

5 Protocolos en HSDPA

5.1 Arquitectura de protocolos en HSDPA

La siguiente figura (figura 50) muestra la Arquitectura de Protocolos existente en una Red UMTS/HSDPA R5. La idea es tomarla como referencia para explicar con más detalle las diferencias que se han introducido para la implementación de HSDPA.

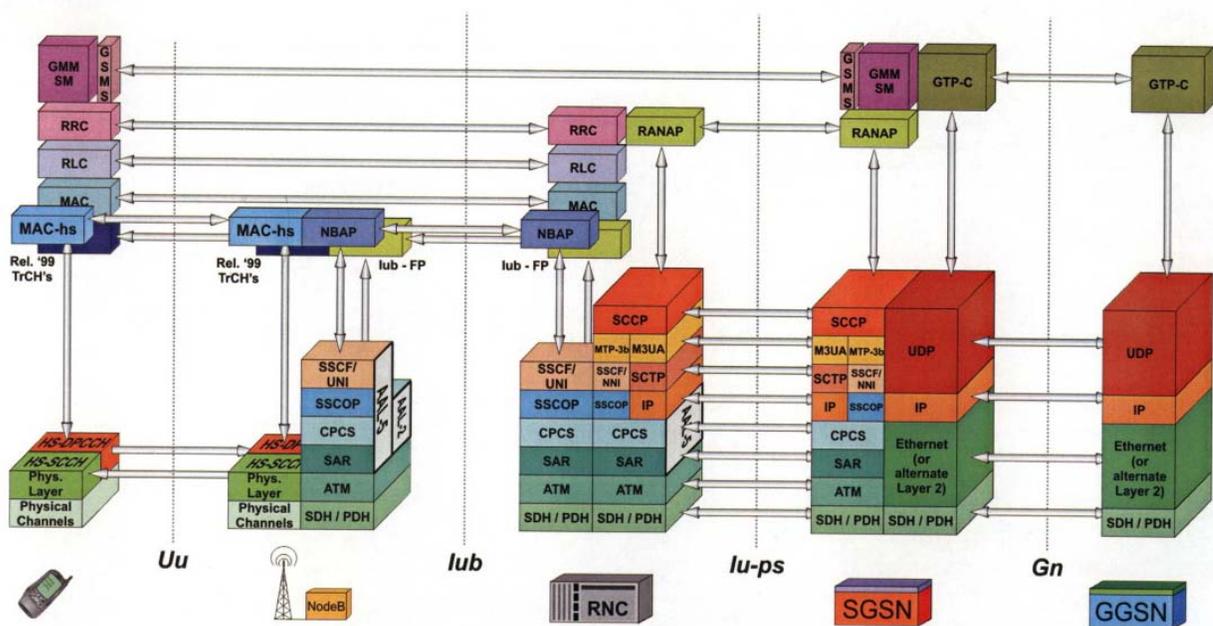


Figura 1 Arquitectura de Protocolos HSDPA para paquetes. Plano de Control

En la figura 51 se describe la nueva pila de protocolos introducida para soportar HSDPA en todos los elementos que componen la parte UTRAN, ya que el núcleo de red (Red Core, MSC, SGSN o GGSN) no se ve afectado por la introducción de HSDPA. Las diferencias se muestran coloreadas en amarillo. Tal y como se puede advertir, el Nivel Físico en el interfaz aire (WCDMA) aún continúa siendo soportado en el interfaz Iub por el canal físico (E1, STM-1 u otros), ATM y *Frame Protocol FP*.

Pero en HSDPA existen diferencias en el Nivel Físico en el interfaz aire para mejorar la eficiencia del uso de los recursos radios. Además, aparece un nuevo *HS-DSCH Frame Protocol* para manejar el transporte de datos entre la SRNC y el Nodo B. Pero es la capa MAC la que presenta los cambios más significativos.

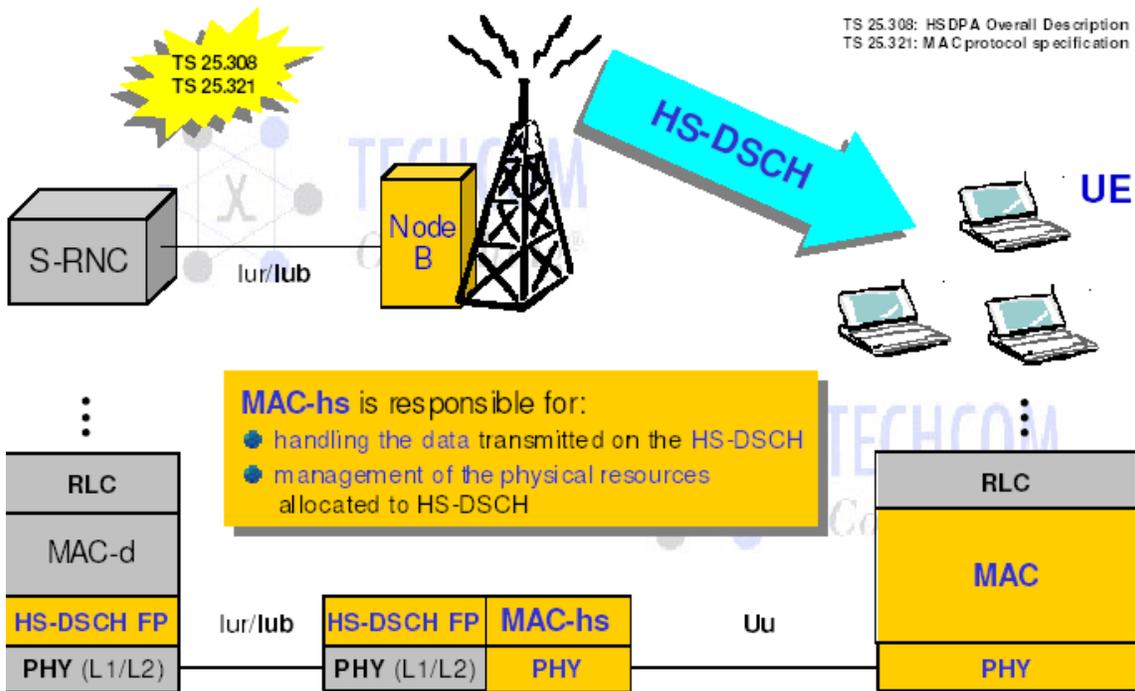


Figura 2 Arquitectura de Protocolos HSDPA, parte UTRAN

Las nuevas funcionalidades descritas con anterioridad, a saber, HARQ, Programación del HS-DSCH y tareas relacionadas con definición de prioridades se incluyen en la Capa MAC. Dichas funcionalidades se implementan en una nueva entidad introducida en el Nodo B, llamada **MAC-hs**. Como ya se ha indicado, el canal de transporte que se encargará de llevar a cabo todas estas nuevas funciones es el HS-DSCH, el cual será controlado por la entidad MAC-hs. El cifrado será controlado por la capa RLC, de acuerdo con el estándar de la R'99, para asegurar que todas las retransmisiones en el Nivel Físico estén cifradas por igual y se pueda hacer la combinación de las mismas. Las diferencias se encuentran fundamentalmente en el Nodo B y el Terminal, con la adición de nuevas funcionalidades en MAC. Desde el punto de vista del Terminal, su protocolo MAC asume funciones de dos entidades:

- MAC-d, la cual se comunica con su entidad homóloga MAC-d en la SRNC
- MAC-hs, la cual se comunica con su entidad homóloga MAC-hs en el Nodo B.

El RNC también presenta algunas modificaciones acorde con las introducidas en el Nodo B, pero a pesar de ello, el RNC todavía mantiene todas las funcionalidades descritas en la R'99, como, por ejemplo, las referentes al Radio Link Control (RLC) en cuanto a la supervisión de las retransmisiones de paquetes, en caso de que la transmisión de HS-DSCH falle en el Nodo B después de exceder el número máximo de retransmisiones en la capa física.

Por último significar que, como HS-DSCH debería ser capaz de operar en entornos donde HSDPA no esté todavía implementado (celdas vecinas no actualizadas aún), los protocolos PDCP, RLC y MAC-d permanecen inalterados para preservar su compatibilidad con la R'99.

5.1.1 Configuración con MAC-c/sh

Según el estándar definido en la R'99 para UMTS, MAC-c/sh es la entidad MAC que se encarga de los canales de transporte de control común y compartidos (PCH, FACH, RACH, DSCH, USCH). Del mismo modo, MAC-d es la entidad que se encarga del DCH, la cual reside en el SRNC o RNC Servidor, como lo define la R'99 y que se encarga de toda la señalización dedicada RRC entre el Terminal y el SRNC.

En esta configuración, la entidad MAC-hs del Nodo B está localizada por debajo del MAC-c/sh en el Controlling o Drift- RNC. El transporte de datos desde el SRNC al CRNC y entre éste y el Nodo B será controlado por el Protocolo de Trama *HS-DSCH FP*, el cual será detallado en capítulos posteriores. Basicamente esta configuración esta presente cuando el usuario o terminal es servido por un RNC (serving RNC) que no es el RNC que controla la celda que le da cobertura (debido a la movilidad de los usuarios) es decir cuando tenemos S-RNC y C-RNC diferentes y por tanto entra en juego el interfaz Iur.

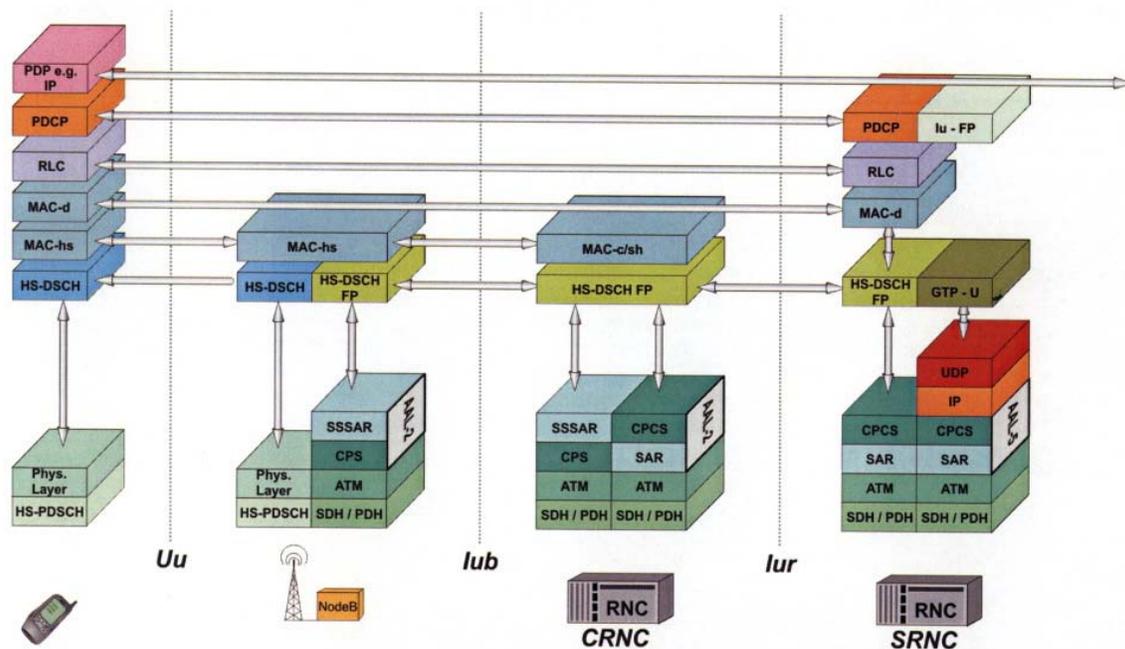


Figura 3 Plano de Usuario con MAC-c/sh

5.1.2 Configuración sin MAC-c/sh

En este caso, el CRNC no tiene ninguna función en el Plano de Usuario para HS-DSCH, ya que el S-RNC o RNC servidor es la misma entidad que controla la celda que da cobertura al Terminal.

La entidad MAC-d en la SRNC está localizada directamente por encima de MAC-hs en el Nodo B, esto es, en el Plano de Usuario del HS-DSCH el SRNC está directamente conectado al Nodo B.

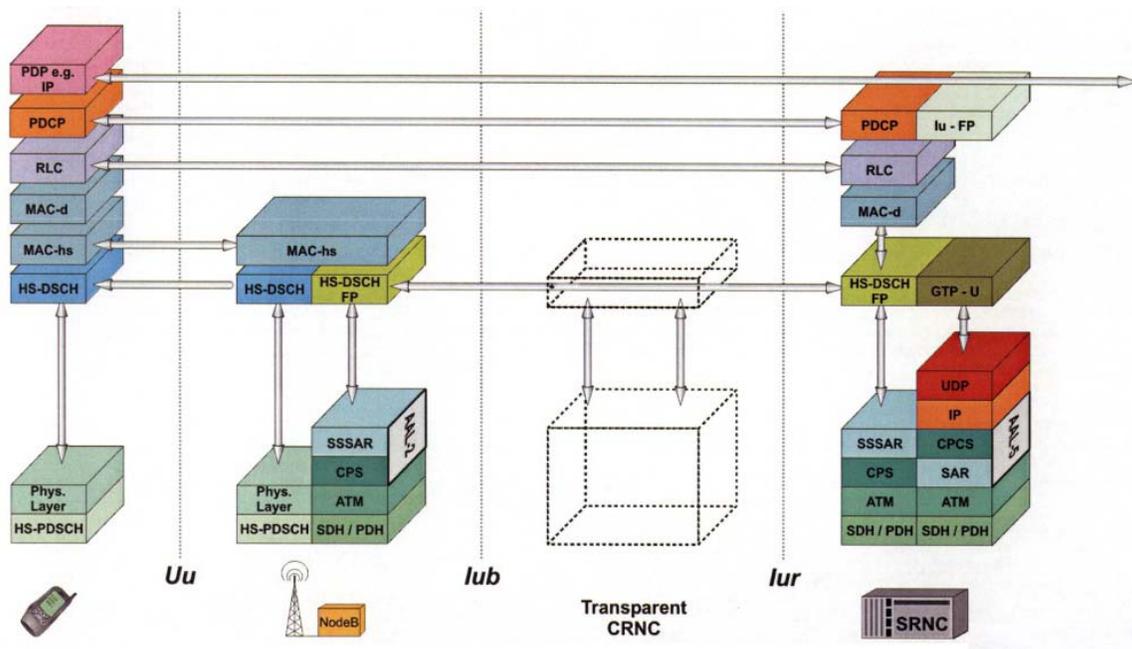


Figura 4 Plano de Usuario sin MAC-c/sh

Ambas configuraciones son transparentes tanto al Terminal como al Nodo B.

5.2 Descripción MAC-hs

MAC-hs es la nueva entidad añadida al Protocolo MAC de la R'99. Está localizada en el Nodo B y en el Terminal. Si un canal HS-DSCH se asigna al Terminal las MAC-hs SDUs a transmitir (MAC-d PDUs, *Packet Data Units*) son transferidas:

- bien a través del interfaz Iub desde la entidad MAC-c/sh a la entidad MAC-hs en caso de tener una configuración con MAC-c/sh,

- o bien a través del interfaz Iub/Iur vía la entidad MAC-d en caso de tener una configuración sin MAC-c/sh.

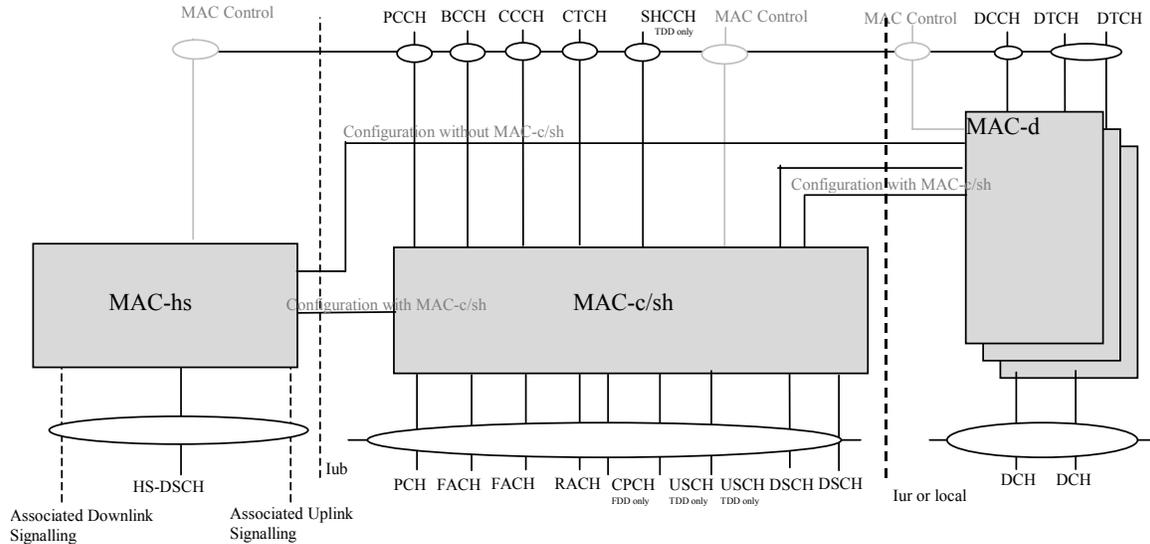


Figura 5 Arquitectura MAC vista desde UTRAN

Ante la llegada de datos desde el núcleo de red dirigidos hacia un Terminal, el protocolo MAC implementado en el SRNC decidirá a través de qué canal de transporte va a transmitir la MAC-d PDU (dos opciones: vía DCH para R'99 y vía HS-DSCH para HSDPA). Para la transmisión vía HS-DSCH, la arquitectura MAC está a su vez dividida en varias entidades, una de ellas nueva, la denominada MAC-hs, la cual se implementa en el Nodo B y en el Terminal únicamente, manteniéndose las entidades MAC-d y MAC-c/sh en el RNC. Esta nueva entidad permitirá la asignación de los recursos radio de una forma más rápida y eficaz. MAC-hs se ocupará de la programación en el envío del bloque de transporte, asignación del proceso HARQ y selección del formato de transporte (TFRC). La señalización DL del canal físico HS-SCCH contiene información dirigida a la entidad MAC-hs del Terminal, como la identificación del Terminal, parámetros de TFRC (número e índices de los códigos de canalización, tipo de modulación), identificador de proceso HARQ, tamaño del bloque de transporte, versión de la información redundante y NDI (*New Data Indicator*). La señalización en UL contenida en el canal físico HS-DPCCH informa a la Red del CQI y de los reconocimientos HARQ.

MAC-hs si coexisten CRNC y SRNC

El flujo de información del canal HS-DSCH en una pila es estas características no presenta mayor complejidad (la figura 53 nos valdría como ejemplo de modelo de protocolo):

- La entidad MAC-hs del Nodo B transfiere su MAC-hs PDU a la entidad par del Terminal a través del interfaz aire.
- La entidad MAC-d del RNC transfiere sus MAC-hs PDUs a la entidad MAC-hs del Nodo B usando servicios de la entidad HS-DSCH FP.
- La entidad HS-DSCH FP añade información de cabecera para formar una unidad de datos HS-DSCH FP PDU, la cual es transportada al Nodo B sobre el portador de transporte utilizado, como por ejemplo, un portador basado en ATM.
- El Nodo B retransmite la trama HS-DSCH recibida por la entidad HS-DSCH FP a la entidad MAC-hs. La programación del HS-DSCH se realiza en dicha entidad (el *scheduling* lo veremos en el siguiente punto).

5.2.1 Funciones de la entidad MAC-hs

MAC-hs es responsable de los datos transmitidos sobre el canal de transporte HS-DSCH. MAC-hs tiene varias tareas asignadas:

- **Control de Flujo en Iub**

Se ha incluido una nueva función de flujo entre la entidades MAC-d y MAC-hs. En caso de que el sistema incluya MAC-c/sh, debe existir una función de control de flujo entre MAC-hs y MAC-c/sh. Este mecanismo consigue que el flujo de transmisión de datos entre entidades esté controlado, teniendo en cuenta las capacidades del interfaz aire. Además, lo debe hacer de forma dinámica, dada la naturaleza del entorno radio. El resultado de esta función debería ser la de limitar la latencia de la señalización de capa 2 y reducir los datos descartados o retransmitidos en caso de congestión de los recursos asociados al canal HS-DSCH o cambio de celda.

- **Programación y Almacenaje de Paquetes (*Buffering & Scheduling*)**

Esta función gestiona los recursos HS-DSCH entre entidades HARQ y flujo de datos provenientes del núcleo de red según sus prioridades. Se determina bien una nueva transmisión o bien una retransmisión de acuerdo con la información reportada en la señalización UL asociada. El bloque de transporte HS-DSCH debe ser almacenado hasta que no se reciba su reconocimiento a través del HS-DPCCH.

- **Selección del TRFC**

Según hemos introducido en capítulos anteriores, TRFC (*Transport Format & Resource Combination*) es la selección del formato de transporte y de la combinación de recursos

adecuados para que los datos puedan ser transmitidos en el canal HS-DSCH. El parámetro TRFI es el identificador de la selección TFRC y viene señalado explícitamente en el canal HS-SCCH. Con él podemos extraer el tamaño de bloque de transporte, código/s de canalización y esquema de modulación.

- **HARQ**

El protocolo HARQ se basa en un esquema síncrono en el enlace ascendente (reporte del CQI) y asíncrono en el enlace descendente (*N-Stop & Wait* con $N=1 \dots 6$ procesos HARQ). El esquema de combinación de retransmisiones es el Redundancia Incremental (*IR, Incremental Redundancy*). *Chase Combining* es considerado un caso particular de IR. En el Terminal se define la capacidad de memoria, según las necesidades que se necesita para aplicar *Chase Combining*. Dicha memoria es reservada para guardar los *soft bits* y se divide entre los distintos procesos HARQ de forma semi-estática a través de señalización RRC. La Red debe tener en cuenta la capacidad del Terminal en cuanto a *soft memory* cuando configure los distintos formatos de transporte para las transmisiones y retransmisiones.

- **Adaptación del Enlace (*Fast Link Adaptation*)**

Explicado en puntos anteriores, AMC proporciona la selección inicial MCS (*Modulation Code Scheme*) basados en la información CQI reportada por el Terminal, en el control de potencia en DL aplicado sobre el DPCH, en ratios de ACK/NACK y en capacidades del Terminal.

A continuación se muestra en la figura 55 en qué consiste el *Fast Link Adaptation*

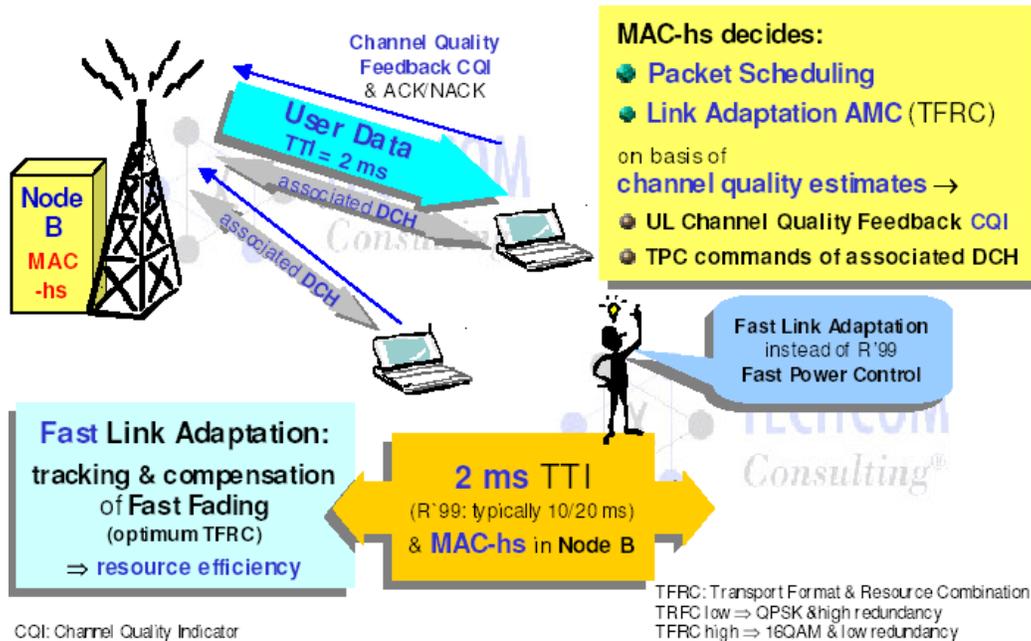


Figura 6 Fast Link Adaptation

5.2.2 Entidad MAC-hs en el lado UTRAN

Existe una entidad MAC-hs en UTRAN por cada celda que soporte transmisión a través de HS-DSCH. MAC-hs es responsable de gestionar la transmisión de datos por dicho canal de transporte. Además, es responsable de la gestión de los recursos físicos asignados para HSDPA, cuyos parámetros de configuración son enviados desde la capa RRC a través del punto de acceso al servicio o SAP de la entidad MAC-Control. El estándar define que debe existir prioridad en el tratamiento de las tramas MAC-d PDU sobre cualquier otra unidad de datos.

MAC-hs se compone a su vez de cuatro entidades funcionales:

- **Control de Flujo**

Existe una función de control de flujo entre MAC-hs y MAC-d para limitar el almacenamiento en los buffers. Este control de flujo se realiza de manera independiente por cada flujo MAC-d.

- **HARQ**

Una entidad HARQ maneja la funcionalidad HARQ por un usuario. Es capaz de soportar múltiples instancias de protocolos *Stop & Wait* HARQ (o procesos HARQ). Como ya se ha indicado anteriormente, existe un único proceso HARQ por HS-DSCH y por *TTI*.

- **Selección TFRC**

Selección de un formato de transporte y de recursos radio adecuados para la transmisión de datos en el HS-DSCH.

- **Programación/Prioridad**

Esta función gestiona los recursos del HS-DSCH entre entidades HARQ y los distintos flujos de datos dependiendo de sus prioridades. Según la información reportada en UL por el HS-DPCCH se determina enviar bien una nueva transmisión o bien una retransmisión. Además asigna el *Queue ID* y *TSN* para cada nueva MAC-hs PDU a servir. *Queue ID* es un campo que identifica a una cola en el receptor, para que éste pueda soportar *buffers* independientes de datos. *TSN* (*Transmission Sequence Number*) proporciona un identificador para la secuencia a transmitir en el HS-DSCH. Es utilizado por el Terminal para reordenar.

Para mantener la prioridad en la transmisión, el sistema debe ser capaz de enviar, en cualquier momento, una nueva transmisión en lugar de una retransmisión pendiente. El TSN es único por cada clase de prioridad dentro de un HS-DSCH y se incrementa por cada nuevo bloque de datos. Esto significa que cada cola tiene su propia prioridad de clase, determinado cuando se abrió el contexto PDP y atendiendo a perfiles de calidad de servicio QoS. La prioridad de clase dentro de una cola se asigna a través del protocolo NBAP. La entidad MAC-hs puede modificar la prioridad de la cola dinámicamente para poder manejar los distintos contextos de un usuario o entre usuarios diferentes. La prioridad de la cola determina cuándo ésta será servida por el sistema, es decir, qué MAC-hs PDUs van a ser transmitidas en el canal HS-DSCH.

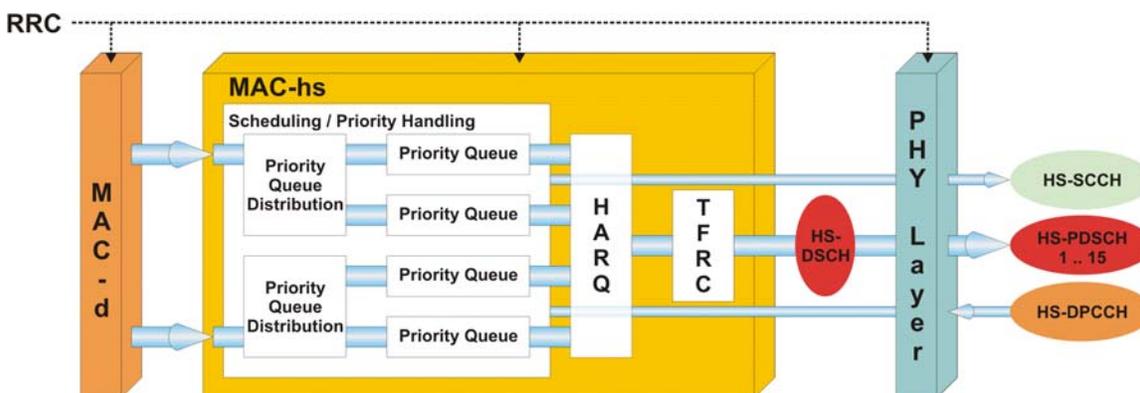


Figura 7 Entidad MAC-hs en el lado UTRAN

5.2.3 Entidad MAC-hs en el lado del terminal

MAC-hs maneja las funciones específicas de HSDPA dentro del Terminal. Como se advierte en la figura mostrada, MAC_hs se compone de varias entidades funcionales:

- **HARQ**

Lógicamente se encarga de todas las funciones relacionadas con el protocolo HARQ. Genera los reconocimientos ACKs y NACKs. Al igual que en el lado UTRAN, la configuración de esta entidad funcional viene proporcionada a través del protocolo RRC, el cual se comunica a través de la entidad MAC-Control. Durante la recepción de datos HSDPA, el Terminal obtiene los parámetros del proceso HARQ e información del TRFI a partir del canal HS-SCCH.

- **Distribución de Cola**

La función de reordenación en la distribución de colas encamina las MAC-hs PDUs a su correspondiente buffer según el *Queue ID* y evita que haya MAC-hs PDUs duplicadas gracias al *TSN*.

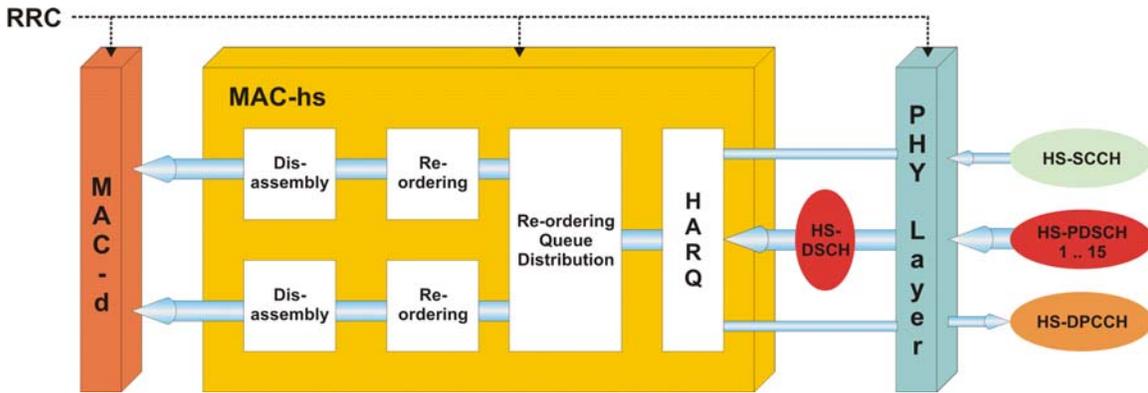
Nota: Por cada contexto de datos activo debe haber una cola configurada para que sea posible gestionar los distintos perfiles de calidad de servicio QoS. Si existen aplicaciones con distintas necesidades de QoS, debería existir más de un contexto PDP. Entonces, también se necesitaría configurar más de una cola.

- **Reordenación**

Esta entidad reordena las MAC-hs PDUs recibidas conforme a sus TSN. Aquellas unidades de datos con TSNs consecutivos pasan por la entidad de desensamblaje después de la recepción. No se entregará ninguna unidad de datos a desensamblaje si existen PDUs con TSN menores que aún no han sido entregadas. Existe una entidad de reordenación por cada *Queue ID* configurada en el Terminal.

- **Desensamblaje**

Esta entidad es responsable del desensamblaje de las MAC-hs PDUs. Cuando se desensambla, la cabecera se quita, la MAC-d PDUs se extraen y cualquier *bit* de relleno presente se elimina. A partir de ahí, las MAC-d PDUs se entregan a las capas superiores → MAC-d → RLC etc.



5.3 Mejoras en el Protocolo RRC

La siguiente tabla muestra los mensajes RRC que permiten configurar HSDPA en el Terminal. Son las más relevantes, pero no los únicos. Además, incluye los Elementos de Información (IEs) más importantes que hacen referencia a HSDPA.

RRC Message	Activation Time	New H-RNTI	DLTrCH's	UL Radio Res.	DL Radio Resources		
			Added or Reconfigured DL TrCH Info	Uplink DPCH Power Control Info	Downlink HS-PDSCH Info	DL Info common for all RL's	DL Info for each RL
Radio Bearer Setup	MD	OP	MP	OP	OP	OP	MP
Physical Channel Reconfiguration	MD	OP	n.a.	OP	OP	OP	MP
Transport Channel Reconfiguration	MD	OP	MP	OP	OP	OP	MP
Radio Bearer Reconfiguration	MD	OP	MP	OP	OP	OP	MP
Radio Bearer Release	MD	OP	MP	OP	OP	OP	MP
Cell Update Confirm	MD	OP	MP	OP	OP	OP	MP

Figura 9 Mensajes RRC más significativos en HSDPA

Los acrónimos presentes en la tabla son:

- **MP** (*Mandatory Present*). Siempre se necesita un valor y no se da ninguno por defecto.
- **MD** (*Mandatory Default*). Siempre se necesita un valor y se proporciona uno por defecto. Esto abre la posibilidad de enviarlo sin especificar un valor concreto. Por ejemplo, si *Activation Time* se envía sin ningún valor, el valor por defecto es "now".
- **CV** (*Conditional Value*). La necesidad de que este IE tenga un valor depende del valor de otros IEs y/o del flujo de mensajes.
- **OP** (*Optional*). Su presencia o ausencia es significativa y modifica el comportamiento del receptor.

5.3.1 Descripción de los nuevos Elementos de Información (IEs)

5.3.1.1 Tiempo de Activación

El tiempo de activación define el número de trama o tiempo en el cual tomará efecto la operación o cambios causados por el mensaje. El rango va de 0 a 255 e indican el valor absoluto de *CFN* (*Connection Frame Number*) de ese número de trama o tiempo.

Comportamiento

a. Si el Terminal recibe un mensaje RRC donde el elemento de información *Activation Time* tiene un valor **distinto** del valor MD "now", el Terminal deberá:

- ⇒ en caso de HS-DSCH, permitir que el CCTrCH que incluya el DCH asociado sea el CCTrCH de referencia para el tiempo.
- ⇒ si el límite de la trama inmediatamente anterior a la trama con el valor CFN indicado en el IE coincide con el límite del *TTI* común a todos los canales de transporte multiplexados en el CCTrCH de referencia:
 - seleccionar ese límite de trama como el tiempo de activación T.
- ⇒ si no: seleccionar el límite del próximo *TTI* (el cual es común a todos los canales de transporte multiplexados en el CCTrCH de referencia) después de la trama con el CFN indicado en el IE, como el tiempo de activación T.

Cuando llegue el tiempo de activación T, si se trata de una reconfiguración del HS-DSCH:

- ⇒ seleccionar el límite de la subtrama HS-SCCH inmediatamente anterior a la primera subtrama HS-SCCH, el cual aparecerá dentro de los 10 milisegundos posteriores a T.
- ⇒ empezar a usar la nueva configuración HS-DSCH en el límite de la subtrama HS-SCCH, reemplazando cualquier otra HS-DSCH precedente.

Nota: Toda "*HS-DSCH related reconfiguration*" incluye reconfiguraciones que necesitan estar sincronizados/alineados con las subtramas de 2 milisegundos de los canales HS-SCCH, HS-PDSCH y/o HS-DPCCH. Por ejemplo, en la recepción del comienzo y final de HS-SCCH o cuando se realiza un cambio de celda servidora HS-DSCH.

b. Si el Terminal recibe un mensaje RRC donde el elemento de información *Activation Time* tiene el valor por defecto "now", el Terminal deberá:

⇒ elegir un tiempo de activación tan pronto como sea posible después de la recepción del mensaje.

Cuando llegue el tiempo de activación T , el Terminal deberá llevar a cabo las acciones en los elementos de información afectados.

5.3.1.2 H-RNTI

Cuando un terminal está en Cell_DCH (es decir en estado conectado) existe un intercambio continuo de mensajes RRC entre éste y el SRNC, como por ejemplo, en la configuración de los portadores radio. Si el terminal ha indicado de antemano que soporta HSDPA, el mensaje *Radio Bearer Setup* puede contener el H-RNTI.

H-RNTI (*High Speed Radio Network Transaction Identifier*) en principio se usa para identificar al terminal que recibirá los datos contenidos en el HS-DSCH. Es único por celda. Para ello, el H-RNTI del terminal está codificado de forma implícita en el HS-SCCH. Implícitamente codificado significa que la primera parte del HS-SCCH usa el H-RNTI como entrada en el enmascaramiento del terminal a tratar. Dicho de otra forma, toda la primera parte está mezclada con el H-RNTI a través de una función XOR. Para la segunda parte del HS-SCCH, el CRC obtenido a partir de ambas partes es sometido nuevamente a una función XOR con el H-RNTI y adjuntado finalmente al CRC. Entonces, el terminal es capaz de distinguir cuál de los cuatro HS-SCCH contiene información de decodificación para los siguientes canales físicos HS-PDSCHs en la subtrama HS-DSCH siguiente (con la descomposición de la primera parte es suficiente). Esto significa que los bloques de transporte del HS-DSCH no contienen ninguna identificación de terminal.

- La asignación de recursos HS-DSCH se hace sin la intervención de las capas superiores. De esta forma, dejando la gestión de recursos a la Capa 1, aceleramos el proceso al evitar retrasos por el procesamiento en dichas capas.
- La relación temporal fija entre HS-SCCH y HS-DSCH evita la necesidad de adjuntar la identificación del terminal dentro de los bloques de transporte.

Nota: recordemos que para cada HS-DSCH *TTI* de 2 milisegundos, el HS-SCCH asociado (transmitido 2 intervalos antes) lleva señalización relacionada únicamente con un terminal. De modo que el H-RNTI codificado en el HS-SCCH identifica un terminal que tiene asignado recursos a nivel físicos dentro de la celda, esto es, uno o varios HS-PDSCHs. Siendo así, el terminal necesita, antes de nada, decodificar la primera parte del HS-SCCH antes de intentar demodular los HS-PDSCHs.

Comportamiento

Si el mensaje incluye el IE "*New H-RNTI*", el Terminal deberá:

- ⇒ Si también incluye el IE "*Downlink HS-PDSCH Information*" y el Terminal está en Cell_DCH o va a entrar en dicho estado según el IE "*RRC State Indicator*", entonces el valor se almacena en la variable H_RNTI.
- ⇒ Cuando la variable HS_DSCH_RECEPTION es igual a TRUE el Terminal usará la variable H_RNTI como su propia identidad en el proceso de recepción del canal HS-SCCH.

5.3.1.3 DL HS-PDSCH Info

Este campo de información consiste en dos partes y es asignada tanto al Nodo B (via NBAP) como al Terminal a través del protocolo RRC: *HS-SCCH Info* y *Measurement Feedback Info*.

HS-SCCH Info

- *DL Scrambling Coding*. Este elemento de información informa al Terminal a cerca del código de *scrambling* aplicado en los canales HS-PDSCHs y HS-SCCHs. El valor por defecto es el código aplicado al piloto P-CPICH. Si el IE *dl-Scrambling Code* está presente significa que existe un *scrambling code* secundario bajo el que HSDPA opera.
- *HS-SCCH Channelization Code info*. Este elemento de información contiene al número máximo de códigos aplicados a canales HS-SCCH que pueden ser asignados a un Terminal. En R5, este parámetro está fijado a 4.
- *HS-SCCH codes*. Indica al Terminal los códigos de canalización específicos utilizados en el conjunto de los 4 HS-SCCHs que monitoriza el Terminal. Como estos canales tienen un Factor de Ensanchamiento de 128, el rango va de 0 a 127. De todos modos, el código C(ch,128,0) no puede utilizarse ya que está ocupado por el P-CPICH y P-CCPCH. Lo mismo aplica para el C(ch,16,0). Y también si se utiliza un *scrambling code* secundario.

Measurement Feedback Info

- *Measurement Power Offset I*, que representa el *offset* de potencia que debe aplicarse a la potencia del piloto CPICH medida. Esto es,

$Pot(HS-PDSCH) = Pot(CPICH) + \bar{I} + \Delta$, donde \bar{I} va de -6 a 13 dB en pasos de 0.5 dB

- *CQI Feedback Cycle, k*, que indica el periodo de reporte del valor CQI calculado, que puede ser igual o distinto al valor del periodo anterior. Si $k=0$, no se reporta nada. El rango es 0, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 20, 40, 80, 180 milisegundos
- *CQI Repetition Factor*, determina cuántas veces el valor CQI se envía repetidamente dentro del mismo ciclo k. Es decir, el Terminal repetirá la transmisión del valor CQI en la próximas CQI-RepetitionFactor – 1 subtramas HS-DPCCH consecutivas en los intervalos asignado al transporte del CQI. Es un valor entero que oscila entre 1 y 4.
- *Delta CQI*, que indica el incremento de potencia del intervalo del canal HS-DPCCH asignado al transporte del CQI. Es un valor relativo a la potencia del canal físico en UL asociado DPCCCH (*Dedicated Physical Control Channel*), que es el canal físico que presta servicios al canal DCH bidireccional asociado a toda llamada HSDPA. El valor oscila entre 0...8 dBs

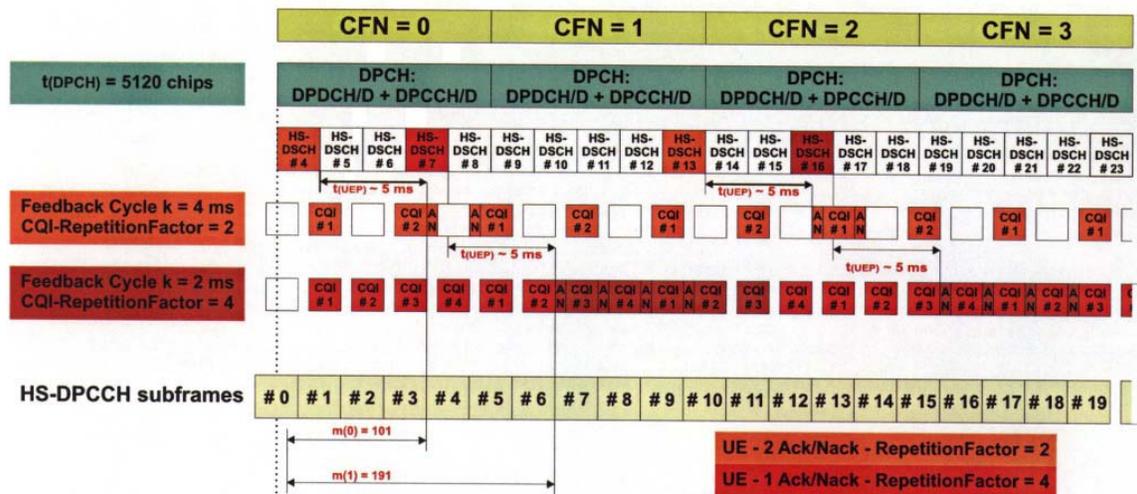


Figura 10 Parámetros del IE Measurement Feedback Info

Comportamiento

Si el elemento de información "*Downlink HS-PDSCH Information*" está presente y el Terminal está en Cell_DCH o va a entrar en dicho estado según el IE "*RRC State Indicator*", entonces

⇒ Si *New H-RNTI* se incluye, el sistema realiza las operaciones descritas en el apartado anterior sobre el campo H-RNTI.

- ⇒ Si *HS-SCCH Info* se incluye, el Terminal almacena la configuración recibida. Cuando la variable HS_DSCH_RECEPTION es TRUE el Terminal recibe los canales HS-SCCHs gracias a los parámetros de configuración que tiene almacenados.
- ⇒ Si *"Measurement Feedback Info"* se incluye, el Terminal almacena la configuración recibida. Cuando la variable HS_DSCH_RECEPTION es TRUE el Terminal usa la información almacenada para aplicar el procedimiento CQI en el nivel físico del radio enlace que soporta el canal HS-DSCH. Es decir, ajustar los parámetros de transmisión acorde con la calidad del enlace DL.
- ⇒ Si como resultado del mensaje recibido, la variable H_RNTI se configura y el Terminal ha almacenado los elementos de información *HS-SCCH info* y *Measurement Feedback info*, el Terminal activa la variable HS_DSCH_RECEPTION a TRUE y empieza el procedimiento de recepción HS-DSCH.
- ⇒ Si *"HS-DSCH Timeslot Configuration"* se incluye, el Terminal lo almacena.

Si el elemento de información *"Downlink HS-PDSCH Information"* no está presente, el Terminal desactiva la variable HS_DSCH_RECEPTION a FALSE y para el procedimiento de recepción HS-DSCH.

5.3.1.4 Información añadida o reconfigurada del DL TrCH

Los elementos de información que componen este campo son:

- *Downlink transport channel type*, cuyos valores son *"HS-DSCH"* y *"DSCH + HS-DSCH"*; y no son usados en el mensaje *RRC Connection Setup*.
- *HARQ Info*. El Terminal configura la entidad MAC-hs con el número de procesos HARQ indicado en el elemento de información *Number of Processes*, los cuales van numerados desde 0 a *Number of Processes – 1*. También incluye la información sobre la compartición de memoria del Terminal entre los distintos procesos HARQ y su distribución.
Si *Memory Partitioning* se configura a *"implicit"*, el Terminal divide equitativamente el buffer de memoria localizada en la entidad MAC-hs y destinada a los *soft bits* entre todos los procesos configurados por el IE *Number of Processes*. Si se configura a *"explicit"* la partición de memoria la realiza según el elemento de información *Process Memory Size*, asumiendo que el orden en la lista sigue el orden de los identificadores de procesos HARQ. Así, la primera instancia del elemento de información corresponde al proceso con identificador "0", la segunda instancia al "1", etc.

Comportamiento

Si el mensaje RRC contiene el IE *Downlink Transport Channel Type* con valor HS-DSCH y el IE *HARQ Info* está también incluido:

- ⇒ El Terminal configurará la entidad MAC-hs con el número de procesos HARQ indicado en el IE *Number of Processes*.
- ⇒ Si el IE *Memory Partitioning* tiene el valor "implicit", el Terminal divide equitativamente el buffer de memoria destinada a los *soft bits* entre todos los procesos configurados.
- ⇒ Si el IE *Memory Partitioning* tiene el valor "explicit", el Terminal divide la memoria según el elemento de información *Process Memory Size*.

5.3.1.5 Added or Reconfigured MAC-d Flow

Los elementos de información que componen este campo son:

- *MAC-hs Queue Id*, único entre todos los flujos MAC-d.
- *T1 Reorder Release Timer*, temporizador que gobierna la liberación de MAC-d PDUs (transportados por MAC-hs PDUs) sobre las capas superiores incluso si existen PDUs con valores de TSN menores en la bandeja de salida.
- *MAC-d PDU Size Info*, que informa del mapeo de los diferentes tamaños de MAC-d PDU configurados para el canal HS-DSCH en el índice de tamaño de la MAC-d PDU contenida en la cabecera del MAC-hs.

Comportamiento

Si el mensaje RRC contiene el IE *Added or Reconfigured MAC-d flow* el Terminal realizará las siguientes acciones por cada cola MAC-hs incluida en el elemento de información *MAC-hs queue to add or reconfigure list* (tantas como sesiones PDP activadas):

- ⇒ si el Terminal tenía almacenados previamente el mapeo entre la cola MAC-hs indicada y otro flujo MAC-d previo, eliminarlo.
- ⇒ mapear el flujo MAC-d indicado en el presente mensaje en la cola MAC-hs indicada.
- ⇒ configurar el temporizador T1 en cada una de las colas MAC-hs presentes en la entidad MAC-hs al valor indicado en el IE *T1 Reorder Release Timer*.
- ⇒ configurar el tamaño de ventana del receptor MAC-hs para cada una de las colas MAC-hs presentes al valor indicado en el IE *MAC-hs Window Size*.

- ⇒ configurar en la entidad MAC-hs el mapeo entre los tamaños de MAC-d PDUs indexados y permitidos, reemplazando los tamaños de MAC_d PDUs ya existentes.
- ⇒ Si se requiere la eliminación de un flujo MAC-d en DL, el Terminal eliminará toda información relacionada con el flujo DL HS-DSCH MAC-d indicada en el IE *MAC.d Flow Identity*, es decir, elimina toda información que haga referencia a cola(s) MAC-hs mapeadas en este flujo MAC-d.

5.3.1.6 Uplink DPCH Power Control Info

Los elementos de información que componen este campo son:

- *ACK-NACK repetition factor ($N_{acknack_tranmit}$)*, el cual indica el número de repeticiones por parte del Terminal en la transmisión del ACK/NACK dentro del proceso HARQ. Dichas repeticiones van sobre subtramas HS-DPCCH consecutivas, en los intervalos asignados para el proceso HARQ-ACK. Si el valor de este IE es mayor que uno, el Terminal no intentará ni recibir ni decodificar ningún bloque de transporte desde las subtramas HS-PDSCH (que conforman el HS-DSCH) $n+1$ a $n + (N_{acknack_tranmit} - 1)$, donde n es el número de la última subtrama HS-DSCH en la cual se recibió un bloque de transporte.
- $\Delta_{ACK}/\Delta_{NACK}$, los cuales hacen referencia a la cuantificación del offset de potencia aplicada a la transmisión en uplink del HS-DPCCH durante la transmisión del ACK o NACK. El Nodo B puede estimar el SIR en el UL y calcular el offset de potencia necesario en UL para asegurarse de que un ACK enviado por el Terminal pueda ser decodificado correctamente.

5.3.1.7 Downlink Information Common for All Radio Links

El único elemento de información presente es *MAC-hs Reset*. Se suele activar cuando exista una pérdida de los *soft bits* pertenecientes a procesos HARQ, bien a causa de un cambio de la celda servidora HSDPA desde un Nodo B a otro o incluso entre celdas pertenecientes a un mismo Nodo B que contenga ciertas restricciones en su implementación.

Comportamiento

En caso de que el Terminal reciba una petición de reset de la entidad MAC-hs a través de señalización RRC, éste realizará las siguientes acciones:

- ⇒ Vaciar los *soft buffer* para todos los procesos HARQ configurados.
- ⇒ Parar todos los temporizadores T1 y darles su valor inicial.

- ⇒ Establecer TSN = 0 para la próxima transmisión en cada proceso HARQ configurado.
- ⇒ Inicializar las variables *RcvWindow_UpperEdge* y *next_expected_TSN* a sus valores originales.
- ⇒ Desensamblar todas las MAC-hs PDUs del buffer de reordenamiento y entregar todas las MAC-d PDUs a la entidad MAC-hs
- ⇒ Vaciar el buffer de reordenamiento
- ⇒ Indicar a todas las entidades AM RLC (Acknowledge Mode RLC) mapeadas en el canal HS-DSCH que generen un reporte de estado.

5.3.1.8 Downlink Information for each Radio Block

Al igual que anteriormente, el único elemento de información presente aquí es *Serving HS-DSCH Radio Link Indicator*.

Comportamiento

En caso de que el Terminal reciba un mensaje RRC con *Serving HS-DSCH Radio Link Indicator* igual a TRUE, entonces el Terminal:

- ⇒ Considerará este radio enlace como el servidor del canal HS-DSCH.

5.4 Estados RRC y conmutación del tipo de canal (CTS)

Haciendo un poco de repaso a UMTS (R'99), recordemos que en un Terminal UMTS tenemos 4 estados conectados, a parte del estado *idle* (en GSM únicamente dos, *idle* y conectado). Estos cuatro estados se llaman **estados o modos RRC conectados**. Cada uno de ellos está, de alguna forma, asociado a un canal de transporte. La descripción de cada uno de los estados o modos en los que puede estar un Terminal UMTS se detalla a continuación:

- **Modo Idle.** En este estado, únicamente te puedes dirigir al Terminal mediante un canal de búsqueda, esto es, *paging channel*. Este es el primer estado al que accede el Terminal una vez se enciende.
- **Modo Conectado Cell_DCH.** El Terminal tiene asignado un canal físico dedicado. Se puede acceder desde Idle o Cell_FACH. En este estado, el Terminal también realiza medidas y las reporta de acuerdo con la información de control de medidas recibida desde el RNC. Es decir, el RNC envía información de control al Terminal, que no son más que parámetros o variables que éste debe medir y reportar siempre o

siempre y cuando una condición de disparo se cumpla, las cuales también vienen definidas en dicha información de control.

- **Modo Conectado Cell_FACH.** El Terminal no tiene asignado un canal físico dedicado, pero puede utilizar los canales de control común RACH/FACH para transmitir tanto mensajes de señalización como pequeñas cantidades de datos en el plano de usuario. La posición del Terminal es conocida a nivel de celda, según el último mensaje de actualización de celda (*Cell Update*).
- **Modo Conectado Cell_PCH.** La posición del Terminal es conocida a nivel de celda en el SRNC, pero únicamente te puedes dirigir a él a través de un *paging channel*. Por supuesto, el consumo de potencia es menor que el estado Cell_FACH, porque utiliza la función de recepción discontinua. El Terminal escucha la información de sistema en el canal BCH. También puede recibir servicios de broadcast. Pero cuando el Terminal entra en una nueva celda (*Cell Reselection*), conmuta temporalmente al estado Cell_FACH y envía un mensaje *Cell Update*.
- **Modo Conectado URA_PCH.** Es muy similar al anterior, con la salvedad de que el Terminal no puede ejecutar *Cell Update* después de la reelección de celda. Su posición es conocida de acuerdo al URA (*UTRAN Registration Area*) que le ha sido asignado durante la última actualización de URA (*URA Update*) realizado en el estado Cell_FACH. La movilidad se gestiona con procedimientos de actualización de URA. Si el Terminal selecciona una nueva celda que pertenece a una URA diferente, entonces conmuta al estado Cell_FACH e inicia el proceso de actualización de URA hacia la red. Por último, significa que el Terminal no tiene asociado ningún canal ascendente o UL en este estado y en el canal descendente o DL, únicamente puede ser referenciado a través del canal PCH.

El procedimiento de conmutación del tipo de canal de transporte (*Transport Channel Type Switching, CTS*) describe los cambios de estado del terminal en la Red, los cuales atienden condiciones de disparo externas o internas. Cuando hablamos de condiciones externas, hacemos referencia a medidas reportadas de volumen de tráfico, mensajes de control de congestión o *Cell Update*. Si hablamos de condiciones internas, nos referimos a expiración de temporizadores que pueden ocurrir mientras el Terminal está en un determinado estado.

Las transiciones entre los distintos estados se muestran en la figura 60. Las líneas sólidas indican aquellas condiciones de disparo consecuencia del algoritmo CTS, mientras que las demás están en líneas discontinuas.

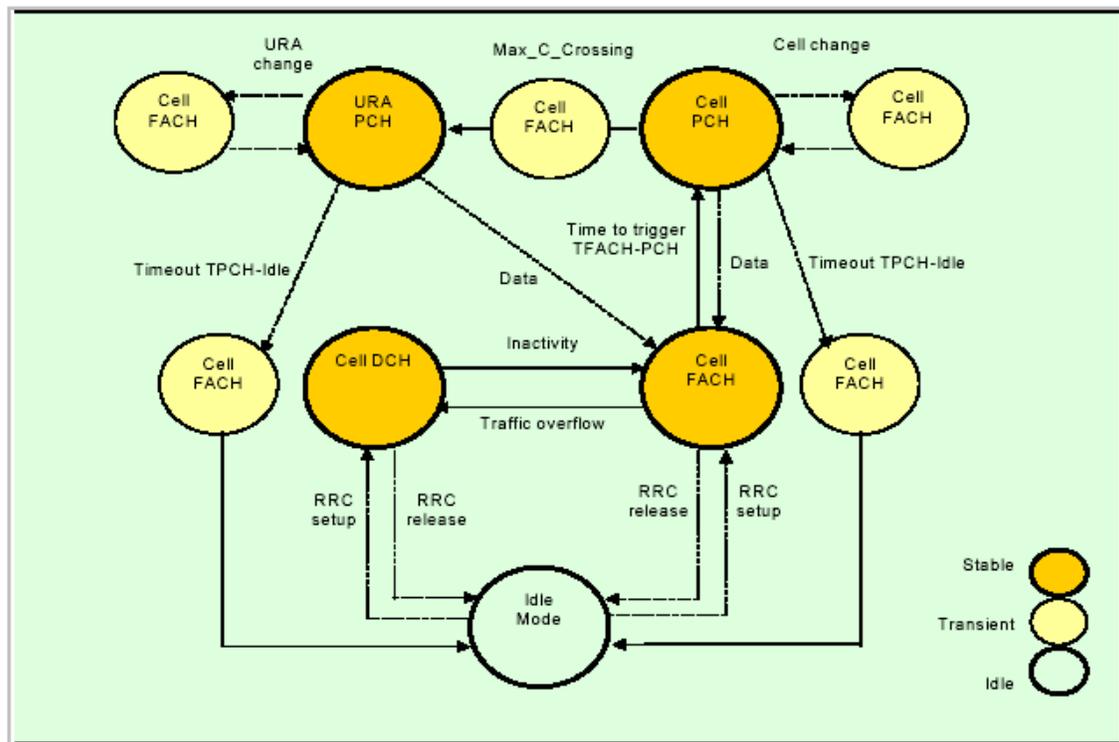


Figura 11 Estados RRC en UMTS R'99

La **conmutación del estado Cell_FACH al Cell_DCH** se basa en el volumen de tráfico reportado por el Terminal. Si éste se encuentra en Cell_FACH y se excede un determinado umbral de volumen de tráfico dentro de un periodo de tiempo específico, entonces la red conmuta a Cell_DCH para que le sea asignado un canal dedicado y así atender las necesidades de ancho de banda requeridas. Pasado un tiempo en el que el volumen está por debajo de un determinado umbral, conmuta de nuevo a Cell_FACH.

La **conmutación de los estados URA_PCH/Cell_PCH a Cell_FACH** ocurre si hay datos para ser enviados. Siendo así, el Terminal necesita recursos para recibir o enviar datos.

La **conmutación del estado Cell_FACH a Cell_PCH** ocurre si el buffer controlado por el protocolo RLC (*Radio Link Control*) ha estado vacío durante un tiempo determinado T_{fach_pch} . Así, libera recursos que no necesita.

La **conmutación del estado Cell_PCH a URA_PCH** ocurre si el Terminal excede un número máximo de Cell Updates dentro de un tiempo determinado. Por normal general, el URA abarca un área mayor que una celda, pues está compuesto por varias celdas. De este modo, las necesidades de señalización por parte del Terminal se reducen si únicamente necesita actualizar su posición cada vez que haya un cambio de URA.

La **conmutación de los estados URA_PCH/Cell_PCH a Idle** ocurre si el buffer controlado por el protocolo RLC (*Radio Link Control*) ha estado vacío durante un tiempo determinado T_{pch_idle} .

5.4.1 CTS en HSDPA

CTS también es realizable en HSDPA, lo cual ahorra recursos en UTRAN y batería en los Terminales, tal y como hemos explicado brevemente en este apartado. Pero para ello se debe dar el requisito de que MAC-d sea controlado por el SRNC.

Para entender fácilmente los cambios introducidos con respecto a la R'99 se ha dividido el estado Cell_DCH en dos: Cell_DCH ONLY y Cell_DCH & HSDPA. Veamos las características principales de cada uno de ellos y cómo interactúan en HSDPA:

- **Cell_DCH & HSDPA**

- ⇒ También conocido como *HSDPA standby mode*.
- ⇒ En este modo o estado, el Terminal está esperando y preparado para recibir datos en el canal HS-DSCH. Existe un canal DCCH asociado para tareas de señalización RRC y, posiblemente, también un canal DTCH (para tráfico en tiempo real), ambos transportados vía DCH.
- ⇒ Tanto *Soft Handover* como *Softer Handover* son posible dentro del canal DCH, lo cual posibilita que el Terminal sea conocido a nivel de celda.
- ⇒ El Terminal ha sido configurado para HSDPA, bien a través de un *Radio Bearer Setup* o bien a través un mensaje *Physical Channel Reconfiguration*. Está monitorizando el grupo de canales HS-SCCH asignados.
- ⇒ Los datos de usuario de alta velocidad son transmitidos al Terminal en subtramas de 2 milisegundos.
- ⇒ Si el Terminal se mueve desde una celda HSDPA a una celda que no soporta HSDPA, los portadores de radio para paquetes necesitan ser reconfigurados a portadores de la R'99, tales como 384 kbit/seg. Así no se interrumpe el intercambio de datos dentro del dominio de paquetes.
- ⇒ Un cambio de la celda servidora HSDPA, es decir, cambio en el radio enlace servidor del canal HS-DSCH, se realiza a través de un *Hard Handover*, con mensajes *Transport Channel Reconfiguration* o *Radio Bearer Reconfiguration*.
- ⇒ Si el Terminal no se recibe datos de usuario en HS-DSCH durante un tiempo determinado, el SRNC puede conmutar el estado del mismo a Cell_FACH.

- **Cell_DCH_ONLY**

Este estado es idéntico al introducido en la R'99. Simplemente resaltar que siempre que el Terminal se mueva desde una celda HSDPA a una celda que sólo soporte la R'99, o viceversa, los portadores de radio deben ser reconfigurados de nuevo.

- **Cell_FACH**

- ⇒ La ventaja de estar en este estado es doble. Por una parte, el Terminal no tiene que estar monitorizando continuamente el grupo de HS-SCCH asignados, lo cual extiende su batería. Y por otra parte, le red UTRAN ahora recursos radio (códigos de canalización), ya que el Terminal no necesita canales DCH.
- ⇒ Al igual que en la R'99, la conmutación entre *Cell_FACH* y *Cell_DCH* o *Cell_DCH&HSDPA* sucede en base a medidas que realiza el Terminal, indicando la ocupación de su buffer RLC de transmisión o recepción. Cuando las medidas son reportados a la red, ésta las compara con ciertos umbrales almacenados y decide si es necesaria una transición entre estados o no.

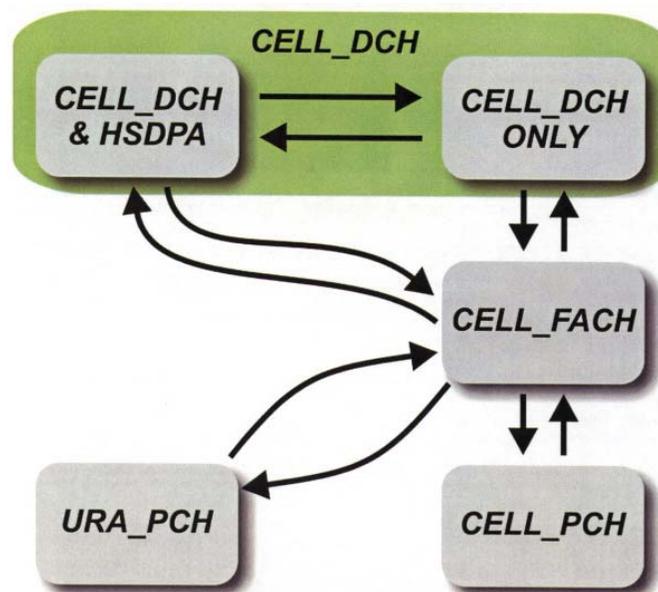


Figura 12 Estados RRC en HSDPA

5.5 Plano de usuario para Transmisión del Flujo de datos

5.5.1 HS-DSCH Data Frame en el interfaz lub/lur

El procedimiento de transferencia de datos (*Data Transfer*) se emplea para transferir una HS-DSCH DATA FRAME desde el CRNC al Nodo B. Cuando al CRNC le ha sido otorgada una capacidad por parte del Nodo B a través del mecanismo HS-DSCH CAPACITY ALLOCATION *Control Frame* o través del protocolo NBAP gracias al nuevo IE *HS-DSCH Initial Capacity Allocation* y el CRNC tiene datos esperando para ser enviados, entonces se utiliza la trama HS-DSCH DATA FRAME para transferirlos. Si la capacidad de el CRNC ha sido otorgada a través de *HS-DSCH Initial Capacity Allocation*, esta capacidad es válida únicamente para la transmisión de la primera HS-DSCH DATA FRAME. Cuando los datos están esperando a ser transferidos y se recibe un CAPACITY ALLOCATION, se transmitirá una trama DATA FRAME inmediatamente de acuerdo a la asignación recibida.

Se pueden enviar múltiples MAC-d PDUs con igual longitud y prioridad (*CmCH-PI*) en un flujo MAC-d dentro de la misma HS-DSCH DATA FRAME. Ésta incluye un campo denominado *User Buffer Size* para indicar la cantidad de datos pendientes para el flujo MAC-d respectivo y para el nivel de prioridad indicado. Las MAC-d PDUs dentro de un mismo nivel de prioridad y mismo tamaño se transmitirán por el Nodo B en el interfaz aire en el mismo orden que fueron recibidas desde el CRNC.

Los elementos de información que componen una HS-DSCH DATA FRAME son los siguientes:

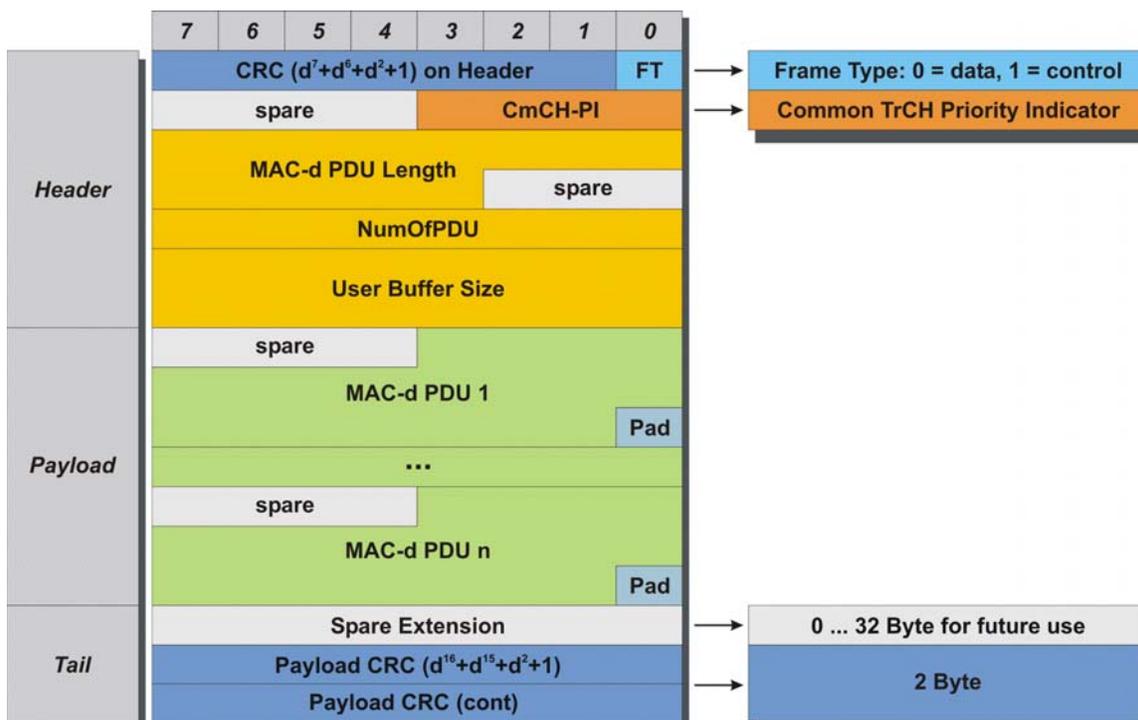


Figura 13 HS-DSCH Data Frame

- *CmCH-PI* (*Common Transport Channel Priority Indicator*), el cual indica la prioridad de la trama de datos o SDUs (*Service Data Unit*) incluidos, los cuales están esperando en el buffer de transmisión del SRNC para su transmisión vía HS-DSCH. Se configura a través del indicador de prioridad de programación en NBAP y tiene una longitud de 4 *bits*, de modo que su rango va desde 0 (prioridad más baja) a 15 (la más alta).
- *MAC-d PDU Length*, que indica la longitud en número de *bits* de todas las MAC-d PDUs contenidas en el *payload* de la HS-DSCH DATA FRAME. Rango va de 0 a 65535 (16 *bits*).
- *NumOfPDU*, que indica el número de MAC-d PDUs en el payload. El rango va de 1 a 255 (8 *bits*).
- *User Buffer Size*, que indica el tamaño del buffer de usuario ocupado en el SRNC en octetos para un nivel CmCH-PI determinado. Rango va de 0 a 65535 (16 *bits*).
- *MAC-d PDU*, los cuales componen el payload de acuerdo con el campo NumOfPDU.

5.5.2 Formato de Control para HS-DSCH Frame Protocol

El mecanismo de control de flujo en Iub/Iur para HSDPA está basado en dos tipos de trama de control:

- HS-DSCH Capacity Request
- HS-DSCH Capacity Allocation

5.5.2.1 HS-DSCH Capacity Request

Esta trama de control que proporciona un medio para que el CRNC pueda pedir capacidad HS-DSCH. Lo hace indicando el tamaño del buffer de usuario en el CRNC para un nivel de prioridad dado.

- ⇒ *HS-DSCH Capacity Request* se envía por cada grupo de prioridad para indicar el tamaño de buffer de usuario en el SRNC (ocupación en el buffer)
- ⇒ La trama de control es enviada por el SRNC cuando ésta considera que el estado del buffer de usuario necesita ser reportado con una frecuencia mayor. Esto puede indicar un evento, como por ejemplo, la llegada de datos.

Se permite que el CRNC vuelva a emitir la trama *HS-DSCH Capacity Request* si no ha recibido una *CAPACITY ALLOCATION* dentro de un tiempo apropiado.



Figura 14 HS-DCH Capacity Request

5.5.2.2 HS-DSCH Capacity Allocation

Es un procedimiento generado dentro del Nodo B bien en respuesta a un mensaje *HS-DSCH Capacity Request* o bien en cualquier otro momento. Mediante este mensaje, el Nodo B puede modificar la capacidad, independientemente del estado del buffer de usuario reportado.

La trama de control *CAPACITY ALLOCATION* describe una asignación que el SRNC puede usar:

- ⇒ Cuando el elemento de información o campo *HS-DSCH Credits* tiene un valor "0" significa que no hay recursos para transmitir, de modo que la transmisión se para.
- ⇒ Cuando el elemento de información o campo *HS-DSCH Credits* tiene un valor "2047" significa que existe una capacidad ilimitada para la transmisión de PDUs.

⇒ Cuando el elemento de información o campo *HS-DSCH Repetition Period* tiene un valor "0" significa que la asignación de recursos (*Max MAC-d PDU Length*, *HS-DSCH Credits* y *HS-DSCH Interval IEs*) se puede repetir indefinidamente, sin límites.

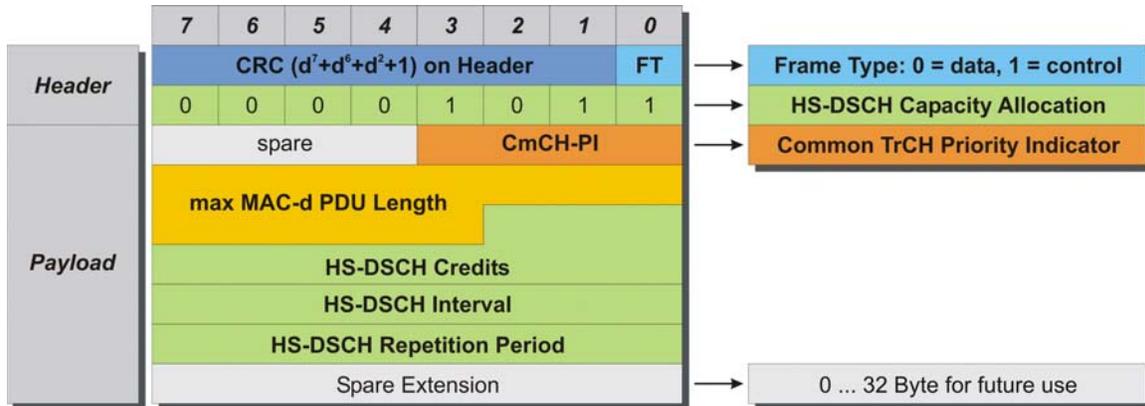


Figura 15 HS-DSCH Capacity Allocation

Describiremos brevemente los campos que componen esta trama de control:

- *Max MAC-d PDU Length*, que indica el tamaño de PDU máximo asignable entre los tamaños de MAC-d PDU configurados a través del Protocolo NBAP. Rango va de 0 a 65535 (16 bits).
- *HS-DSCH Credits*, que indica el número de MAC-d PDUs que una CRNC puede transmitir durante un intervalo de transmisión HS-DSCH. Rango de valores va de 0 a 2047 (11 bits).
- *HS-DSCH Interval*, campo que indica el intervalo de tiempo durante el cual los créditos *HS-DSCH Credits* otorgados en la trama de control CAPACITY ALLOCATION se pueden usar. El primer intervalo empieza inmediatamente después de la recepción de la mencionada trama, mientras que los subsiguientes intervalos empezarán cuando el intervalo previo terminase. Este valor sólo es aplicable al canal de transporte HS-DSCH. El rango de valores oscila entre 0 y 2550 milisegundos, donde 0 indica que no se usan ninguno de los créditos.
- *HS-DSCH Repetition Period*, el cual hace referencia al número de intervalos subsiguientes que los créditos *HS-DSCH Credits* otorgados en la trama de control CAPACITY ALLOCATION se pueden utilizar. Son valores que representan un número entero de intervalos. Este valor sólo es aplicable al canal de transporte HS-DSCH. El rango de valores oscila entre 0 y 255, donde 0 indica que un periodo de repetición ilimitado.

Es decir, que *HS-DSCH Credits* nos indica el número de PDUs que puede enviar el RNC, *HS-DSCH Interval* nos indica cada cuanto tiempo se envían dichas PDUs y *HS-DSCH Repetition Period* el número de repeticiones.

5.6 Protocolo NBAP en HSDPA

La tabla adjunta muestra un resumen de los mensajes NBAP más relevantes desde el punto de vista de HSDPA, así como los elementos de información (IEs) o campos específicos que pueden incluir. Las casillas representan la presencia de dichos IEs dentro del mensaje. Puede ser obligatoria (*M, mandatory*), opcional (*O, optional*) o condicional (*C, conditional*).

RL Reconfiguration Request and Response hacen referencia a cambios en el enlace radio no sincronizado, mientras que *RL Reconfiguration Prepare and Ready* responden a cambios en el enlace sincronizado. El procedimiento de reconfiguración del enlace radio no sincronizado se utiliza cuando no existe necesidad de sincronizar el cambio del radio enlace servidor en un Nodo B con otro Nodo B.

Todos los elementos de información incluidos en la tabla hacen referencia a HSDPA y son en realidad del tipo *Common Measurement Value Information*. En columnas se muestran los procedimientos o mensajes NBAP en los que aparecen dichos elementos.

IE / Group Name	Common Measurement Report Request	Resource Status Indication	Radio Link Parameter Update Indication	Bearer Rearrangement Indication	Audit Response	Radio Link Setup Request	Radio Link Reconf. Prepare	Radio Link Reconf. Request	Radio Link Setup Response	Radio Link Reconf. Ready	Radio Link Reconf. Response	Physical Shared Chn. Reconf. Request
Common Measurement Value Info												
HS-DSCH Required Power	M											
HS-DSCH Provided Bit Rate	M											
HS-DSCH Resources Information		M			M							
HS-DSCH FDD Update Information			O									
HS-DSCH's MAC-d Flow To Rearrange				M								
HS-DSCH FDD Information						O	O	O				
HS-DSCH MAC-d Flows To Add						O	O	O				
HS-DSCH FDD Information Response									O	O	O	
HS-DSCH Information To Modify							O	O				
HS-DSCH MAC-d Flows to Delete							O	O				
HS-DSCH-RNTI						C	C	C				
HS-PDSCH And HS-SCCH Scrambling Code												O
HS-PDSCH And HS-SCCH Total Power												O
HS-PDSCH FDD Code Information												O
HS-PDSCH RL ID						C	O	O				
HS-SCCH FDD Code Information												O

Figura 16 NBAP en HSDPA

Comentamos a continuación los IEs más significativos, los cuales no deben ser interpretados como simples campos, sino como procedimientos cuya configuración viene dado a su vez por varios campos o elementos de información IEs obligatorios, opcionales o condicionales.

- **HS-DSCH Resources Information**, utilizado por el Nodo B para indicar aquellas celdas que han sido configuradas con recursos HS-DSCH, bien después de un cambio en el estado operacional de dichos recursos dentro de cualquier celda (canalizado por el Nodo B a través del envío de un mensaje *NBAP Resource Status Indication*) o cuando es interrogado por el CRNC (*NBAP Audit Response*).
- **HS-DSCH's MAC-d Flow To Rearrange**, iniciado por el Nodo B cuando uno o varios portadores necesitan ser reconfigurados. El Nodo B indica el identificador del flujo MAC-d cuyo portador necesita modificarse. El Nodo B utiliza el mensaje *NBAP Bearer Rearrangement Indication* para incluir esta información, el cual puede ser lanzado en cualquier momento una vez el enlace radio se ha establecido.
- **HS-DSCH FDD Information**, usado por el RNC para informar al Nodo B, antes de que éste abra un contexto de comunicación, sobre las necesidades de comunicación que necesita el canal HS-DSCH. Básicamente le informa de las capacidades del Terminal (categoría, tamaño del buffer de reordenamiento, factor de repetición CQI,

factor de repetición ACK-NACK, CQI offset, ...). Como se puede observar, este IE es opcional en todos los mensajes NBAP en los que puede estar presente.

- **HS-DSCH MAC-d Flows To Add/Delete**, información usada por el Nodo B para añadir/eliminar los flujos MAC-d indicados. Cuando un flujo es eliminado, todas las colas de prioridad asociadas a él serán también eliminadas.
- **HS-DSCH Information to Modify.**
 - Si el campo *MAC-hs Guaranteed Bit Rate* está dentro del presente IE (es opcional), el Nodo B utilizará esta información para optimizar las decisiones de programación MAC-hs para la cola de prioridad HSDPA referenciada.
 - Si los campos *MAC-hs Window Size* y/o *TI* están incluidos, el Nodo B implementará los valores indicados en la nueva configuración para la cola de prioridad referenciada.
 - Si el campo *HS-SCCH Power Offset* está presente, el Nodo B lo utilizará para determinar la potencia del canal HS-SCCH, la cual debe ser aplicada para cualquier transmisión HS-SCCH hacia el Terminal.
 - Si el campo *Measurement Power Offset* está dentro del presente IE (o dentro del IE *HS-DSCH FDD Information*), el Nodo B empleará esta información como se describió en el apartado sobre RRC de Downlink HS-DSCH information (5.3.1.3 DL HS-PDSCH info)
 - Si el campo *HS-SCCH Code Change Grant*, el Nodo B puede modificar los códigos HS-SCCH correspondientes al canal HS-DSCH. Posteriormente notificará los códigos que están siendo usados en la nueva configuración especificada en el elemento de información *HS-SCCH Specific Information Response*, incluido en el mensaje *NBAP Radio Link Reconfiguration Ready*.
- **HS-DSCH FDD Information Response**, el cual proporciona información acerca del canal HS-DSCH establecido o modificado. También puede dar al RNC información adicional acerca del recurso HS-DSCH dentro del Nodo B. Algunos de los elementos de información a destacar son los siguientes:
 - *HS-DSCH Initial Capacity Allocation*. A través de este IE, el Nodo B indicará, por cada flujo de la capa MAC-d establecido, una asignación de capacidad inicial, si el Nodo B permite que el CRNC pueda enviar MAC-d PDUs antes de que éste haya asignado capacidad en el plano de usuario a través del canal HS-SCCH. Este mecanismo da información del control de flujo de datos sobre el interfaz Iub (llevado a cabo por el protocolo de trama HS-DSCH FP). Indica el número inicial de MAC-d PDUs que pueden ser transmitidos antes de que se reciban nuevos créditos desde el Nodo B. Recordemos que la asignación de capacidad inicial es únicamente válida para la primera HS-DSCH DATA FRAME. Después de ésta, el Nodo B debería enviar un trama de control CAPACITY ALLOCATION hacia el CRNC

declarando cuántos MAC-d PDUs pueden transmitirse y en qué intervalos para el Terminal referenciado.

- *HS-SCCH Specific Information Response*, a partir del cual el Nodo B asignará los códigos HS-SCCH que corresponden al canal HS-DSCH.
- *HARQ Memory Partitioning Information*, donde el Nodo B incluirá la información de partición de memoria entre los distintos procesos HARQ. Los campos son similares a los incluidos en el elemento de información HARQ Info cuando se habló del protocolo RRC. Así, por cada código HS-SCCH tendremos la cantidad de *soft bits* asignada a cada proceso HARQ. Si es una partición implícita, la memoria será compartida por todos los procesos por igual. Si es explícita, cada proceso HARQ tendrá asignado un tamaño de memoria determinado (*Process Memory Size*).
- **HS-PDSCH and HS-SCCH FDD Power and Code Information**, que es un elemento de información opcional en los mensajes NBAP *Physical Shared Channel Reconfiguration Request* y que permite configurar los siguientes parámetros HSDPA en el Nodo B:
 - *HS-PDSCH and HS-SCCH max. Transmission Power*. El Nodo B no excederá esta potencia de transmisión máxima en todos los códigos HS-PDSCH y HS-SCCH presentes en la celda. Si el valor nunca ha sido configurado o si el valor es igual o mayor a la potencia máxima de transmisión de la celda, el Nodo B podría echar mano de toda la potencia no usada por los restantes códigos HS-PDSCH y HS-SCCH presentes en la misma.
 - *HS-PDSCH and HS-SCCH Scrambling Code*, utilizado por el Nodo B para indicar el código de ensanchamiento empleado en todos los canales HS-PDSCH y HS-SCCH presentes en la celda. Si el valor no ha sido configurado con anterioridad, el Nodo B usará el código de ensanchamiento primario.
 - *HS-PDSCH FDD Code Information*, a partir del cual se definen los códigos que serán asignados a los canales HS-PDSCH. La variable *maxHS-PDSCHcodeNrComp* indica el número máximo de códigos definidos dentro del Factor de Ensanchamiento 16, en el árbol completo. El campo *Start Code Number* está condicionado a que el número de códigos sea mayor que cero.
 - *HS-SCCH FDD Code Information*, donde se definen los códigos que serán asignados para los canales HS-SCCH. El Nodo B los seleccionará de entre todos ellos cada vez que se establezca un canal de transporte HS-DSCH. La variable *max_No_of_HS-SCCHs* indica el máximo número de canales HS-SCCH en la celda y la variable *maxHS-HSCCHcodeNrComp* indica el número

máximo de códigos definidos dentro del Factor de Ensanchamiento 128, en el árbol completo.

- **HS-PDSCH RL ID**, que indica simplemente el enlace radio servidor del canal HS-DSCH.
- **HS-DSCH-RNTI**, se usa para identificar a un Terminal de forma unívoca y viene implementado en el CRC de los canales HS-SCCH y HS-DSCH.

A continuación se describen unos mensajes NBAP muy representativos en HSDPA, que conviene analizar detenidamente debido a la gran cantidad de IEs que hacen referencia a HSDPA. Junto con el resto de mensajes NBAP incluidos en la tabla de la Figura 65, suponen una fuente de información crucial para el análisis de la señalización entre el RNC y el Nodo B para propósitos de optimización o localización de problemas. En ellos aparecerá la descripción de los IEs restantes no comentados hasta ahora.

5.6.1 NBAP Common Measurement Report

El Nodo B se configura para que reporte medidas a través de señalización NBAP. El CRNC, a través de su procedimiento NBAP *Common Measurement Initiation*, indica al Nodo B los criterios a partir de los cuales el Nodo B debe enviar un mensaje NBAP *Common Measurement Report* siempre que las medidas realizadas cumplen alguno de dichos criterios. Por normal general, estos criterios vienen en forma de umbrales que las medidas deben sobrepasar durante un tiempo predefinido o histéresis. Entre otras medidas, las que merecen nuestra atención son las referentes a necesidades de potencia y tasa binaria de datos en HSDPA. Los IEs presentados en la tabla 71 *HS-DSCH Required Power* y *HS-DSCH Provided Bit Rate* representan los valores más recientes que han satisfechos los criterios especificados por el CRNC.

1. **HS-DSCH Required Power Value Information.** Este elemento de información reporta el valor de potencia necesario para cada clase de Terminal según su prioridad. Para cada clase existirá una lista de Terminales, identificados por el campo *CRNC Communication Context*, que indicarán particularmente la cantidad de potencia que necesitan para lograr el *Guaranteed Bit Rate* que sus conexiones HS-DSCH establecidas puedan incluir. Adicionalmente, puede incluir el peso de potencia necesario por Terminal.
 - **Scheduling Priority Indicator**, que indica la prioridad relativa de la trama de datos HS-DSCH. Es utilizado por el Nodo B cuando realiza la programación del canal HS-DSCH. "0" es la prioridad más baja y "15" la más alta.
 - **HS-DSCH Required Power Value**, que indica, como se ha explicado anteriormente, la mínima potencia necesaria con la que debe transmitir hacia

un Terminal con una dada clase de prioridad para lograr los requisitos de tasa binaria de *bits* garantizada en todas las conexiones HS-DSCH establecidas que pertenezcan a dicha clase.

- **HS-DSCH Required Power Per UE Information.** Representa una lista de Terminales, identificados con su identificador de contexto de comunicación, con una tasa binaria garantizada para dichos contextos, indicando su consumo de potencia necesario, relativo al valor de potencia presentado en el campo *HS-DSCH Required Power Value*. Opcionalmente puede incluir el campo *HS-DSCH Required Power Per UE Weight*, que expresa el porcentaje del valor *HS-DSCH Required Power Value*.

IE	Presencia	Rango
HS-DSCH Required Power Value Information		1.. <i>máximo número de clase de prioridad de Terminales</i> >
>Scheduling Priority Indicator	Obligada	0 ... 15
>HS-DSCH Required Power Value	Obligada	0 ... 1000, expresada en miles de la potencia máxima de transmisión
>HS-DSCH Required Power Per UE Information		0.. <i>máximo número de contextos de comunicación a incluir en la lista de Terminales</i> >
>>CRNC Communication Context ID	Obligada	
>>HS-DSCH Required Power Per UE Weight	Opcional	0 ... 100 %

Figura 17 NBAP Common Meas Report. Información de Potencia

2. **HS-DSCH Provided Bit Rate Value Information**, que indica la tasa binaria proporcionada para cada clase de Terminal según su prioridad.

IE	Presencia	Rango
HS-DSCH Provided Bit Rate Value Information		1.. <i>máximo número de clase de prioridad de Terminales</i> >
>Scheduling Priority Indicator	Obligada	0 ... 15
>HS-DSCH Provided <i>Bit</i> Rate Value	Obligada	<i>Expresada en bits/segundo</i>

Figura 18 Common Meas Report. Información de Tasa

5.6.2 NBAP Radio Link Parameter Update Indication

El proceso de actualización *RL Parameter Update* se ejecuta en el Nodo B cuando se necesitan actualizar los valores de los parámetros del enlace radio que soporta la transmisión de HS-DSCH. Con este procedimiento, el Nodo B puede sugerir valores al RNC, pero nunca imponer.

El Nodo B inicia el proceso enviando el mensaje NBAP *Radio Link Parameter Update Indication* al CRNC. El mensaje contiene los valores sugeridos de los parámetros relacionados con la configuración del canal de transporte HS-DSCH que deberían ser tenidos en cuenta por parte del RNC para la reconfiguración del enlace radio.

El mensaje NBAP mencionado se envía siempre que el Nodo B necesite:

- Actualizar los parámetros que definen el canal HS-DSCH
- Asignar códigos nuevos al canal HS-SCCH. Para ello, el Nodo B hace uso del elemento de información *HS-SCCH Code Change Indicator*.
- Actualizar uno de los siguientes campos: *CQI Feedback Cycle k*, *CQI Repetition Factor*, *ACK-NACK Repetition Factor*, *CQI Power Offset*, *ACK Power Offset* y/o *NACK Power Offset*.

HS-DSCH FDD Update Information		
HS-SCCH Code Change Indicator	O	HS-SCCH Code Change needed
CQI Feedback Cycle k	O	(0, 2, 4, 8, 10, 20, 40, 80, 160) ms
CQI Repetition Factor	O	1..4
ACK-NACK Repetition Factor	O	1..4
CQI Power Offset	O	0..8
ACK Power Offset	O	0..8
NACK Power Offset	O	0..8

Figura 19 NBAP RL Parameter Update Indication

5.6.3 Ejemplos de Señalización NBAP

Se muestran a continuación algunos ejemplos gráficos de las secuencias de mensajes en algunos procesos típicos de HSDPA

5.6.3.1 Configuración de Celda HSDPA

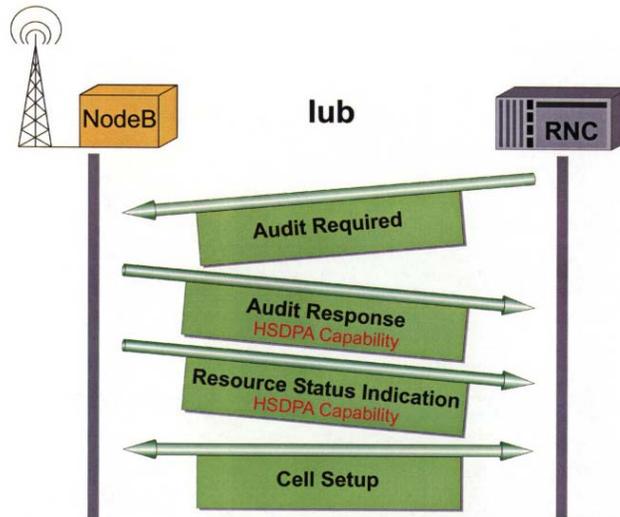


Figura 20 Configuración celda HSDPA. Mensajes NBAP

5.6.3.2 Transferencia de datos HSDPA

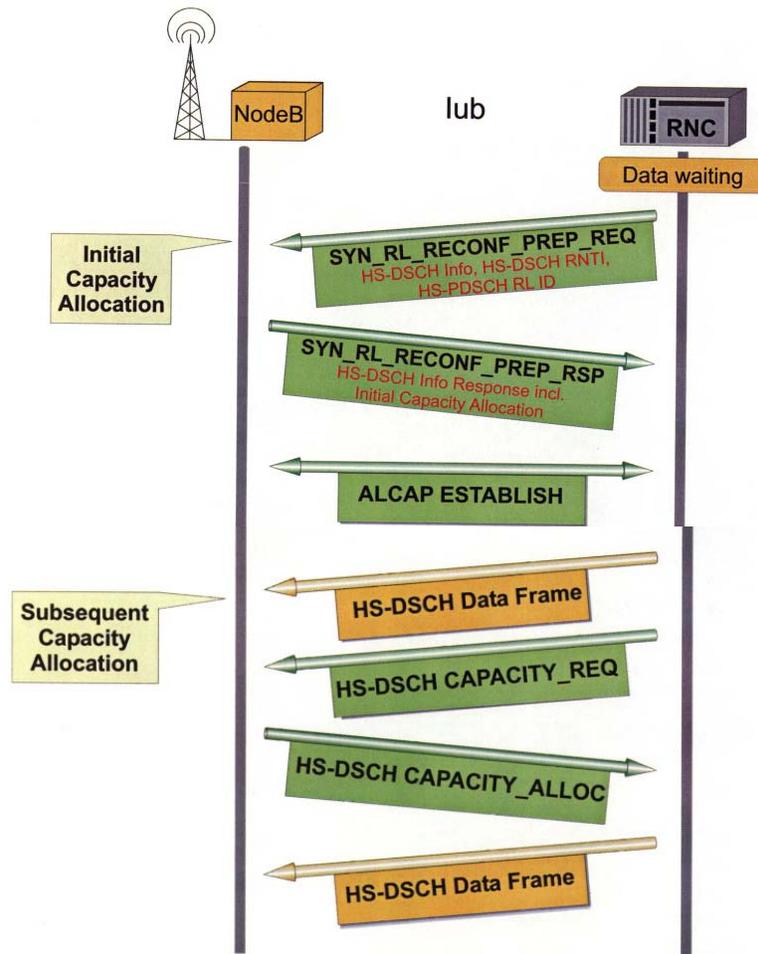


Figura 21 Transferencia Datos HSDPA. Mensajes NBAP

5.7 Establecimiento de llamada en HSDPA

A continuación se pretende aglutinar los conceptos presentados y plasmarlos de una forma más práctica en el estudio detallado de una llamada de datos HSDPA. Se describen los nuevos procesos radio y nueva señalización asociada en el establecimiento y transcurso de una llamada HSDPA; y cómo interactúa, desde el punto de vista operativo, con el canal asociado DPCH. Se intentará detallar el por qué de cada uno de los mensajes, indicando el protocolo al cual van asociados y los parámetros o elementos de información (*IEs*) más significativos incluidos en ellos. Es muy importante conocer con detalle todos los procesos que intervienen en una llamada HSDPA, tanto para localizar problemas como para llevar a cabo tareas de optimización.

Antes de la asignación de recursos HSDPA a un terminal, debe existir previamente un establecimiento del canal de control lógico dedicado DCCH, mapeado en el canal de transporte DCH, el cual opera sobre R'99. Esto significa que, para establecer y mantener una conexión HSDPA, siempre se necesita un canal DPCH en el canal descendente y otro DPCH en el ascendente.

5.7.1 Establecimiento de la conexión RRC

El siguiente procedimiento es aplicable a toda llamada UMTS, independiente de si incluye HSDPA o no. Una conexión RRC es siempre iniciada por el terminal, a través de la petición de conexión RRC con el mensaje *RRC Connection Request*, transportado en el canal radio RACH. En este mensaje se indica la razón del establecimiento y su identidad. El SRNC puede decidir si usar un canal DCH para completar este procedimiento o realizarlo simplemente a través de canales comunes. Esto es, si quiere que después de la conexión RRC el terminal se quede en el estado Cell_DCH o en Cell_FACH, respectivamente. Normalmente, si la causa de establecimiento de conexión RRC es una llamada de datos, como la que nos ocupa, inicialmente el terminal quedará en Cell_DCH, con lo que es necesario establecer un canal de control dedicado DCH. Para ello, se inicia el procedimiento NBAP *Radio Link Setup*, a partir del cual el Nodo B asigna los recursos radio correspondientes y empieza la recepción a nivel físico. A partir de ese momento, una vez establecido el canal DCH en el enlace radio, es necesario crear un portador de transporte ATM en el interfaz Iub para transportar la información contenida en el canal DCH desde el Nodo B al SRNC y viceversa. Esto se realiza a través del protocolo ALCAP. Finalmente, el proceso necesita establecer sincronismo en los portadores de transporte ATM recientemente creados, a través del intercambio de tramas de sincronización entre el Nodo B y el SRNC, llevado a cabo por el *DCH Frame Protocol*.

Una vez creado el canal DPCCH (DCCH → DCH), el SRNC contesta al terminal con el mensaje *RRC Connection Setup*, transportado por el canal FACH, en el cuál puede solicitar al terminal si soporta o no HSDPA. Recordemos que tanto el RACH como el FACH son canales de control comunes a todos los terminales de la celda, cuyas características son las mismas para ambas versiones del sistema, R'99 y R5. Cuando el Nodo B consigue sincronización del canal dedicado en el canal ascendente o UL se lo notifica al SRNC a través del mensaje NBAP *Radio Link Restore Indication*. Para finalizar el establecimiento de conexión RRC, el terminal debe enviar un tercer mensaje *RRC Connection Setup Complete*, donde contesta a la red a cerca de sus características HSDPA, entre otras muchas cosas.

La siguiente figura muestra el establecimiento de una conexión RRC:

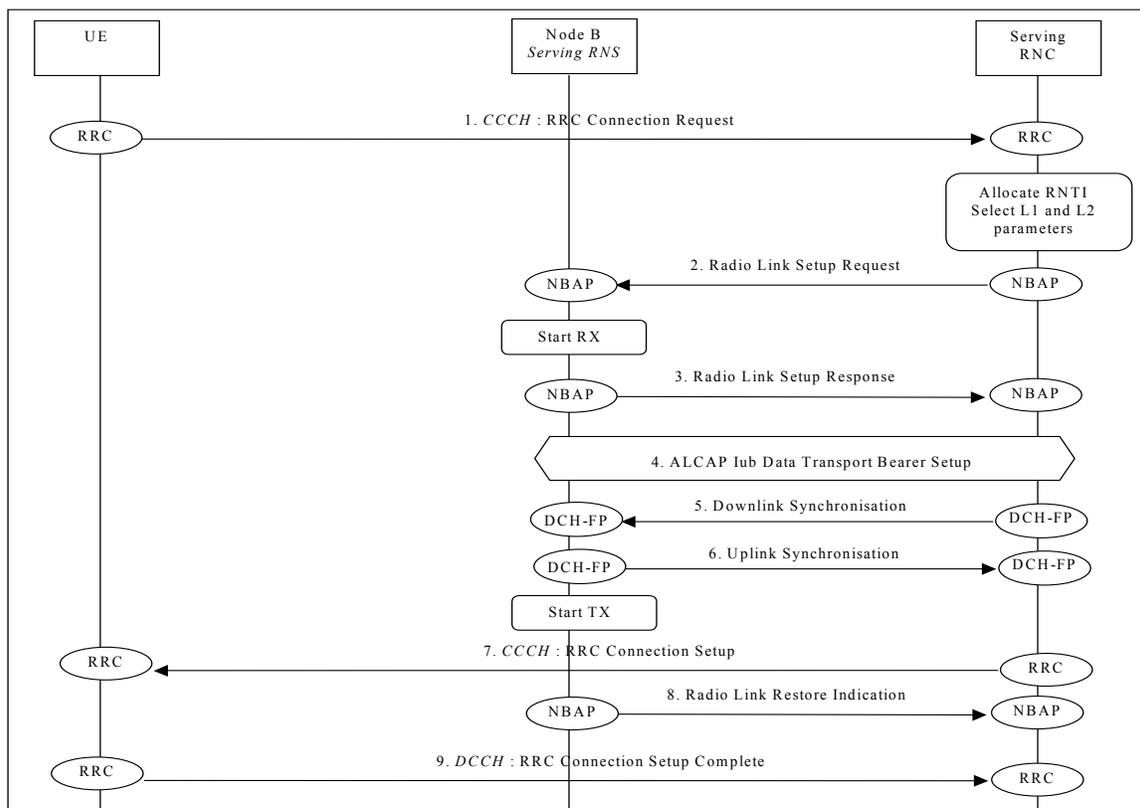


Figura 22 Establecimiento RRC – Modo Cell_DCH

5.7.2 Operación HSDPA con DPCH

A continuación se detallan los procesos más significativos que intervienen en una llamada HSDPA y que se diferencian de una llamada de datos UMTS. Suponemos en este ejemplo que no existe movilidad en el usuario. Además, no se muestran otros procesos esenciales para el establecimiento de toda llamada, como los procesos de autenticación, identificación, modo de seguridad, activación de contexto, etc; ya que no hay diferencia al establecimiento con una llamada en una celda UMTS R'99. En cualquier caso, en el anexo 9.1 y 9.2 “Señalización Llamada de Datos” se dan a conocer los procedimientos radio asociados a cada uno de los escenarios más típicos.

Es importante señalar que no hay parámetros de difusión o broadcast que indiquen que una celda determinada soporte HSDPA.

Los procesos radio más significativos en una llamada de datos bajo HSDPA se muestran en la Figura 72 y se explican a continuación:

1. Se establece una conexión RRC, quedando el terminal en modo Cell_DCH. Durante este proceso se ha revelado al SGSN (Red Core) si soporta HSDPA y cuál su categoría.
2. Una vez la red UTRAN conoce las posibilidades del terminal, los siguientes mensajes RRC de configuración, como el *Radio Bearer Setup*, contienen información de las características de la celda en cuanto a HSDPA se refiere. A partir de la decodificación del elemento de información *High Speed Information*, el terminal puede extraer la configuración de la celda a nivel físico. Este campo contiene la identidad del terminal (llamado H-RNTI), el cual está implícitamente codificado en el canal HS-SCCH para indicar qué terminal tiene asignados los recursos HS-DSCH de forma inmediata, el código de ensanchamiento aplicado a los canales HS-SCCH y HS-PDSCH y la configuración de códigos de canalización del canal HS-SCCH. El terminal necesita esta información para decodificar el canal HS-SCCH, el cual le informa sobre los datos de usuario disponibles en el canal de transporte compartido HS-DSCH. Si reconoce su identidad en la decodificación del HS-SCCH, es capaz de extraer la información específica sobre el formato de los canales físicos HS-PDSCHs que componen el canal de transporte HS-DSCH, información contenida en el propio HS-SCCH.

A partir de este momento se dice que el terminal está en *standby mode*, preparado para decodificar los canales HS-SCCHs (al terminal se le puede indicar que monitorice hasta cuatro canales HS-SCCHs.)

3. Como se ha indicado con anterioridad, es necesaria la existencia de un canal físico dedicado DPCH (DPDCH para datos y DPCCH para control) para operar en HSDPA, ya que transporta el DCH. El DPCH soporta servicios en tiempo real, como el canal de voz AMR 12.2, y la señalización RRC, necesaria para intercambio de mensajes RRC que completan procesos radio tales como cambio de celda servidora HS-DSCH o reconfiguración del enlace físico para HSDPA.

Nota: Recordemos que HSDPA no está pensado, de momento, para soportar servicios con requerimientos de calidad de servicio en tiempo real, por ejemplo los servicios de voz o videoconferencia.

4. Si hay paquetes de datos para el terminal en el canal descendente o DL, el Nodo B le indica al terminal dos cosas a través del envío del canal HS-SCCH: Existen datos para él en el próximo HS-DSCH y la forma en que puede decodificar los subsiguientes HS-PDSCHs para obtener los datos.
5. Si el terminal constata que la información de control enviada en el HS-SCCH es consistente (punto 4) empezará a recibir y decodificar los canales físicos HS-PDSCHs. Consistente significa que el terminal pudo leer su identidad en uno de los HS-SCCHs asignados para su monitorización.

6. Siempre que existan datos para un determinado terminal, el canal HS-SCCH indicará que el sucesivo canal HS-DSCH contiene datos para él. Si hay un fallo en la decodificación de dicho canal de transporte a causa de un error en el CRC, el terminal reportará un acuse de recibo NACK en el correspondiente canal físico HS-DPCCH en el canal ascendente o UL.
7. El terminal reportará información de acuse de recibo procesada en su entidad MAC-hs para informar al Nodo B si las subtramas HS-DSCH fueron decodificadas correctamente o incorrectamente.
8. Si el canal HS-DSCH fue recibido incorrectamente, el Nodo B programa retransmisiones de las subtramas. La entidad MAC-hs del Nodo B informa al terminal, dentro del próximo canal HS-SCCH, si el bloque de transporte contenido en el sucesivo HS-DSCH es una retransmisión o una nueva transmisión.

Nota: Mientras el terminal se encuentre en *standby mode* o recibiendo datos, puede enviar reportes en UL sobre la calidad de recepción en el canal descendente o DL a través del parámetro CQI.

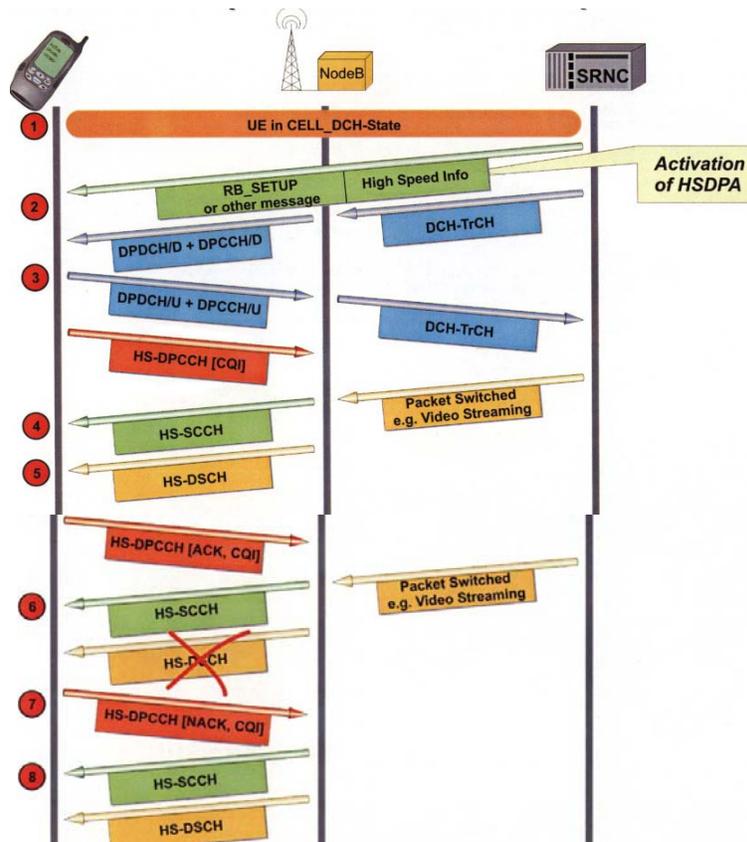


Figura 23 Señalización asociada a una llamada HSDPA