

# 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

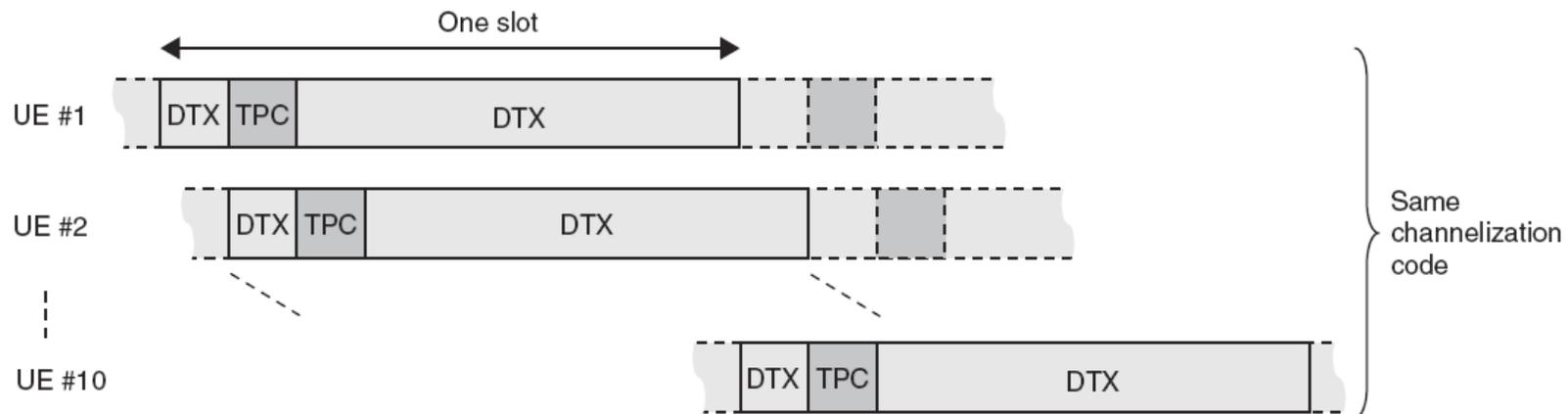
- HS-PDSCH (DL, compartido):
  - Datos (canal de transporte HS-DSCH).
  - Pueden enviarse varios HS-PDSCH en paralelo a cada usuario.
  - Factor de ensanchamiento 16.
- HS-SCCH (DL, compartido):
  - Señalización en DL: formato de transporte usado (se indica explícitamente), usuario al que se transmite (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

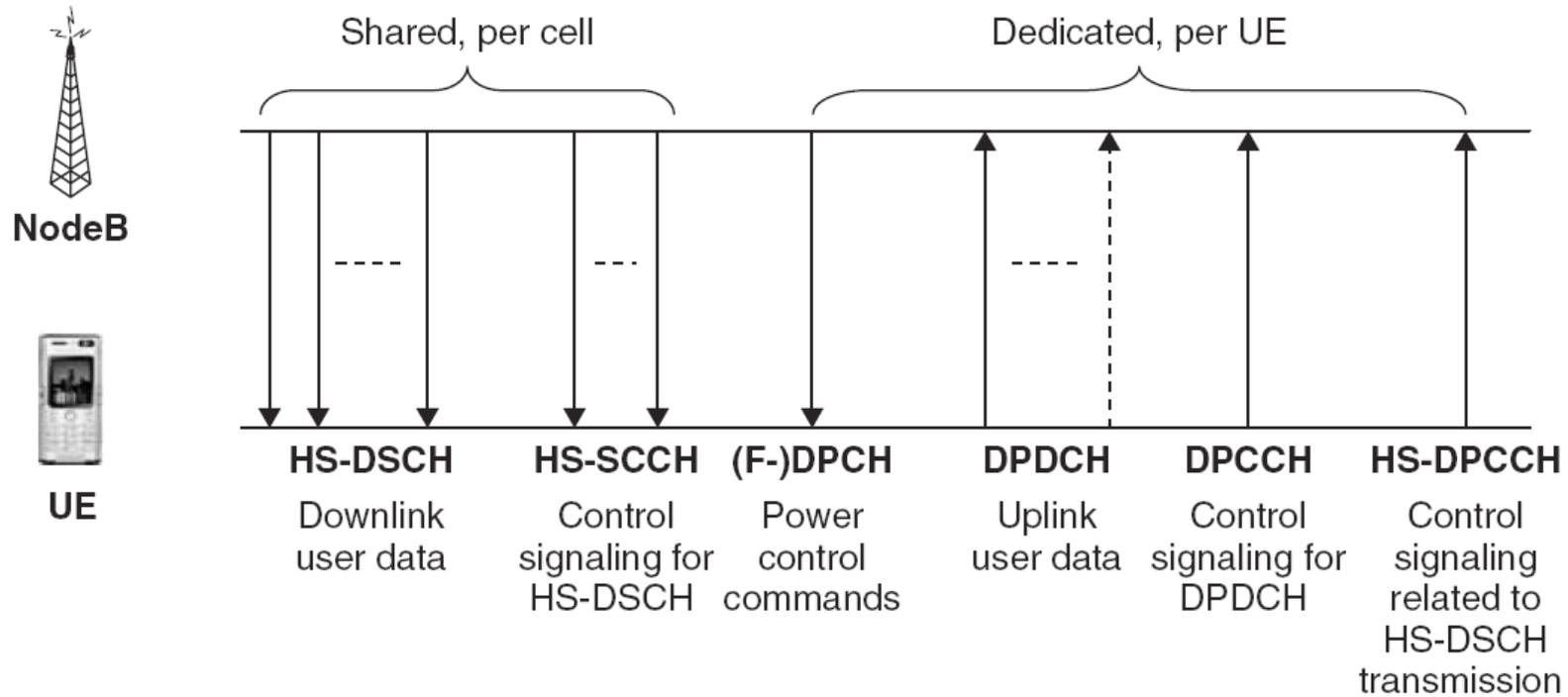
- Canales de UMTS (DPDCH, DPCCH)
  - HSDPA puede enviarse en paralelo con canales dedicados UMTS ascendentes y descendentes: DPDCH, DPCCH.
  - Aún cuando no haya transmisiones UMTS descendentes, el DPCCH descendente es necesario para el control de potencia en bucle interno del HS-DPCCH (bits TPC).
 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

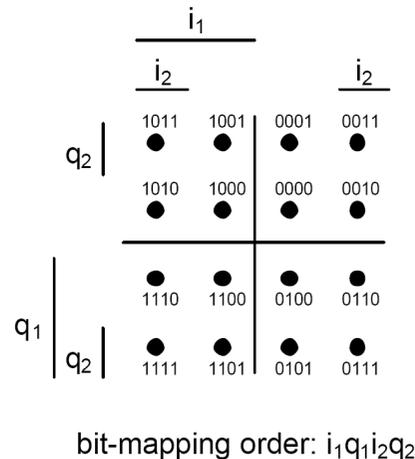
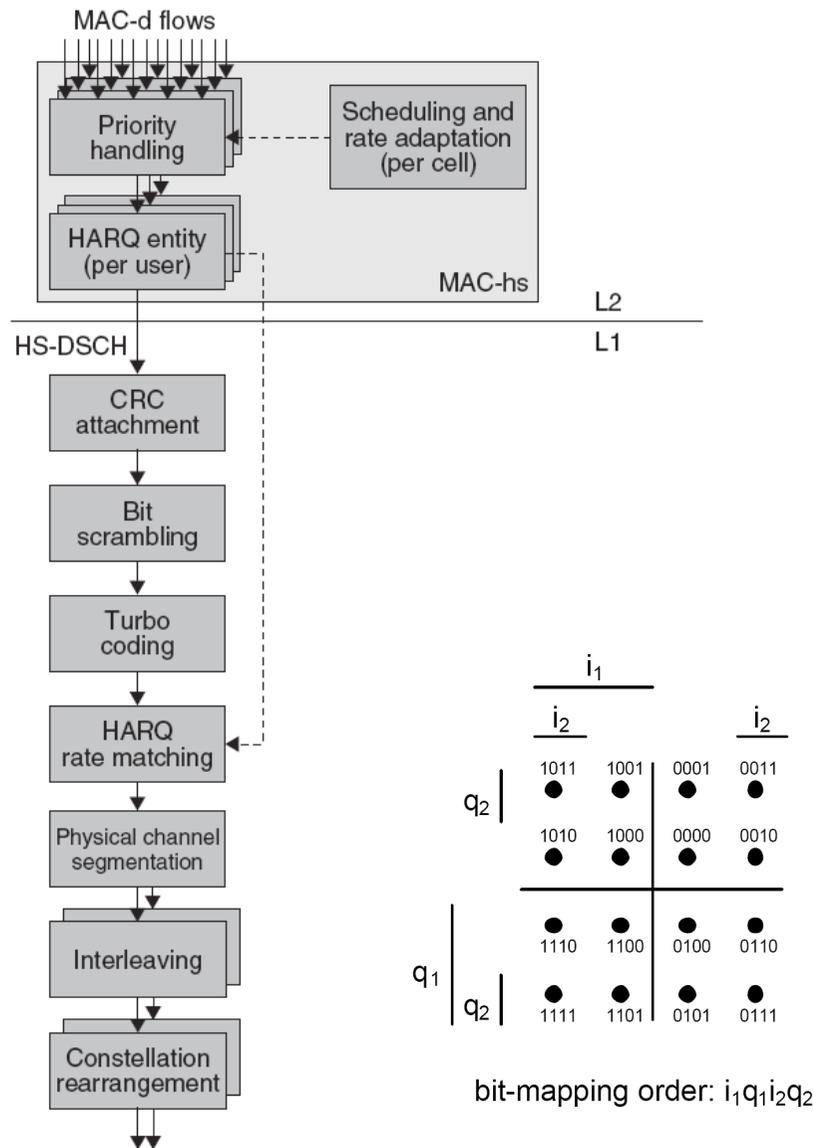


# Uso de canales físicos



## 4. Modulación, codificación, adaptación de tasa

# Procesado para generación de la señal en HS-DSCH



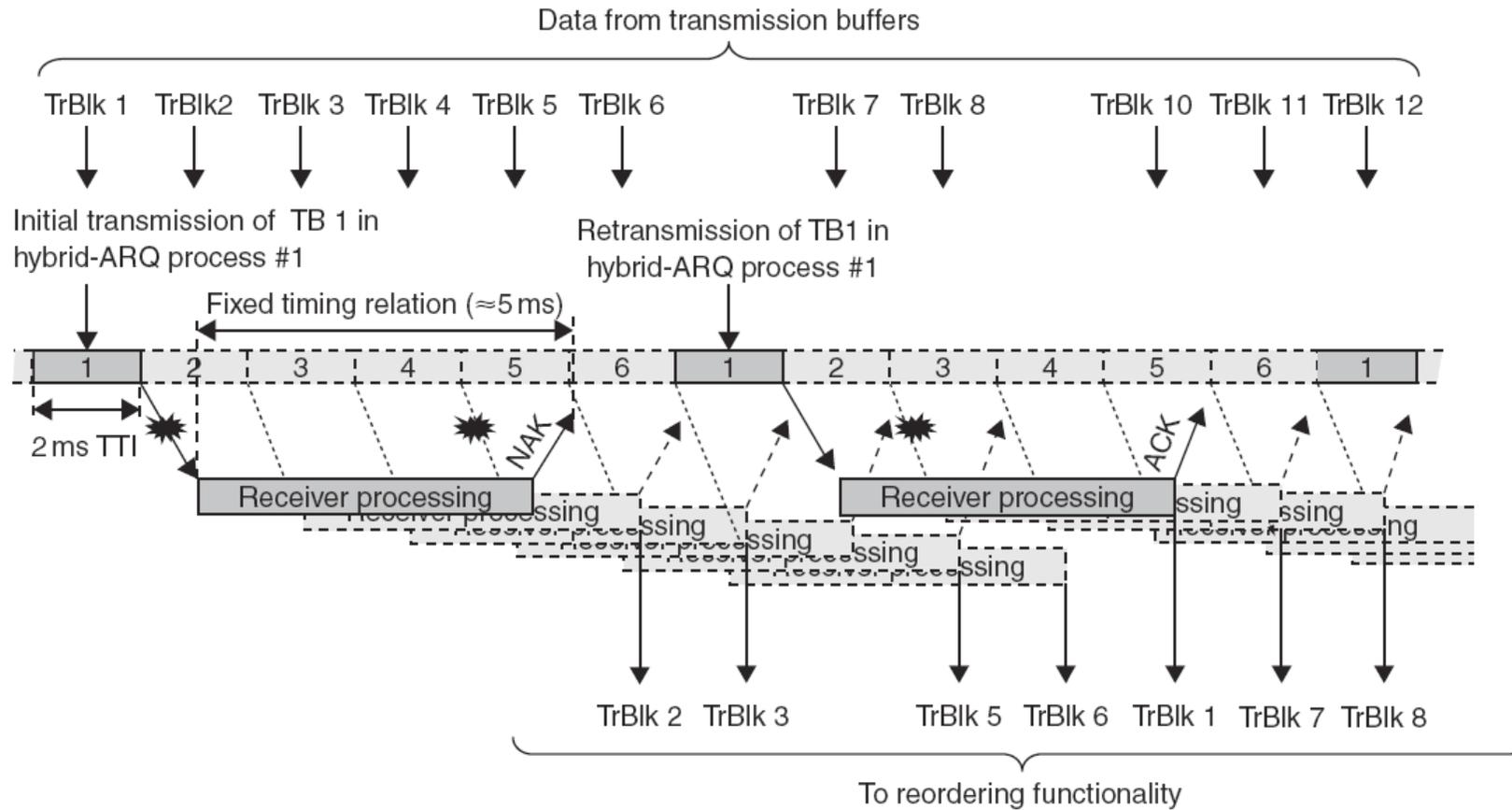
- La **aleatorización** (*scrambling*) de bits ayuda a que se utilicen por igual los símbolos externos e internos en 16QAM. Esto es útil para obtener una referencia de amplitud.
- El código turbo es el mismo de UMTS.
- La **adaptación de tasa** funciona de forma conjunta con la generación de retransmisiones, 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:

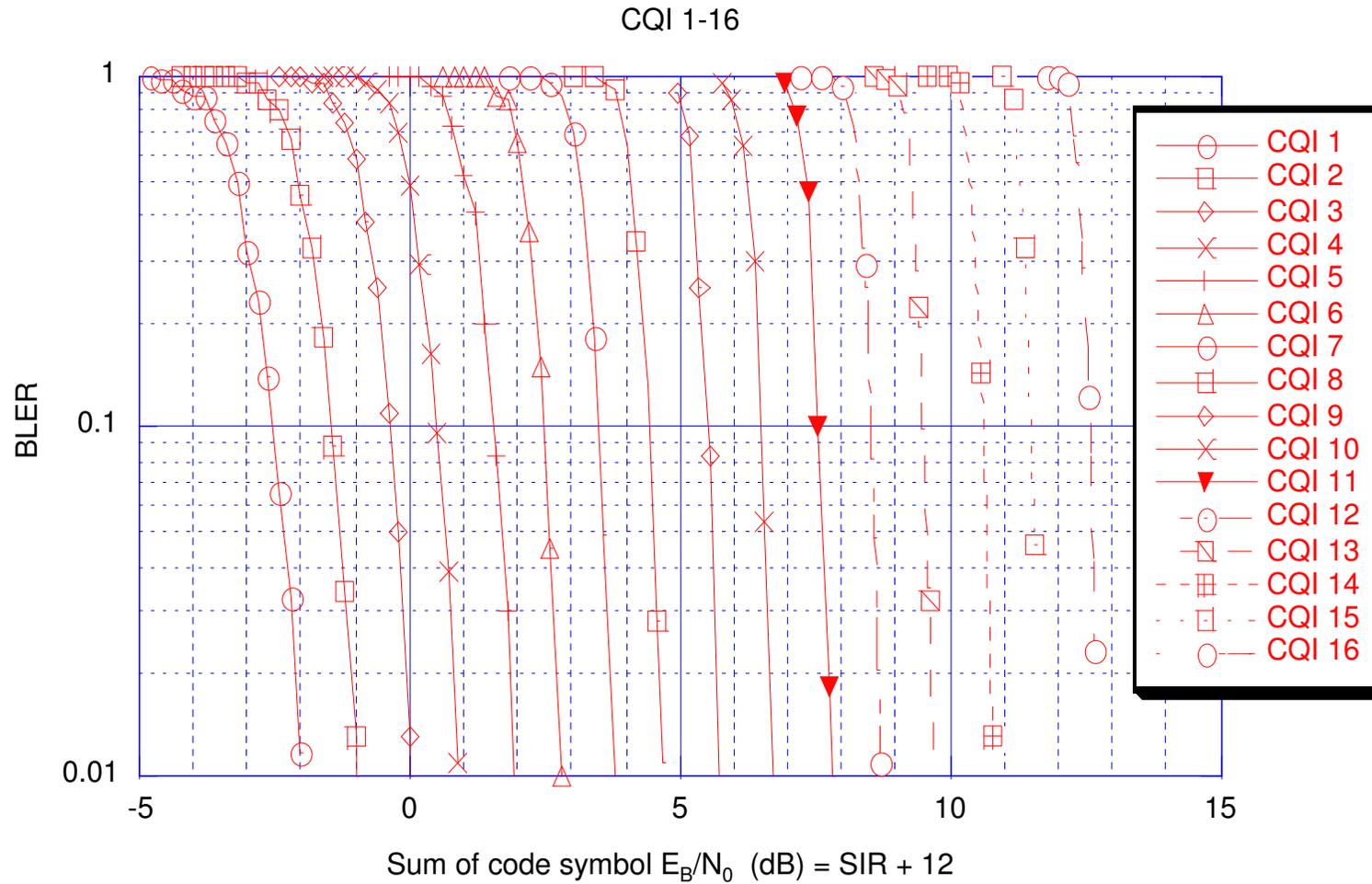
$$R = \text{TBS} / 2 \text{ ms:}$$

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

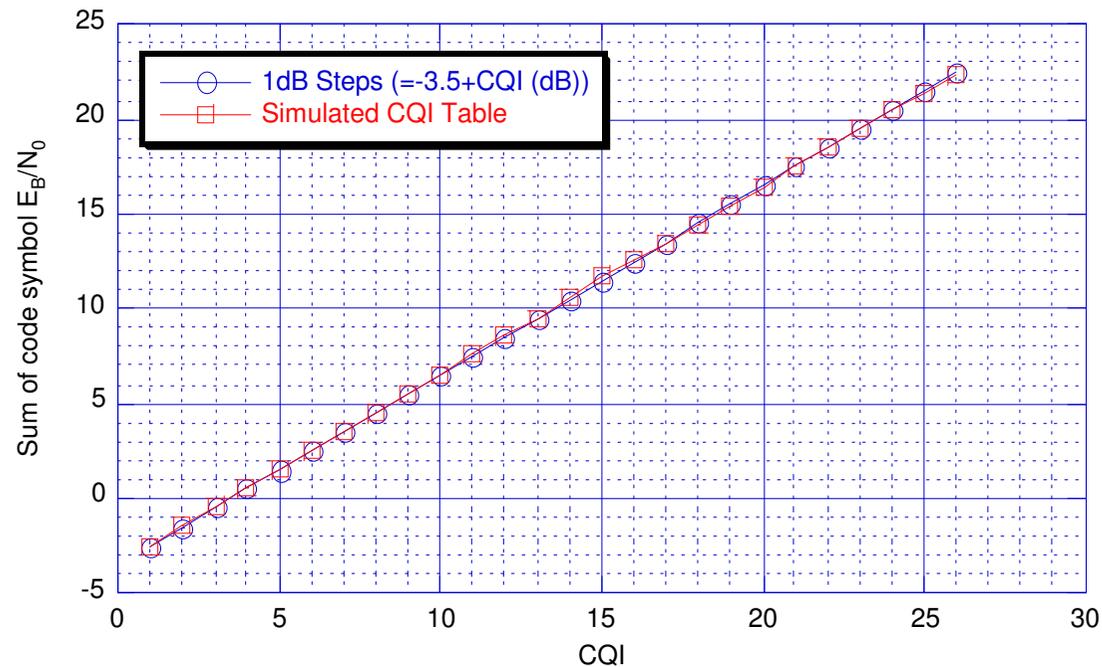
- *Reference power adjustment*: reducción de potencia en dB
- $N_{IR}$ : memoria del terminal para IR
- $X_{RV}$ : Controla la versión de IR utilizada en la ARQ

CQI value	Transport Block Size	Number of HS-PDSCH	Modulation	Reference power adjustment $\Delta$	$N_{IR}$	$X_{RV}$	
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

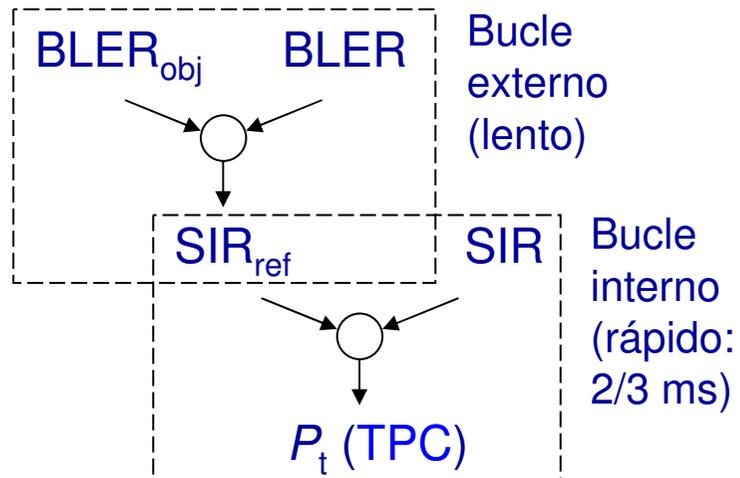


- Los formatos de transporte (CQI) se han elegido para que la SIR requerida en canal estático (sin variación temporal) cambie en 1 dB entre CQI consecutivos.
- Los umbrales de SIR que deben usarse para elegir el CQI no son fijos, porque:
  - En función de cada receptor, los umbrales necesarios pueden 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

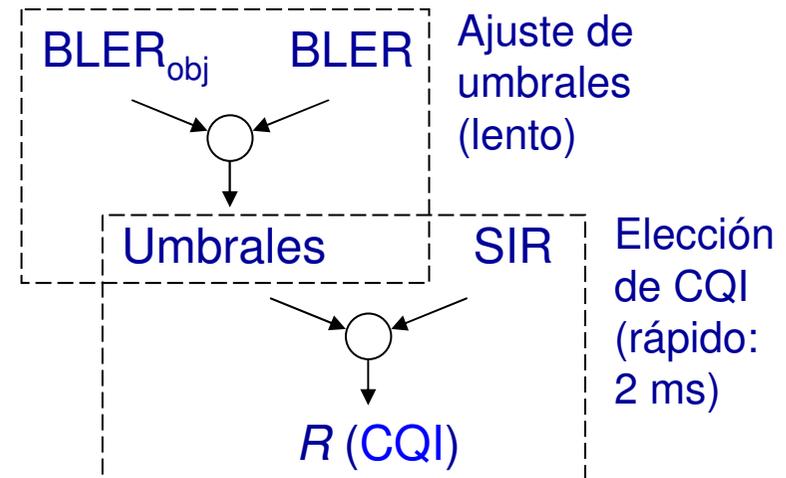
## UMTS

- 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.

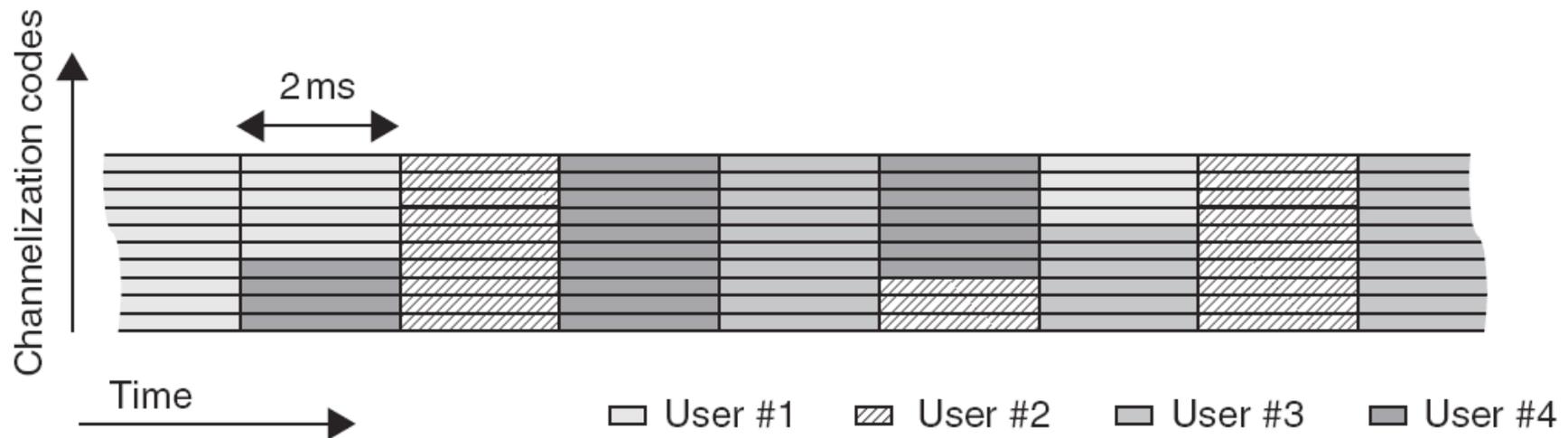


# Planificación de usuarios dependiente del canal

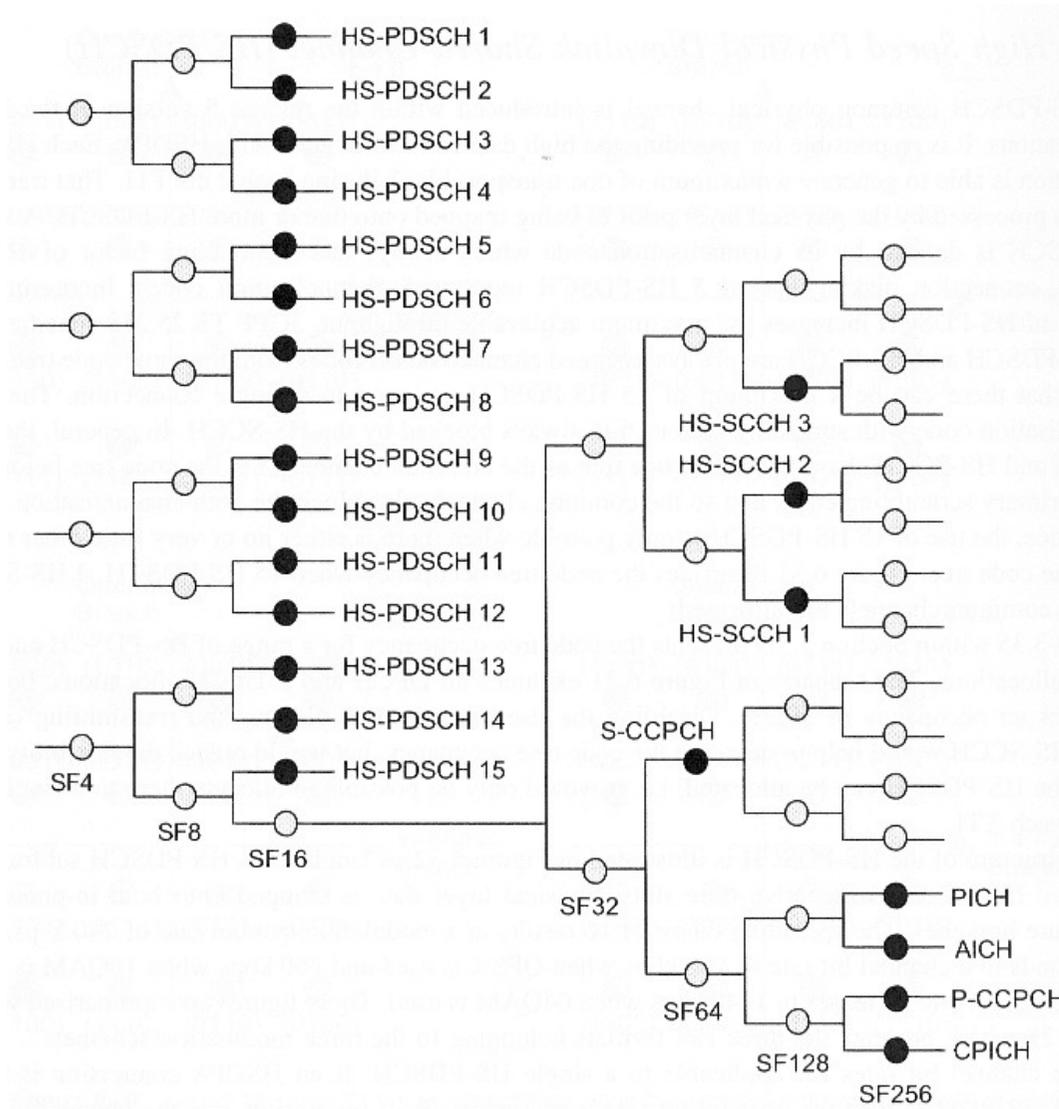
- Se utiliza planificación de usuarios (*scheduling*) dependiente del canal en el dominio del tiempo.
- La planificación puede modificarse cada subtrama (2 ms).
- La planificación debe tener en cuenta no sólo el estado del canal, sino la equidad entre usuarios y posibles restricciones de retardo.
- Se 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.

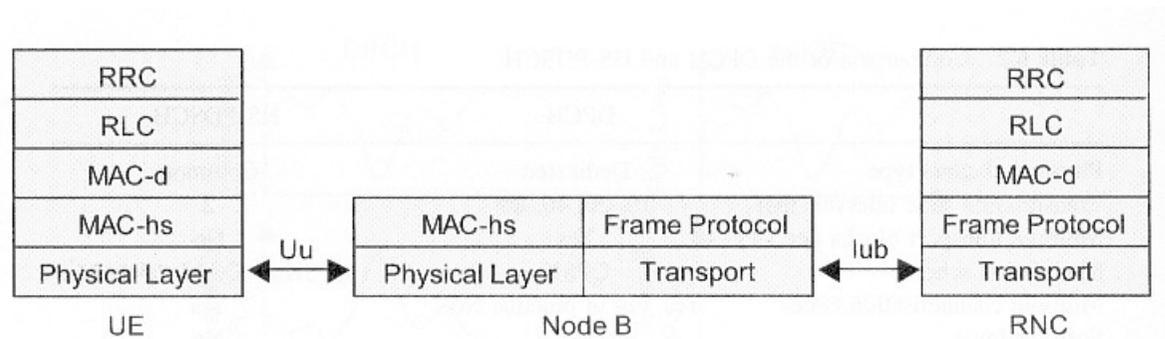
# Tratamiento del multitrayecto

- 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**.

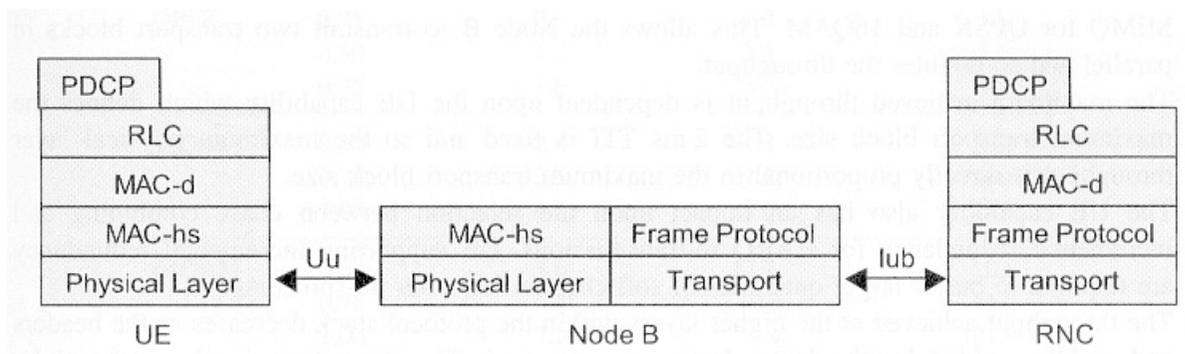
# 6. Protocolos

# 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.

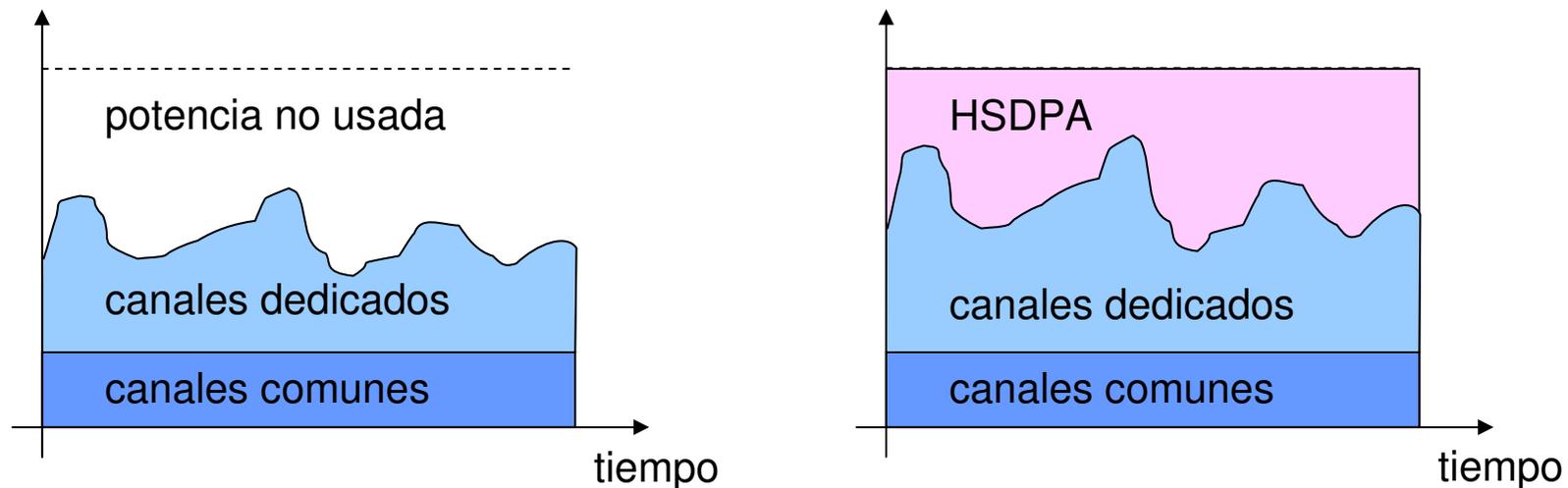
# Nuevas categorías de móviles en HSDPA+

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.