

Capítulo 12: Sistema HSUPA

Sistema HSUPA

1. Origen de HSUPA. Diferencias respecto a UMTS.
2. Modificaciones en la red.
3. Canales físicos. Ensanchamiento.
4. Adaptación de tasa, codificación.
5. Procesos asociados a la transmisión: HARQ con combinación, planificación de usuarios, elección del formato de transporte.
6. Protocolos.
7. Planificación.

1. Origen de HSUPA. Diferencias respecto a UMTS.

HSUPA

- *Enhanced Uplink* (E-UL, nombre oficial) o *High Speed Uplink Packet Access*.
- Evolución de UMTS (*Release 6* y sucesivas de las especificaciones) para conseguir mayor velocidad binaria y capacidad en el enlace ascendente.
- Se refiere sólo a la interfaz radio.
- Hasta 5,7 Mb/s (optimista), o 11,5 Mb/s (*Release 7*; muy optimista)
- Pensado para servicios de conmutación de paquetes, no sensibles al retardo.
- HSDPA y HSUPA se conocen conjuntamente como “HSPA” (a veces “HSxPA”).

Características generales de HSUPA (I)

- Los canales lógicos se mantienen respecto a UMTS (DTCH, DCCH).
- Canal de transporte: E-DCH (*Enhanced Dedicated Channel*, UL). Es un canal dedicado (no es compartido como en HSDPA).
- Canales físicos:
 - E-DPDCH (*Enhanced Dedicated Physical Data Channel*, UL)
 - E-DPCCH (*Enhanced Dedicated Physical Control Channel*, UL)
 - E-HICH (*Enhanced Hybrid ARQ Indicator Channel*, DL)
 - E-AGCH (*E-DCH Absolute Grant Channel*, DL)
 - E-RGCH (*E-DCH Relative Grant Channel*, DL)
- Retransmisiones (HARQ) con combinación.
- Modulación BPSK ó 4ASK (*Release 7*), en cada rama. (A veces en vez de BPSK / 4ASK se habla de “QPSK” / “16QAM”: contando las dos ramas).
- Se emplean adaptación de tasa binaria (en el móvil) y planificación de usuarios (*scheduling*, en la base), pero no suelen hacerse en función del estado del canal radio.

Características generales de HSUPA (II)

- Puede haber E-DCH (HSUPA) y DCH (UMTS) a la vez.
- El canal de transporte E-DCH se materializa en los canales físicos E-DPDCH y E-DPCCH. Puede haber uno o varios E-DPDCH, con factor de ensanchamiento variable.
- Hay traspaso con continuidad.
- Se utiliza el mismo control de potencia en bucle interno (con el correspondiente bucle externo) que en los canales dedicados de UMTS.
- En HSUPA, a diferencia de HSDPA, transmiten todos los usuarios a la vez. La planificación de usuarios (*scheduling*) determina el **nivel de interferencia** que puede generar cada uno. Para ello la base establece la relación entre las amplitudes del E-DPDCH y DPCCH para cada usuario.
- El E-DCH tiene dos posibles TTI: 10 ms y 2ms.
- Subcapa MAC-e en la base para gestionar las retransmisiones con combinación y la planificación de usuarios; y en el móvil para adaptación de tasa.

2. Modificaciones en la red

Modificaciones en la red

- No hay entidades nuevas en la red.
- Hay **funcionalidades nuevas en la estación base** (subcapa MAC-e):
 - Planificación de usuarios
 - Retransmisiones con combinación
- Hay **funcionalidades nuevas en el RNC** (subcapa MAC-es):
 - Macrodiversidad por selección en traspaso con continuidad
 - Reordenación de los bloques recibidos (con posibles retransmisiones) por las bases
- Puede ser necesario ampliar la capacidad de la interfaz Iub, para poder transmitir tasas binarias elevadas.

3. Canales físicos. Ensanchamiento

Canales físicos

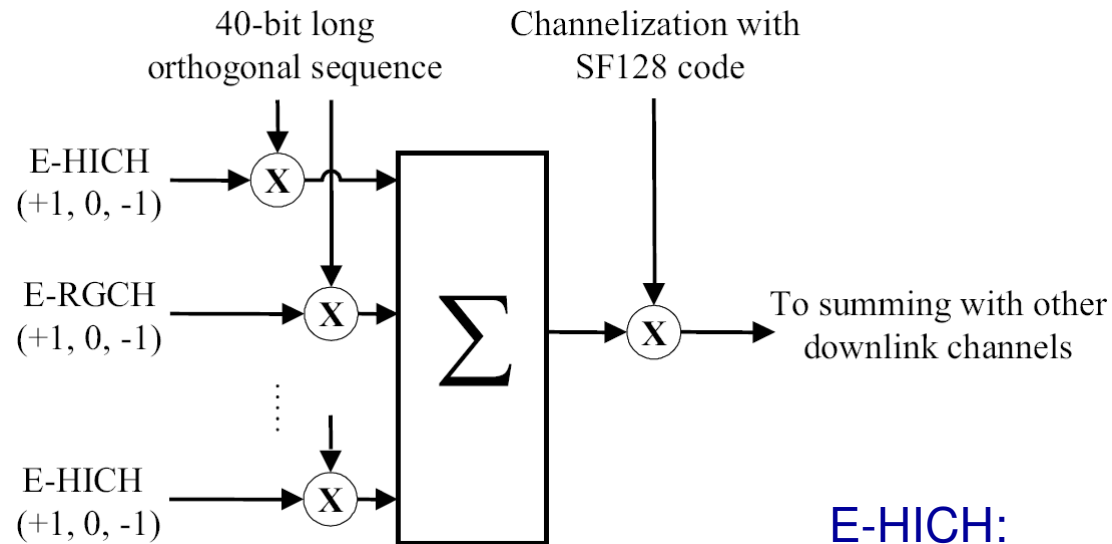
- E-DPDCH (UL, dedicado):
 - Contiene los datos (canal de transporte E-DCH)
 - Pueden enviarse hasta 4 E-DPDCH en paralelo (multiplexados en código y en I/Q)
 - Factor de ensanchamiento entre 256 y 2, variable dinámicamente.
- E-DPCCH (UL, dedicado):
 - Contiene señalización en UL: formato de transporte (E-TFCI) usado en el E-DPDCH, número de retransmisión, solicitud de recursos (*happy bit*)
 - Factor de ensanchamiento 256.

Canales físicos

- E-HICH (DL, dedicado):
 - Contiene señalización en DL: solicitudes de retransmisión (ACK/NACK).
 - Factor de ensanchamiento 128. El canal se divide en 40 subcanales, por medio de secuencias código ortogonales de periodo 40 bits (2/3 ms). Cada conexión HSUPA tiene asociado un subcanal.
- E-RGCH (DL, dedicado / común):
 - Contiene asignaciones relativas: incremento o reducción en la relación de amplitudes entre E-DPDCH y DPCCH, para cada usuario / para todos los usuarios en traspaso en la célula considerada.
 - Factor de ensanchamiento 128. El canal se divide en 40 subcanales, de la misma forma que el E-HICH. Cada conexión HSUPA, o grupo de conexiones, tiene asociado un subcanal.
 - Los 40 subcanales se comparten entre E-HICH y E-RGCH (usan la misma secuencia OVSF).

Canales físicos

E-HICH y E-RGCH



E-HICH:

- +1: ACK
- 1: NACK
- 0: (nada)

E-RGCH:

- +1: aumentar asignación
- 1: reducir asignación
- 0: (mantener asignación)

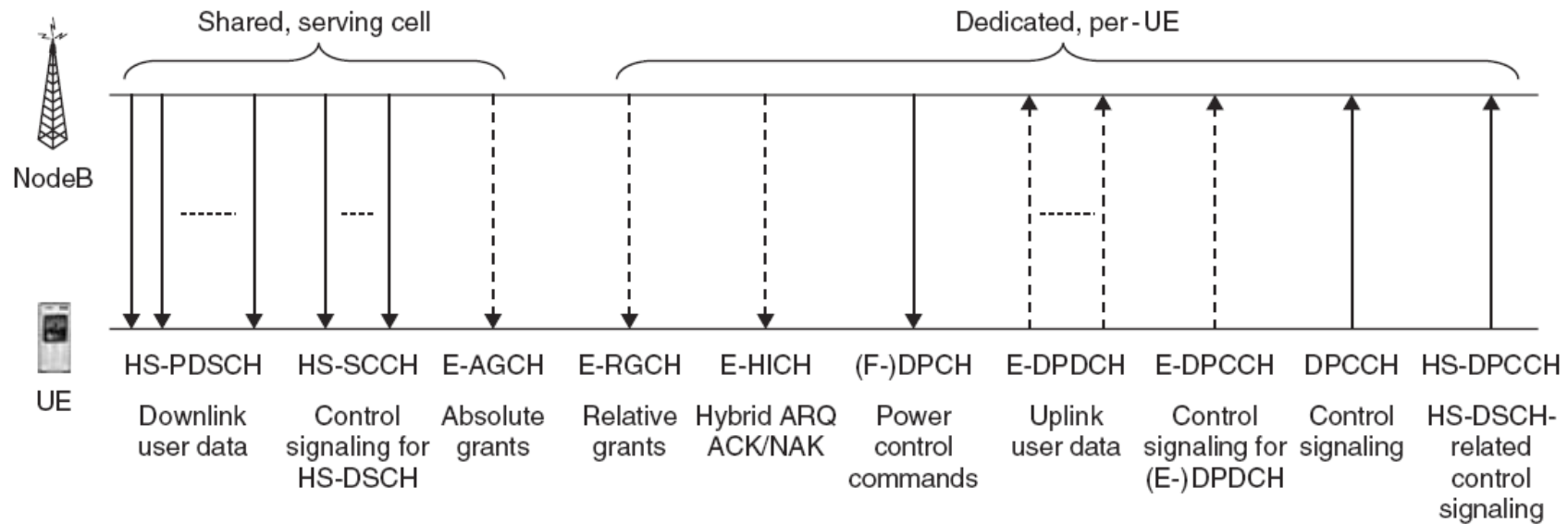
Canales físicos

- E-AGCH (DL, común):
 - Asignaciones absolutas: valor de la relación de amplitudes entre E-DPDCH y DPCCH.
 - Dirigidas a un móvil o grupo de móviles. La identidad del móvil o grupo se codifica implícitamente, al calcular el CRC.
 - Factor de ensanchamiento 128.

Canales físicos

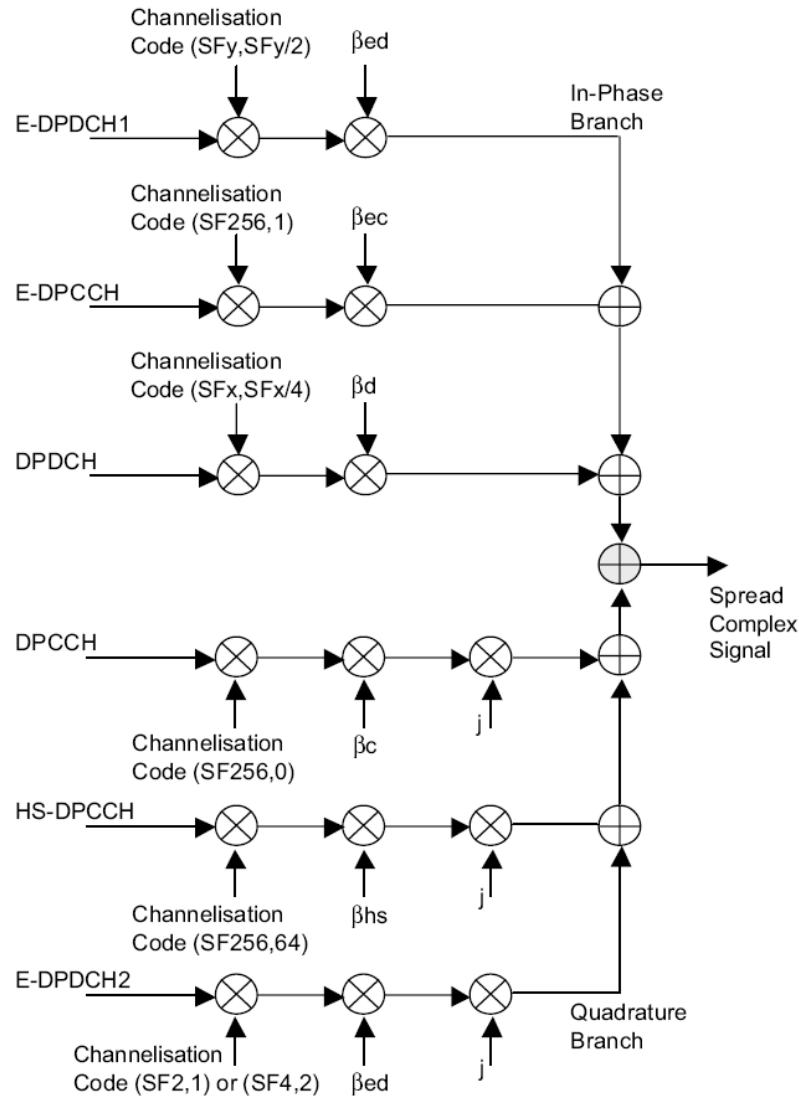
- Canales de UMTS (DPDCH, DPCCH)
 - HSUPA puede enviarse en paralelo con canales dedicados UMTS: DPDCH, DPCCH (canal de transporte DCH).
 - Aún cuando no haya canal de transporte de UMTS (DCH), es necesario transmitir
 - DPCCH ascendente, para que la base pueda estimar la SIR del móvil;
 - DPCCH descendente, para que la base pueda enviar las órdenes de control de potencia en bucle interno (bits TPC).
 - Si no hay DCH, el DPCCH descendente puede sustituirse por el F-DPCH (igual que en HSDPA).
 - HSUPA también puede enviarse en paralelo con los canales ascendentes y descendentes de HSDPA.

Uso de canales físicos



Los canales nuevos de HSUPA aparecen en línea discontinua

Ensanchamiento en sentido ascendente



Cada canal puede tener una amplitud diferente (factores β)

En este ejemplo se transmiten 2 canales E-DPDCH en paralelo

Factores de ensanchamiento en E-DPDCH

- Pueden usarse:
 - Un canal E-DPDCH con SF 256, 128, 64, 32, 16, 8 ó 4 (rama I).
 - Dos canales con SF 4 (ramas I, Q)
 - Dos canales con SF 2 (ramas I, Q)
 - Dos canales con SF 4 y dos canales con SF 2 (ramas I, Q)
 - Dos canales con SF 4 y dos canales con SF 2 con modulación 4ASK (ramas I, Q) (*Release 7*)

Factores de ensanchamiento en E-DPDCH

Spreading factor	Channel symbol rate (ksps)	Channel bit rate (kbps)	Bits per 2 ms TTI	Bits per 10 ms TTI
256	15	15	30	150
128	30	30	60	300
64	60	60	120	600
32	120	120	240	1200
16	240	240	480	2400
8	480	480	960	4800
4	960	960	1920	9600

Spreading factor	Aggregate channel symbol rate (ksps)	Aggregate channel bit rate (kbps)	Aggregate bits per 2 ms TTI	Aggregate bits per 10 ms TTI
2×SF4	1920	1920	3840	19200
2×SF2	3840	3840	7680	38400
2×SF4 + 2×SF2 (BPSK)	5760	5760	11520	57600
2×SF4 + 2×SF2 (4PAM)*	5760	11520	23040	115200

*Introduced by release 7 of the 3GPP specification.

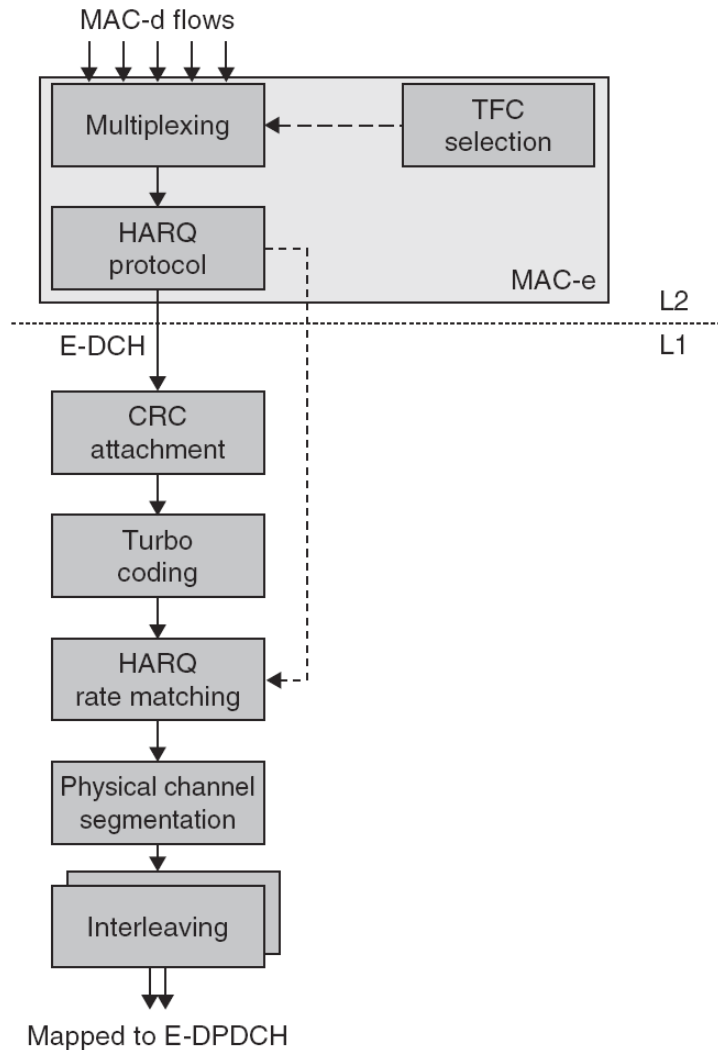
Categorías de terminales

UE category	Modulation schemes	Maximum number of codes	TTI (ms)	Maximum transport block size (bits)	
				10 ms TTI	2 ms TTI
1	QPSK	$1 \times \text{SF4}$	10	7110	–
2	QPSK	$2 \times \text{SF4}$	10 and 2	14484	2798
3	QPSK	$2 \times \text{SF4}$	10	14484	–
4	QPSK	$2 \times \text{SF2}$	10 and 2	20000	5772
5	QPSK	$2 \times \text{SF2}$	10	20000	–
6	QPSK	$2 \times \text{SF4} + 2 \times \text{SF2}$	10 and 2	20000	11484
7*	QPSK/16QAM	$2 \times \text{SF4} + 2 \times \text{SF2}$	10 and 2	20000	22996

*Introduced by release 7 of the 3GPP specifications.

4. Adaptación de tasa, codificación

Procesado para generación de la señal en E-DPDCH



- El código turbo es el mismo de UMTS.
- La **adaptación de tasa** se hace en función del formato de transporte seleccionado, el cual a su vez depende de la **relación máxima de amplitudes E-DPDCH / DPDCH** que haya asignado la base.
- Igual que en HSDPA, 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).

5. Procesos asociados a la transmisión:
HARQ con combinación, planificación de usuarios, elección del formato de transporte

Base servidora y S-RLS

- En traspaso, una de las bases activas es la **base servidora** (*serving cell*).
- La base servidora de HSUPA es la misma que transmite al móvil en HSDPA, si existen las dos conexiones a la vez.
- La base servidora pertenece a un RLS (*radio link set*: conjunto de bases que comparten emplazamiento): S-RLS.
- Las bases del S-RLS envían la misma información en sus respectivos canales E-HICH o E-RGCH. El móvil puede así **combinar** las señales recibidas.

HARQ con combinación de retransmisiones

- Similar a HSDPA.
- La base servidora, junto con las demás del S-RLS, puede enviar NACK (canal E-HICH).
- El resto de bases activas sólo pueden enviar ACK (canal E-HICH).
- La indicación ACK o NACK dura 3 ó 12 intervalos, respectivamente para TTI 2 ms ó 10 ms. En cada uno de esos intervalos cambia la secuencia de 40 bits utilizada en el E-HICH, según un patrón de salto predefinido.

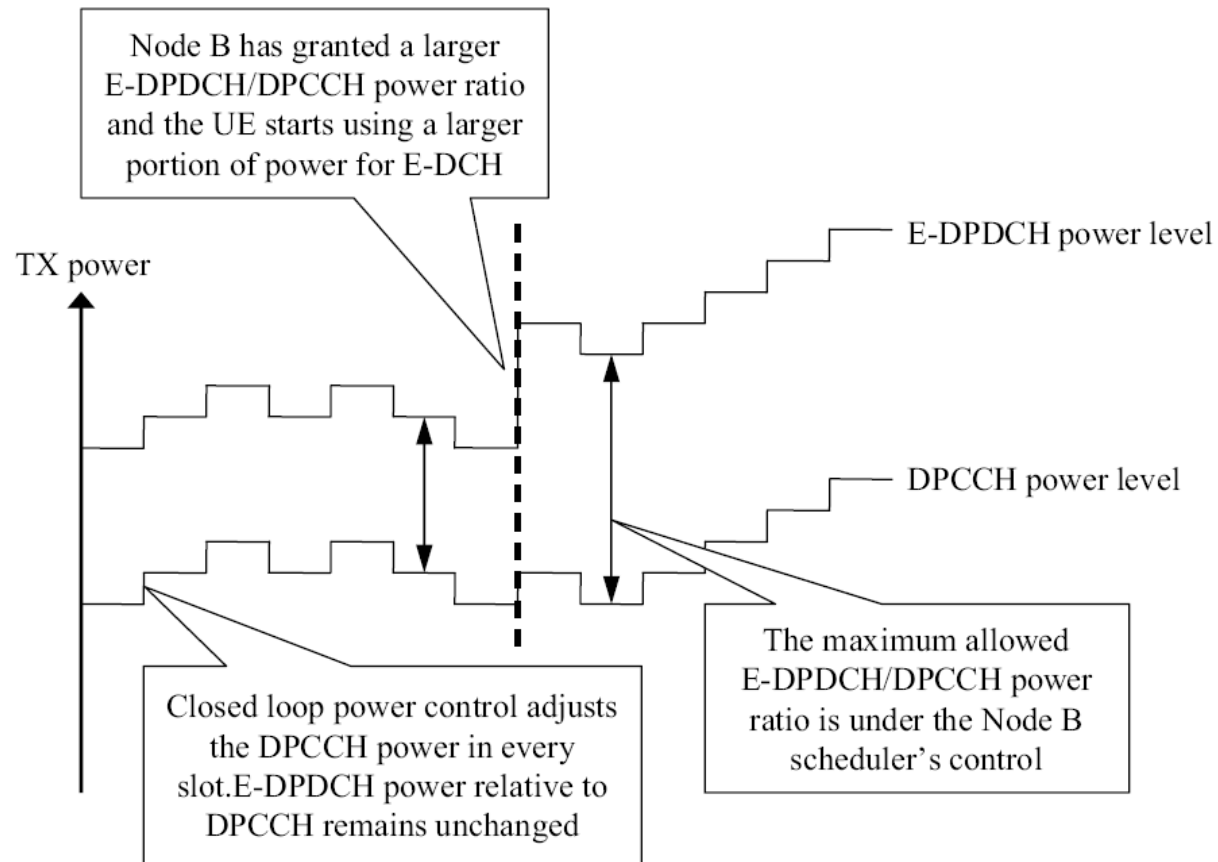
Planificación de usuarios

- En HSUPA no se utiliza planificación dependiente del canal (en HSDPA sí).
 - Uno de los motivos es que ello exigiría que cada móvil transmitiera un canal piloto (en HSDPA la base transmite un piloto y éste sirve para todos los móviles).
- En HSUPA transmiten todos los usuarios a la vez (en HSDPA se planifica en cada momento a unos pocos usuarios).
 - El motivo es que la potencia total de transmisión está distribuida entre los móviles. Un solo móvil no consume todos los recursos de la base (no genera toda la interferencia admisible).

Planificación de usuarios

- El recurso que debe gestionarse es el **nivel de interferencia recibida en la base**.
- La base controla el nivel de interferencia que genera cada usuario. Para ello le asigna una **relación de amplitudes** entre los canales E-DPDCH y DPCCH: β_{ed}/β_c (*serving grant*). Este valor es un máximo permitido (el móvil puede usar un valor menor).
- La potencia del canal DPCCH se controla con el bucle interno, y a su vez determina la potencia de los demás canales (de acuerdo con la relación de amplitudes).
- Una mayor β_{ed}/β_c permitirá al móvil usar mayores tasas binarias en los canales E-DPDCH.

Planificación de usuarios



Planificación de usuarios

- El móvil puede solicitar recursos por medio de señalización ascendente (*happy bit* del E-DPCCH o mensaje de señalización en el E-DCH).
- La base servidora dirige la planificación del usuario. Puede modificar libremente la asignación (β_{ed}/β_c), por medio de:
 - Indicaciones enviadas por el E-AGCH de esa base.
 - Indicaciones enviadas simultáneamente por los E-RCGH de las bases pertenecientes al S-RLS.
- Una base activa que no pertenezca al S-RLS sólo puede reducir la asignación, por medio de indicaciones enviadas por el E-RGCH de esa base.

Tipos de asignación

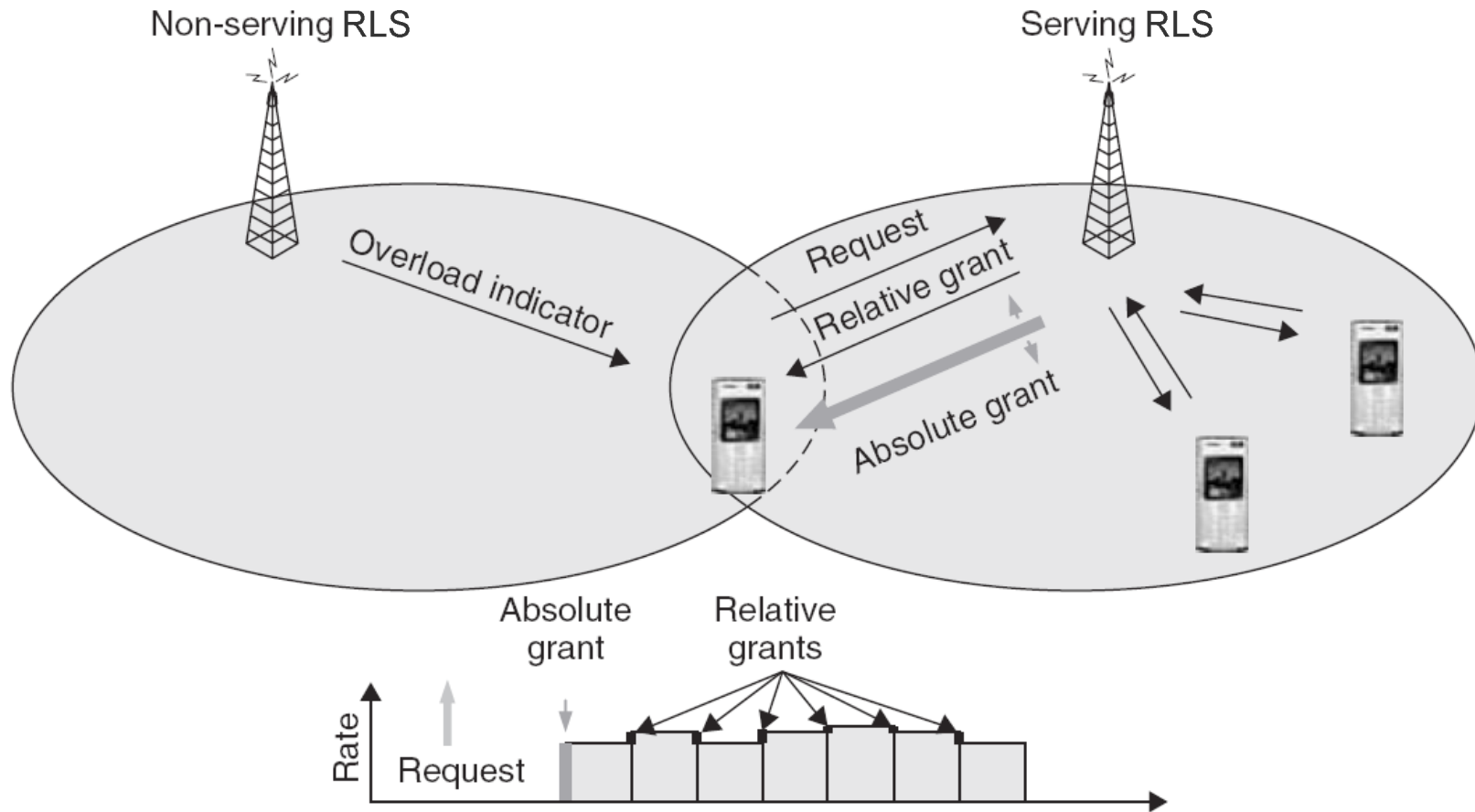
1. Asignación **absoluta** (*absolute grant*):
 - Se usa el canal E-AGCH de la base servidora.
 - La asignación indica β_{ed}/β_c para un móvil (o grupo de móviles).
2. Asignación **relativa** (*relative grant*):
 - Se usa el canal E-RGCH de una base del S-RLS.
 - Subcanal dedicado para cada conexión, o grupo de conexiones;
 - La indicación enviada por el E-RGCH dura 3 ó 12 intervalos, para TTI 2 ms ó 10 ms respectivamente. En cada intervalo varía la secuencia de 40 bits.
 - La asignación indica un incremento o reducción de β_{ed}/β_c para un móvil, o para un grupo de móviles.
 - Se utilizan pasos prefijados (del orden de 1 dB).

Tipos de asignación

3. Asignación **relativa** (*relative grant*) **por sobrecarga**:

- Se usa el canal E-RGCH de una base activa que no pertenece al S-RLS.
 - Subcanal común;
 - La indicación enviada por el E-RGCH dura 15 intervalos (para mayor fiabilidad). En cada intervalo varía la secuencia de 40 bits utilizada.
- La asignación consiste en una orden de disminución de β_{ed}/β_c , que afecta a todos los móviles para los que la base no es servidora (pero sí activa).
- Durante un cierto tiempo (16 ms para TTI 2 ms; 40 ms para TTI 10 ms) esos móviles no atienden órdenes de subir la asignación (para mayor protección de la base no servidora).
- Se utilizan pasos prefijados (del orden de 1 dB).

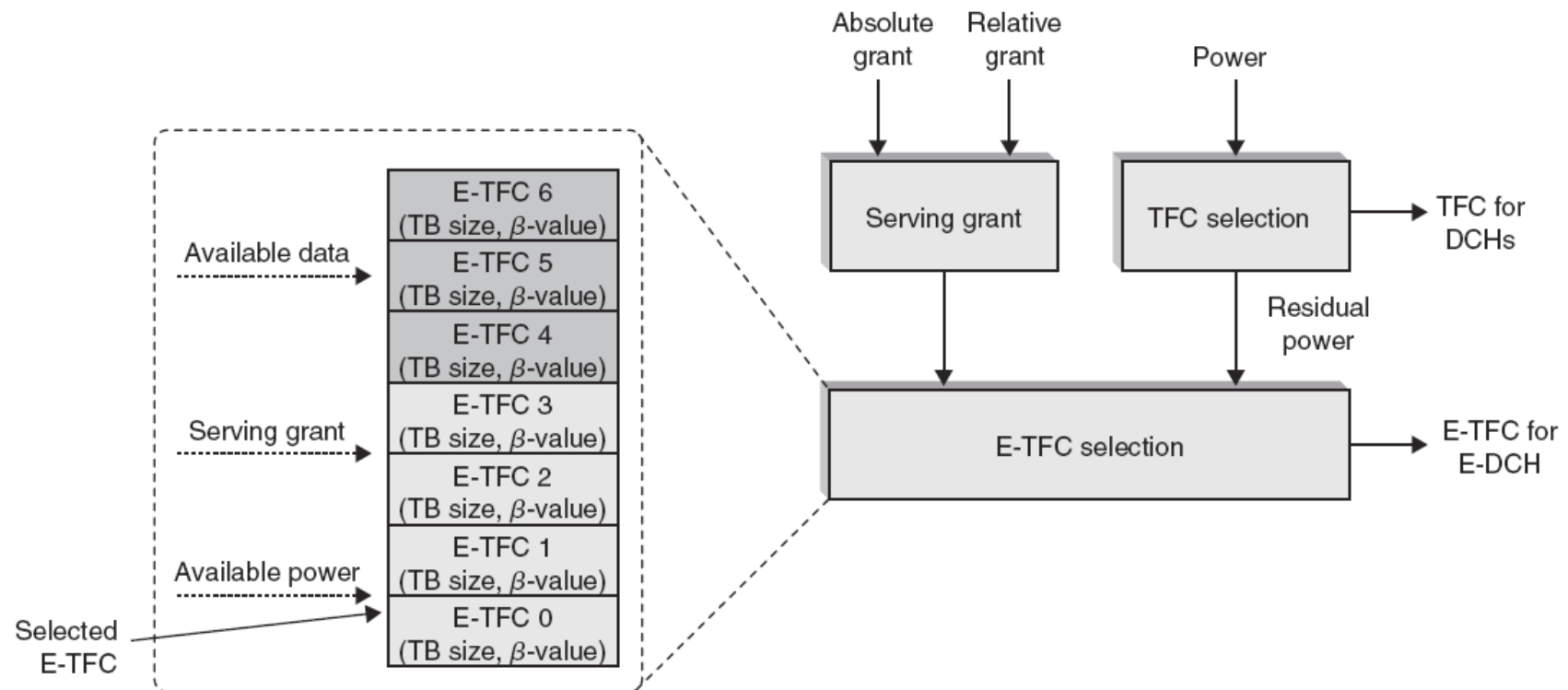
Tipos de asignación



Elección del formato de transporte

- Dada la asignación de la base, que fija la máxima β_{ed}/β_c permitida, el móvil es responsable de elegir el formato de transporte del E-DCH (llamado E-TFC). Dicho formato determina la tasa binaria.
- El tráfico del DCH (UMTS) es prioritario. En primer lugar se selecciona el formato de transporte para ese canal (TFC).
- A continuación se calcula la potencia requerida para los canales físicos DPCCH, DPDCH, HS-DPCCH, E-DPCCH. La potencia sobrante es la disponible para los E-DPDCH.
- Cada posible formato del E-DCH tiene asociada una relación β_{ed}/β_c necesaria (al establecer la conexión se envía al móvil una tabla con los valores para algunos formatos; los restantes se interpolan).
- El móvil elige el formato de mayor tasa (mayor β_{ed}/β_c asociada) compatible con:
 - Asignación de la base
 - Potencia disponible para los E-DPDCH
 - Cantidad de datos para enviar.

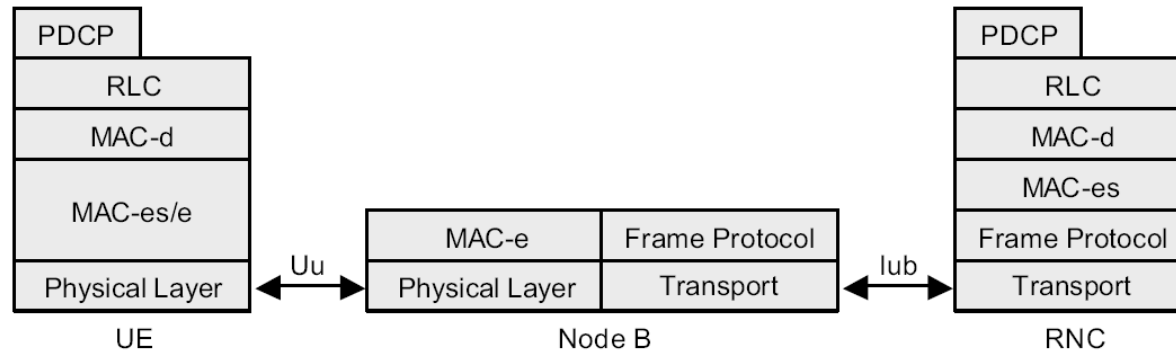
Elección del formato de transporte



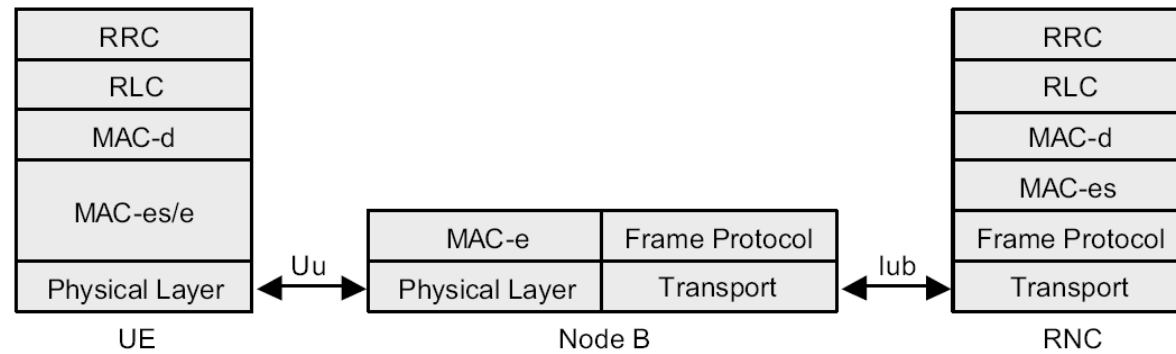
6. Protocolos

Protocolos

Plano de control



Plano de usuario

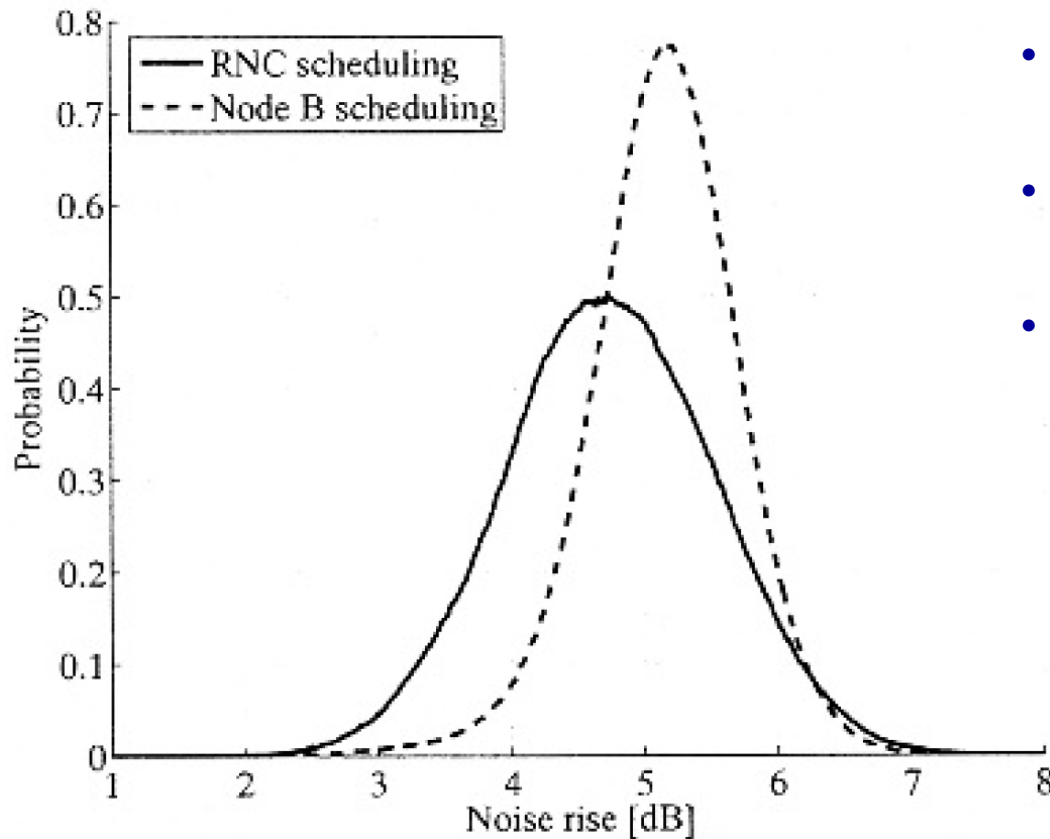


7. Planificación

Planificación de HSUPA

- HSUPA es básicamente un canal **dedicado**, aunque con funcionalidades avanzadas respecto a los canales dedicados de UMTS.
- Planificación similar a la del enlace ascendente de UMTS.
- Pueden utilizarse **factores de carga** objetivo ligeramente **más altos** que en UMTS, gracias a la capacidad de la base (canales E-AGCH, E-RGCH) para reaccionar rápidamente ante sobrecargas producidas por fluctuaciones en el nivel de interferencia.

Planificación de HSUPA



- El nivel de interferencia fluctúa \Rightarrow es necesario dejar un margen.
- Se fija una probabilidad p y un valor η_p para el percentil p de η .
- La planificación en el nodo B (HSUPA) consigue reducir las fluctuaciones (distribución más estrecha) \Rightarrow se puede usar un valor mayor del factor de carga medio, para unas mismas η_p , p .

Ejemplo: 20 usuarios por célula en media;
canal multitrayecto “vehicular A”, 3 km/h;
 $p = 5\%$, η_p 6 dB