

# CAPÍTULO 3.

## Descripción detallada de WCDMA

Uno de los principios en el trabajo de desarrollo de UTRAN, ha sido conservar el manejo de la movilidad (MM) y el manejo de la conexión (CM) independientes de la tecnología de radio de las interfaces aéreas. Esta idea se puede llevar a cabo por la realización de los conceptos AS (Access Stratum) y NAS (Non access Stratum). El AS es una entidad funcional que incluye los protocolos de acceso de radio entre el UE y UTRAN (donde actúa WCDMA). Dichos protocolos terminan en UTRAN. El NAS incluye la red central, y los protocolos entre el UE y la misma CN (Core Network). Dichos protocolos no terminan en UTRAN, es decir, terminan en la red central; UTRAN es transparente para el NAS. [1]

Se puede comenzar el estudio de WCDMA como interfaz aérea revisando su organización y algunas características. Siguiendo el modelo del protocolo OSI propuesto por ISO, el cual es un modelo formado por siete capas (aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace de datos y física, siendo la capa de aplicación la capa superior o capa 7) [18], la interfaz de radio utilizada en el sistema UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) puede ser descrito por las tres primeras capas de este protocolo. La capa más baja en esta interfaz es la capa física. La capa 2 o capa de enlace de datos, consiste de la sub-capas MAC (Medium Access Control), de la sub-capas RLC (Radio Link

Control), de la sub-capa BMC (Broadcast Multicast Control) y de la sub-capa PDCP (Packet Data Convergence Protocol). La capa 3 o capa de red, incluye las siguientes sub-capas: RRC (Radio Resource Control), MM (Mobility Management), GMM (GPRS Mobility Management), CC (Call Control), SS (Supplementary Services), SMS (Short Messages Services), SM (Session Management) y GSMS (GPRS Short Message Service Support). La figura 6 muestra la arquitectura de WCDMA. [8]

Como es de esperarse, las capas inferiores (del NAS) son diferentes para GSM en comparación con UMTS. La tecnología utilizada como acceso de radio (RAT) en UTRAN es CDMA, mientras que en GSM es TDMA. A partir de esta diferencia, concluimos que el protocolo a seguir es diferente también. Si se trata de una red basada en conmutación por paquetes en lugar de circuitos, el protocolo de GPRS es ligeramente diferente al de UTRAN, precisamente por la diferencia en el RAT. [1]

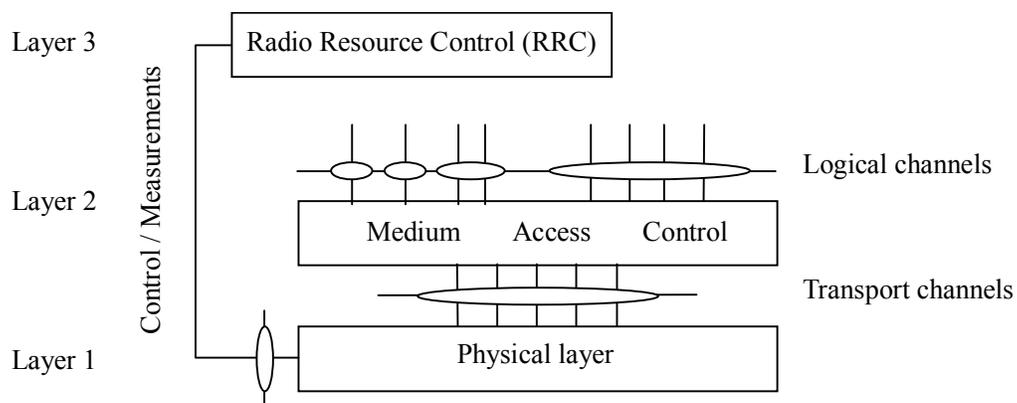


Figura 6. Arquitectura de WCDMA. [3]

A continuación se explicarán más a detalle las capas más importantes en el protocolo de WCDMA.

### 3.1 Capa Física.

Algunas características que son importantes para el estudio de la capa física son: técnicas de modulación, códigos de extendido y la codificación de los canales.

La capa física es la capa más baja en el modelo de protocolo de WCDMA como interfaz aérea. Ésta tiene que atender diferentes aspectos dependiendo si se trata de equipo de usuario UE (user equipment) o móvil, o en el nodo B<sup>1</sup>.

La capa física tiene interfaces lógicas con las sub-capas MAC y RRC. La interfaz con la primera se llama PHY, y es usada para transferir datos (canales de transporte). La interfaz CPHY (Control PHY) esta entre la capa 1 y la sub-capa RRC, y es usada para el control y mediciones de la información transferida. Es sólo utilizada en para administración de la capa 1, y la información obtenida por ésta no es enviada a través de la interfaz aérea. [3]

El sistema UTRAN puede operar en dos modos, FDD (Frequency division duplex) y TDD (Time-division duplex), y estos modos establecen diferentes requerimientos para la funcionalidad de la capa 1. En el modo FDD el enlace de subida y de bajada utilizan diferentes bandas de frecuencia. En el modo TDD dichos enlaces están en la misma banda de frecuencias pero en diferentes ranuras de tiempo. Entonces CDMA-TDD es ahora el sistema híbrido de CDMA/TDMA por las componentes en

---

<sup>1</sup> Las estaciones base en UTRAN tienen el nombre curioso de Nodo B.

ranuras de tiempo. Un canal físico en el modo FDD esta definido como una frecuencia o portadora y un código, y en el modo TDD se debe adicionar una secuencia de ranuras de tiempo. [1]

La velocidad de transmisión de un chip<sup>2</sup> en la interfaz aérea del estándar de UTRAN es de 3.84 Mcps. Una trama con duración de 10-ms es dividida en 15 ranuras de tiempo, las cuales hacen 2,560 chips/ranura de tiempo. Esto significa que cada ranura de tiempo puede transferir 2,560 bits. Sin embargo, esta es la velocidad de transmisión total disponible, y la velocidad que cada usuario puede tener depende del factor de extendido SF (Spreading Factor) usado en el canal. En el modo FDD los SF son desde 4 hasta 256 para el enlace de subida y de 4 a 512 para el de bajada. En el modo TDD son desde 1 hasta 16 en ambas direcciones. Esto da velocidades de transferencia desde 7,500 bits/s hasta 960 Kbps para FDD y desde 240 Kbps hasta 3.84 Mbps para el TDD. Cabe mencionar que la información anterior es para canales sencillos, y que cada usuario puede disponer de varios canales simultáneamente. [1]

### **3.1.1 Funciones de la capa física.**

La capa física debe realizar las siguientes funciones según [9]:

- Codificación y decodificación para corrección de errores de los canales de transporte.
- Mediciones e indicaciones de radio a las capas superiores.

---

<sup>2</sup> El termino chip describe como la operación de spreading divide la ráfaga de datos originales en partes mas pequeñas.

- Macro diversidad, distribución y combinación y la ejecución del soft handover.
- Detección de errores en los canales de transporte.
- Multiplexado de los canales de transporte y demultiplexado de CCTrCHs.
- Rate Matching
- Mapeo de los CCTrCHs en los canales físicos
- Modulación, spreading/ Demodulación, despreading de los canales físicos
- Sincronización en frecuencia y tiempo
- Control de potencia de lazo cerrado
- Peso de potencia y combinación de canales físicos
- Procesamiento de RF
- Avance en tiempo en el enlace de subida (sólo en el modo TDD)
- Soporte para la sincronización en el enlace de subida (sólo en el modo TDD)

Las funciones más importantes para UTRAN son descritas en las siguientes secciones.

### **3.1.1.1 Codificación y decodificación para corrección de error.**

El esquema FEC (Forward Error Correction) pretende reducir los errores en la transmisión. La codificación para corrección de errores se le llama generalmente codificación de canal. La idea es añadir redundancia a los bits transmitidos de tal forma

que bits equivocados puedan ser corregidos en el receptor. Existen muchos esquemas de corrección de error disponibles, los cuales tienen diferentes capacidades. La opción para el esquema de codificación de canal depende de los requerimientos del canal en cuestión. [1]

En el estándar UTRAN se emplean tres esquemas: los códigos convolucionales, los turbo códigos y los códigos no correctores del todo. Los códigos convolucionales pueden ser utilizados para velocidades de transferencia de datos baja, y los turbo códigos para las altas velocidades. La codificación turbo es la más eficiente para altas velocidades de transferencia de bit. Esta no es compatible con bajas velocidades así como con bloques cortos de datos. Esto es porque bajas velocidades significa menos bits en el código turbo del interleaver interno, lo que se traduce como un desempeño pobre. Además, estos códigos hacen la detección “ciega” más complicada. La detección del formato de transporte ciega puede ser utilizada en el receptor cuando el formato de transporte no es señalizado vía el canal físico de control. Cabe mencionar que el uso de los códigos turbo en el equipo del usuario es opcional. El sistema UTRAN aprende de la información de la capacidad del UE aunque éste soporte turbo códigos, así que ésta sabe que códigos usar con cada UE en particular. [1]

Si un código de corrección de error no es necesario se deja afuera del proceso sin ningún problema. [1]

La tasa de código indica el número de bits en la entrada y el número de bits en la salida en la función de codificación de canal. En los códigos convolucionales y en los

turbo códigos típicamente es de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{1}{3}$ ; si entra un bit salen dos, o salen tres dependiendo el caso. [1]

En UTRAN la codificación de canal es combinada con la función de corrección de error CRC para formar una forma híbrida ARQ. Esto significa que la codificación de canal pretende arreglar tantos errores como sea posible, lo que se traduce en que el código de detección de error se aplica aunque no haya errores. Paquetes erróneos son detectados y se indica a las capas superiores para su retransmisión. De manera más detallada, la retransmisión de los datos olvidados o corruptos depende de la capa RLC. [1]

Los canales BCH, PCH, RACH utilizan los códigos convolucionales a un tasa de  $\frac{1}{2}$ , mientras que los canales CPCH, DCH, DSCH, FACH utilizan los tres tipos de esquemas a diferentes tasas como  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{1}{3}$  en el caso de los códigos convolucionales. De  $\frac{1}{3}$  en los códigos turbo. [1]

### **3.1.1.2 Mediciones de Radio e indicación a las capas superiores.**

Algunas mediciones son especificadas para el equipo de usuario y algunas otras para el nodo B, sin embargo hay algunas otras que se aplican en los dos. El resultado de las mediciones es reportado a las capas superiores (en el equipo de usuario es la capa RRC). [9]

Las mediciones de radio son típicamente controladas por la capa RRC en el equipo de usuario (UE) El RRC recibe la información de control necesaria de UTRAN mediante mensajes de control de medición. En el modo desocupado o conectado los estados que se presentan son CELL\_FACH, CELL\_PCH, URA\_PCH ón. En el modo desocupado o conectado los estados que se presentan son CELL\_FACH, CELL\_PCH, URA\_PCH los mensajes son transmitidos en bloques de información del sistema. En el estado dedicado CELL\_DCH, un mensaje de control de medición es usado. La capa RRC pide a la capa física ejecutar ciertas mediciones, o puede establecer ciertas condiciones y el cumplimiento dispara un proceso de medición. Algunas de las mediciones son continuas y otras son periódicas cuando la capa física se encuentra en determinado estado. [1]

Algunas de las mediciones explicadas en [9] que se llevan a cabo son las siguientes:

#### Mediciones para el UE

- Potencia del código recibido (RSCP).
- Radio Señal/Interferencia (SIR).
- Indicador de la fuerza de la señal recibida (RSSI).
- Energía recibida por chip.
- BLER (Block Error Rate)
- Potencia transmitida por el equipo de usuario.

- Diferencia de tiempo observada entre el Número de conexión de frame- número de frame de sistema (CFN-SFN).
- Diferencia de tiempo observada SFN-SFN.
- Diferencia de tiempo entre la transmisión y la recepción en el UE.
- Diferencia de tiempo observado en una célula GSM.
- LCS

#### Mediciones para UTRAN

- Potencia total recibida en todo el ancho de banda.
- SIR
- Potencia transmitida en la portadora.
- Potencia transmitida en el código.
- BLER.
- BER.
- RTT (Round Trip Time)
- PRACH/CPCH retraso de propagación.
- Preámbulo de aviso PRACH.

- Preámbulo de detección de acceso del PCPH.
- Preámbulo de aviso de acceso del PCPCH.

El objetivo de las mediciones es diferente en el modo desocupado y en el modo conectado. En el modo desocupado el propósito de las mediciones es ayudar en el proceso de reelección de célula, es decir, asegurar que el móvil está en la célula de mejor recepción. Esto es verdadero para la mayor parte de los estados del modo conectado CELL\_FACH, CELL\_PCH y URA\_PCH. En estos estados el UE sólo realiza los procesos de medición para ganar información para el procedimiento de re selección de célula. En el estado CELL\_FACH el UE sólo reporta de regreso mediciones de volumen de tráfico. En el estado dedicado CELL\_DCH el UE ayuda a UTRAN a mantener una buena conexión de radio. Así que el estado CELL\_DCH ocupa una gran parte del reporte hecho. [1]

En el modo FDD las mediciones Inter frecuencia son complicadas ya que el UE esta transmitiendo y recibiendo todo el tiempo, así que no hay espacios vacíos en los que pueda realizar las mediciones, en principio es casi imposible si sólo se está utilizando un receptor. Para solucionar esto, se utiliza el modo compreso, el cual consiste en crear ranuras de tiempo en las que el móvil pueda hacer las mediciones, en dichas ranuras la transmisión hace una pausa. [1]

### **3.1.1.3 Macro diversidad Distribución/Combinación y la ejecución del Handover.**

Macro diversidad, por ejemplo el Handover suave, es la situación en la cual el UE esta recibiendo la misma señal de diferentes fuentes. Esto sucede si el UE recibe la misma transmisión de muchas estaciones base. De forma similar, el RNC puede recibir la misma señal enviada por el UE pero recibida por muchas estaciones base. Entre más energía se pueda coleccionar, más fácil será reconstruir la señal original a partir de sus componentes. [9]

El uso de este fenómeno es esencial para WCDMA, ya que todas las estaciones base utilizan la misma frecuencia (reutilización de frecuencia=1) y el control de potencia rápido. Sin la combinación de la macro diversidad, los niveles de interferencia aumentarían de tal manera que la capacidad decrecería. [1]

En el enlace de bajada el UE puede recibir tantas componentes como tenga de brazos en su receptor RAKE. Así que, entre más brazos tenga el RAKE, mejor será la ejecución, tomando en cuenta que cada brazo recibe una componente diferente. Sin embargo desde el punto de vista del sistema, cada nueva transmisión puede incrementar la interferencia del sistema. Si muchas estaciones base son usadas en el proceso de Handover, la interferencia del sistema se puede incrementar en lugar de decrecer. [1]

En el enlace de subida los efectos de la macro diversidad so siempre positivos, entre más estaciones base reciban la misma señal del UE, más alta será la probabilidad de que una de ellas la reciba correctamente. Esto no genera más transmisiones o interferencia. La potencia de transmisión del UE es baja si se esta usando la macro diversidad. [1]

Debido al incremento en la interferencia en el enlace de bajada, es posible utilizar la diversidad en la transmisión y la selección de sitio (SSDT) en el control de potencia. En este método la macro diversidad sólo se utiliza en el enlace de subida, es decir, el móvil selecciona una célula de su lista de estado activo para ser la célula principal. Esta selección se realiza a partir de las mediciones hechas en el enlace de bajada del nivel de la señal recibida por el canal piloto común de cada célula. La asignación de la célula seleccionada es notificada a la red y UTRAN sólo transmite el enlace de bajada por ésta célula. Entonces, muchas estaciones base intervienen en la recepción pero sólo una en la transmisión. [1]

#### **3.1.1.4 Detección de errores en los canales de transporte.**

El propósito de la detección de errores es buscarlos aunque los datos hayan sido recibidos correctamente. Esto es realizado en los bloques de transporte por el método de redundancia cíclica CRC. Existen cinco longitudes de polinomios CRC usados (0, 8, 12,16 y 24) y las capas superiores (capa MAC, RLC y RRC) son las responsables de indicar cual de ellas se debe usar para cada canal de transporte. [9]

La entidad transmisora calcula la suma de CRC sobre todo el mensaje y lo añade al final del mismo. La entidad receptora checa el mensaje aún si el CRC del mensaje recibido coincide con el CRC enviado. [9]

Un CRC incorrecto debe ser notificado a la capa 2. Si La unidad de datos de protocolo RLC es mapeada una a una en los bloques de transporte entonces la facilidad para detectar los errores en la capa 1 puede ser usado para el protocolo de retransmisión a la capa 2. [9]

En UTRAN la detección de error es combinada con un esquema de codificación de canal para formar un esquema híbrido ARQ. La idea de este esquema es que la codificación de canal reduce el número de paquetes dañados antes de que sean detectados por la función de detección de error. La codificación de canal tiene por objetivo arreglar la mayor cantidad de errores posibles, y la función de detección de error lo checa aunque esté correcto el mensaje. Los paquetes erróneos son detectados y se pide a las capas superiores por la retransmisión. [1]

### **3.1.1.5 Multiplexado de los canales de transporte y demultiplexado de los CCTrCHs.**

Cada UE puede usar varios canales de transporte al mismo tiempo. Cada 10 ms una trama de cada canal de transporte es multiplexado para formar un CCTrCHs (Coded Composite Transport Channel) Este multiplexado esta hecho de manera serial, es decir, las tramas son concatenados juntas simplemente. [11]

Puede haber más de un CCTrCHs por conexión. En el modo FDD el UE sólo puede tener un CCTrCHs en el enlace de subida. En el modo TDD en el mismo enlace se pueden acomodar muchos CCTrCHs. En el enlace de bajada ambos modos pueden tener

muchos CCTrCHs por UE. Los diferente CCTrCHs pueden tener diferente requerimientos de S/I para ofrecer diferente QoS en los canales de transporte mapeados.

[11]

### **3.1.1.6 Ajuste de velocidad.**

El número de bits de un canal de transporte puede variar cada intervalo de tiempo de la transmisión. Sin embargo, las tramas de los canales físicos deben ser completadas. Esto significa que algún método de ajuste debe ser utilizado para obtener las dos velocidades especificadas (384 Kbps en áreas geográficas grandes y 2 Mbps lugares cerrados). [1]

En el enlace de subida, la velocidad de bit en los canales de transporte después de ser multiplexados debe coincidir con la velocidad de bit de los canales físicos. Esto se logra repitiendo algunos de ellos o eliminando otros. Existen ciertas reglas para determinar cuales bits son borrados de la corriente de bits de salida y cuales no, esto siguiendo un esquema predefinido. Es posible eliminar algunos bits, pero esto debe hacerse después de la codificación de canal, en donde ya se la añadió redundancia al código. Entonces la redundancia se puede ver como la eliminación de algunos bits redundantes. Sin embargo, esto empobrece al código resultante por lo que existen límites para determinar cuántos bits se pueden eliminar. [1]

En el enlace de bajada, la red puede interrumpir la transmisión si el número de bits que se transmiten es menor al máximo permitido. Esto es llamado modo discontinuo

de transmisión (DTX) y es usado para disminuir la interferencia en la ruta de radio. El ajuste de velocidad es necesario en el enlace de bajada para saber cuántos bits DTX deben ser transmitidos, esto se hace calculando la velocidad pico de datos y comparándola con la ofrecida. [1]

### **3.1.1.7 Mapeo de CCTrCHs en canales físicos.**

Si hay más de un canal físico en uso, el número de bits utilizados en los CCTrCHs se deben dividir entre ellos. Esto se realiza por la simple segmentación de los bits de entrada de manera par en cada canal físico. Cabe mencionar que el ajuste de velocidad ya se dio en una etapa anterior, así que los CCTrCHs se acomodan muy fácilmente en los canales físicos. [10]

Después de la segmentación de los bits, sigue la segunda segmentación. En éste los bits son escritos en una matriz renglón por renglón y leídos columna por columna. Después de haber leído todos los bits, se lleva a cabo el proceso de permutación inter columnas, en el cual, el orden de las columnas es cambiado de acuerdo con un patrón definido. [10]

El último proceso es el llenado de las tramas de radio con los bits. En el enlace de subida, todas las tramas son completamente llenadas si son usadas (excepto en el modo comprimido). En el enlace de bajada las tramas son llenadas lógicamente pero los bits DTX no son enviados. [10]

### **3.1.1.8 Modulación-Extendido/ Demodulación-Recuperación de los canales físicos.**

Lo relacionado en esta sección se explicó más a detalle en el capítulo 2, sólo que es necesario nombrarlo aquí como una de las funciones de la capa física.

### **3.1.1.9 Soporte para la sincronización del enlace de subida.**

La sincronización del enlace de subida es un concepto del modo TDD únicamente. Si la sincronización del enlace de subida es utilizada, el avance de tiempo es más preciso. El valor del parámetro de avance en el tiempo es dado por un múltiplo de  $\frac{1}{4}$  de chip. Esta aproximación deshabilita el uso de CDMA síncrono en el enlace de subida. UTRAN continuará midiendo el tiempo de transmisión del UE y lo enviará de regreso para calcular el valor de avance de tiempo. Una vez recibiendo este tiempo, el UE ajustará su tiempo de transmisión en pasos de  $\pm\frac{1}{4}$  de chips. [1]

### **3.1.1.10 Control de potencia.**

En general el control de potencia se da en dos variedades: de lazo abierto y de lazo cerrado. La diferencia entre éstos dos métodos es que en la de lazo cerrado, el control se da recibiendo comandos de control de potencia de la estación base, mientras que en la de lazo abierto, la entidad transmisora estima con que potencia debe transmitir por si sola en

base a la señal recibida. Ambos métodos son usados en UTRAN. [1]

EL control de potencia de lazo cerrado en UTRAN puede ser dividido en dos procesos: control de potencia dentro del lazo y fuera del lazo. El control de potencia fuera del lazo establece el SIR (razón señal a ruido) mientras que el control de potencia dentro del lazo de la capa uno, ajusta la potencia de transmisión ya que el SIR medido debe ajustarse al SIR determinado por el control de potencia fuera del lazo. [1]

El ajuste es realizado por los comandos TCP (Transmit power control) La entidad receptora, realiza mediciones del SIR y lo compara con el SIR propuesto. Si éste es mayor, el TCP manda un 0 para indicar que la potencia se debe reducir. De lo contrario si el SIR medido es menor al propuesto, el comando TCP manda un 1 para que la potencia se aumente. El bit de TCP es enviado cada ranura de tiempo. No existe un TCP neutral; es siempre aumentar o disminuir. [1]

El control de potencia dentro del lazo es realizado totalmente dentro de la capa 1. Este es un método muy rápido de ajustar la potencia de transmisión. Por lo tanto, éste tipo de control es llamado control de potencia rápido. [1]

El control de potencia fuera del lazo es ejecutado por la capa RRC, es decir la capa 3. [1]

### **3.2 Canales en WCDMA.**

Existen diferentes canales en la tecnología de WCDMA entre los que se encuentran, los canales de transporte, canales físicos, canales lógicos, canales comunes, canales compartidos, canales dedicados. Cada uno de ellos se explica a detalle a continuación.

### **3.2.1 Canales de transporte.**

Los canales de transporte son servicios ofrecidos por la capa 1 a las capas superiores. Un canal de transporte es definido por el cómo y con qué características los datos son transmitidos a través de la interfaz aérea. Una clasificación general de los canales de transporte según [10] es dividirlos en dos grupos:

- Canales dedicados, usando un direccionamiento inherente al equipo de usuario.
- Canales comunes, los cuales utilizan un direccionamiento específico del equipo de usuario si éste es necesario.

#### **3.2.1.1 Canales de transporte dedicados.**

Sólo existe un canal dedicado, el DCH (Dedicated Channel) El cual es un canal de transporte tanto del enlace de subida como del enlace de bajada. El DCH es transmitido a toda la célula o a una parte de ella usando antenas direccionales (beam-forming antennas)

[10]

### **3.2.1.2 Canales de transporte comunes.**

Existen siete tipos de canales comunes de transporte, el BCH, FACH, PCH, RACH, CPCH, DSCH y HS-DSCH. [10]

#### **BCH (Broadcast Channel).**

El BCH es un canal de transporte del enlace de bajada que se utiliza para transmitir información específica del sistema o de la célula. El BCH es transmitido a toda la célula y tiene un solo formato de transporte. [10]

#### **FACH (Forward Access Channel).**

El FACH es un canal de transporte del enlace de bajada, el cual se transmite a toda la célula. Su potencia de transmisión puede ser ajustada. [10]

#### **PCH (Paging Channel).**

El PCH es un canal de transporte del enlace de bajada el cual es transmitido a la célula entera. Generalmente, la transmisión del PCH se asocia con la transmisión de indicadores de voceo generados por la capa física, permitiendo así, un desempeño eficiente de los procedimientos del modo en espera. [10]

### **RACH (Random Access Channel).**

El RACH es un canal de transporte del enlace de subida, el cual es recibido de toda la célula con un riesgo de colisión. El RACH es transmitido usando el control de potencia de lazo abierto. [10]

### **CPCH (Common Packet Channel).**

El CPCH es un canal de transporte del enlace de subida, el cual se encuentra asociado con el DCH en el enlace de bajada para el control de potencia. Además, transmite comandos de control CPCH para el enlace de subida del CPCH, como por ejemplo, un paro de transmisión de emergencia. El CPCH es caracterizado por un riesgo inicial de colisión y es transmitido usando el control de potencia de lazo interno (Inner Loop Power Control). [10]

### **DSCH (Downlink Shared Channel).**

El DSCH es un canal de transporte del enlace de bajada, el cual es compartido por varios equipos de usuario. El DSCH es asociado con uno o varios DCH. Éste canal es transmitido a toda la célula o a una parte de ella usando antenas direccionales (beamforming antennas). [10]

### **HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel).**

El HS-DSCH es un canal de transporte del enlace de bajada, el cual es compartido por varios equipos de usuario. El HS-DSCH se encuentra asociado con un DPCH y con uno o varios canales de control compartidos (HS-SCCH) El HS-DSCH es transmitido a toda la célula o a sólo una parte de ella usando antenas direccionales (beam.forming antennas). [10]

### **3.2.2 Canales físicos.**

Como se describe en [10] los canales físicos se caracterizan por la portadora de frecuencia, los códigos de scrambling, los códigos de canalización, el tiempo de inicio y parada de transmisión y en el enlace de subida, la fase ( $0$  ó  $\frac{1}{2}\Pi$ ) El tiempo de duración está definido como los instantes de inicio y parada de la transmisión medidos en múltiplos enteros de chips. Los múltiplos de chip utilizados son los siguientes:

- Radio trama. El cual consiste en 15 ranuras de tiempo. La longitud de una trama de radio es de 38 400 chips.
- Ranura de tiempo. La ranura de tiempo es la medida que consiste en campos que contiene bits. La longitud de una ranura de tiempo es de 2560 chips.
- Sub-trama. Un sub-trama es el intervalo de tiempo básico para la transmisión del HS-DSCH y para la señalización de éste canal hacia la capa física. La longitud de un sub-trama corresponde a la de tres ranuras de tiempo.

El tiempo de duración de un canal físico es continuo desde el instante en que éste inicia, hasta el instante en el que termina. Los canales que no son continuos se describirán más tarde. [10]

Los canales de transporte como se describieron anteriormente, se pueden mapear en los canales físicos. Dentro de la capa física por sí misma, el mapeo exacto se da por el CCTrCH (Composite Coded Transport Channels) en la parte de los datos de los canales físicos. Además de la parte de datos, existe la parte de control de canal y las señales físicas. [10]

Las señales físicas son entidades que tienen los mismos atributos que los canales físicos, con la diferencia de que éstos no llevan canales de transporte ni indicadores mapeados en ellos. Las señales físicas son asociadas con los canales físicos en orden de ayudar en las funciones de éstos últimos. [10]

Los indicadores, son entidades de señalización que son transmitidas sin usar bloques de información enviados sobre los canales de transporte. El significado de indicador viene de acuerdo al tipo de indicador que se trate, como se explica en [10]:

- Indicador de adquisición
- Indicador de asignación de canal.
- Indicador de preámbulo de acceso.
- Indicador de detección de colisión.

- Indicador de voceo.
- Indicador de estatus.

Los indicadores son transmitidos en aquellos canales físicos que son canales indicadores ICH (Indicators Channels) [10]

### **3.2.2.1 Canales físicos en el enlace de subida.**

#### **3.2.2.1.1 Canales dedicados en el enlace de subida.**

Existen tres tipos de canales físicos dedicados en el enlace de subida, el canal físico dedicado de datos (DPDCH), el canal físico dedicado de control (DPCCH) y el canal dedicado de control del enlace de subida asociado con la transmisión del HS-DSCH (uplink HS-DPCCH) Los tres canales están multiplexados en códigos I/Q. [10]

El DPDCH se utiliza para transportar a los canales de transporte dedicados. Puede haber cero, uno o muchos DPDCH en cada enlace de radio de subida. [10]

El DPCCH es utilizado para transportar información generada por la capa uno. Esa información consiste de varios bits pilotos conocidos que ayudan a la estimación de canal para llevar a cabo la detección coherente, el control de potencia transmitida (TPC), comandos de información de retroalimentación (FBI), el indicador de la combinación opcional de los formatos de transporte (TFCI) El TFCI informa al receptor acerca de la

combinación de formato de transporte instantáneo en los canales de transporte mapeados en el radio trama del simultáneamente transmitido DPDCH en el enlace de subida. Existe solo un DPCCH en cada enlace de radio. [10]

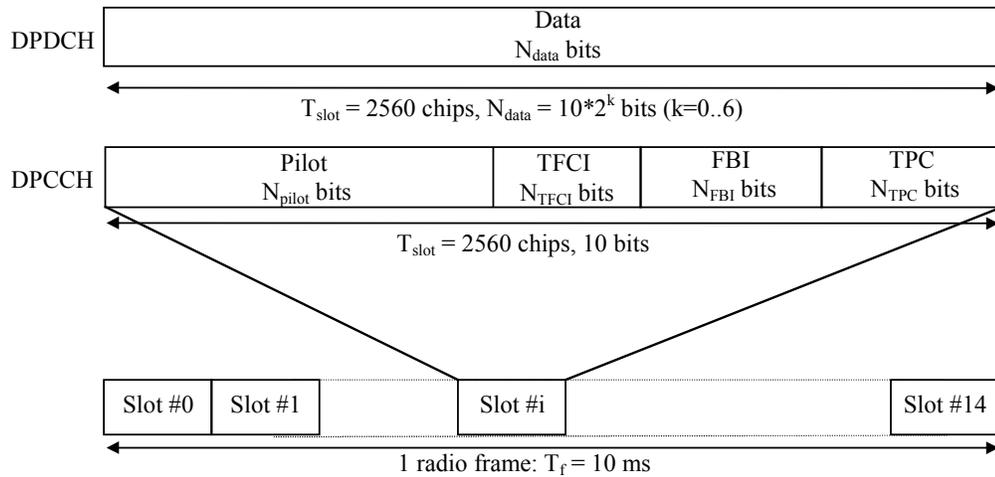


Figura 7. Estructura de la trama de los canales DPDCH y DPCCH. [10]

En la figura 7 se muestra la estructura de trama de los canales DPDCH y DPCCH. Cada radio trama tiene una longitud de 10ms divididos en 15 ranuras de tiempo o time ranuras de tiempo, cada uno con longitud de 2560 chips correspondiendo a un periodo de control de potencia. Ambos canales siempre se encuentran alineados por los tramas el uno con el otro. [10]

El parámetro  $k$  en la figura, determina el número de bits por ranura de tiempo de cada DPDCH en el enlace de subida, y éste depende del SF (Spreading Factor) El SF relacionado al DPDCH esta dentro de un rango de 256 a 4. El SF del DPCCH es siempre

igual a 256, es por ello que siempre hay 10 bits por ranura de tiempo en el enlace de subida del DPCCH. [10]

Tabla 3. Campos DPDCH. [10]

Formato de la ranura de tiempo #1	Velocidad de bit (kbps)	Velocidad de símbolo (ksps)	SF	Bits/ Frame	Bits/ Slot	$N_{data}$
0	15	15	256	150	10	10
1	30	30	128	300	20	20
2	60	60	64	600	40	40
3	120	120	32	1200	80	80
4	240	240	16	2400	160	160
5	480	480	8	4800	320	320
6	960	960	4	9600	640	640

En las tablas 3 y 4, se muestran los números exactos de bits por cada DPDCH y DPCCH en el enlace de subida, así como el formato de la ranura de tiempo el cual es determinado y reconfigurado por las capas superiores. Además, se muestran las velocidades de bit y de chip por canal.

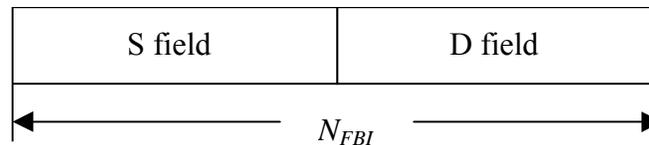


Figura 8. Detalles del campo FBI. [10]

En la figura 8 se muestran los detalles del campo FBI el cual es utilizado para ayudar a las técnicas requeridas para retroalimentación del equipo de usuario a la red UTRAN, incluyendo el modo de diversidad de transmisión de lazo cerrado y a la diversidad de transmisión de selección de sitio (SSDT) El campo S es usado para la señalización del SSDT mientras que el campo D, es utilizado para la señalización del

modo de diversidad de transmisión de lazo cerrado. El campo S consiste de 0,1 ó 2 bits de longitud, mientras que el campo D consiste de 0 ó 1 bit de longitud. [10]

Existen dos clases de canales físicos dedicados en el enlace de subida, aquellos que incluyen el TFCI (Muchos servicios simultáneos) y aquellos que no lo incluyen (aquellos servicios con diferentes velocidades) Esto se refleja en los renglones duplicados de la tabla 2. UTRAN debe determinar si el TFCI debe ser transmitido o no, y es obligatorio para el UE mantener el uso del TFCI en el enlace de subida. [10]

Tabla 4. Campos de DPCCH. [10]

Forma to de Slot #i	Velocidad de bit (kbps)	Velocidad de símbolo (ksps)	SF	Bits/ Frame	Bits/ Slot	N <sub>pilot</sub>	N <sub>TPC</sub>	N <sub>TFCI</sub>	N <sub>FBI</sub>	Número de slot transmitidos por cada trama
0	15	15	256	150	10	6	2	2	0	15
0A	15	15	256	150	10	5	2	3	0	10-14
0B	15	15	256	150	10	4	2	4	0	8-9
1	15	15	256	150	10	8	2	0	0	8-15
2	15	15	256	150	10	5	2	2	1	15
2A	15	15	256	150	10	4	2	3	1	10-14
2B	15	15	256	150	10	3	2	4	1	8-9
3	15	15	256	150	10	7	2	0	1	8-15
4	15	15	256	150	10	6	2	0	2	8-15
5	15	15	256	150	10	5	1	2	2	15
5A	15	15	256	150	10	4	1	3	2	10-14
5B	15	15	256	150	10	3	1	4	2	8-9

En el modo compreso, los formatos de la ranura de tiempo del DPCCH con el

TFCI son cambiados. Existen dos diferentes formatos de ranura de tiempo en el modo comprimido. Estos han sido rotulados como A y B y la selección entre ellos depende del número de ranuras de tiempo por trama transmitidos en el modo compreso. [10]

En las tablas 5 y 6 se muestra el patrón del bit piloto. La parte sombreada de las columnas pertenecen al FSW (palabra de sincronización de trama) utilizadas para confirmar la sincronización de la trama. (El valor del bit piloto que no sea FSW debe ser 1 lógico).

Tabla 5. Patrón para el bit piloto del DPCCH en el enlace de subida. [10]



Tabla 6. Patrón del bit piloto del DPCCH en el enlace de subida. [10]

Bit #	$N_{\text{pilot}} = 7$							$N_{\text{pilot}} = 8$							
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7
Slot #0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
2	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
3	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
4	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
7	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
8	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
11	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
12	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
13	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
14	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1

La relación entre el patrón de bit TPC y los comandos de control de potencia transmitida se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Patrón del bit TPC. [10]

TPC Bit Pattern		Transmitter power control command
$N_{\text{TPC}} = 1$	$N_{\text{TPC}} = 2$	
1	11	1
0	00	0

La operación multi-código es posible para los canales físicos dedicados en el enlace de subida. Esto significa que varios DPDCH son transmitidos de forma paralela usando diferentes códigos de canalización. Sin embargo, sólo existe un DPCCH por cada enlace de radio. [10]

La figura 9 muestra la estructura de trama del HS-DPCCH. El HS-DPCCH transporta señalización de retroalimentación en el enlace de subida relacionada con la transmisión del HS-DSCH en el enlace de bajada. Esta señalización de retroalimentación consiste en un aviso Hybrid-ARQ (HARQ-ACK) y un indicador de la calidad del canal. [10]

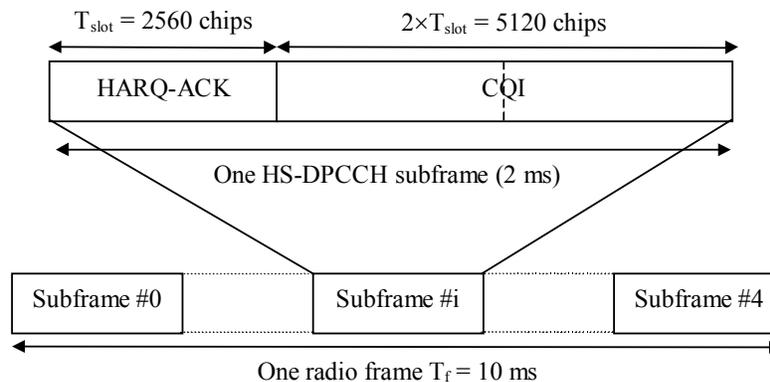


Figura 9. Estructura de trama del HS-DPCCH. [10]

Cada subtrama de duración de 2ms se divide en tres ranuras de tiempo de 2560 chips cada uno. El HARQ-ACK se transporta en el primer slot de cada subtrama del HS-DPCCH, y el CQI se transporta en el segundo y tercero respectivamente. Existe sólo un HS-DPCCH en cada enlace de radio. El HS-DPCCH sólo puede existir junto a un DPCCH en el enlace de subida. [10]

El SF del HS-DPCCH es 256, por lo tanto hay 10 bits por cada slot en el enlace de subida del canal. Los formatos de slot se muestran a continuación en la tabla 8. [10]

Tabla 8. Campos del HS-DPCCH. [10]

Formato de Slot #I	Velocidad de bit (kbps)	Velocidad de símbolo (ksps)	SF	Bits/ Sub trama	Bits/ Slot	Slots transmitidos por subtrama
0	15	15	25 6	30	10	3

### 3.2.2.1.2 Canales físicos comunes en el enlace de subida.

#### **PRACH (Physical Random Access Channel).**

El PRACH es usado para transportar el RACH (Random Access Channel). [10]

## Estructura en conjunto de la transmisión de acceso aleatorio.

El acceso aleatorio esta basado en la aproximación Slotted ALOHA con indicación de rápida adquisición. El UE (equipo de usuario) puede iniciar la transmisión de acceso aleatorio al comienzo de un número bien determinado de intervalos de tiempo, llamados ranuras de tiempo de acceso. Por cada dos tramas existen 15 ranuras de tiempo de acceso, los cuales se encuentran espaciados 5120 chips unos de otros, ver la figura 10. La información de cuales de los ranuras de tiempo de acceso están disponibles para la transmisión de acceso aleatorio, esta dada por las capas superiores. [10]

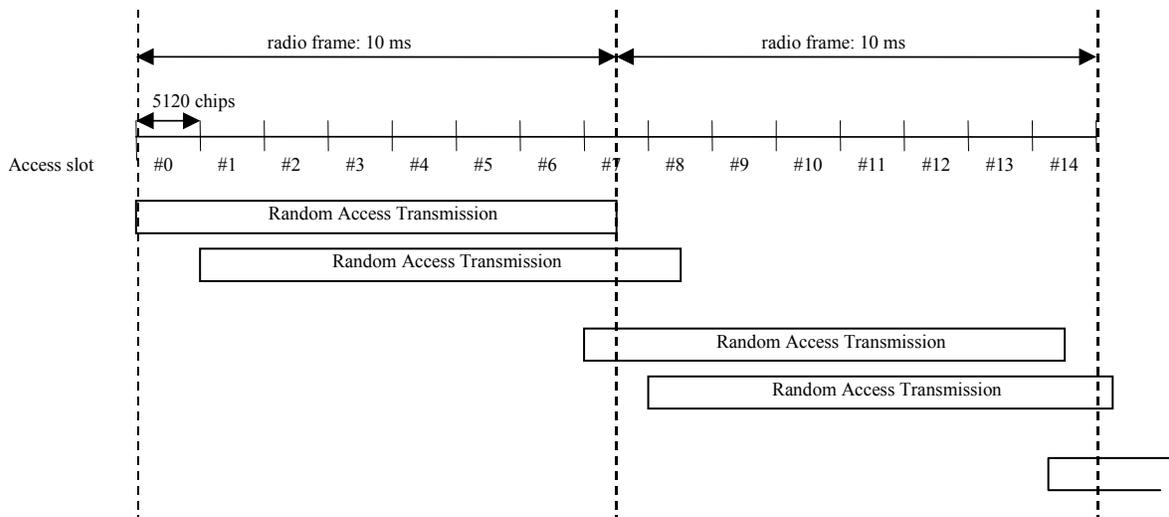


Figura 10. RACH número de ranuras de tiempo y su espaciamiento. [4]

La estructura de la transmisión de acceso aleatoria es mostrada en la figura 11. Consiste en uno o varios preámbulos de 4096 chips cada uno y de una parte de mensaje de 10 ms o 20 ms. [10]

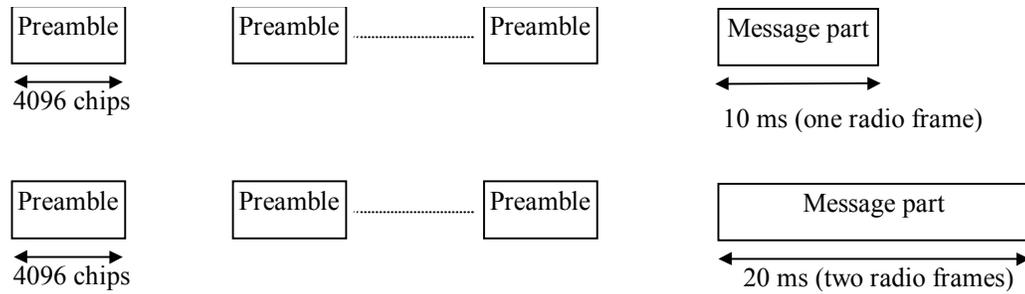


Figura 11. Estructura de la transmisión de acceso aleatorio. [10]

### Preámbulo del RACH.

La parte de preámbulo consiste de 4096 chips de longitud que contiene 256 repeticiones de una firma de 16 chips de longitud  $P_s(n)$ , de  $n=0\dots 15$  y se definen como sigue:

$$C_{\text{sig},s}(i) = P_s(i \text{ modulo } 16), i = 0, 1, \dots, 4095 \quad (4)$$

Las firmas  $P_s(n)$  se obtienen del juego de 16 códigos Hadamard de 16 chips de longitud. En la tabla 9 se muestran de manera completa. [10]

### Parte de mensaje de RACH.

La figura 12 muestra la estructura de la trama de radio de la parte de mensaje del acceso aleatorio. El trama de radio de 10 ms esta dividido en 15 time ranuras de tiempo de  $T_{\text{slot}} = 2560$  chips cada uno. Cada slot esta dividido a su vez en una parte de datos en la cual se mapea el canal de transporte RACH y una parte de control que transporta información de control de la capa uno. Ambas parte se transmiten en paralelo. Una parte de mensaje con

Tabla 9. Firmas de preámbulo. [10]

Preamble signature	Value of $n$															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P <sub>0</sub> (n)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P <sub>1</sub> (n)	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
P <sub>2</sub> (n)	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
P <sub>3</sub> (n)	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
P <sub>4</sub> (n)	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
P <sub>5</sub> (n)	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
P <sub>6</sub> (n)	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
P <sub>7</sub> (n)	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
P <sub>8</sub> (n)	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
P <sub>9</sub> (n)	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
P <sub>10</sub> (n)	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
P <sub>11</sub> (n)	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
P <sub>12</sub> (n)	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
P <sub>13</sub> (n)	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1
P <sub>14</sub> (n)	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
P <sub>15</sub> (n)	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1

duración de 10 ms consiste en una parte de mensaje de trama de radio, mientras que una parte de mensaje con duración de 20 ms consiste en dos partes de mensaje consecutivas de 10 ms. La longitud de la parte de mensaje depende del intervalo de tiempo de transmisión utilizado por el canal de transporte RACH usado. Esta longitud TTI es configurada por las capas superiores. [10]

La parte de datos consiste de  $10 \cdot 2^k$  bits, donde  $k=0,1,2,3$ . Esto corresponde a un SF de 256, 128, 64 y 32. [10]

La parte de control consiste en 8 bits pilotos conocidos que ayudan a la estimación de canal para la detección coherente y dos bits TFCI. Esto corresponde a un SF de 256 para la parte de control de la parte mensaje. El número total de TFCI en el mensaje de acceso

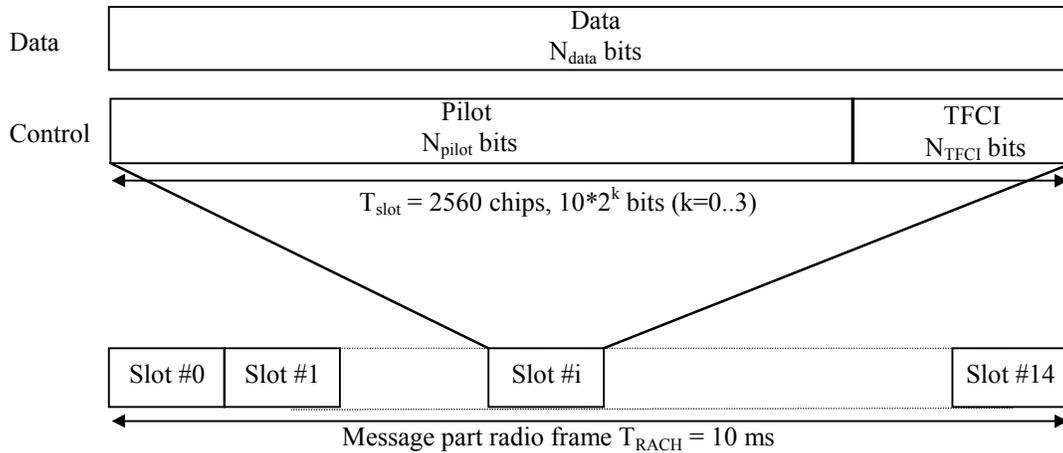


Figura 12. Estructura de la parte de mensaje del acceso aleatorio. [10]

aleatorio es 30. El TFCI de un radio trama indica el formato de transporte del canal de RACH el cual es mapeado en la simultáneamente transmitida parte de mensaje. En el caso de una parte de mensaje de 20 ms, el TFCI se repite en el segundo radio trama. [10]

### PCPCH (Physical Common Packet Channel).

El PCPCH es usado para transportar el CPCH. [10]

### Transmisión CPCH.

La transmisión CPCH se basa en la aproximación DSMA-CD (Digital Sense Multiple Access-Collision Detection) con indicación de adquisición rápida. El UE puede comenzar a transmitir al principio de un número bien definido de intervalos de tiempo, los cuales son relativos a la frontera de la trama del BCH recibido de la célula actual. El tiempo y la estructura de los ranuras de tiempo de acceso son idénticos al RACH de las secciones

anteriores. La estructura de la transmisión de acceso CPCH se muestra en la figura 13. [10]

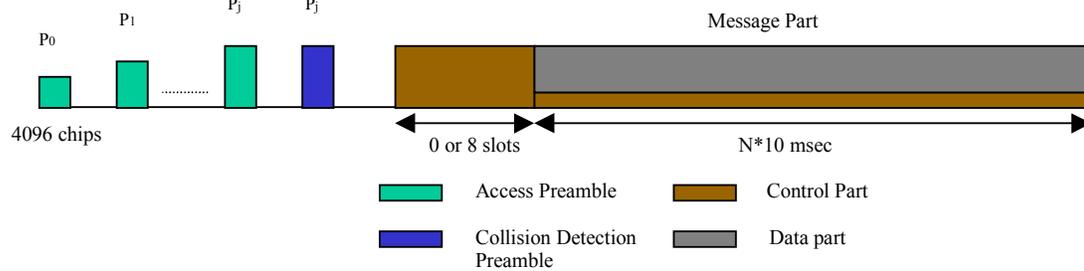


Figura 13. Estructura de la transmisión de acceso CPCH. [10]

La estructura de la transmisión de acceso CPCH consiste de uno o varios preámbulos de acceso [A-P] de una longitud de 4096 chips, de un preámbulo de detección de colisión (CD-P) de 4096 chips de longitud, de un preámbulo de control de potencia del DPCCH (PC-P) el cual puede ser de 0 u 8 ranuras de tiempo de longitud y por último de una parte de mensaje que puede ser de  $N \times 10$  ms. [10]

### CPCH: Preámbulo de acceso.

El preámbulo de acceso es similar al utilizado en el RACH, es decir, las secuencias de firmas de preámbulo del RACH son utilizadas, aunque el número de secuencias utilizadas puede ser menor en el caso del preámbulo de acceso CPCH. [10]

### CPCH: Preámbulo de detección de colisión.

El preámbulo de acceso es similar al utilizado en el RACH, es decir, las secuencias de firmas de preámbulo del RACH son utilizadas, aunque el número de secuencias utilizadas puede ser menor en el caso del preámbulo de acceso CPCH. [10]

### **CPCH: Preámbulo de control de potencia.**

El control de potencia del CPCH es llamado parte CPCH PC-P. El formato del slot de la parte CPCH PC-P es el mismo que el mostrado en la tabla 10 para la parte de mensaje. La longitud de la parte del control de potencia, es el parámetro de capa más grande,  $L_{pc\_preamble}$ , el cual debe estar entre 0 y 8 ranuras de tiempo. [10]

### **CPCH: Parte de mensaje.**

La figura 7 muestra la estructura de la parte de mensaje del CPCH. Cada mensaje consiste de más de  $N\_MAX\_FRAMES$  con duración de 10 ms cada uno.  $N\_MAX\_FRAME$  es el parámetro más grande de capa. Cada radio trama de 10 ms se encuentra dividido en 15 time ranuras de tiempo con una longitud de  $T_{slot} = 2560$  chips, y a su vez, cada slot se encuentra dividido en una parte de datos y otra de control. La parte de datos transporta información de las capas superiores y la parte de control transporta información de la capa uno. Las partes de control y de datos se transmiten de forma paralela. [10]

La tabla 3 también se aplica para la parte de datos de la parte de mensaje del

CPCH. El valor del SF de la parte de control debe ser 256, la tabla 10 describe los formatos del slot para ésta parte. El patrón para los bits piloto del CPCH es el mismo que el mostrado en la tabla 5.

Tabla 10. Formato de slot para la parte de control de la parte de mensaje del CPCH. [10]

Formato de Slot #i	Velocidad de bit (kbps)	Velocidad de símbolo (ksps)	SF	Bits/ Frame	Bits/ Slot	$N_{pilot}$	$N_{TPC}$	$N_{TFC}$ <sub>i</sub>	$N_{FBI}$
0	15	15	256	150	10	6	2	2	0
1	15	15	256	150	10	5	2	2	1

La figura 14 muestra la estructura de trama del PCPCH (Common Packet Physical Channel) Cada uno de los tramas de 10 ms se encuentra dividido en 15 time ranuras de tiempo con una longitud de 2560 chips, lo que corresponde a un periodo en el control de potencia.

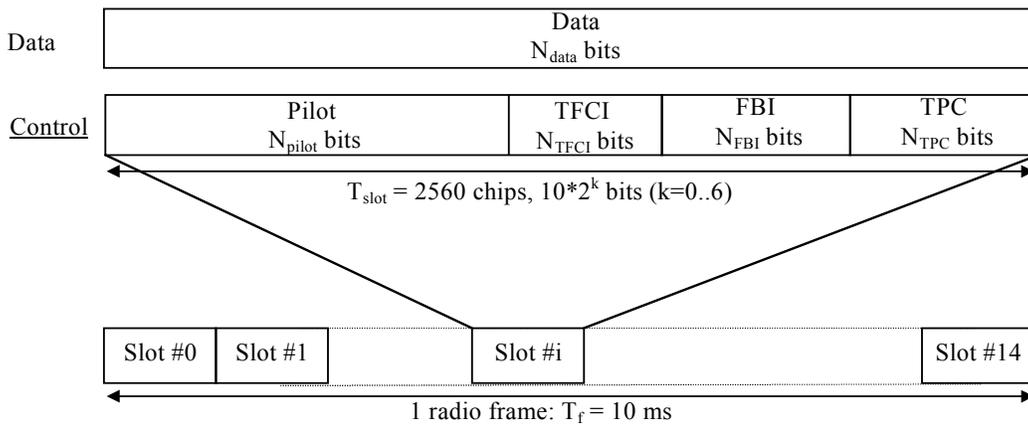


Figura 14. Estructura de trama de las partes de control y datos en el enlace de subida asociadas con el PCPCH. [10]

La parte de datos consiste de  $10 \cdot 2^k$  bits, donde  $k=0,1,2,3,4,5,6$ . con un SF de 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 respectivamente. [10]

### 3.2.2.2 Canales físicos en el enlace de bajada.

### 3.2.2.2.1 Canales físicos dedicados en el enlace de bajada.

Solo existe un canal físico dedicado en el enlace de bajada, el DPCH (Downlink Dedicated Physical Channel) [10]

Dentro de un solo DPCH, los datos generados por la capa 2 y superiores, por ejemplo, los canales de transporte dedicados, son transmitidos por multiplexado en tiempo con información de control generada por la capa 1 (bits pilotos, comandos TPC y TFCI opcionales) El DPCH puede ser visto entonces como un multiplexado en tiempo de los canales DPDCH y DPCCH en el enlace de bajada. [10]

La figura 15 muestra la estructura de la trama del DPCH. Cada radio trama de 10 ms esta dividido en 15 ranuras de tiempo de 2560 chips de longitud cada uno, correspondiendo a un periodo en el control de potencia. [10]

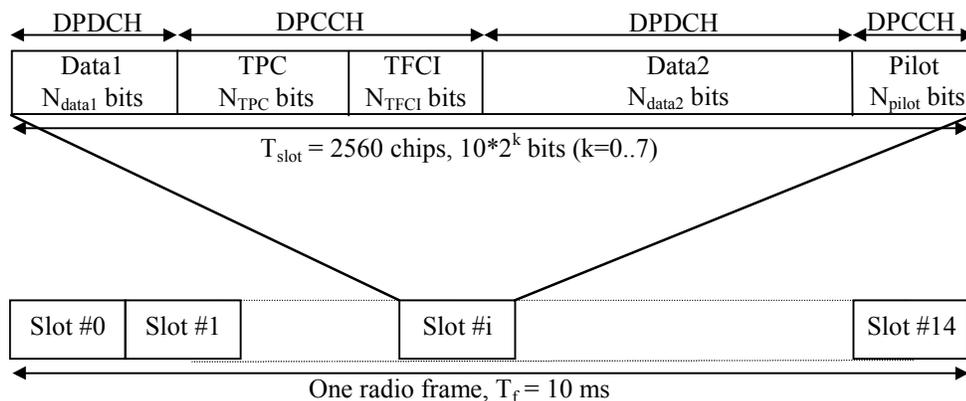


Figura 15. Estructura de trama del canal DPCH en el enlace de bajada. [10]

El parámetro k de la figura 15 determina el número de bits por slot en el canal

DPCH en el enlace de bajada, éste depende del SF (Spreading Factor) del canal físico siendo  $SF = 512/2^k$ . El SF debe estar por tanto entre un rango de 256 a 4. [10]

El número exacto de bits para los diferentes campos del Downlink DPCH se muestran en la tabla 8. Los formatos de transporte que deben utilizar cada slot son configurados y reconfigurados por las capas superiores. [10]

Existen dos clases de canales físicos dedicados en el enlace de bajada, aquellos que incluyen el TFCI (Muchos servicios simultáneos) y aquellos que no lo incluyen (aquellos servicios con diferentes velocidades) Esto se refleja en los renglones duplicados de la tabla 11. UTRAN debe determinar si el TFCI debe ser transmitido o no, y es obligatorio para el UE mantener el uso del TFCI en el enlace de subida. [10]

En una trama comprimida, diferentes formatos de slot son utilizados para compararlos con el modo normal. Existen dos clases de formatos de slot etiquetados como A y B. El formato de slot B se utiliza cuando las tramas son comprimidas por reducción en el SF y los formatos de slot A son utilizados cuando las tramas son comprimidas por perforación o por una planeación de las capas superiores. [10]

La relación entre los símbolos TPC y los comandos de control de potencia transmitida se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Patrón de los bits TPC. [10]

TPC Bit Pattern			Transmitter power control command
$N_{TPC} = 2$	$N_{TPC} = 4$	$N_{TPC} = 8$	
11	1111	11111111	1
00	0000	00000000	0

La transmisión multi-código puede ser utilizada en el enlace de bajada, por ejemplo, el CCTrCH puede ser mapeado en muchos DPCHs paralelos en el enlace de bajada utilizando el mismo SF. En este caso la información de control de la capa 1 es transmitida sólo en el primer DPCH. Los bits DTX son transmitidos en el periodo de tiempo correspondiente a los DPCHs adicionales en el enlace de bajada, ver figura 10. [10]

En el caso de que haya muchos CCTrCH mapeados en muchos DPCHs transmitidos al mismo UE, se deben usar diferentes SF para los DPCHs en los cuales sean diferentes los CCTrCH sean mapeados. Es este caso, la información de control generada por la capa uno es transmitida en el primer DPCH. Los bits DTX son transmitidos en el periodo de tiempo correspondiente a los DPCHs adicionales. [10]

### **3.2.2.2.2 Canales físicos comunes en el enlace de bajada.**

#### **CPICH (Common Pilot Channel)**

El CPICH es un canal físico en el enlace de bajada con una velocidad de 30 kbps y un SF=256 que transporta una secuencia predefinida de bits. [10]

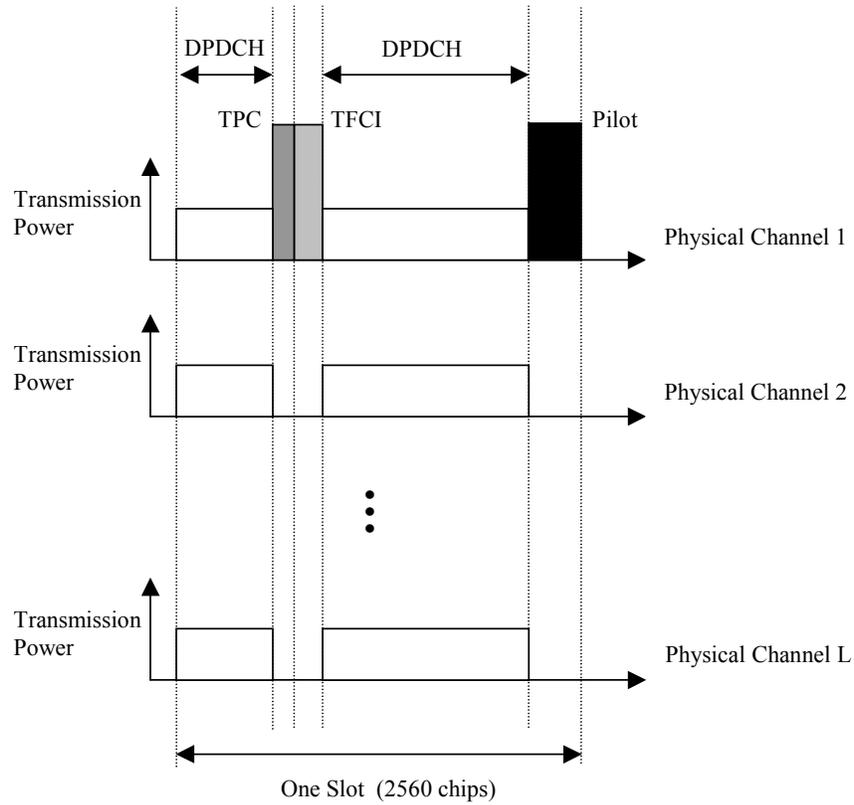


Figura 16. Formato del slot para el enlace de bajada en el caso de una transmisión multi-código. [10]

La figura 17 muestra la estructura de trama del CPICH.

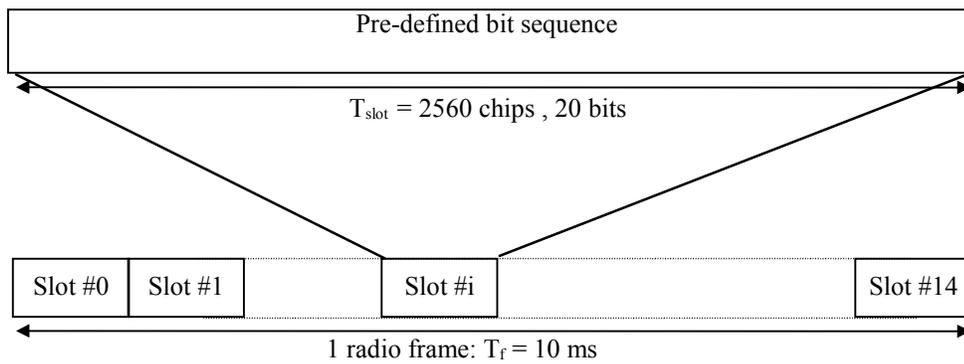


Figura 17. Estructura de trama del CPICH. [10]

En el caso de que se utilice la diversidad de transmisión (de lazo abierto o lazo

cerrado) en todos los canales del enlace de bajada de la célula, se debe transmitir el CPICH en ambas antenas con el mismo código de canalización y revoltura. En este caso, la secuencia e bits predefinida para la antena uno y dos es como se muestra en la figura 18. En el caso de que no haya diversidad de transmisión, la secuencia predefinida de bits es como se muestra para la antena uno. [10]

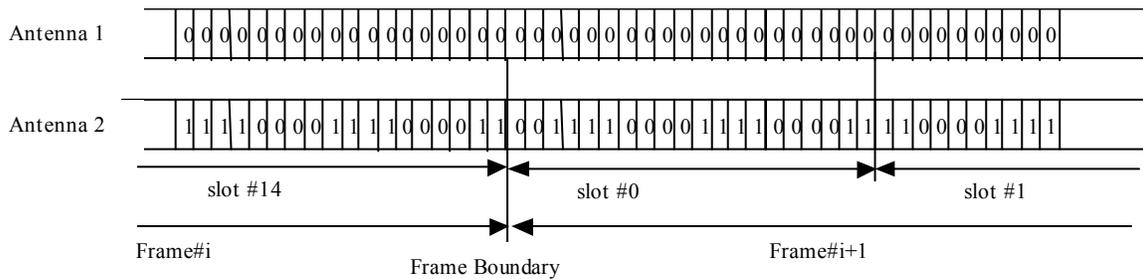


Figura 18. Patrón de modulación del CPICH. [10]

Existen dos clases de canales piloto, el canal piloto primario y el secundario. Ambos difieren en su uso y en algunas limitaciones en sus características.

### **Canal piloto común primario (P-CPICH).**

El canal piloto común primario tiene las siguientes características según [10]:

- El mismo código de canalización es utilizado por el P-CPICH.
- El P-CPICH utiliza el código de scrambling primario para realizar la revoltura.
- Sólo existe un C-CPICH por célula.
- El P-CPICH es transmitido a la célula entera.

El P-CPICH es referencia de fase para los siguientes canales en el enlace de bajada: SCH, CCPCH primario, AICH, PICH AP-AICH, CD/CA-ICH, CSICH, DL-DPCCH para CPCH y el S-CCPCH. Además este canal también es referencia de fase para el Downlink DPCH y cualquiera asociado con PDSCH, HS-PDSCH y HS-SCCH. El UE es informado por señalizaciones de las capas superiores acerca de que sí el P-CPICH es referencia de fase o no para el Downlink DPCH y los asociados a éste. [10]

El P-CPICH es siempre una referencia de fase para un canal físico en el enlace de bajada mediante la diversidad de transmisión de lazo cerrado. [10]

### **Canal piloto común secundario (S-CPICH).**

A continuación se enlistan algunas de las características de S-CPICH según [10].

- Se utilizan códigos de canalización arbitrarios con un SF=256.
- Para realizar el proceso de revolutura, el S-CPICH utiliza los códigos de scrambling tanto primarios como secundarios.
- Puede haber 0, 1 o muchos S-CPICHs por célula.
- El S-CPICH se puede transmitir a toda la célula o a sólo una parte de ella.

El S-CPICH puede ser una referencia de fase para el Downlink DPCH. En este caso, el UE debe ser informado por señalización de las capas superiores. [10]

El S-CPICH puede ser referencia de fase para los canales físicos en el enlace de

bajada usando la diversidad de transmisión de lazo abierto. [10]

Cabe mencionar que puede que ninguno de los dos CPICH sea referencia de fase para el DPCH. [10]

La tabla 12 resume las diferentes referencias de fase usadas por los diferentes canales físicos en el enlace de bajada.

### Canal físico de control común primario (P-CCPCH).

El P-CCPCH es un canal físico en el enlace de bajada con una velocidad de 30 Kbps y un SF=256 que se utiliza para transportar el canal de transporte BCH.

Tabla 12. Aplicación de la referencia de fase de los diversos tipos de canales físicos en el enlace de bajada.  
"X" – aplica "–" – no aplica. [10]

Physical channel type	Primary-CPICH	Secondary-CPICH	Dedicated pilot
P-CCPCH	X	–	–
SCH	X	–	–
S-CCPCH	X	–	–
DPCH	X	X	X
PICH	X	–	–
PDSCH*	X	X	X
HS-PDSCH*	X	X	X
HS-SCCH*	X	X	X
AICH	X	–	–
CSICH	X	–	–
DL-DPCCH for CPCH	X	–	–

La figura 19 muestra la estructura de trama del CCPCH primario. Este canal se diferencia del DPCH en el hecho de que los bits TPC, TFCI y piloto no son transmitidos.

El P-CCPCH no es transmitido durante los primeros 256 chips de cada slot, mientras que

los SCH primario y secundario si lo hacen durante este periodo. [10]

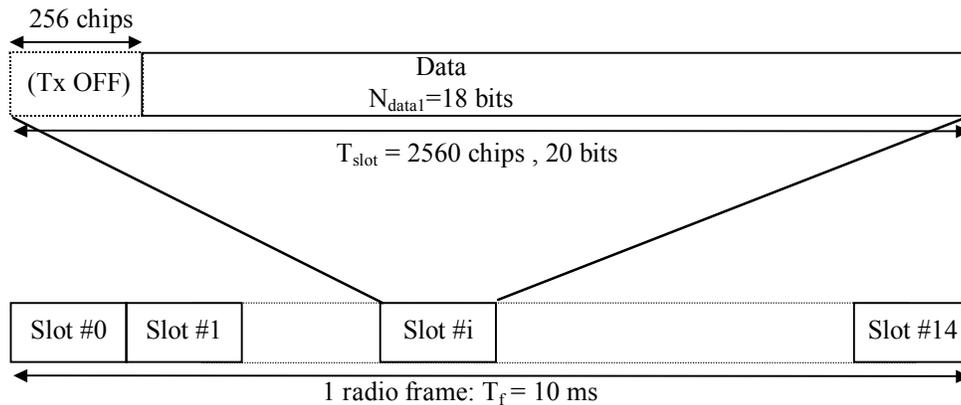


Figura 19. Estructura de trama del P-CCPCH. [10]

Se puede presentar una codificación STTD (Space Time Transmit Diversity) del P-CCPCH, esto es, que los dos últimos bits de datos de un slot son codificados junto con los dos primeros bits de datos del siguiente slot, excepto en el slot 14 en donde los dos últimos bits no son codificados y en lugar de esto, son transmitidos con la misma potencia por las dos antenas. La presencia o ausencia de esta codificación se indica por la modulación del SCH. En el caso de un proceso de Hand-over, el UE puede saber de la codificación STTD demodulando el SCH o mediante indicaciones de las capas superiores, ver figura 20. [10]

### Canal físico de control común secundario (S-CCPCH).

El S-CCPCH se utiliza para transportar el FACH y el PCH. Existen dos clases de S-CCPCH: aquellos que incluyen el TFCI y los que no. Es la red de UTRAN quien decide si se debe transmitir un TFCI o no, sin embargo, es obligación del UE estar preparado

para el uso de éstos. Las posible velocidades para el S-CCPCH son las misma que para el DPCH. [10]. La estructura de trama es mostrada en la figura 21.

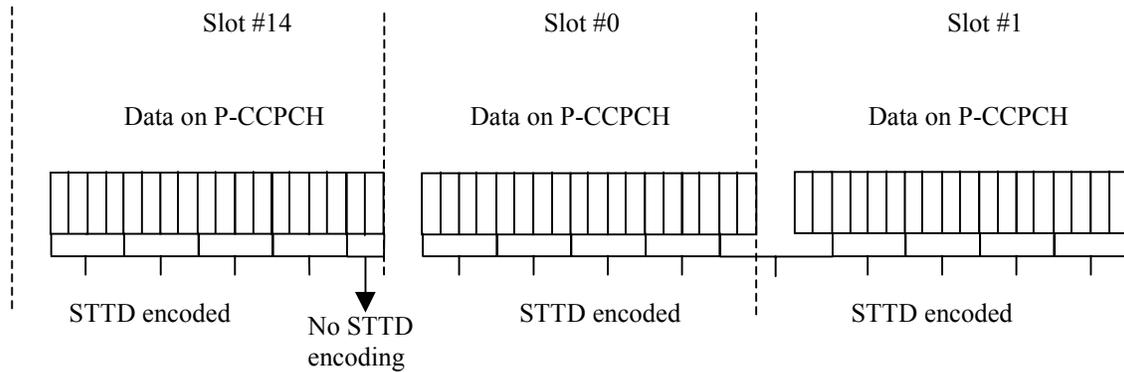


Figura 20. Codificación STTD para los bits de datos del P-CCPCH. [10]

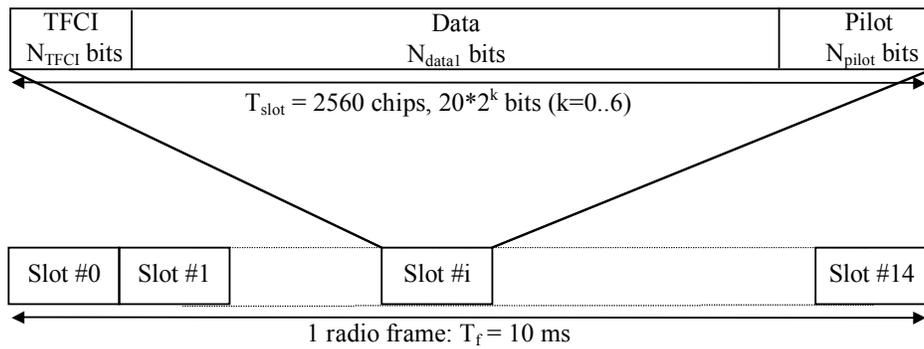


Figura 21. Estructura de trama del S-CCPCH. [10]

El parámetro  $k$  mostrado en la figura 21 determina el número total de bits para el S-CCPCH en el enlace de bajada, este parámetro depende de SF del canal físico estando en el rango de 256 a 4. [10]

Los canales FACH y PCH pueden estar mapeados en el mismo o diferentes canales S-CCPCHs. En el caso de que los dos estén mapeados en el mismo S-CCPCH,

ellos pueden estar mapeados en el mismo trama. [10]

La diferencia entre el CCPCH y el canal físico dedicado (DPCH) es que el CCPCH no está controlado en potencia por lazo interno. La principal diferencia entre el CCPCH primario y secundario es que el P-CCPCH sólo puede tener una combinación de formato de transporte predefinida para el BCH mapeado en él, mientras que el S-CCPCH puede soportar varias combinaciones en el formato de transporte mediante el TFCI. [10]

En el caso de que UTRAN presente una antena con diversidad espacial y el S-CCPCH deba ser transmitido con una diversidad de transmisión de lazo abierto, los bits de datos y los TFCI deben ser codificados como se explicó anteriormente. [10]

### **Canal de sincronía (SCH).**

El canal de sincronía es una señal en el enlace de bajada utilizada para la búsqueda de células. El canal de sincronía consiste de dos sub-canales, el SCH primario y secundario. El trama de 10 ms del SCH primario y secundario se encuentra dividido en 15 ranuras de tiempo de 2560 chips de longitud cada uno. La figura 22 muestra la estructura del radio trama del SCH. [10]

El SCH primario es un código modulado de longitud de 256 chips, el código de sincronización primario (PSC) denotado como  $c_p$  en la figura 22, se transmite una vez cada slot. El PSC es el mismo para cada célula en el sistema. [10]

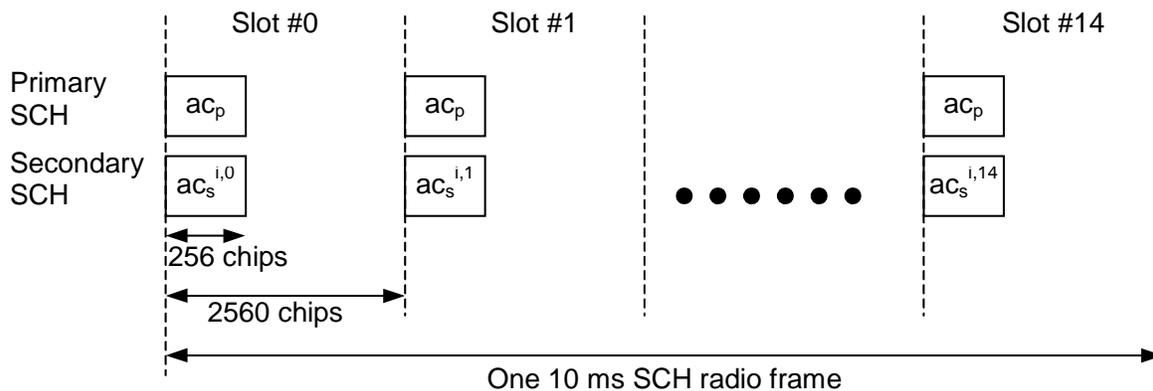


Figura 22. Estructura del trama del SCH. [10]

El SCH secundario consiste de una serie de secuencias de longitud de 15, de códigos modulados de longitud de 256 chips que se transmiten repetidamente. Los códigos de sincronización secundarios se transmiten de manera paralela al SCH primario. El SSC es denotado por  $c_s^{i,k}$  en la figura 16, donde  $i = 0, 1, \dots, 63$  es el número del grupo de códigos de scrambling y  $k = 0, 1, \dots, 14$  es el número de slot. Cada SSC es escogido de un grupo de 16 códigos diferentes de longitud de 256 chips cada uno. Esta secuencia en el SCH secundario sirve para determinar a que grupo de códigos pertenecen los códigos de scrambling de la célula. [10]

Los códigos de sincronía primarios y secundarios son modulados por el símbolo  $a$  de la figura 22, el cual indica la presencia o la ausencia de la codificación STTD en el P-CCPCH como se muestra en la tabla 13. [10]

Tabla 13. Posibles estados del símbolo a. [10]

P-CCPCH STTD encoded	a = +1
P-CCPCH not STTD encoded	a = -1

En la figura 23 se muestra la estructura de la transmisión del SCH mediante el esquema TSTD (Time Switched Transmit Diversity) Como se puede observar, los PSC y SSC se transmiten por la antena 1 en los ranuras de tiempo con número par, mientras que se transmiten con la antena 2 en los ranuras de tiempo con número impar.

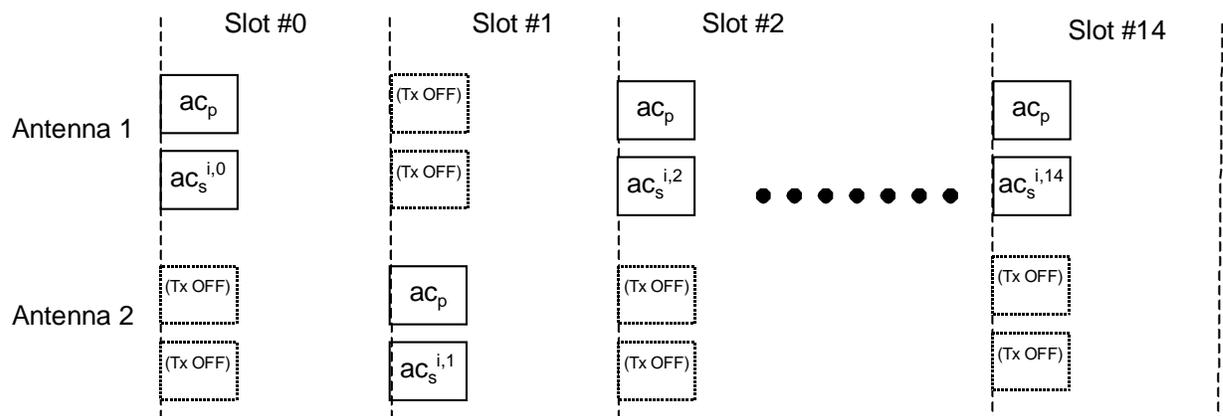


Figura 23. Estructura de la transmisión del SCH en el esquema de TSTD. [10]

### Canales físicos compartidos en el enlace de bajada (PDSCH).

Los canales físicos compartidos en el enlace de bajada (PDSCH) son utilizados para transportar los DSCH. [10]

Un PDSCH corresponde a un código de canalización menor o a un código de canalización de raíz PDSCH. Un PDSCH es asignado a un sólo UE mediante un radio trama. Dentro de un radio trama, UTRAN puede asignar diferentes PDSCHs (bajo el mismo código de canalización de raíz PDSCH) a diferentes usuarios usando el multiplexado por código. Un código de canalización de raíz PDSCH se refiere a un código con el SF más pequeño usado por un UE en el PDSCH. Dentro de un mismo radio trama, múltiples PDSCHs con el mismo SF pueden ser asignados al mismo UE. Este es un caso especial de la transmisión multi-código. Todos los PDSCH son operados con la sincronización de radio trama. [10]

PDSCHs asignados al mismo UE mediante diferentes radio tramas deben tener diferente SF. [10]

La estructura del trama y del slot del PDSCH se muestra en la figura 24.

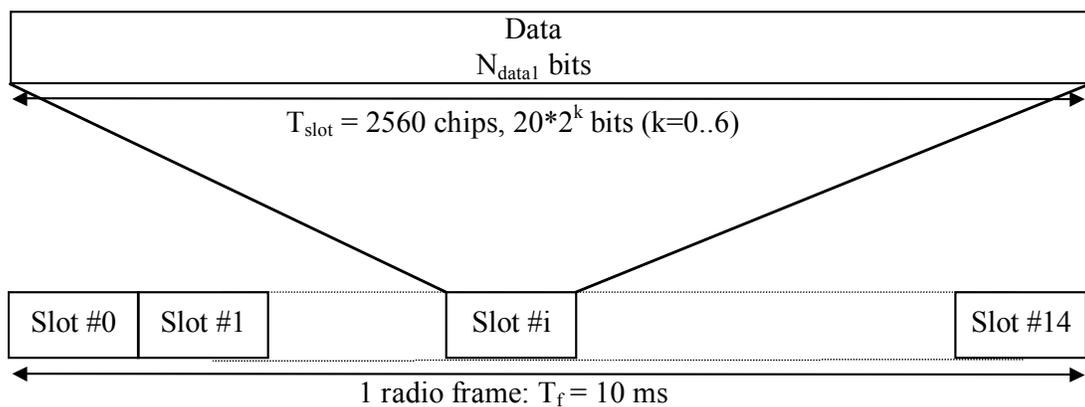


Figura 24. Estructura del trama y slot para el PDSCH. [10]

Para cada radio trama, cada PDSCH esta asociado con un DPCH en el enlace de bajada. El PDSCH y su asociado DPCH no necesariamente deben tener el mismo SF ni deben presentar una alineación de trama. [10]

La información de control relevante de la capa 1 se transporta en el DPCCH del DPCH, es decir, ninguna información de la capa 1 se transporta por el PDSCH. Por ejemplo, para notificar al UE que existen datos para decodificar en el DSCH, el campo TFCI del DPCH debe ser utilizado. [10]

El TFCI informa al equipo de usuario (UE) acerca del parámetro del formato de transporte relacionado con el PDSCH, así como de los códigos de canalización utilizados por el mismo. [10]

El SF permitido para el PDSCH esta entre un rango de 256 a 4. [10]

En la tabla 14 se presentan las velocidades de trama y de símbolo para el PDSCH.

Tabla 14. Campos del PDSCH. [10]

<b>Slot format #I</b>	<b>Channel Bit Rate (kbps)</b>	<b>Channel Symbol Rate (ksps)</b>	<b>SF</b>	<b>Bits/ Frame</b>	<b>Bits/ Slot</b>	<b>Ndata1</b>
0	30	15	256	300	20	20
1	60	30	128	600	40	40
2	120	60	64	1200	80	80
3	240	120	32	2400	160	160
4	480	240	16	4800	320	320
5	960	480	8	9600	640	640
6	1920	960	4	19200	1280	1280

Cuando la diversidad de transmisión de lazo abierto se aplica al PDSCH, la codificación de STTD es usada para los bits de datos. Cuando la diversidad de transmisión de lazo cerrado es utilizada en el asociado DPCH, también se debe usar en el PDSCH.

### 3.2.3 Canal Indicador de adquisición (AICH).

El canal indicador de adquisición es un canal físico que se utiliza para transportar al indicador de adquisición (AI), su velocidad es fija, su SF es igual a 256 y su referencia de fase es el CPICH primario. En la figura 25 se muestra la estructura del AICH. El indicador  $AI_s$  corresponde a la firma  $s$  del PRACH. [10]

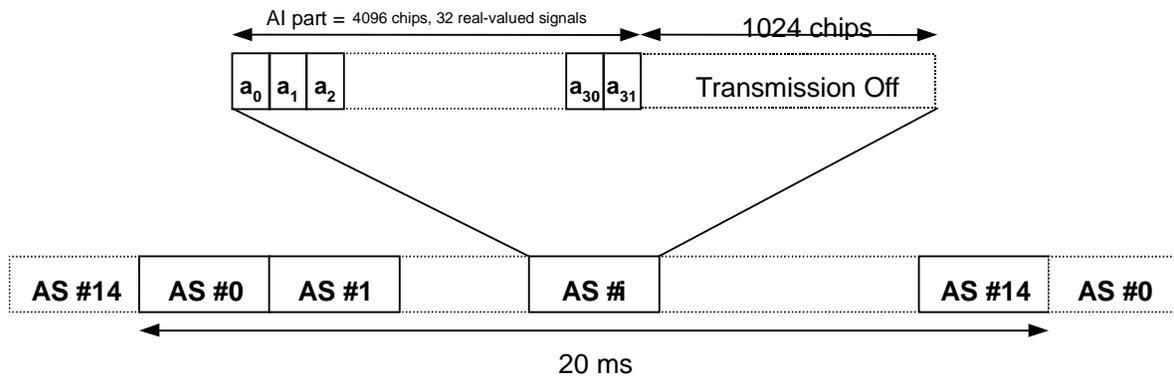


Figura 25. Estructura del AICH. [10]

### Canal Indicador de voceo (PICH).

El canal indicador de voceo es un canal físico de velocidad fija y con un SF igual a 256, que se utiliza para transportar el indicador de voceo. El PICH esta asociado con el S-

CCPCH para el cual el canal de transporte PCH es mapeado. [10]

La figura 26 muestra la estructura de trama del PICH. Cada radio trama de 10 ms consiste de 300 bits ( $b_0, b_1, \dots, b_{299}$ ). De éstos, 288 ( $b_0, b_1, \dots, b_{287}$ ) son utilizados para transportar indicadores de voceo. Los 12 restantes son utilizados para la parte formal del PICH y no deben ser transmitidos (DTX). La parte del trama que no transmite se guarda para un uso futuro. [10]

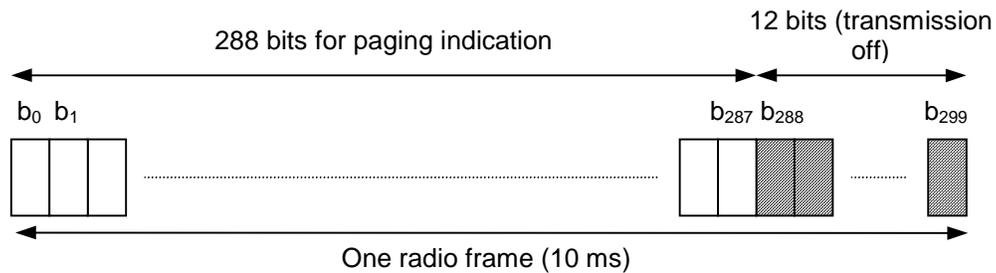


Figura 26. Estructura del PICH. [10]

### 3.2.4 Canal de control compartido (HS-SCCH).

El HS-SCCH es un canal físico en el enlace de bajada con un velocidad de 60 Kbps y un SF de 128, el cual es porta señalización del enlace de bajada relacionada con la transmisión del HS-DSCH. La figura 27 ilustra la estructura de sub-trama del HS-SCCH. [10]

### Canal físico compartido en el enlace de bajada de alta velocidad (HS-PDSCH).

El HS-PDSCH es usado para transportar al HS-DSCH. El HS-PDSCH corresponde a un código de canalización con un SF=16 de un juego de códigos de canalización reservados para la transmisión del HS-DSCH. La transmisión multi-código esta permitida. [10]

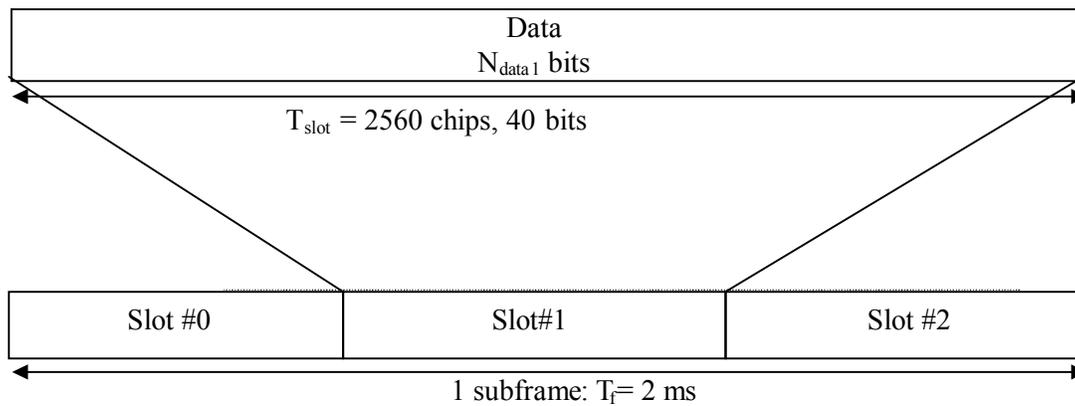


Figura 27. Estructura del sub-trama del HS-SCCH. [10]

La estructura del sub-trama del HS-PDSCH se muestra en la figura 22.

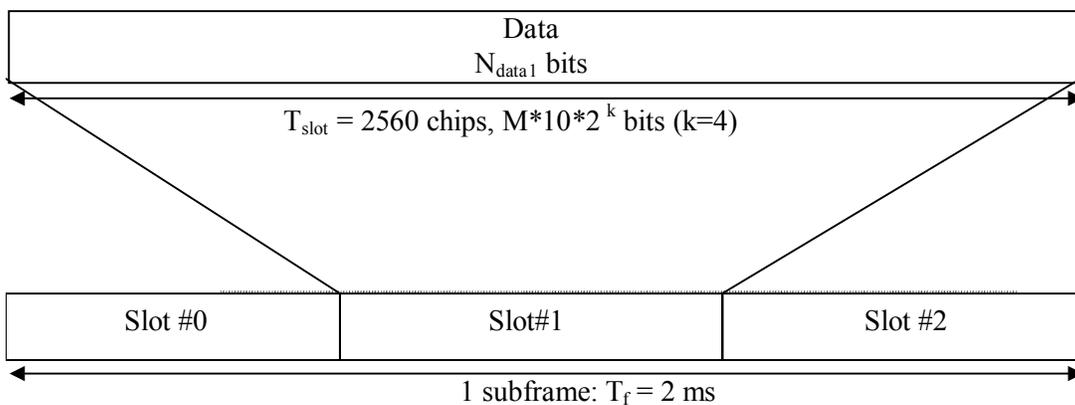


Figura 28. Estructura del sub-trama del HS-PDSCH. [10]

El HS-PDSCH utiliza símbolos de modulación en QPSK o 16QAM. En la figura 28, la letra M representa el número de bits por símbolo de modulación, por ejemplo  $M=2$

para QPSK y M=4 para 16 QAM. Los formatos por slot se muestran en la tabla 15. [10]

La información importante de capa 1 es transmitida por el asociado HS-SCCH, es decir, que ninguna información se transmite por el HS-PDSCH. [10]

Tabla 15. Campos HS-PDSCH [10]

Formato del slot #i	Velocidad de bit (kbps)	Velocidad de símbolo (ksps)	SF	Bits/ HS-DSCH subframe	Bits/ Slot	N dato
0(QPSK)	480	240	16	960	320	320
1(16QAM)	960	240	16	1920	640	640

### 3.3 Mapeo y asociación de los canales físicos.

#### 3.3.1 Mapeo de los canales de transporte en los canales físicos.

La figura 29 ilustra el mapeo de los canales de transporte en los canales físicos.

Los canales DCHs son codificados y multiplexados, enseguida la trama de datos es mapeada en los canales físicos. El BCH y del FACH/PCH son de la misma manera, después de la codificación y el interleaving mapeados en los canales CCPCH primario y secundario respectivamente. Por último el RACH después de haber pasado por la codificación y el interleaving, es mapeado en los canales físicos, en este caso, en la parte de mensaje del PRACH. [10]

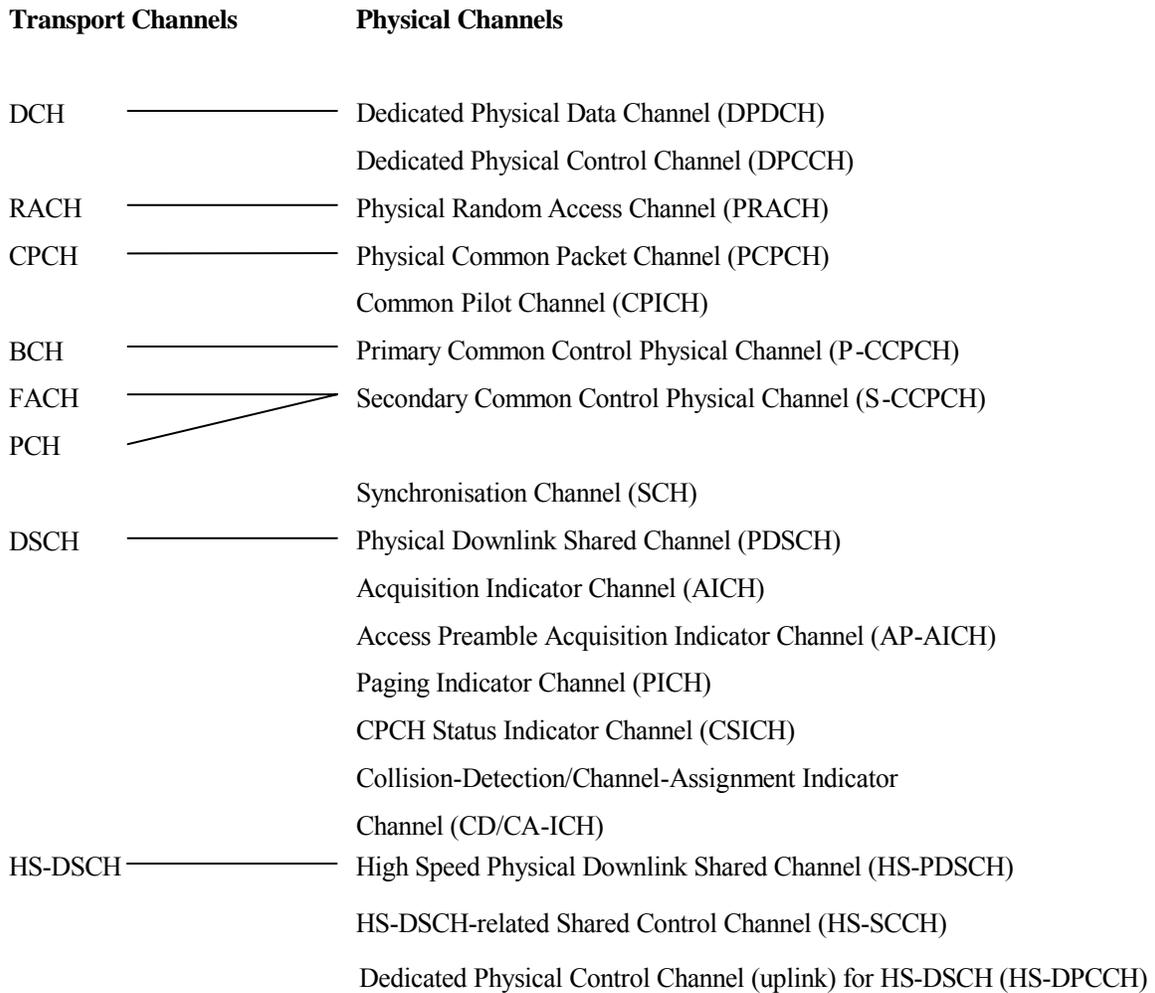


Figura 29. Mapeo de los canales de transporte en los canales físicos. [10]

### 3.3.2 Asociación de los canales físicos y de las señales físicas.

La figura 30 muestra la asociación de los canales físicos y las señales físicas.

## Physical Signals

## Physical Channels

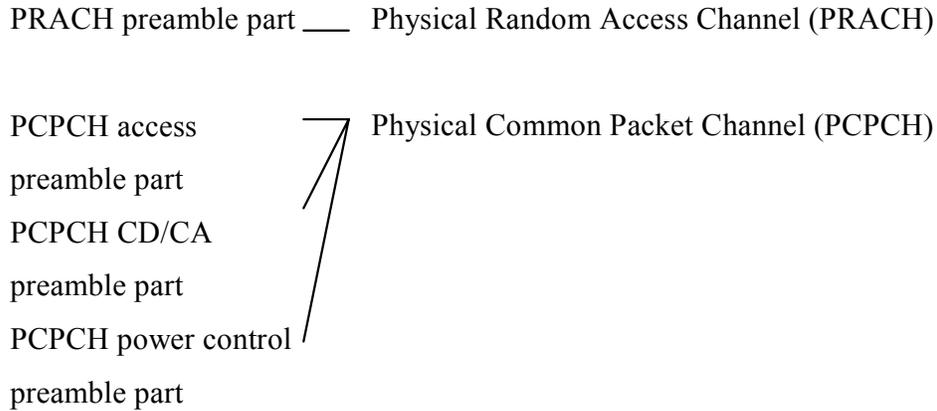


Figura 30. Asociación de los canales físicos y de las señales físicas. [10]

### **3.4 Tiempo relacionado entre los canales físicos.**

El P-CCPCH por el cual se transmite el SFN (Número de trama del sistema) es usado como referencia de tiempo para los canales físicos, directamente para el enlace de bajada e indirectamente para el enlace de subida. [10]

En la figura 31 se muestra el tiempo de trama de los canales físicos en el enlace de bajada, el tiempo en los canales físicos en el enlace de subida depende del recibido en el enlace de bajada. En la siguiente figura también se muestra el tiempo del slot de acceso del AICH. [10]

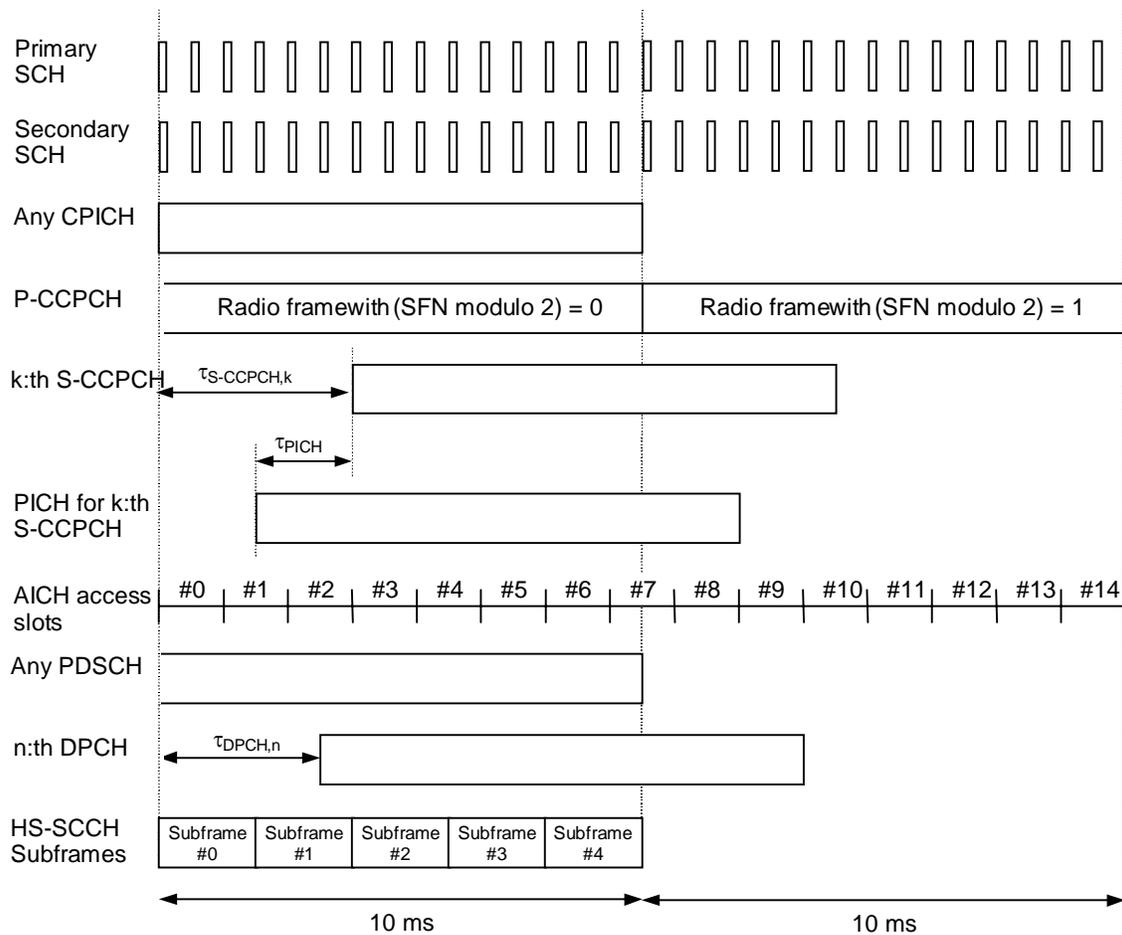


Figura 31. Tiempo de trama de los canales físicos en el enlace de bajada. [10]

De la siguiente figura se pueden observar lo siguiente:

- El SCH (primario y secundario) el P-CCPCH, el CPICH (primario y secundario) y el PDSCH tienen el mismo tiempo de trama.
- El S-CCPCH tiene diferentes tiempos de trama para diferentes S-CCPCHs, pero el offset con respecto al tiempo de trama del P-CCPCH es siempre múltiplo de 256 chips.
- El tiempo de trama del PICH es de  $\tau_{PICH} = 7680$  chips antes de su

correspondiente S-CCPCH tiempo de trama.

- El tiempo de trama del DPCH es diferente para los diferentes DPCHs.

### **3.5 Capa MAC (Medium Access Control)**

La capa MAC en UTRAN puede tener diferentes funcionalidades dependiendo si se esta en el modo FDD, TDD o ambos. Una función es algo que un protocolo realiza por sí mismo, para esto, necesita la ayuda de los servicios ofrecidos por las capa inferiores. Un servicio es algo que es provisto a las capas superiores como resultado de las propias funciones del protocolo en sí. [5]

La capa MAC contiene diferentes entidades funcionales, las más importantes se explican a continuación. Cabe mencionar que el protocolo de capa MAC no es simétrico, es decir, las entidades en el lado del UE y en UTRAN son diferentes. En la figura 32 se muestra la arquitectura de la capa MAC en la parte del UE. Por su parte en la figura 33 se muestra la arquitectura de la capa MAC en el lado de UTRAN. La diferencia entre ellas es desde el punto de vista de la funcionalidad de cada una. La capa MAC de UTRAN conecta al UE con la red central, mientras que la capa MAC del UE sólo lo conecta con la red UTRAN. [5]

#### **3.5.1 Entidades MAC.**

- MAC-b mantiene el BCH (Broadcast Channel). El UE tiene un MAC-b lo mismo que UTRAN tiene uno por célula.

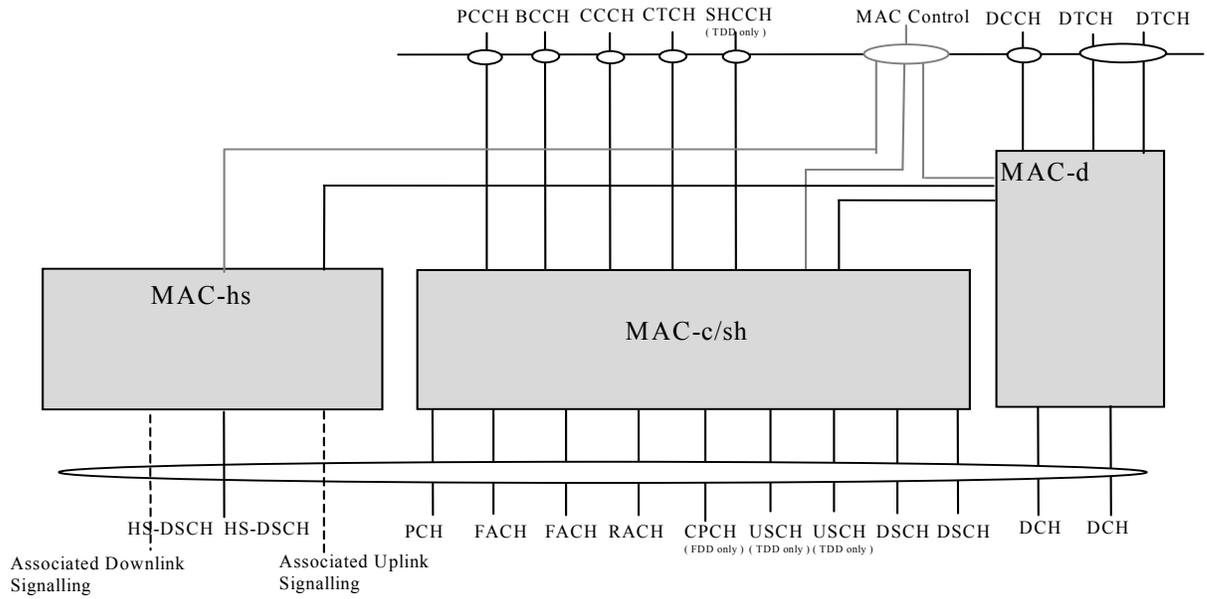


Figura 32. Arquitectura de la capa MAC en el lado del UE [5]

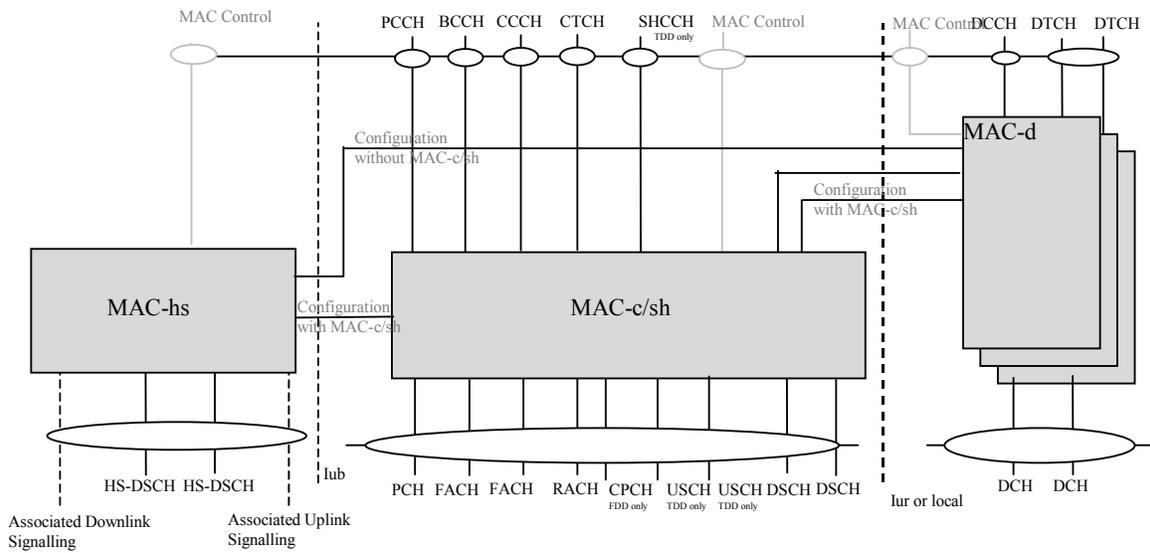


Figura 33. Arquitectura de la capa MAC en el lado de UTRAN. [5]

- MAC-c/sh mantiene el PCH, FACH, RACH y el DSCH. El CPCH en el enlace de subida en el modo FDD y el USCH en el modo TDD. Una entidad MAC-c/sh existe en el UE y una en UTRAN para cada célula.
- MAC-d mantiene los canales lógicos dedicados y los canales de transporte dedicados. El UE tiene un MAC-d y UTRAN tiene un MAC-d por cada UE con canales dedicados.

La capa MAC opera sobre los canales de transporte existentes entre la capa MAC y la capa 1 o capa física. La configuración interna de la capa MAC es controlada por la capa RRC (Radio Resource Control). [5]

### **3.5.2 Servicios que la capa MAC ofrece a las capas superiores.**

Los servicios que la capa MAC ofrece a las capas superiores se enlistan a continuación [5]:

- Transferencia de datos. Este servicio provee una transferencia de SDUs (Service Data Unit) MAC entre entidades MAC (Capa MAC en el UE y en UTRAN) sin la segmentación de datos.
- Reubicación de recursos de radio y de parámetros MAC. Este servicio lleva a cabo bajo la petición de la capa RRC la reubicación de los recursos de radio y de los parámetros MAC.
- Reporte de mediciones. Las mediciones locales son reportadas a la capa RRC.

### 3.5.3 Funciones de la capa MAC.

Las funciones de la capa MAC se enlistan a continuación [5]:

- Mapeo de los canales lógicos y de los canales de transporte.
- Selección de formato de transporte adecuado para los canales de transporte de acuerdo a la velocidad instantánea de la fuente.
- Manejo de la prioridad en el flujo de datos de un UE.
- Manejo de prioridad entre UE, lo que significa la creación de un horario dinámico.
- Identificación de los UE en los canales de transporte comunes.
- Multiplexado/Demultiplexado de los PDUs de capas superiores en o desde los bloques de transporte entregados por la capa física en los canales de transporte comunes.
- Multiplexado/Demultiplexado de los PDUs de capas superiores en o desde el juego de bloques de transporte entregados por la capa física en los canales de transporte dedicados.
- Mediciones de tráfico de volumen.
- Cambio en el tipo de canales de transporte.
- Cifrado para el modo transparente RLC.
- Selección de la clase de servicio de acceso para la transmisión del RACH y del CPCH.

- Control de la transmisión y recepción del HS-DSCH incluyendo el HARQ.
- Mediciones de la velocidad de bit provista por el HS-DSCH.

Dentro de las funciones principales de la capa MAC, está el monitorear el volumen de tráfico. La capa RRC en el lado de UTRAN realiza un control dinámico de las portadoras de acceso de radio. La capa MAC debe estar pendiente de poder reaccionar de manera favorable a las necesidades de la capa RRC, ya que esta capa actúa como un mediador entre la red y la interfaz de radio. Basado en el volumen de tráfico requerido, la capa RRC puede incrementar o disminuir la capacidad asignada. La capa MAC en el lado del UE monitorea el buffer de transmisión en el enlace de subida, mientras que la misma capa pero en el lado de UTRAN monitorea el buffer de transmisión en el enlace de bajada. Si en cualquiera de las entidades el valor de tráfico excede el rango permitido o esperado, la capa RRC correspondiente es notificada. Para ser más específicos, la capa RRC del UE informa a la capa RRC de UTRAN. Es responsabilidad UTRAN-RRC el tomar la decisión acerca de la asignación de los recursos de radio, ya que sólo UTRAN conoce la situación total de todo el sistema. [1]

La capa RRC es la encargada de controlar el monitoreo el volumen del tráfico, y es la capa MAC la que realiza las mediciones pertinentes. La capa RRC envía comandos a la capa MAC para que envíe reportes de manera periódica o cada vez que ocurra un cambio importante. En el caso de enviar reportes periódicamente, la capa MAC envía dichos reportes cada vez que un cronómetro expira. En el caso contrario, la capa RRC

envía los parámetros permitidos para el buffer de transmisión, cuando la transmisión excede los valores permitidos, se envía un reporte de regreso a la capa RRC. [1]

El propósito de este proceso es el permitir un uso eficiente de los recursos de radio. Si los recursos asignados no son suficientes para el tráfico generado, la red UTRAN se puede reconfigurar por si misma y añadir recursos. Esto significa asignar canales dedicados en lugar de canales compartidos o reducir el SF en algunos canales en particular. De manera similar, si el volumen del tráfico monitoreado muestra que la cantidad de recursos no esta siendo utilizada en su totalidad, la red UTRAN reconfigura la conexión de canales compartidos en lugar de canales dedicados o de la misma forma que en el caso anterior, modifica el SF, solo que en este caso lo incrementa. [1]

Cabe mencionar que el buffer al que se esta monitoreando está actualmente en la capa RLC, pero la información de la ocupación del mismo se transmite a la capa MAC con cada señal de MacDataReq. [1]

Otra de las funciones que realiza la capa MAC en coordinación con la capa RRC es la conmutación entre los canales de transporte comunes y dedicados, basados en decisiones tomadas en la capa RRC desde luego. En el lado del UE este cambio se refleja en el mapeo y multiplexado de los canales DCH's (DCCH y DTCH) en los canales lógicos. [5]

Si la capa RLC se encuentra en su modo transparente, el proceso de cifrado de datos se lleva a cabo en la capa MAC, de lo contrario se realiza en la misma capa RLC. El proceso del cifrado sirve para evitar la adquisición no autorizada de datos. El algoritmo para el cifrado es el mismo para la capa MAC y para la capa RLC; esto es, el UE no tiene que usar más de un algoritmo de cifrado a la vez. Sin embargo, el algoritmo de cifrado puede cambiar en función a ciertos comandos enviados por la red UTRAN. [1]

Si el UE es ubicado en un canal común del enlace de bajada o usa el RACH, el UE es identificado por la capa MAC. Existe un campo para la identificación del UE en el encabezado del MAC PDU con este propósito. Si este mensaje es ubicado en este UE, es dirigido as adelante a la capa RLC y de hí, a la capa RRC, BMC o PDCP. Otros mensajes son eliminados. [1]

#### **3.5.4 Mensajes entre las capa MAC y RRC.**

Entre las capas MAC y RRC existen mensajes utilizados en los procedimientos entre capas, los cuales son de acuerdo a [5]:

- CMAC-CONFIG-Req: Es usado para pedir la actualización, liberación o configuración de un canal lógico.
- CMAC-MEASUREMENT-Req: Es usado por la capa RRC para pedir a la capa MAC que ejecute mediciones.

- CMAC-MEASUREMENT-Ind: Es usado para notificar a la capa RRC los resultados de las mediciones.
- CMAC-STATUS-Ind: Notifica a la capa RRC acerca del estatus de la información.

### **3.6 Capa RLC (Radio Link Control)**

La capa RLC tiene a cargo la transmisión de los paquetes de datos sobre la interfaz aérea. Dichos paquetes pueden contener información de control o datos del usuario. Esto asegura que los paquetes enviados sobre la interfaz aérea son enviados en un tamaño de paquete correcto. La capa RLC mantiene el buffer de retransmisión, ejecuta el cifrado, y dirige los paquetes de datos entrantes al destino correcto (RRC, BMC o PDCP) [1]

Existen tres modos de servicio diferentes, el modo transparente, el UM o modo inadvertido y el modo advertido o AM. En la figura 34 se muestra la arquitectura de la sub-capa RLC. [6]

El modo transparente es usado por los canales BCCH, PCCH, SHCCH, DCCH, DTCH y CCCH. En el caso de los canales CCCH y SHCCH el modo transparente es usado sólo en la dirección del enlace de subida. El modo transparente adquiere éste

nombre, porque se lleva a cabo muy poco procesamiento a los datos en la capa RLC. En la figura 35 se muestran las entidades del modo transparente. [6]

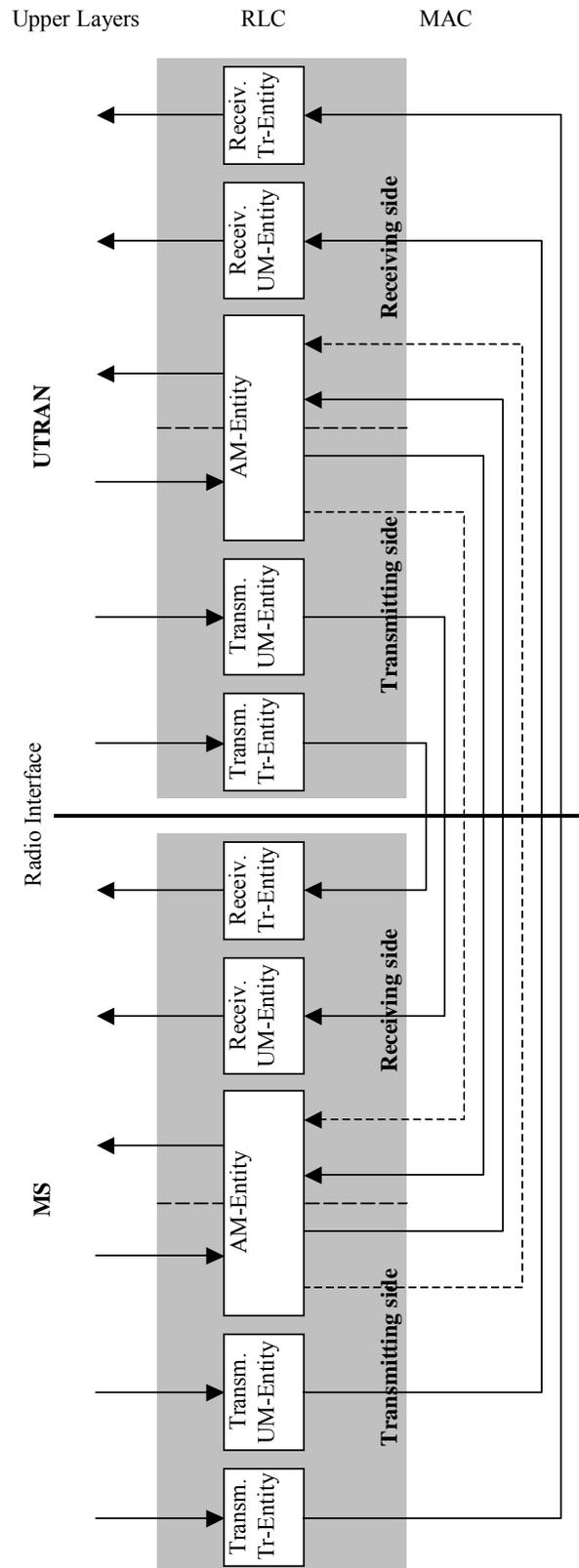


Figura 34. Arquitectura de la sub-capas RLC. [6]

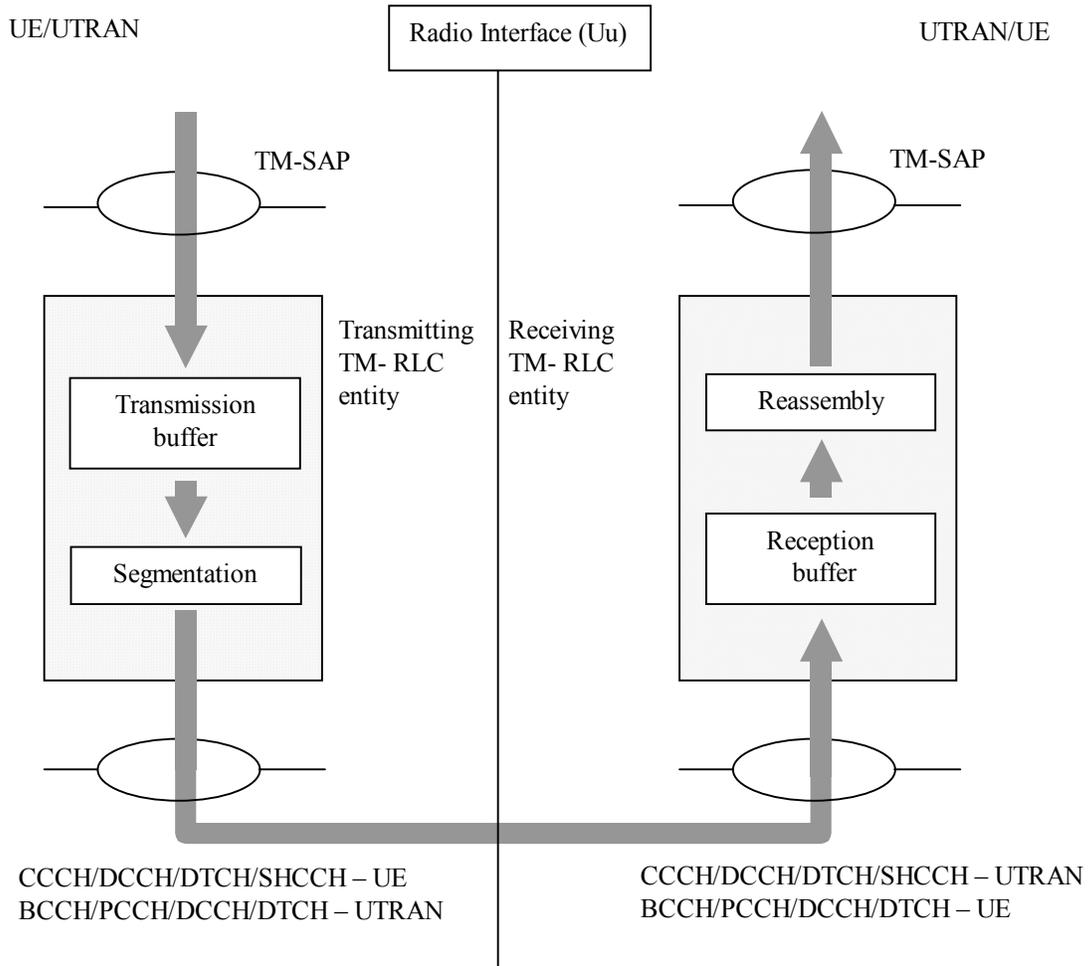


Figura 35. Entidades del modo transparente. [6]

En la figura anterior podemos observar un buffer de transmisión y de recepción, además, funciones de segmentación y ensamblado.

En la entidad transmisora de la capa RLC, si las capas superiores configuran la segmentación, y un RLC SDU (Service Data Unit) es mas largo que un TMD (Transparent Mode Data) PDU (Protocol Data Unit) usado por capas inferiores, entonces la capa TM RLC utiliza a segmentación para que el RLC SDU encaje perfectamente en el

tamaño del TMD PDU sin añadir el encabezado de capa RLC. Todos los TMD PDU's que transportan un RLC SDU son transmitidos en el mismo TTI (Transmisión Time Interval) y ningún segmento de otro RLC SDU es transmitido en este TTI. [6]

Si la segmentación no es configurada por las capas superiores, muchos los RLC SDU's son transmitidos en un TTI colocando un RLC SDU en un TMD PDU. Todos los TMD PDU's en un TTI deben ser de la misma longitud. [6]

En la entidad receptora del TM RLC, los TMD PDU's son recibidos configurando los canales lógicos de las capas inferiores. Si la segmentación ha sido configurada por parte de las capas superiores, todos los TMD PDU's recibidos en un TTI son ensamblados para formar el RLC SDU. Si la segmentación no es configurada por las capas superiores, cada TMD PDU es tratado como un RLC SDU. [6]

La figura 36 muestra las entidades del modo UM en la sub-capa RLC.

El UM es usado para los canales DCCH, DTCH, CTCH y en el enlace de bajada en los canales SHCCH y CCCH. LA capa RLC añade un encabezado al PDU y realiza el proceso de cifrado para proteger los datos, en el caso de la entidad transmisora. En el caso de la entidad receptora, los descifra. Al igual que en el modo transparente se requiere de una instancia para cada dirección y para cada portadora. [6]

La figura 37 muestra las entidades en el modo AM de la sub-capa RLC

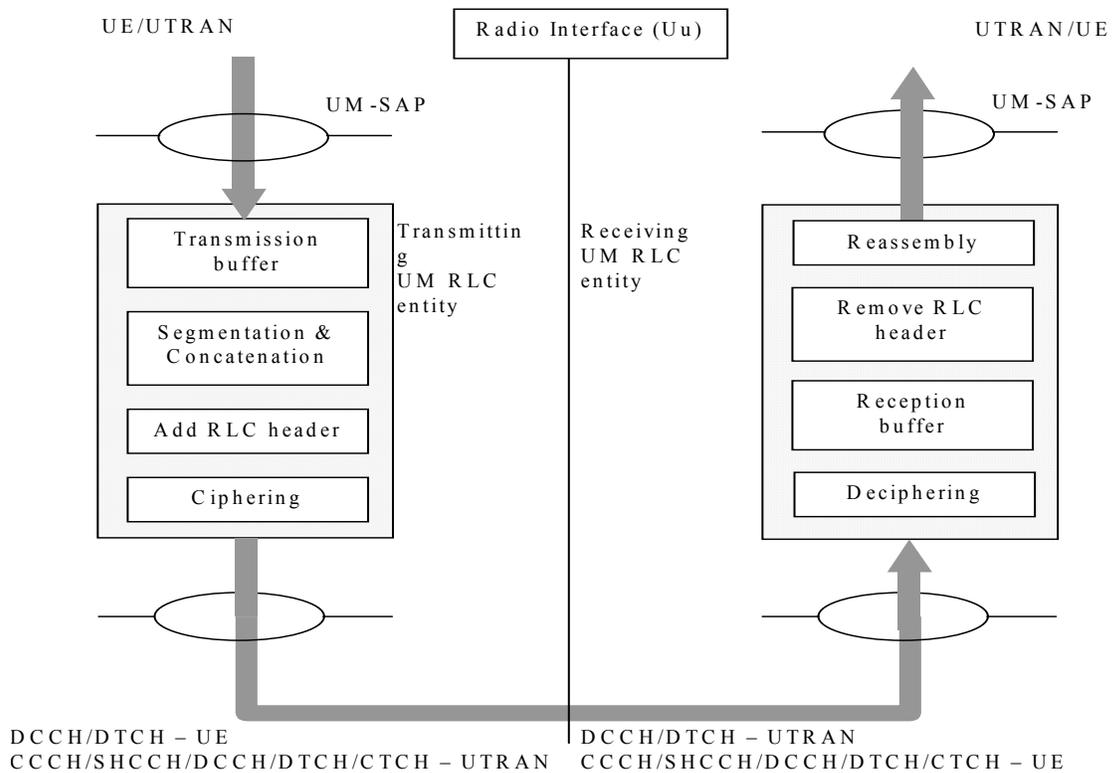


Figura 36. Entidades en el modo UM de la sub-capa RLC. [6]

El modo AM puede usarse para los canales DCCH y DTCH. Los SDU's son segmentados o concatenados a los PDU's de longitudes variables. El multiplexor elige los PDU's y decide cuando estos son entregados a la capa MAC. El multiplexor puede por ejemplo enviar PDU's RLC de control en un canal lógico y enviar otro RLC PDU de datos en otro canal lógico, o enviar todo mediante un solo canal lógico. [6]

Sólo hay una entidad AM por portadora en el UE la cual es común para ambos enlaces el de subida y el de bajada. [6]

### 3.6.1 Servicios de la capa RLC.

Los siguientes son servicios basados en [6] que se ofrecen a las capas superiores.

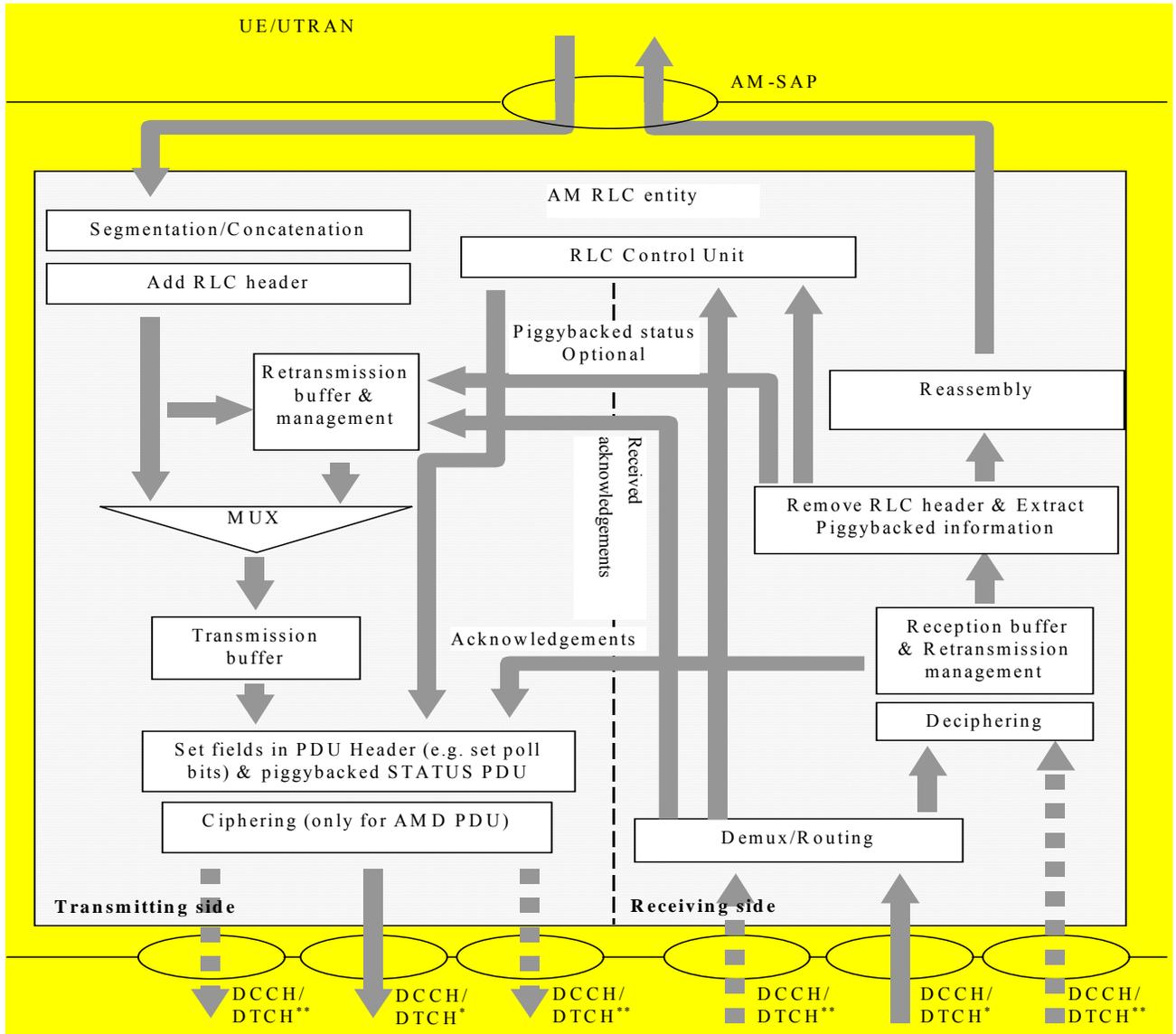


Figura 37. Entidades en el modo AM de la sub-capas RLC. [6]

*Servicio transparente de transferencia de datos.*

- Segmentación y ensamblado.
- Transferencia de datos del usuario.

*Servicio inadvertido de transferencia de datos.*

- Segmentación y ensamblado.
- Concatenación.
- Padding.
- Transferencia de los datos del usuario.
- Cifrado.
- Verificación en el número de secuencia.

*Servicio advertido de transferencia de datos.*

- Segmentación y ensamblado.
- Concatenación.
- Padding.
- Transferencia de datos del usuario.
- Corrección de errores.
- Detección duplicada.
- Control de flujo.
- Detección y recuperación de errores de protocolo.
- Cifrado.

### 3.6.2 Funciones RLC.

Las siguientes son funciones ejecutadas por la capa RLC de acuerdo a lo especificado en [6].

- Segmentación y ensamblado de los PDU's de capas superiores en o desde unidades RLC más pequeños.
- Concatenación (Los RLC SDU's pueden ser concatenados para que llenen completamente los RLC PDU's)
- Padding.
- Transferencia de los datos del usuario.
- Corrección de errores.
- Detección duplicada.
- Control de flujo.
- Verificación del número de secuencia (en la transferencia de datos en el modo inadvertido)
- Detección y recuperación de errores de protocolo.
- Cifrado (en los modos UM y AM)
- Función de suspender /continuar

El mensaje más importante con la capa RRC es el de RRC-CONFIG-Req, el cual se utiliza por las capas superiores para establecer, re-establecer, liberar, parar, continuar o

modificar la capa RLC. Elementos de cifrado están incluidos para la operación de los modos AM y UM. [6]

### **3.7 Capa RRC (Radio Resource Control)**

La capa RRC controla la configuración de las capas inferiores en un protocolo de pila, además, tiene interfaces de control para cada una de las capas inferiores (PDCP, BMC, RLC, MAC y la capa física) [1]

En la figura 38 se muestra el modelo de la capa RRC en el lado del UE, mientras que en la figura 39 se muestra el modelo de la capa RRC desde el lado de UTRAN.

#### **3.7.1 Servicios de la capa RRC.**

La capa RRC provee los siguientes servicios a las capa superiores. [7]

- Control General. Este es un servicio de transmisión de información. La información es transmitida a todos los móviles en una cierta área.
- Notificación. Este incluye el voceo y el servicio de transmisión de notificación. El servicio de voceo transmite información de voceo a una cierta área geográfica, pero es dirigida a un UE en específico o a un grupo de UE's. El servicio de transmisión de notificación es definido para proveer transmisión de información a

todos los UE's e una célula o células. Este es último servicio es ligeramente similar al servicio de control general.

- Control dedicado. Este servicio incluye el establecimiento y la liberación de una conexión y la transferencia de mensajes usando esta conexión. Estas conexiones pueden ser punto a punto o grupales.

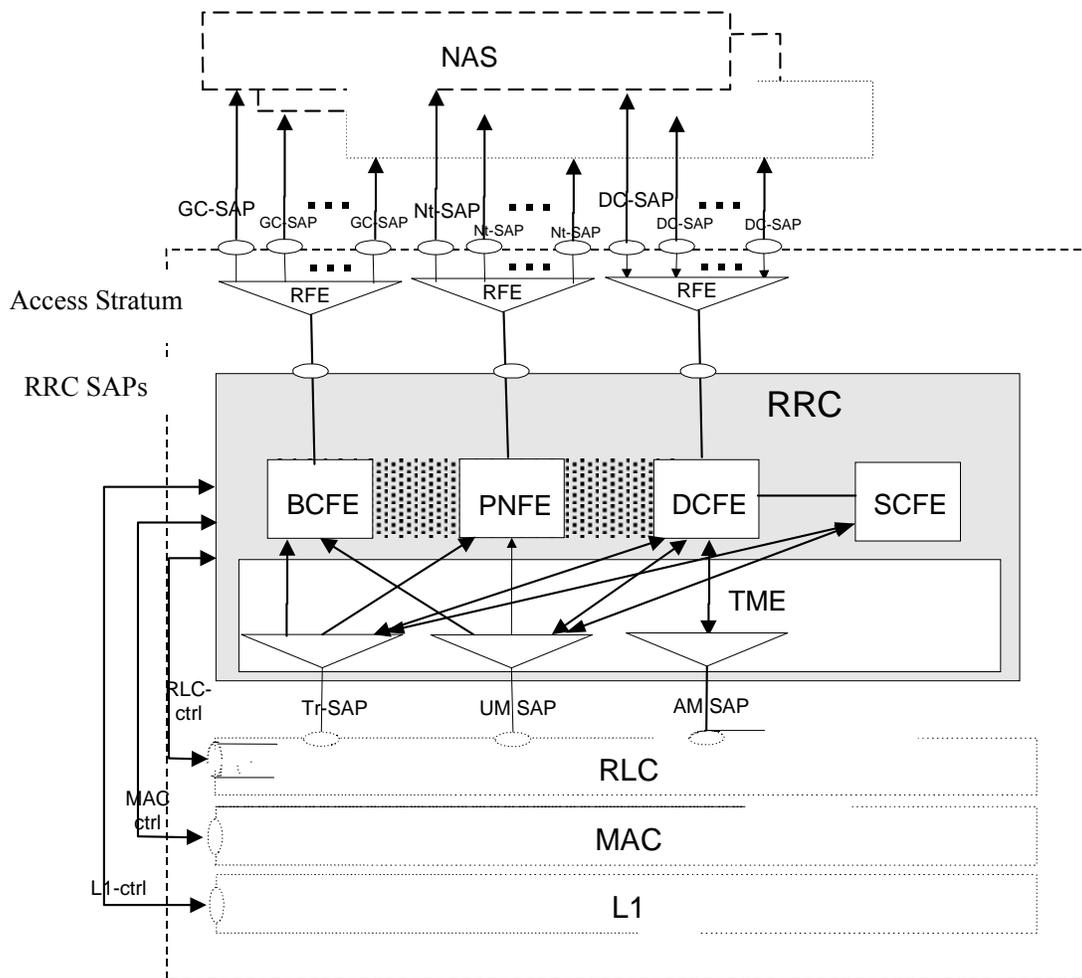


Figura 38. Modelo de la capa RRC en el lado del UE. [7]

La capa RRC provee a la porción UE-UTRAN de conexiones de señalización hacia las capas superiores para soportar el flujo de información con dichas capas. Las conexiones son utilizadas por el UE y la red central para transferir información de las capas superiores. Para cada dominio de la red central, a lo más una conexión puede existir al mismo tiempo. [7]

### **3.7.2 Funciones de la capa RRC.**

A continuación, se enlistan las funciones de la capa RRC de acuerdo con las especificaciones mencionadas en [7].

- Selección inicial de célula y reelección de célula (incluye las mediciones necesarias para preparar los procesos)
- Transmisión de información (SIB's System Information Blocks)

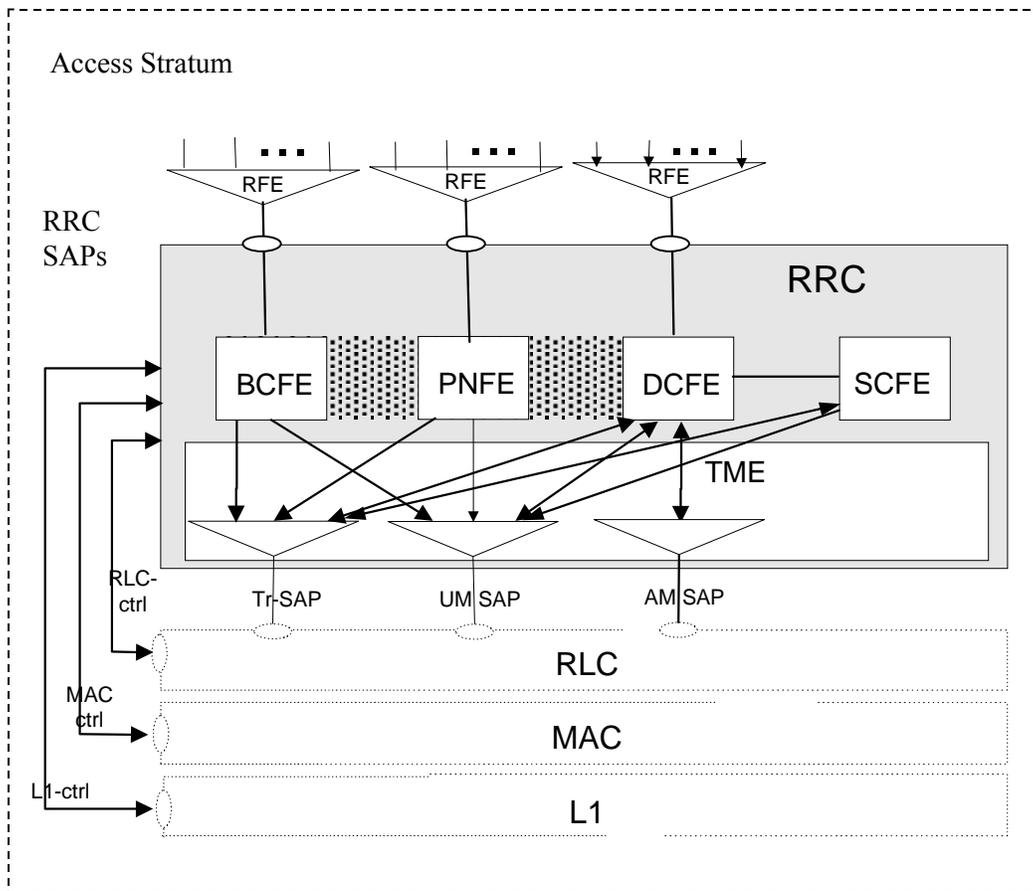


Figura 39. Modelo de la capa RRC en el lado de UTRAN. [7]

- Recepción del voice y de los mensajes de notificación.
- Establecimiento, mantenimiento y liberación de las conexiones RRC.
- Establecimiento, reconfiguración y liberación de las portadoras de radio.
- Asignación, reconfiguración y liberación de los recursos de radio en una conexión RRC, la cual incluye aspectos como la asignación de códigos y los canales CPCH.
- Procesos de Handovers. Incluye la preparación y la ejecución de los procesos de Handover y los Handovers entre sistemas.
- Control de mediciones.

- Control de potencia de lazo abierto.
- Modo de control de seguridad.
- Direccionamiento de los PDU's de capas superiores.
- Control del QoS requerido.
- Soporte del DRAC (Asignación rápida de los recursos de radio en los canales dedicados en el enlace de subida)
- Resolución de la conexión en el modo TDD
- Tiempo.
- Soporte la configuración inicial para el servicio CBS.
- Soporte para la recepción discontinua del CBS.

En el siguiente capítulo se explicarán a detalle las funciones de las capa RRC y se mostrarán las tramas de comunicación de dichas funciones.