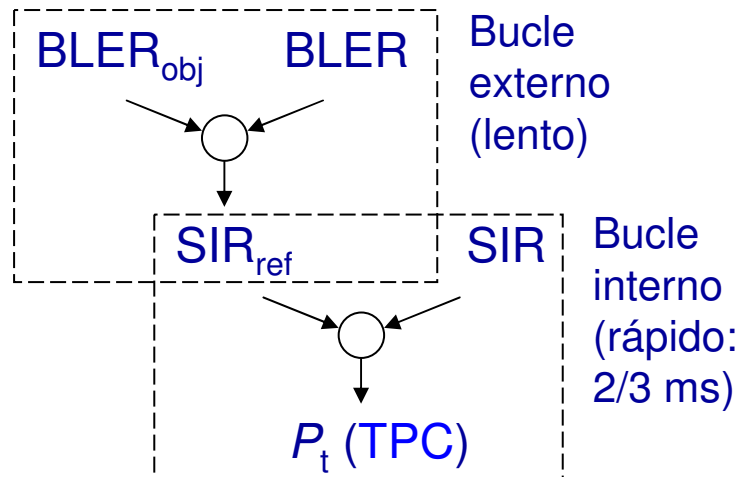


- Los formatos de transporte (CQI) se han elegido para que la SIR requerida en canal estático (sin variación temporal) cambie en 1 dB entre CQI consecutivos.
- Los umbrales de SIR que deben usarse para elegir el CQI no son fijos, porque:
 - En función de cada receptor, los umbrales necesarios pueden variar.
 - En canal no estático aparecen errores de estimación, cuya magnitud depende de las condiciones de propagación: los umbrales pueden variar.
- Por tanto, debe utilizarse un **algoritmo de ajuste de los umbrales** en el receptor, en función de las condiciones de propagación.

Adaptación al canal en UMTS y en HSDPA

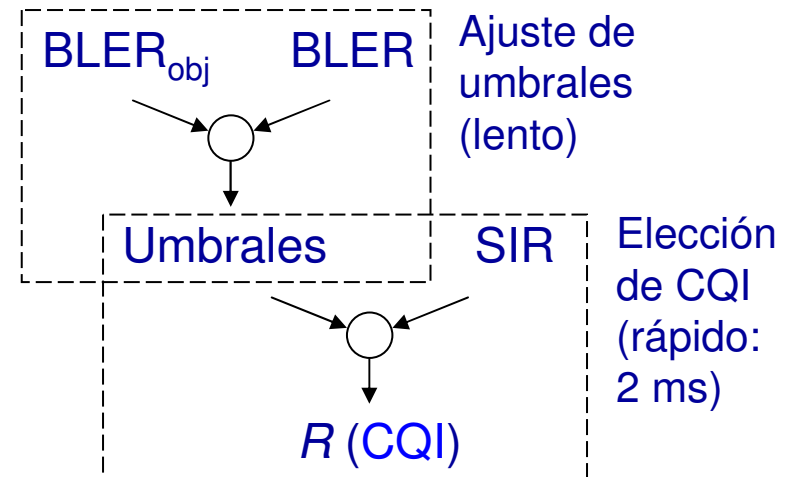
UMTS

- Se controla P_t
- para conseguir una cierta BLER
- con R fija.



HSDPA

- Se controla R
- para conseguir una cierta BLER
- con P_t fija.

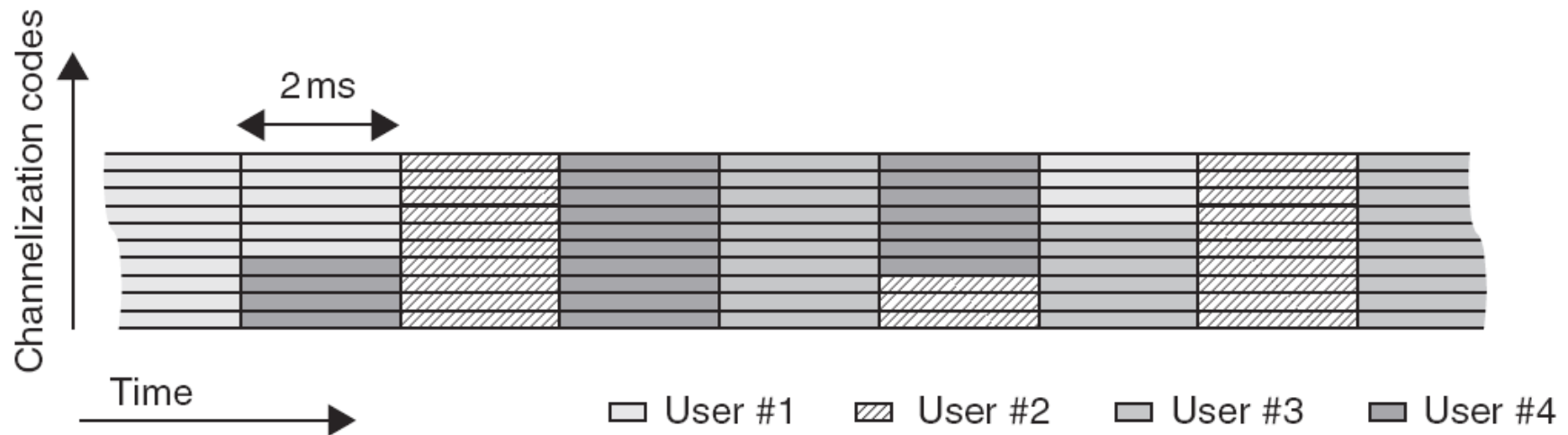


Planificación de usuarios dependiente del canal

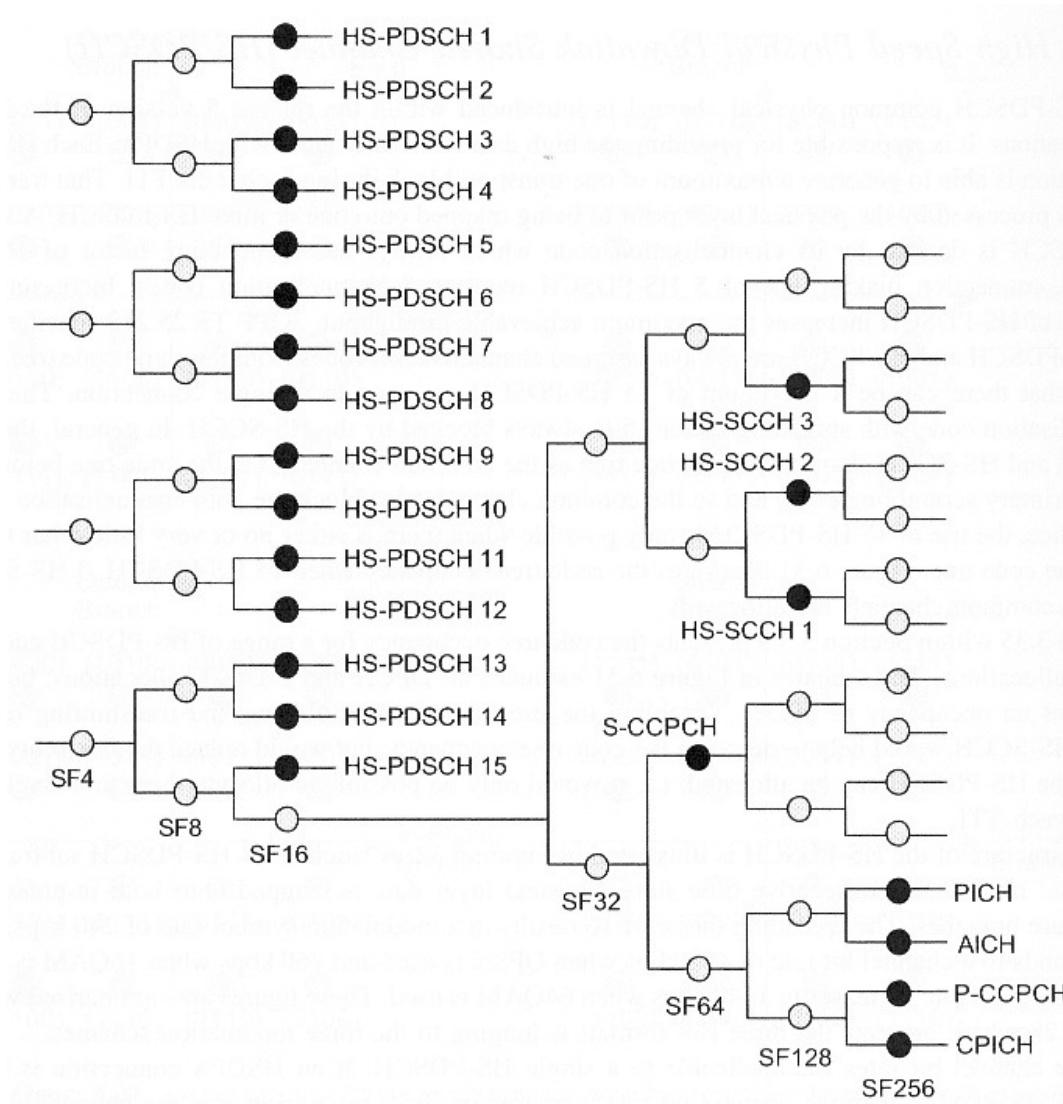
- Se utiliza planificación de usuarios (*scheduling*) dependiente del canal en el dominio del tiempo.
- La planificación puede modificarse cada subtrama (2 ms).
- La planificación debe tener en cuenta no sólo el estado del canal, sino la equidad entre usuarios y posibles restricciones de retardo.
- Se tiende a planificar a pocos usuarios simultáneamente (preferiblemente uno), para:
 - Aprovechar al máximo el canal de propagación del mejor usuario en cada momento;
 - Reducir el número de canales transmitidos por la base, y disminuir así la relación entre potencia de pico y máxima;
 - Utilizar un número reducido de canales HS-SCCH.

Compartición de los canales HS-PDSCH

- El canal de transporte HS-DSCH se materializa en varios canales físicos HS-PDSCH, hasta un máximo de 15.
- El planificador asigna los canales HS-PDSCH al usuario o usuarios planificados en cada subtrama (2 ms).
- Pueden no usarse todos en cada momento, por ejemplo si no hay suficientes datos que enviar o si la base no tiene suficiente potencia en ese momento.



Ejemplo de asignación de códigos OVSF



Traspaso en HSDPA

- Dado que la planificación de usuarios se hace en la base (nodo B), no en el RNC, en los canales HS-PDSCH no puede transmitirse simultáneamente desde dos bases al mismo usuario.
- Además, al usar planificación dependiente del canal radio (se transmite a un usuario cuando su atenuación instantánea es baja), la ganancia por diversidad que se obtendría en traspaso con continuidad sería reducida.
- Por ello, no se utiliza traspaso con continuidad para los canales HS-PDSCH.
- Si hay una conexión UMTS simultánea, una de las bases activas es la **base servidora** de HSDPA. Ésta es la que transmite los canales HSDPA descendentes para ese usuario.
- El canal ascendente HS-DPCCH sí utiliza traspaso con continuidad.

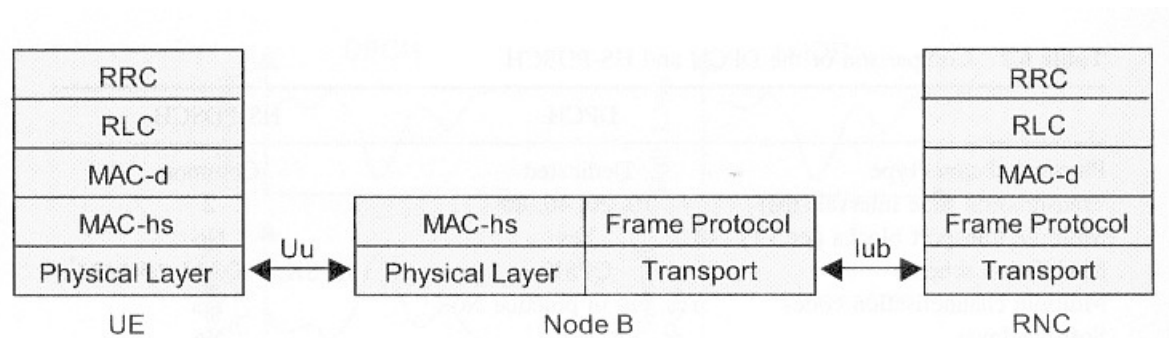
Tratamiento del multitrayecto

- UMTS:
 - “**Compensar** la variación multitrayecto:
convertir el canal en constante”
 - Cada usuario transmite cuando lo necesita, independientemente del estado del canal de propagación.
 - Cada usuario transmite con la tasa que necesita, independientemente del estado del canal. El **control de potencia** intenta compensar el desvanecimiento, “invirtiendo” el canal.
- HSDPA:
 - “**Aprovechar** la variación multitrayecto:
utilizar los picos del canal”
 - Se planifica a los usuarios que tienen el canal de propagación más favorable en cada momento: **planificación dependiente del canal**.
 - La tasa de transmisión se adapta al estado del canal de propagación: **adaptación de tasa en función del canal**.

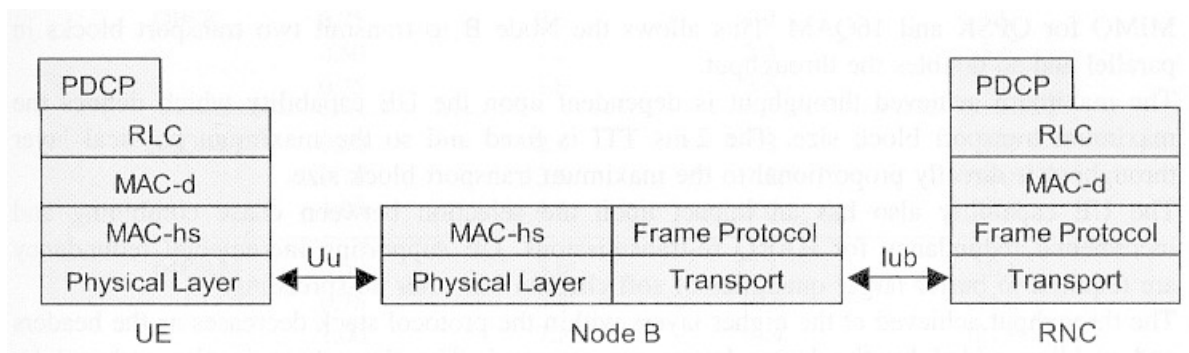
6. Protocolos

Protocolos

Plano de control



Plano de usuario



7. HSDPA+

HSDPA+

- Evolución de HSDPA (*Release 7* y sucesivas de las especificaciones) para conseguir aún mayor velocidad binaria y capacidad en el enlace descendente.
- Principales características introducidas (opcionales):
 - MIMO (hasta dos flujos, bucle cerrado)
 - Modulación 64-QAM
 - Operación sin HS-SCCH (detección ciega del formato de transmisión; la identidad del móvil se envía implícitamente en el CRC del HS-DSCH)
 - Receptores avanzados en el móvil (diversidad de antena, ecualización).

MIMO en HSDPA+

- Se envían uno o dos flujos, con pre-codificación lineal.
- Cada flujo contiene un bloque de transporte.
- Si hay dos flujos, usan el mismo código OVSF.
- Se define un nuevo tipo de informe enviado por el móvil sobre el estado del canal radio:
 - CQI: uno por cada flujo
 - Indicación de cuántos flujos permite el canal radio (1 ó 2)
 - PCI (*Precoding Control Indication*): matriz de precodificación elegida, de entre 4 predefinidas, para maximizar la SIR del flujo (si es uno) o para hacer que los flujos (si son dos) sean aproximadamente ortogonales.
- Se envía un ACK por cada flujo.

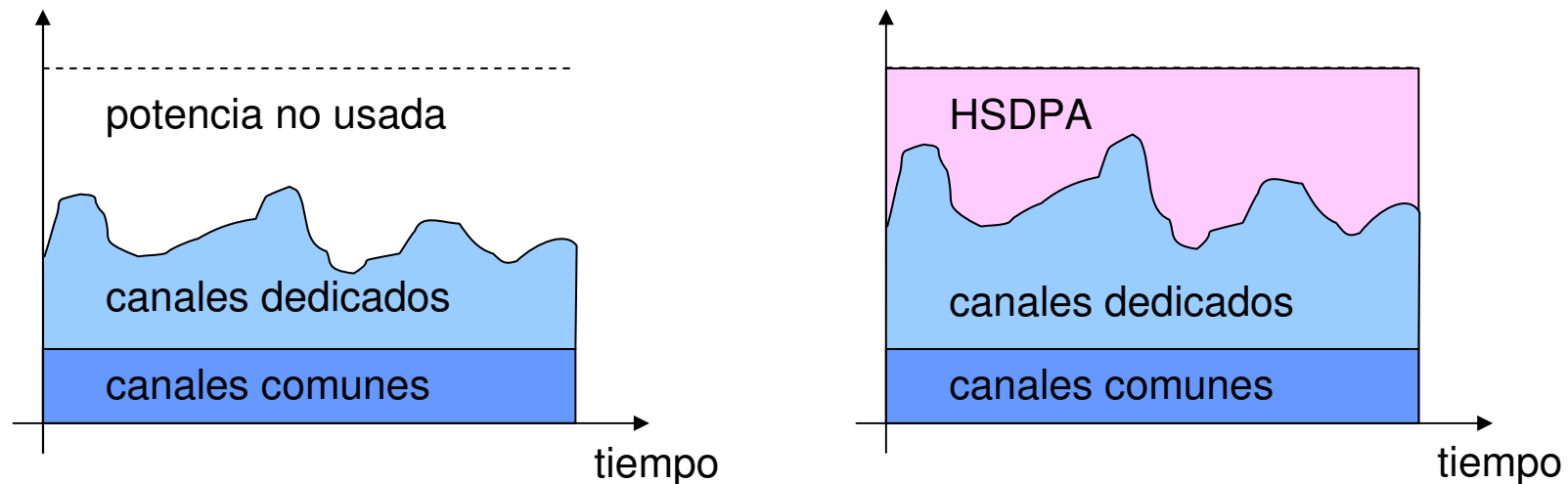
Nuevas categorías de móviles en HSDPA+

Categoría	MIMO	Nº máx HS-PDSCH	Inter-TTI mín	Tamaño de bloque máx	Tasa máx (Mbps)	Nº de soft bits máx	Modulación
13	No	15	1	34800	17.4	259200	64 QAM, 16QAM, QPSK
14	No	15	1	42196	21.1	259200	64 QAM, 16QAM, QPSK
15	Sí	2 × 15	1	2 × 23370	23.4	345600	16QAM, QPSK
16	Sí	2 × 15	1	2 × 27952	28	345600	16QAM, QPSK

8. Planificación

Utilización de recursos de la base

- HSDPA puede utilizar la misma portadora que UMTS. En ese caso, usa la **potencia** “sobrante”, es decir, no empleada por otros canales.
- Hay que tener en cuenta que se produce mayor interferencia, por lo que la potencia necesaria en cada canal aumenta: no puede usarse toda la potencia que sobraba inicialmente.



- HSDPA comparte el árbol de **códigos OVSF** con el resto de canales.
- También puede destinarse una portadora en exclusiva para HSDPA. En este caso no se comparten potencia ni códigos.

Ventajas e inconvenientes de HSDPA (I)

Uso de los recursos más eficiente que en UMTS:

- **Adaptación al canal:** se utiliza en cada momento el formato de transmisión (CQI) óptimo, que proporciona la mayor velocidad posible.
(En UMTS se compensa el canal, controlando la potencia).
- **Planificación de usuarios dependiente del estado del canal:** cuando el canal es desfavorable (desvanecimiento), se transmite a otro usuario cuyo canal sea mejor en ese momento. Se hace así un uso eficiente de la potencia de la base.
(En UMTS se transmite al usuario aunque tenga desvanecimiento).
- **Retransmisiones:** se destina más energía sólo a los bloques que lo necesitan; y además, gracias a la
- **Combinación de retransmisiones:** se reduce la energía total necesaria, al no descartar las transmisiones anteriores.
- HSDPA puede usar la **potencia “sobrante”** de los canales UMTS.

Ventajas e inconvenientes de HSDPA (II)

Las características indicadas permiten

(+) **Mayores tasas binarias;**

pero como contrapartida se tiene:

(-) **Retardo variable** (retransmisiones, planificación de usuarios)

(-) **Tasa binaria variable** (retransmisiones, planificación de usuarios, selección de CQI).

Por tanto:

(+) HSDPA es adecuado para servicios sin requisitos de retardo;

(-) pero no tanto para servicios de tipo conversacional.