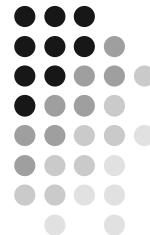
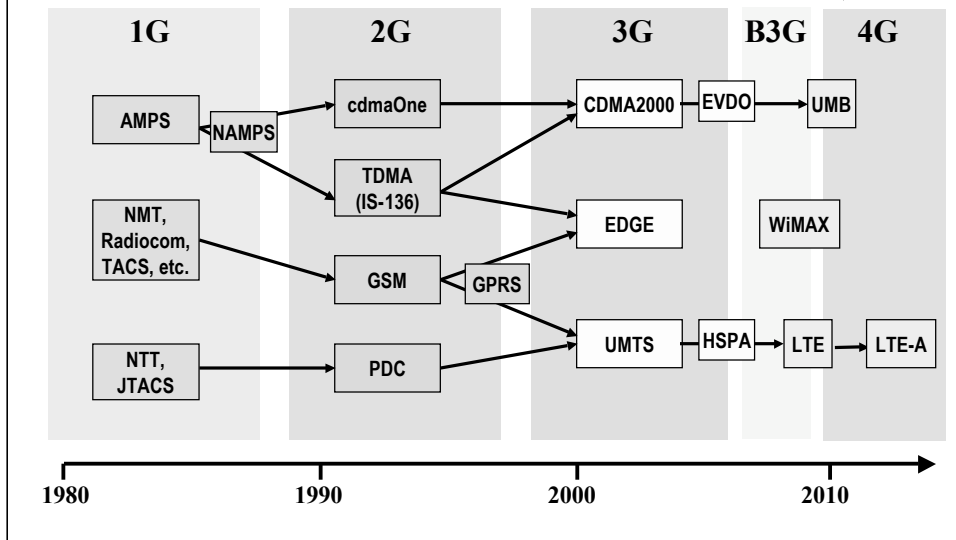


Tema 4: La Tercera Generación Celular

Comunicaciones Móviles
EC4432
Prof. Renny Badra
Septiembre-Diciembre 2011



Evolución de los sistemas móviles celulares



La técnica de acceso dominante en los sistemas celulares de 3G es el CDMA, el cual se materializó en dos variantes: la evolución de cdmaOne (IS-95) conocida como CDMA2000 1X, y el sistema europeo UMTS, cuya interfaz de aire W-CDMA también se basa en principios muy similares a los de 1X.

Ambos sistemas evolucionaron hacia versiones de mayor velocidad, más orientadas a aplicaciones de datos. Es el caso de CDMA2000 1X EV-DO y de HSPA, ambos sistemas de características similares y conocidos genéricamente bajo las siglas 3,5G.

¿Por qué Tercera Generación?

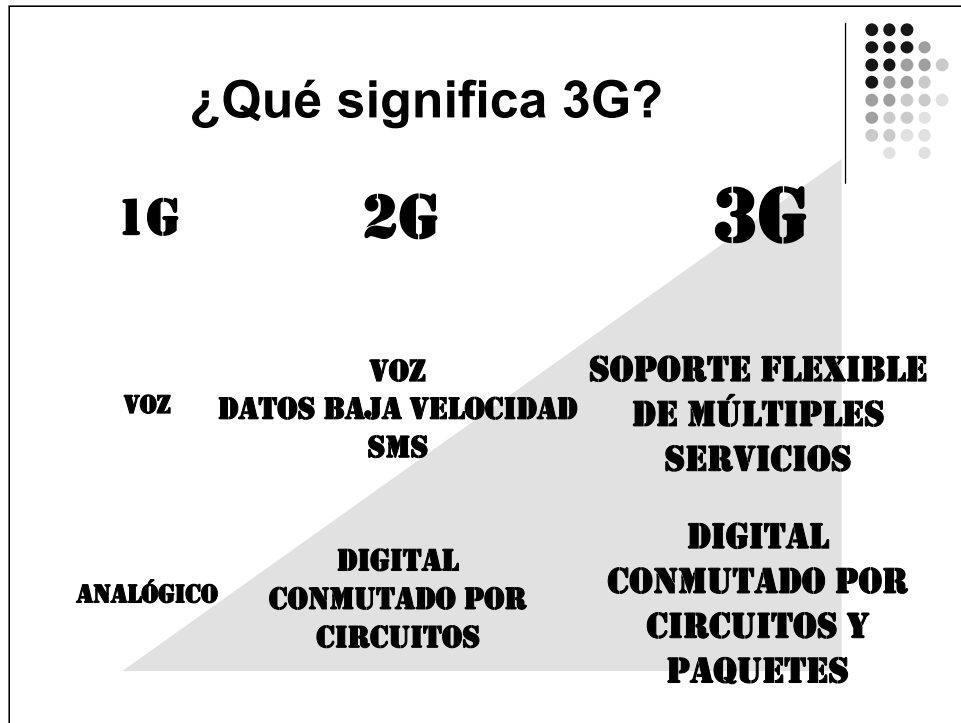


- Ampliación de la capacidad
- Nuevas aplicaciones inalámbricas:
 - World Wide Web
 - Multimedia
 - Datos (archivos)
 - Postales electrónicas
 - Juegos interactivos
- Incorporación de nuevas técnicas de comunicaciones digitales
- ▶ Enorme éxito de telefonía celular y PCS

La principal razón para la introducción de la tercera generación celular es la ampliación de la capacidad y de la versatilidad de la red actual. El espectro radioeléctrico, cada día más escaso, debe ser aprovechado con mejor eficiencia que en 2G, y es por ello que las nuevas técnicas de comunicaciones digitales (CDMA, códigos turbos, etc) han sido empleadas en el diseño de los sistemas 3G.

La Tercera Generación intenta prolongar y extender el enorme éxito de las tecnologías de segunda generación.

La diferencia principal(en términos de servicios ofrecidos) entre sistemas 2G y 3G será la gran disponibilidad de los servicios de datos a alta velocidad, entre los cuales se espera que Internet y las aplicaciones multimedia relacionadas sean las más importantes. El estándar móvil de tercera generación IMT-2000 le permitirá a los usuarios disfrutar del poder total de Internet a través de transmisión de radio eficiente y de alta velocidad, optimizada para las comunicaciones multimedia.



La 3G no está orientada a un servicio específico, sino que consiste de sistemas muy flexibles y versátiles que permiten la transmisión de datos conmutados por paquetes y por circuitos a fin de soportar una amplia variedad de servicios, muchos de ellos no especificados en los estándares.

2G versus 3G



	SISTEMAS 2G	SISTEMAS 3G
Orientado a ofrecer	Servicios (voz y datos a baja velocidad conmutados por circuito)	Capacidades Portadoras (tasas variables, conmutado por paquetes y circuitos) para el soporte de múltiples servicios
Características Clave	Tecnología digital, confiabilidad, calidad razonable	Flexibilidad, versatilidad, eficiencia, QoS ajustable
Tarificación	Basada en tiempo de conexión	Basada en tiempo para servicios circuito, basada en volumen para servicios paquete, variantes.
Tasas de Bit	10 – 16 kbps	Variable, hasta 384 kbps en ambientes exteriores.
Técnicas de Transmisión Digital	Modulación digital, codificación de fuente y de canal, control digital.	Tecnologías digitales avanzadas: mejor codificación de fuente, códigos turbo, funciones de control avanzadas, etc.
Roaming	Generalmente limitado a una región o grupo de países (excepto GSM).	Global: mejor coordinación en el uso del espectro, uso general de tarjetas SIM, etc.
Eficiencia Espectral	Limitada (excepto cdmaOne).	Alta eficiencia debido a avanzadas técnicas de control de interferencia (CDMA) y modulación multilevel (TDMA).

3G representa no sólo un nuevo conjunto de tecnologías: es un nuevo *paradigma* en cuanto a sistemas celulares que ha obligado a operadores y fabricantes a adoptar una nueva concepción de lo que significan este tipo de sistemas. En la tabla se describen algunas de las diferencias substanciales entre las tecnologías de 2G y 3G.

Visiones para 3G y más allá



- √ Terminales móviles adaptivos que pueden usarse en múltiple tipos de ambientes (interno, externo, rural).
- √ Interfaces de radio múltiples (radios en modo dual o múltiple)
- √ Terminales y componentes de la red que son dependientes de las aplicaciones
- √ “Roaming” a nivel global
- √ Velocidades de acceso a datos con velocidades al menos iguales a las de los “modem” comunes
- √ Conectividad IP de extremo a extremo

La gráfica ilustra algunas de los componentes de la visión que muchos comparten para la tercera generación celular:

- Terminales móviles adaptivos que pueden usarse en múltiple tipos de ambientes (interno, externo, rural).
- Interfaces de radio múltiples (radios en modo dual o múltiple)
- Terminales y componentes de la red que son dependientes de las aplicaciones
- “Roaming” a nivel global
- Velocidades de acceso a datos con velocidades al menos iguales a las de los “modem” comunes
- Conectividad IP de extremo a extremo

Aplicaciones Potenciales para 3G



- √ Noticias interactivas (incluyendo gráficas)
- √ Audio de alta calidad, música, MP3
- √ Fotografía (imágenes, e-postcards)
- √ Video, video-conferencia, videotelefonía
- √ Multimedia (gráficos, video, voz)
- √ Servicios de Transmisión de Datos
- √ Internet, navegación por la www
- √ Servicios de localización y navegación geográfica
- √ Servicios financieros en tiempo real

Las potenciales aplicaciones para 3G incluyen reparto interactivo de noticias (voz, vídeo, e-mail, gráficos), voz/audio en alta calidad, voz/música con calidad CD, fotográfica fija (e-postales), video, conferencias por video, multimedia (gráficos, voz, video), servicios de transmisión de datos, capacidades de Internet, búsqueda en la red, servicios de geo-ubicación, etc.

Sin embargo, es difícil predecir cuáles nuevas aplicaciones serán desarrolladas y exigidas en un mundo 3G. Navegar por Internet y los servicios relacionados con Internet han sido predichos por muchos como las “killer apps” de 3G.

Requerimientos Mínimos de IMT-2000

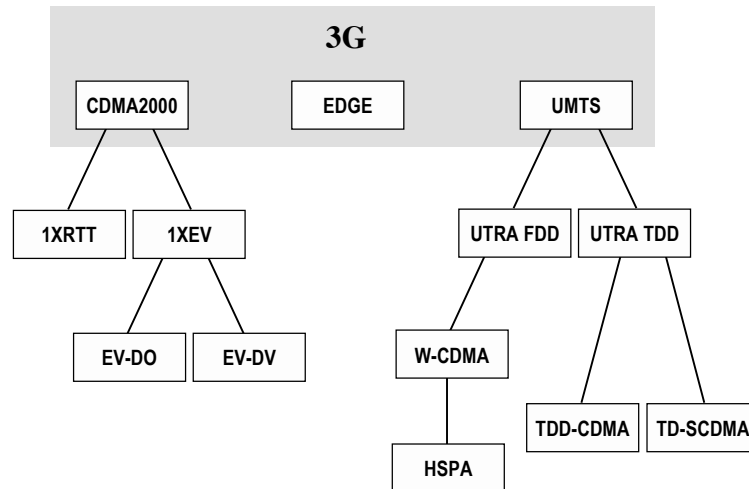


- √ Velocidad pico depende del ambiente:
 - Alta movilidad (vehículos): 144 kbps
 - Peatones, baja movilidad: 384 kbps
 - Ambientes interiores: 2048 kbps
- √ Continuidad de llamada entre capas
- √ Capacidades:
 - Conexiones por paquetes y circuito
 - Servicios Asimétricos
 - Multimedia
 - Velocidades variables

International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000), una prioridad estratégica de ITU, define los sistemas móviles de tercera generación que están programados para iniciar sus servicios alrededor del año 2000. Este nuevo estándar ITU ofrece un marco para acceso inalámbrico a nivel mundial y evolución a partir de sistemas anteriores heredados, lo cual garantiza economías globales de escala y comercio a la vez que permite el suficiente espacio para la diferenciación de productos y servicios. Las consideraciones políticas y de evolución han limitado el enfoque original –global y ambicioso- a un marco tipo sombrilla para estándares múltiples. CDMA2000 ha estado operativo en Corea desde 2000. NTT DoCoMo (Japón) ya estrenó en Octubre 2001 el primer sistema UMTS comercial. Desde el punto de vista del operador, el mercado ofrece: nuevas corrientes de ingresos, nuevos servicios fijos/móviles, diferenciación de nuevos servicios, reducción en costos operativos.

La lámina resume los principales aspectos de los requerimientos técnicos mínimos establecidos por la ITU para los sistemas 3G (IMT-2000).

Tecnologías de 3G y 3.5G



La lámina muestra las componentes más relevantes de las tecnologías de tercera generación, y algunas de Tercera generación Evolucionada (3.5G), como lo son CDMA2000 1XEV y HSPA. El sistema TD-SCDMA (Time Division- Synchronous CDMA) es la propuesta china de 3G que el gobierno de ese país promovió frente a las tecnologías foráneas.

En la actualidad, los sistemas de estas tres familias de estándares son incompatibles, permitiéndose apenas la interoperabilidad entre algunos de ellos a través del uso de terminales multi-modo y multi-banda, y previo acuerdo de los operadores involucrados.

Summary of 3G CDMA Physical Layer Salient Features



- Support of concurrent multimedia services with variable data rates and adjustable QoS
- Dedicated control channels on both links
- Uplink pilot signal
- Fast power control on both links
- Powerful channel coding options
- Random-access packet transfer
- Support for emerging diversity and advanced antenna technologies

The slide lists a number of features that identify 3G CDMA technologies, including W-CDMA technologies.

- Support of concurrent multimedia services with variable data rates (up to 384 kbps for outdoor environment)
- Dedicated control channels on both links
- Uplink pilot signal sent in parallel with traffic channel
- More powerful and flexible channel coding, including turbo codes for higher data rates
- Fast power control on both links
- Random-access packet transfer
- Support for emerging space-time diversity and advanced antenna arrays technologies

Interfaz de Radio de CDMA2000 1XRTT



Bandas	Se consideran 10 bandas distintas	Tasa de Chips	1.2288 Mcps
Acceso Múltiple	FDMA/CDMA	Factor de Expansión	2 – 16 (subida), 4 – 64 (bajada)
Duplex	Frequency Division Duplex (FDD)	Códigos de Expansión	Orthogonal Variable Spreading Factor
Bandwidth	1.25 MHz por portadora	Códigos de Enmascaram.	Códigos PN
Tasa de Bits	Variable	Tiempo de Trama	20 mS (5 mS para señalización rápida)
Tasa de Bits Máxima	153 kbps	Códigos de Canal	CRC + Turbo + Conv. + ARQ
Forma de pulso de chips	Función Sync Modificada	Códigos de Fuente (Voz)	EVRC
Modulación	QPSK bajada HPSK subida	Profundidad de entrelazado	20 mS (voz) 20, 40, 80 ms (data)
Control de Potencia	800 comandos/seg (ambos enlaces)	Capacidad Max típica (voz)	~ 35 usuarios/sector/port.
Potencia Max Móvil	200 mW (tipo I, banda celular)	Radio Max de celda (típico)	~ 20 km (voz)

La tabla resume los parámetros más importantes del sistema CDMA2000 1XRTT, en su versión 0.

Bandas de Frecuencia CDMA2000



Band Class	Description
BAND_CLASS_0	800 MHz cellular band
BAND_CLASS_1	1.8 to 2.0 GHz PCS band
BAND_CLASS_2	872 to 960 MHz TACS
BAND_CLASS_3	832 to 925 MHz JTACS
BAND_CLASS_4	1.75 to 1.87 GHz Korean PCS
BAND_CLASS_5	450 MHz
BAND_CLASS_6	2 GHz IMT-2000 Band
BAND_CLASS_7	700 MHz Band
BAND_CLASS_8	1800 MHz Band
BAND_CLASS_9	900 MHz Band

La especificación CDMA2000 puede operar en casi todas las bandas en las cuales se soportan sistemas cdmaOne, más algunas otras bandas que están por desarrollarse en distintas regiones del mundo (incluyendo la banda UMTS).

El sistema EV-DO opera en las mismas bandas que CDMA2000.

Ejercicio 4.1



- Conociendo los esquemas de modulación usados en CDMA2000 1X, además del rango del factor de expansión y la tasa de chips, encuentre las velocidades máximas de bits que ofrece el sistema tanto en el enlace de bajada como de subida. Asuma que la codificación de canal es tasa 1/2.

Solución:

Los Protocolos de cdmaOne y CDMA2000



AÑO	PROTOCOL REVISION	NOMBRE	CONTIENE
93	1	IS-95	Sistema básico IS-95
95	2	IS-95 A	IS-95 + mejoras menores
96	3	IS-95 A	IS-95 A+ especificación para la banda PCS
97	4	TIA/EIA-95 (IS-95 B)	IS-95 A + mejoras - AMPS
98	5	TIA/EIA-95 (IS-95 B)	Versión completa de IS-95 B
99	6	CDMA2000 Release 0	Sistema Básico 1XRTT
00	7	CDMA2000 Release A	Sistema Completo 1XRTT y 3XRTT
01	8	CDMA2000 Release B	Release A + mejoras – 3X
03	9	CDMA2000 Release C	Release B + 1X EV-DV
04	10	CDMA2000 Release D	Release C + mejoras EV-DV

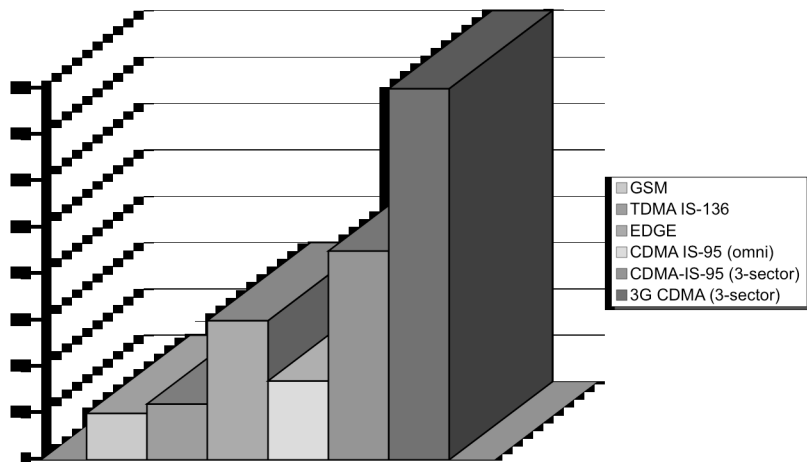
Se muestran las distintas versiones de los protocolos cdmaOne y CDMA2000 hasta el año 2004.

El Release D incluye mejoras importantes a EV-DV, como altas tasas de bits para el enlace de subida y diferenciación de QoS.

Eficiencia Espectral en 3G



LLAMADAS DE VOZ POR CELDA SOBRE 1 MHz DE ESPECTRO



Se presenta una comparación entre los sistemas más importantes de 2G y 3G en términos de la eficiencia espectral expresada en número de llamadas de voz por celda sobre 1 MHz de espectro. Se observa la predominancia de sistemas CDMA.

Innovaciones Técnicas CDMA2000 1X RTT



- ✓ Soporte de Datos a Tasas Variables hasta 144 kbps
- ✓ Nuevos canales físicos (subida y bajada)
- ✓ Códigos Turbo
- ✓ Nuevas Configuraciones de Radio
- ✓ Códigos Ortogonales Walsh de Longitud Variable
- ✓ Nuevo modo de conservación de energía en stand-by
- ✓ Control de Potencia para el enlace de bajada
- ✓ Nuevos mecanismos para la transmisión de paquetes

CDMA2000 1XRTT introduce una serie de innovaciones técnicas cuyo objetivo es optimizar el uso de los recursos de radio, a la vez que se introducen nuevas funcionalidades en la interfaz aérea.

La mayoría de estas innovaciones son sólo opcionales. Las únicas que son obligatorias en CDMA2000 1X RTT son el uso de las nuevas configuraciones de radio, incluyendo la implementación del canal piloto en el enlace de subida, y el nuevo algoritmo de control de potencia rápido para el enlace de bajada.

En esta parte se tratarán los siguientes puntos:

- Nuevos canales físicos (subida y bajada)
- Nuevas Configuraciones de Radio
- Tasas de Bit Variables
- Multiplexión Codificada IQ
- Códigos Ortogonales Walsh de Longitud Variable
- Nuevo modo de conservación de energía en stand-by
- Control de Potencia para el enlace de bajada
- Nuevos Mecanismos para la transmisión de paquetes

Uso de los Códigos de Expansión en CDMA2000

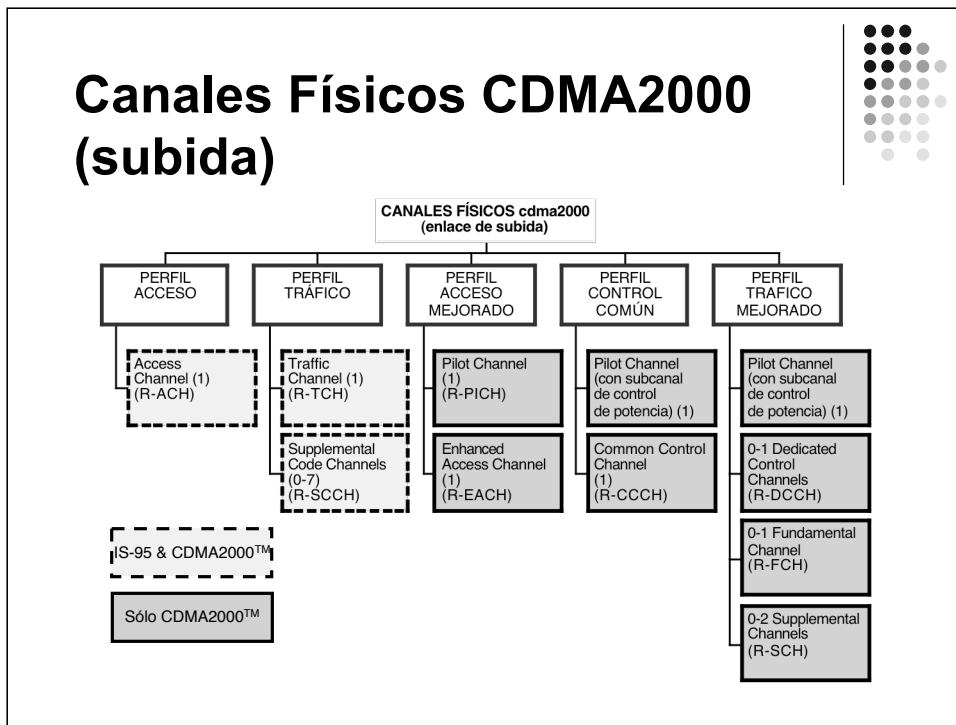


Función	CDMA2000 1X RTT Enlace de Bajada	CDMA2000 1X RTT Enlace de Subida
Identificación De Celdas	Versiones desplazadas de dos (I, Q) secuencias PN de 2^{15} chips c/u	N/A
Canalización	Secuencias ortogonales Walsh de longitud variable (OVSF) y Funciones Cuasiortogonales	Secuencias ortogonales Walsh ("Walsh Covers")
Identificación De Usuarios	Secuencias ortogonales Walsh de longitud variable (OVSF)	Versiones desplazadas de una secuencia PN de $2^{42}-1$ chips
Privacidad	Versiones desplazadas de una secuencia PN de $2^{42}-1$ chips	Versiones desplazadas de una secuencia PN de $2^{42}-1$ chips

Las principales diferencias entre CDMA2000 y cdmaOne respecto al uso de los códigos de ensanchamiento son:

1. Los códigos Walsh para canalización y para identificación de usuarios en el enlace de bajada en CDMA2000 son de longitud variable, contrario al caso de cdmaOne en el cual son de longitud fija (64 chips).
2. En CDMA2000 se ofrece la opción de emplear códigos Cuasiortogonales en caso de necesidad.
3. En el enlace de subida de CDMA2000 es necesario aplicar códigos de canalización debido a que cada móvil es capaz de transmitir dos o más canales simultáneamente. Los códigos usados para este fin son los códigos Walsh ("Walsh Covers"). En cdmaOne, por el contrario, esta función de canalización en subida no es necesaria puesto que cada portátil transmite un sólo canal a la vez.

Canales Físicos CDMA2000 (subida)



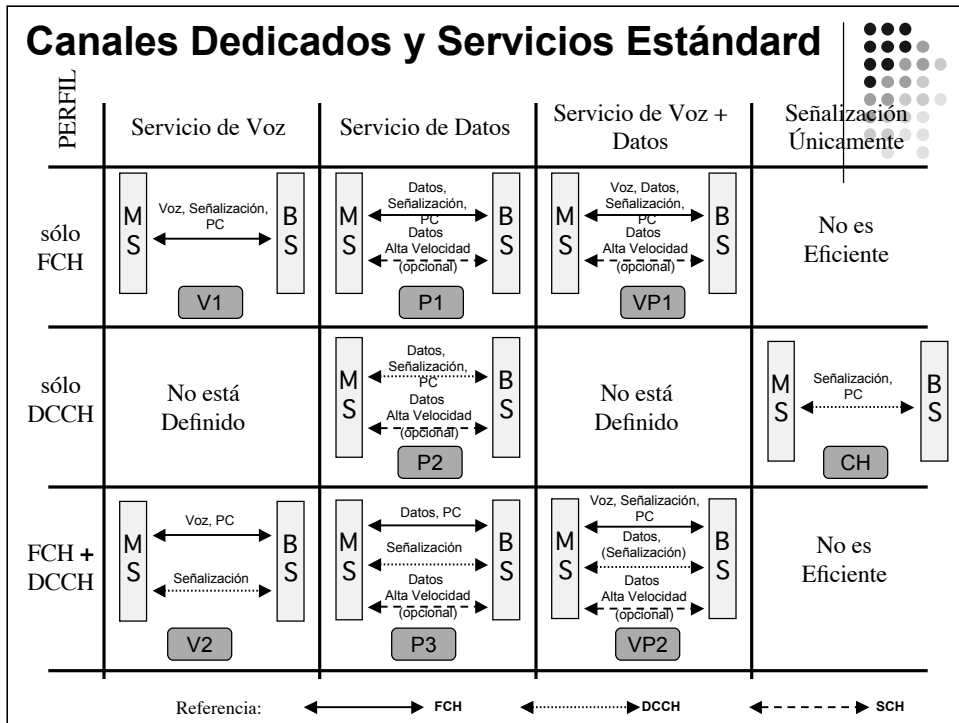
El perfil de acceso es equivalente al modo de acceso en cdmaOne, y el perfil de tráfico es el mismo que en cdmaOne (Supplemental Code Channels aplican sólo en IS-95-B).

El perfil de acceso mejorado corresponde a móviles CDMA2000 que transmiten fátgas de acceso en el nuevo Enhanced Access Channel (EACH).

El perfil de Control Común corresponde a móviles CDMA2000 que transmiten fátgas de acceso en el nuevo Common Control Channel (CCCH). A pesar de su nombre, el CCCH transporta usualmente paquetes contentivos de datos del usuario.

El perfil de tráfico mejorado se establece en móviles CDMA2000 cuando se desea establecer una sesión o llamada. El canal Fundamental transporta voz o datos hasta 14.4 kbps. Los canales Suplementales (máximo 2) transportan datos a velocidades mayores a 14.4 kbps. El canal Dedicado de Control transporta señalización y, ocasionalmente, datos del usuario. Una conexión de tráfico en este perfil significa que al menos el canal Fundamental o el canal Dedicado de Control están activos.

Como se observa, todos los perfiles nuevos en CDMA2000 incluyen de manera obligatoria el uso del canal de piloto de subida. Este canal, transmitido en paralelo con el resto de los canales, incluye los comandos de control de potencia que el móvil envía para controlar la potencia de la BTS (excepto cuando se envía el EACH, que sólo a veces se emplea en modo de potencia controlada).



Aunque no están especificados en el estándar, la industria ha adoptado los servicios mostrados en la figura como estándares de facto.

V1. Voz y señalización en FCH.

V2. Voz en FCH, señalización en DCCH.

P1. Data y señalización en FCH, data a alta velocidad (opcional) en SCH.

P2. Data y señalización en DCCH, data a alta velocidad (opcional) en SCH.

P3. Data en FCH, señalización en DCCH, data a alta velocidad (opcional) en SCH.

VP1. Voz, data y señalización en FCH, data a alta velocidad (opcional) en SCH.

VP2. Voz y señalización en FCH, data (y opcionalmente señalización) en DCCH, data a alta velocidad (opcional) en SCH.

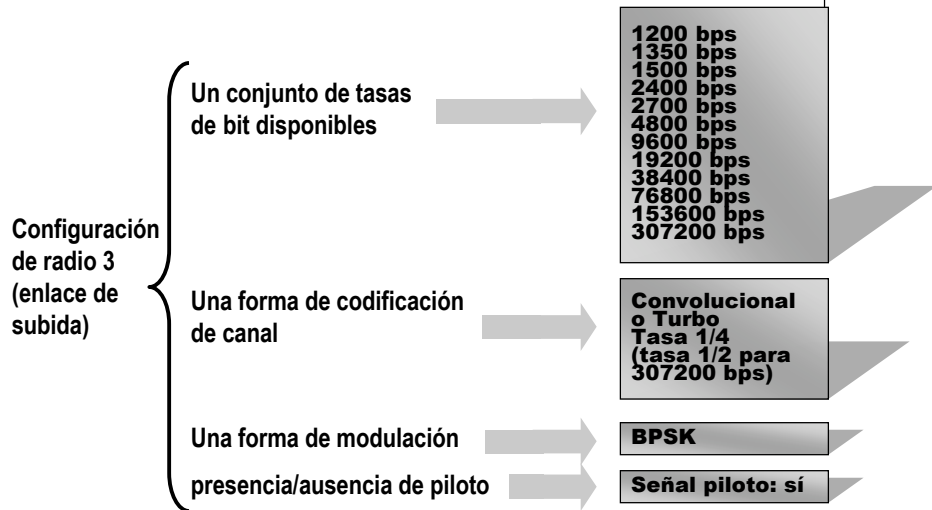
Control Hold (CH). Señalización únicamente en el DCCH.

Notar que los comandos de control de potencia se transportan siempre en el FCH si éste existe, y en el DCCH de lo contrario.

Los datos de alta velocidad soportados por el SCH pueden alcanzar 307 kbps (144 en Release 0) por cada canal en modo 1X.

Los servicios múltiples (VP) se soportan sólo en la versión Release A (Protocol Revision 7).

¿Qué es una configuración de radio?



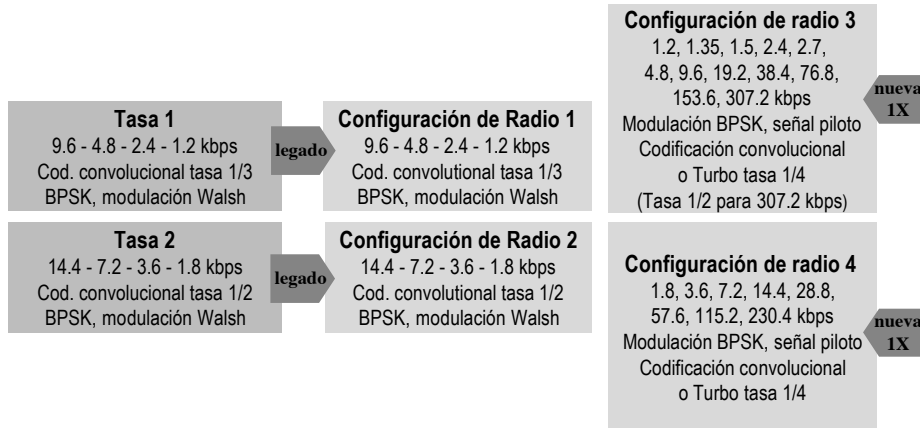
En CDMA2000 los parámetros de la señal vienen parcialmente especificados por la Configuración de Radio, la cual comprende una serie de atributos relativos a la generación de la señal. Estos incluyen un conjunto de tasas de bit disponibles, formas de codificación de canal y modulación, así como otras características.

Configuraciones de radio (subida)



cdmaOne

CDMA2000 1XRTT



Las Cofiguraciones de Radio 3 y 4 son las que incluye las nuevas potencialidades de CDMA2000 1X. Como se observa, estas configuraciones incluyen nuevos atributos como el soporte de tasas de datos mucho mayores, codificación convolucional tasa 1/4, codificación turbo (opcional), uso de señal piloto en subida, etc.

Enlace de Subida: cdmaOne vs. CDMA2000

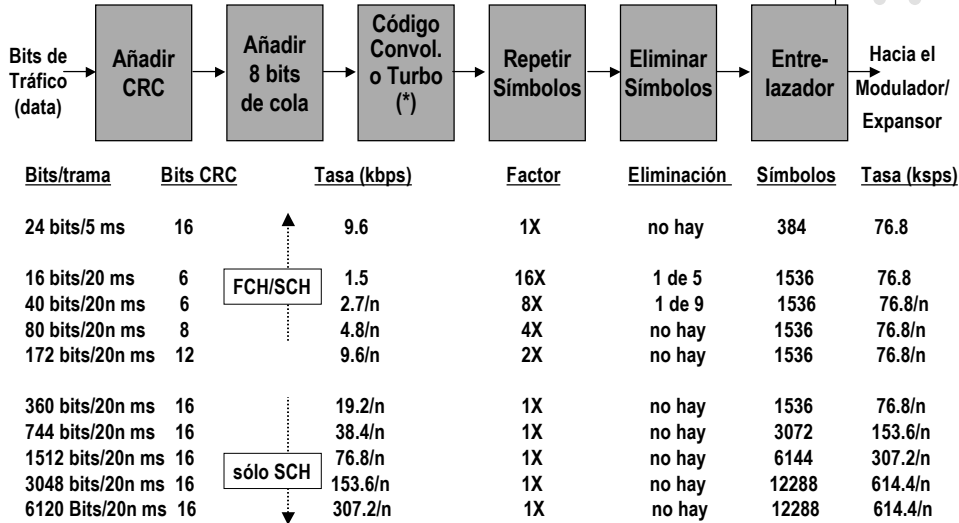


	cdmaOne	CDMA2000 1XRTT
Canales		
• Dedicados	R-FCCH R-SCH	R-PICH R-FCH R-SCH R-DCCH
• Comunes	R-ACH	EACH R-CCCH
Piloto	No	Continua
Detección	No coherente	Coherente
Acceso	Convencional	Mejorado, mayor versatilidad (en la versión 0 es igual a cdmaOne)
Codificación de Canal	Convolucional	Convolucional Turbo R > 14.4 kbps, SCH
Ensanchamiento	Directo	Complejo (I,Q)
Tasas de Datos	9.6, 14.4 kbps	1.2 - 307 kbps
Control de Potencia	800, 400, 200, 100 Hz	800 Hz (400 Hz en ciertos casos)

La gráfica resume las diferencias entre IS95 y CDMA2000 en cuanto al enlace de subida (capa física). Se muestran los canales nuevos: R-PICH, R-FCH, R-SCH, R-DCCH, R-EACH y R-CCCH. La señal piloto en CDMA2000 es una novedad, lo cual permite detección coherente en la estación base. La codificación de canal es mejorada con la adición de códigos Turbo y códigos convolucionales más poderosos. El ensanchamiento con los códigos cortos de PN es complejo (componentes I, Q), y las tasas de datos alcanzan hasta 1.2 Mbps (en un SCH, modo 3X).

El control de potencia, como se mostrará a continuación, es verdaderamente de 800 comandos por segundo (a diferencia de IS95, en el cual la tasa depende del tipo de trama).

Estructura del R-FCH y R-SCH (RC3)



(*) Tasa 1/4 si $R < 307.2$ Kbps, Tasa 1/2 si $R \geq 307.2$ Kbps

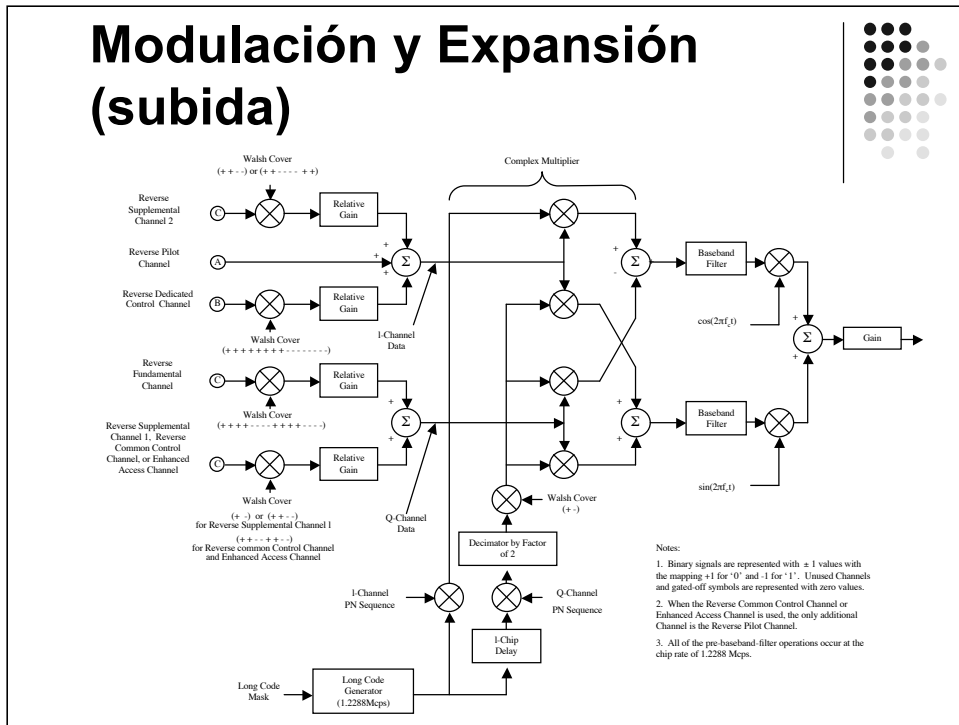
Se muestra la estructura para la generación de los canales R-FCH y R-SCH, con todas las operaciones involucradas previas al proceso de modulación y expansión, los cuales se muestran en una lámina posterior.

El valor de n permite elegir el tamaño de la trama de radio. Se permiten valores de $n=1, 2$ o 8 (sólo $n=1$ o 2 en el caso de 40 bits por trama).

En el caso de transmisión de voz, $n=1$ siempre. Si se usa EVRC, los tamaños de trama usados son el de 172 bits/trama (full), 80 bits/trama (mitad) y 16 bits por trama (1/8) sobre el R-FCH.

La primera fila de la tabla corresponde a las llamadas tramas cortas de 5 ms, las cuales aplican sólo para mensajes de control cortos.

Modulación y Expansión (subida)



El diagrama muestra la forma cómo se genera la señal multiplexada/expandida en IQ en el enlace de subida de IS2000.

El punto de conexión al inicio C corresponde al final de la cadena de procesamiento mostrada anteriormente. El punto A corresponde a la secuencia de bits enviada por el canal piloto, que no es más que una cadena de puros 0s. El punto B corresponde a la cadena de procesamiento del R-CCCH, cuya explicación se ha omitido pero que es similar a la correspondiente a la del punto C.

Aquí, cada una de los caudales digitales que alimenta las ramas I y Q del multiplexor/expansor puede estar compuesta de una combinación de canales, los cuales pueden ser transmitidos a tasas diferentes usando códigos de Walsh de longitud variable. En función del tipo de conexión establecida, un subconjunto de los canales mostrados se hace activo y se transmite, siempre en conjunción con la señal piloto. La ganancia de cada canal se hace relativa siempre al canal piloto, el cual actúa como referencia.

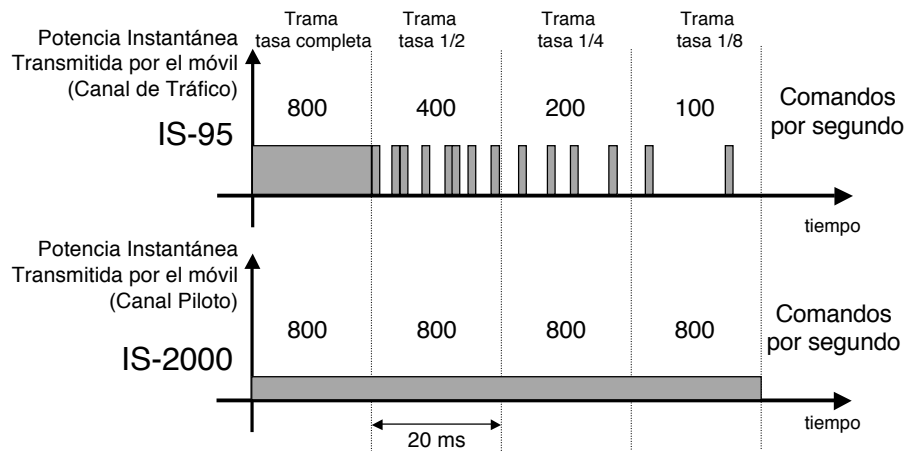
Ejercicio 4.2



- Sabiendo que la tasa de chips en 1X es de 1.2288 Mcps, encuentre el número de chips por símbolo cuando se transmite voz a 9600 kbps y datos a 153.6 kbps (RC3).
- Halle las tasas de bit efectivas que se transmiten en cada uno de estos modos.

Solución:

Comandos por segundo del Control de Potencia (subida)



Debido a que la tasa de los comandos de control de potencia en el enlace de subida de IS95 depende realmente del tipo de trama, como se indica en la gráfica, el número de comandos por segundo es variable (800/400/200/100) con un promedio cercano a 400 comandos por segundo. En IS2000 el control de potencia se basa en mediciones hechas sobre el canal piloto, el cual es continuo. Por ello en IS2000 se tienen 800 comandos por segundo, excepto cuando se hace conmutación 50% del canal piloto en Tramas Tasa 1/8 (esto es una opción).

Innovaciones en el Control de Potencia de Subida



- ⇒ 800 comandos por segundo (constante) a excepción de que se use algún modo conmutado.
- ⇒ El lazo cerrado actúa sólo sobre la señal del R-PICH.
- ⇒ El móvil ajusta todos sus canales en función de la referencia (R-PICH).
- ⇒ Se permiten peldaños de ajuste de 0.25 dB, 0.5 dB y 1.0 dB.
- ⇒ La BTS determina el tamaño del peldaño de ajuste.
- ⇒ Móvil sólo debe soportar 1.0 dB (0.5 dB en caso de R-SCH)
- ⇒ Comandos son transmitidos en el F-FCH o en el F-DCCH (en caso de que el F-FCH no esté activo).

En CDMA2000 se transmiten 800 comandos por segundo válidos para controlar el enlace de subida, a excepción de que se use algún modo conmutado (por ejemplo, modo discontinuo 50% sobre tramas 1/8 del canal de tráfico).

El lazo cerrado monitorea y actúa exclusivamente sobre la señal del R-PICH.

El móvil ajusta todos sus canales en función de la referencia (R-PICH). Se permiten peldaños de ajuste de 0.25 dB, 0.5 dB y 1.0 dB, aunque el móvil sólo está obligado a soportar 1.0 dB (0.5 dB en caso de R-SCH). La BTS determina el tamaño del peldaño de ajuste.

Los comandos de control de potencia de subida son transmitidos en el F-FCH o en el F-DCCH (en caso de que el F-FCH no esté activo).

Resumen: Enlace de Subida 1XRTT

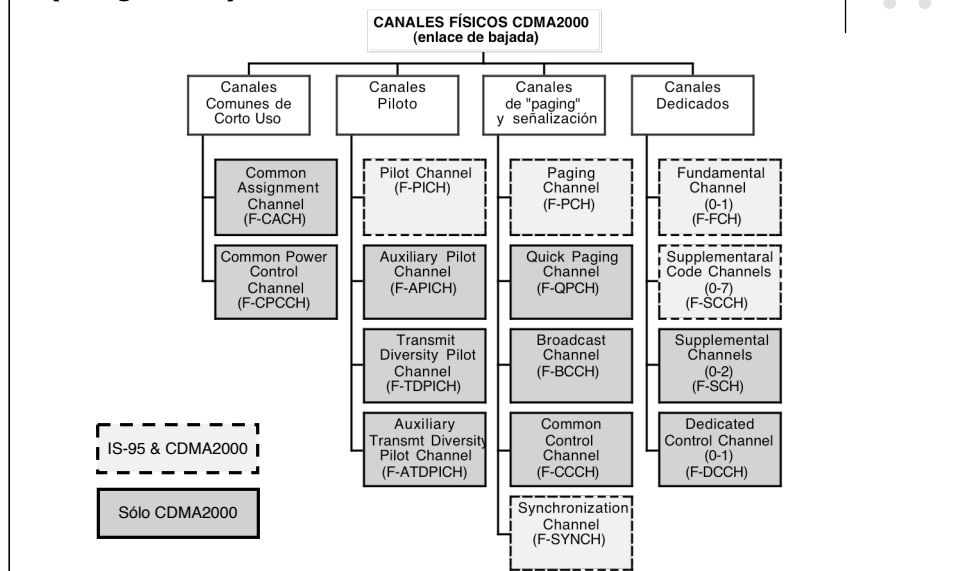


- » Transmisión multicódigo de varios canales a la vez
- » Detección Coherente gracias al canal piloto
- » Transmisión Conmutada sólo en casos especiales
 - » en la versión 0 para RC=3 o RC=4, transmisión es continua siempre
- » Modulación/Expansión compleja IQ mejora las características de la envolvente de la señal de potencia
- » Control de potencia mejorado que opera sobre el canal piloto
 - » ajuste independiente de las potencias de cada canal-código
- » Tasas de bit variables desde 1.5 kbps hasta 307.3 kbps
 - » sólo hasta 153.6 kbps para la versión 0
- » Acceso mejorado a través del R-EACH
 - » en la versión 0 se sigue usando el R-ACH de IS-95
- » Control de Potencia en Lazo Abierto para el R-ACH

Se muestra un resumen de las características más relevantes de la señal de subida en CDMA2000 1XRTT:

- Transmisión multicódigo de varios canales simultáneamente, aunque debe resaltarse en la versión 0 no se soporta la prestación de servicios concurrentes.
- Detección Coherente en la BTS gracias al canal piloto
- Transmisión Conmutada sólo en casos especiales, como se indicó anteriormente. En la versión 0 para RC=3 o RC=4, la transmisión es continua siempre.
- Modulación/Expansión compleja IQ que mejora las características de la envolvente de la señal de potencia y reduce la interferencia sobre dispositivos biomédicos.
- Control de potencia mejorado que opera sobre el canal piloto, aprovechando el hecho de que éste es continuo. el ajuste independiente de las potencias de cada canal-código se logra a través de las ganancias relativas, y permiten el ajuste de las distintas QoS de forma separada.
- Tasas de bit variables desde 1.5 kbps hasta 307.3 kbps (sólo 153.6 kbps para la versión 0)
- Acceso mejorado a través del R-EACH, aunque en la versión 0 se sigue usando el R-ACH de IS-95

Canales Físicos CDMA2000 (bajada)



En CDMA2000 se emplean cuatro tipos de canales:

Canales piloto.- En adición al Piloto común (que es el mismo que en cdmaOne), CDMA2000 soporta tres nuevas señales piloto: auxiliares (usadas para soportar tecnologías avanzadas de antenas), pilotos para diversidad (usadas cuando se aplica alguna de las dos técnicas de diversidad de transmisión en el enlace de bajada), y piloto auxiliares para diversidad (usadas cuando se implementan antenas inteligentes conjuntamente con diversidad). Estos nuevos canales piloto son opcionales y se implementan sólo de ser necesarios.

Canales de “paging” y señalización.- Aparte del canal de sincronismo y el de paging (los mismos que en cdmaOne), CDMA2000 soporta opcionalmente un canal de “quick paging” (usado para permitir la reducción de consumo de energía en modo stand by), el nuevo canal de control común y el de broadcast (la combinación de éstos dos cumple el mismo rol que el canal de paging en cdmaOne). En 1X, los únicos obligatorios son “paging” y sync.

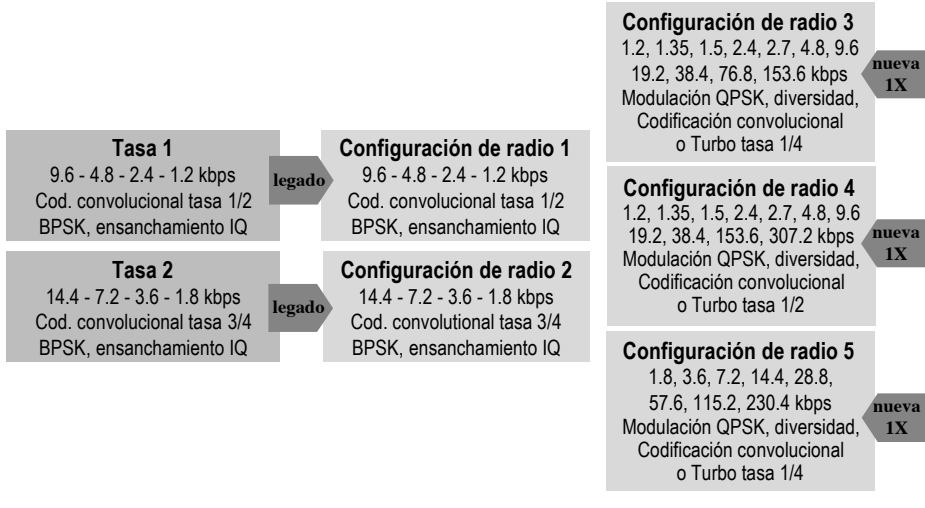
Canales Dedicados: Además del canal Fundamental (nuevo nombre para el canal de tráfico) y los Supplemental Code Channels (IS-95-B), se introduce un Canal Dedicado de Control (para señalización en canal separado) y los canales Suplementales (para altas velocidades). En una conexión de tráfico cualquiera siempre habrá al menos un canal Fundamental o un canal dedicado de control. Los canales comunes de corto uso son opcionales y no están en la Versión 0.

Configuraciones de radio (bajada)



cdmaOne

CDMA2000 1XRTT



Las Cofiguraciones de Radio 3, 4 y 5 son las nuevas configuraciones para 1X en el enlace de bajada. Todas ellas operan con modulación QPSK, permiten el uso de diversidad espacial, y posibilitan el soporte opcional de códigos Turbo. La mayor tasa de datos es de 307.2 kbps (soportada sólo en la versión A del estándar).

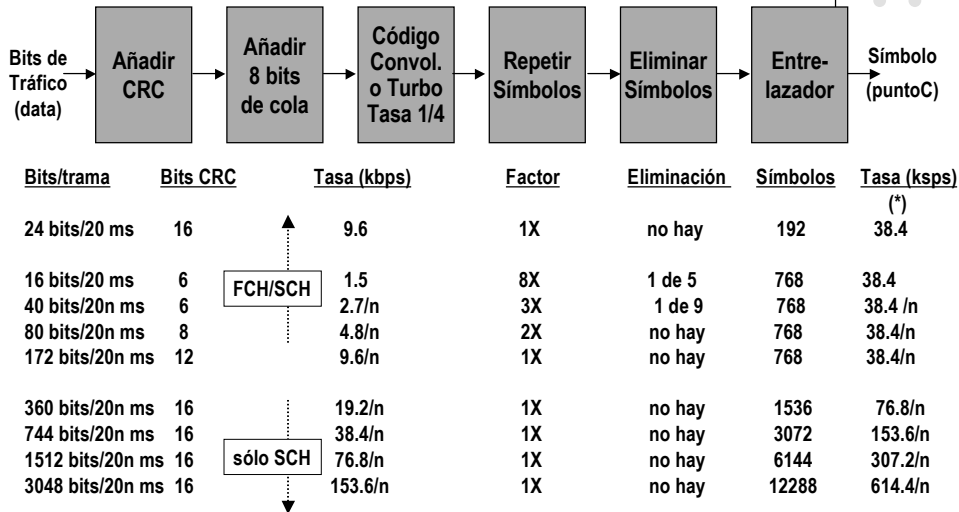
Enlace de Bajada: cdmaOne vs. CDMA2000



	cdmaOne	cdma2000
CANALES		
• Comunes	F-PICH F-SYCH F-PCH	F-BCH F-PICH F-SYCH F-PCH Quick Paging Channel (QPCH) F-CAPICH F-CCCH F-TDPICH F-ATDPICH F-CPCH F-FCH F-SCCH F-SCH F-DCCH F-DAPICH
• Dedicados	F-FCH F-SCCH	
Modulación	BPSK	QPSK
Control de Potencia	Lento, escaso rango dinámico	Rapido, hasta 800 comandos/seg Soporte de canales múltiples
Pilotos Auxiliares	No	Si
Códigos Walsh	Longitud Fija (64 chips / símbolo)	Longitud variable
Tasa de Datos		
• F - FCH	1.2 - 9.6 o 1.8 - 14.4 kbps	1.2 - 14.4 kbps
• F - SCH	N/A	1.5 - 307 kbps

Un número elevado de nuevos canales han sido agregados en CDMA2000 a fin de ampliar la funcionalidad de IS95, aunque muchos de éstos son sólo opciones. Se ha sustituido la modulación BPSK por modulación QPSK, lo cual incrementa el número de códigos ortogonales disponibles por sector. Los códigos Walsh en CDMA2000 son de longitud variable: esto con el fin de soportar tasas de datos variables. La capacidad máxima de cada F-SCH en CDMA2000 es de 307 kbps (1X).

Estructura del F-FCH y F-SCH (RC3)



(*) La Tasa de Símbolos QPSK es la mitad del valor de la tasa de símbolos (ksp/s) de esta columna.

Se muestra la estructura para la generación de los canales F-FCH y F-SCH, con todas las operaciones involucradas previas al proceso de modulación y expansión, los cuales se muestran en una lámina posterior.

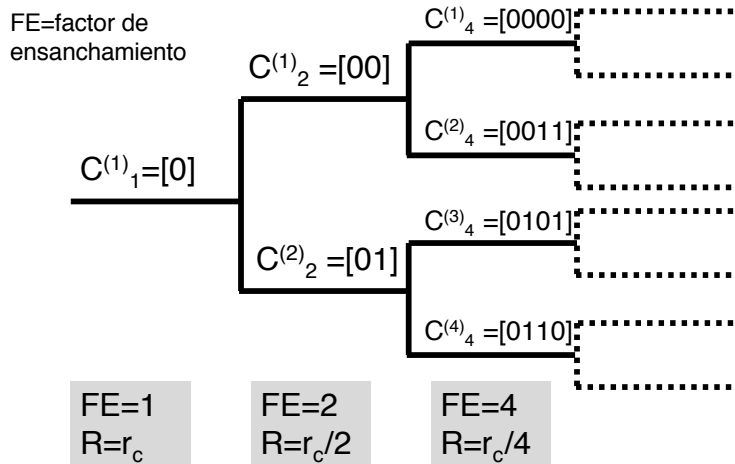
Los números son muy similares a la RC3 en el enlace de subida, salvo que la tasa de bits máxima en este caso es 153.6 kbps. Para alcanzar los 307.2 kbps por F-SCH es necesario usar la RC4, la cual emplea codificación tasa 1/2 en lugar de 1/4 (turbo o convolucional). Además, los valores de tasa de símbolos obtenidos son la mitad que en enlace de subida, ya que aquí se emplea QPSK, que es un esquema de modulación en el cual un símbolo representa la información de dos bits. También hay diferencias respecto a los factores de repetición de símbolos.

Al igual que en enlace de subida, el valor de n permite elegir el tamaño de la trama de radio. Se permiten valores de n=1, 2 o 4 (sólo n=1 o 2 en el caso de 40 bits por trama), para 20, 40 y 80 ms respectivamente.

En el caso de transmisión de voz, n vale 1 siempre. Si se usa EVRC, los tamaños de trama usados son el de 172 bits/trama (full), 80 bits/trama (mitad) y 16 bits por trama (1/8) sobre el R-FCH.

La primera fila de la tabla corresponde a las llamadas tramas cortas de 5 ms, las cuales aplican sólo para mensajes de control cortos.

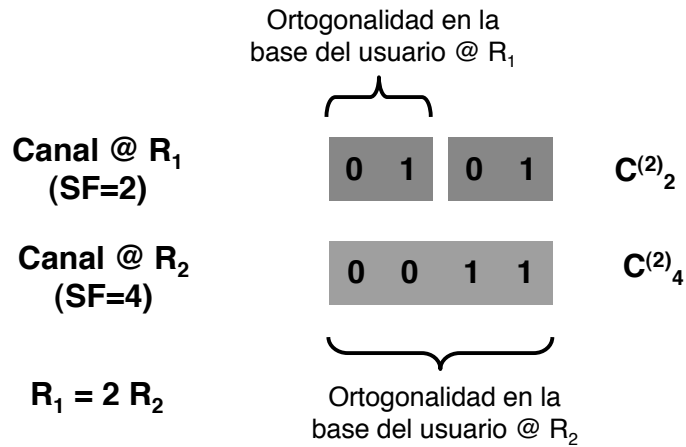
Códigos Walsh de Longitud Variable



Lo Códigos Ortogonales de Longitud Variable es un conjunto de códigos con las siguientes características:

1. Códigos con el mismo factor de ensanchamiento constituyen un juego de códigos Walsh.
 2. Códigos con distintos factores de ensanchamiento son ortogonales sus posiciones en el árbol (que se muestra en la figura) son tales que el código de mayor factor no se deriva de la rama ocupada por el código de menor factor.
- El uso de éstos códigos permite cambiar la tasa de datos de cada usuario. Más aún, permite que canales cuyas tasas de datos son distintas sean multiplexados de forma ortogonal, es decir, con separación perfecta dentro de un sector.

Ortogonalidad a Distintas Tasas de Datos



Con los Códigos Ortogonales con factor de Ensanchamiento Variable, canales a distintas velocidades pueden mantener ortogonalidad, la cual se verifica en la base (número de chips) de todos los canales transmitidos. Ello permite transmitir las señales correspondientes a usuarios de distintas tasas de datos sobre una sola señal CDMA en el enlace de bajada.

Ejercicio 4.3



- Assume a cdma system with 3 users. The data to be transmitted for the three users in the down-link are; 0110 for the first user, 01 for the second user, and 1 for the third user. Assume a variable length Walsh code set with a maximum of 8 Walsh symbols is to be used.
 - A- Generate the Walsh code family.
 - B- Assign proper Walsh codes for each user and spread each user's data with the proper Walsh code.
 - C- Draw the signal for each user with proper gain factor and provide the composite signal to be transmitted.
 - D- Show how the data for user two can be extracted from the composite signal.

Solución:

Soporte de los Canales IS-95



Canales de Bajada cdmaOne

FE = 64 chips/símbolo

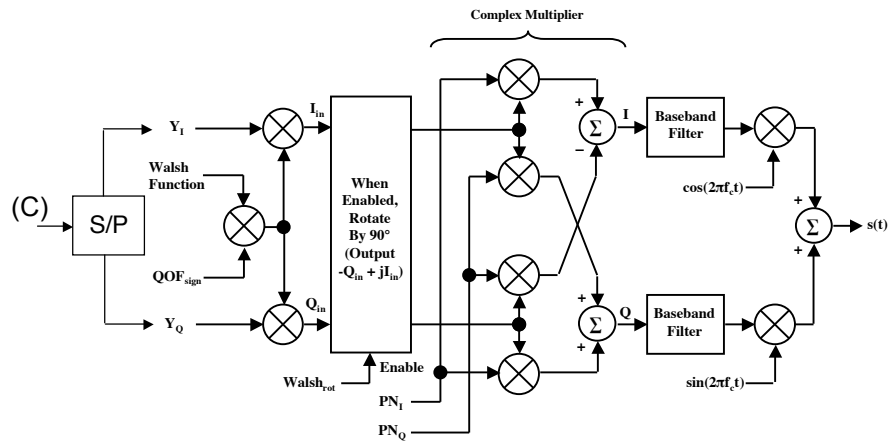
Piloto Paging Paging ... Paging Tráfico ... Tráfico Sync Tráfico ... Tráfico
W0 W1 W2 ... W7 W8 ... W31 W32 W32 ... W63

- Los códigos W1 - W7 que no sean usados para Canales de Paging pueden ser usados para Canales de Tráfico.
- Los códigos W0, W32 son siempre dedicados a los Canales Piloto y Sync respectivamente.

La gráfica muestra las asignaciones de códigos Walsh en IS-95. Los códigos W0, W32 son siempre dedicados a los Canales Piloto y Sync respectivamente. Los códigos W1 - W7 que no sean usados para Canales de Paging pueden ser usados para Canales de Tráfico. El canal de paging por descarte ("default") es el W1. El resto de los canales quedan disponibles para canales de tráfico, sin ningún tipo de regla fija de asignación.

Los sistemas CDMA2000 deben respetar esta asignación a fin de garantizar compatibilidad hacia atrás.

Generación de Señales en el Enlace de Bajada (con códigos cuasiortogonales)

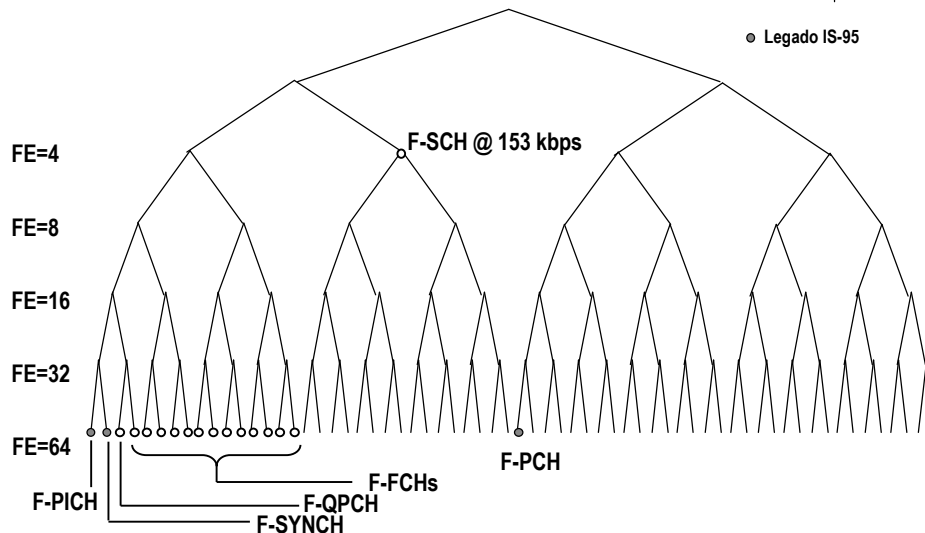


El ejemplo ilustra la generación de las señales en el enlace de bajada de los canales nuevos CDMA2000 1XRTT (se excluyen los canales legado de IS-95, es decir, el F-PCH, F-SYNCH y F-PICH, los cuales se muestran en láminas previas).

En IS2000, a diferencia de IS-95, se emplea modulación QPSK en lugar de BPSK. Esto se aprecia por la inserción de un convertor serie-paralelo que hace que la información en la rama I sea distinta que la información en la rama Q. El modulador es del tipo híbrido (complejo). Los códigos PN-I y PN-Q son los códigos cortos de PN desplazados según el offset correspondiente a la celda/sector.

En la lámina se ilustra el uso de las máscaras para la aplicación de los códigos cuasiortogonales. Cuando ambas máscaras (signo y rotación) se hacen igual a cero, se obtiene el diagrama simplificado para los códigos Walsh OVSF.

Gestión de Códigos Walsh en el enlace de Bajada 1XRTT



La figura muestra una asignación típica de uso de códigos Walsh de longitud variable. En ella se busca minimizar la fragmentación del espacio de los códigos Walsh y maximizar la tasa de datos pico soportada por el R-SCH (en este caso, 153 kbps). Un canal de voz ocupa un código de longitud 64 o 128 (éste último no mostrado). No obstante, un sólo F-SCH a una tasa elevada de bits necesita códigos más cortos, y por tanto consume mayor espacio de los mismos. La técnica mostrada reserva unade las cuatro ramas del árbol de longitud 4 para el F-SCH.

Además, debe soportarse los canales legado IS-95 (indicados en rojo en la gráfica).

En caso de agotarse el universo de códigos Walsh, puede recurrirse a los códigos cuasiortogonales. Esta situación puede ocurrir debido a una o varias de las siguientes condiciones:

- alta capacidad de RF en la red, lo cual permite soportar un número mayor de F-SCHs simultáneamente.
- uso de antenas inteligentes y/o diversidad de antenas, con la correspondiente necesidad de usar pilotos auxiliares
- fragmentación del árbol debido a la llegada y finalización aleatoria de llamadas de forma que es difícil mantener un uso compacto del mismo
- necesidad de reservar códigos Walsh cortos para móviles en relevo suave de otras celdas

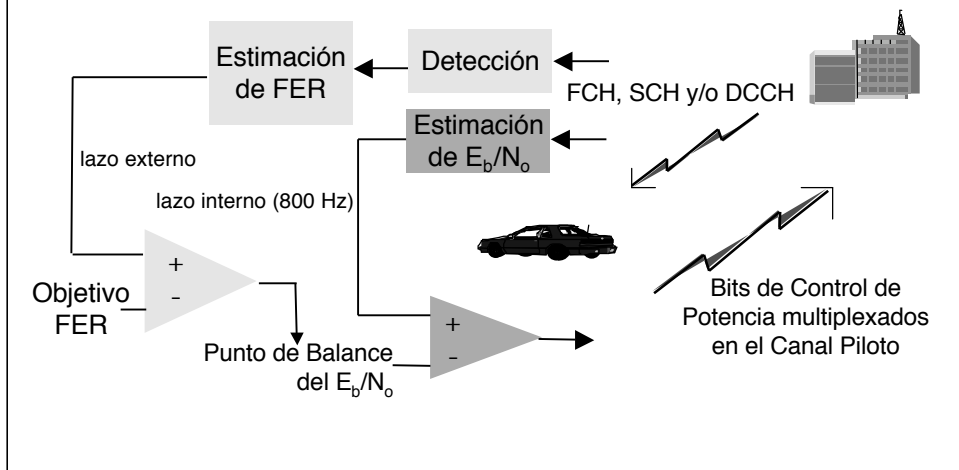
Ejercicio 4.4



- Si en un sector se reserva un código de 4 chips por símbolo para el F-SCH y transmiten además otros tres F-SCH a 38.4 kbps cada uno, encuentre el número de usuarios de voz que puede soportar sin recurrir a los códigos cuasiorortogonales.

Solución:

Control de Potencia en el Enlace de Bajada

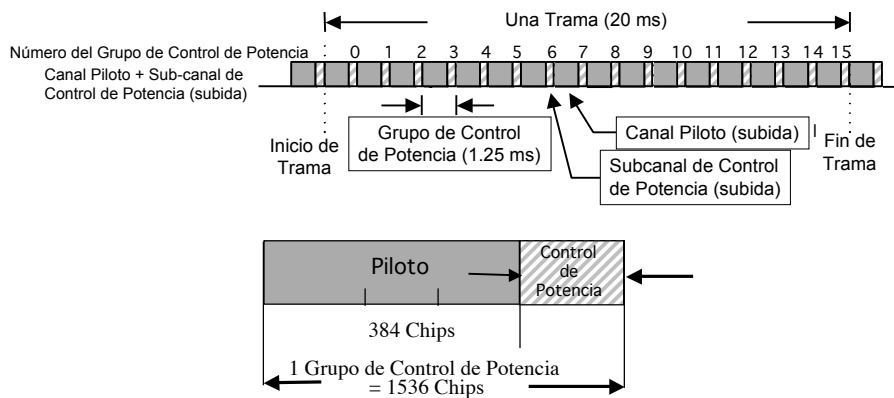


El control de potencia rápido del enlace de bajada en CDMA2000 está modelado en base al del enlace de subida de IS-95, con algunas diferencias. En el lazo interno del control de potencia del enlace de bajada, la estación móvil envía comandos binarios de control de potencia obtenidos comparando la estimación de E_b/N_0 con el Punto de Balance, el cual es ajustado por el lazo externo.

Los comandos de control de potencia se envía multiplexados en el tiempo con el canal piloto en el enlace de subida. El llamado sub-canal de control de potencia puede estar dividido en subcanales primario y secundario. En ese caso, el subcanal primario controla el F-FCH, F-DCH o ambos, y el subcanal secundario controla el F-SCH.

Se definen siete modos de operación del control de potencia de bajada. La estación base y la estación móvil soportan todos estos modos. Nuevos parámetros son añadidos al *Extended Channel Assignment Message*, *Power Control Message*, *Extended Channel Assignment Message*, *Power Control Message* y *Extended Supplemental Channel Assignment Message* para soportar la operación de este control de potencia. Asimismo, se han hecho cambios en el *Power Measurement Report Message (PMRM)* a fin de poder llevar estadísticas de FER en el F-DCCH y el F-SCH. Esto tiene como finalidad extender la capacidad del control de potencia existente basado en PMRM.

Subcanal de Control de Potencia



Los comandos de control de potencia van multiplexados en el enlace de subida junto con la señal piloto transmitida por el móvil. Dentro de cada Grupo de Control de Potencia (GCP = 1.25 ms), una cuarta parte de los chips se dedican a ensanchar el comando de control de potencia.

La señal piloto se transmite de manera continua, a excepción de que el móvil entre en operación conmutada (50% o 25%). En este caso, solo la mitad (o la cuarta parte, respectivamente) de GPC son transmitidos. La operación conmutada se permite únicamente durante el estado de retención de control, y (opcionalmente) durante tramas de 1/8 de tasa en transmisión de señales de voz.

Lazos de Control de Potencia en el Enlace de Bajada



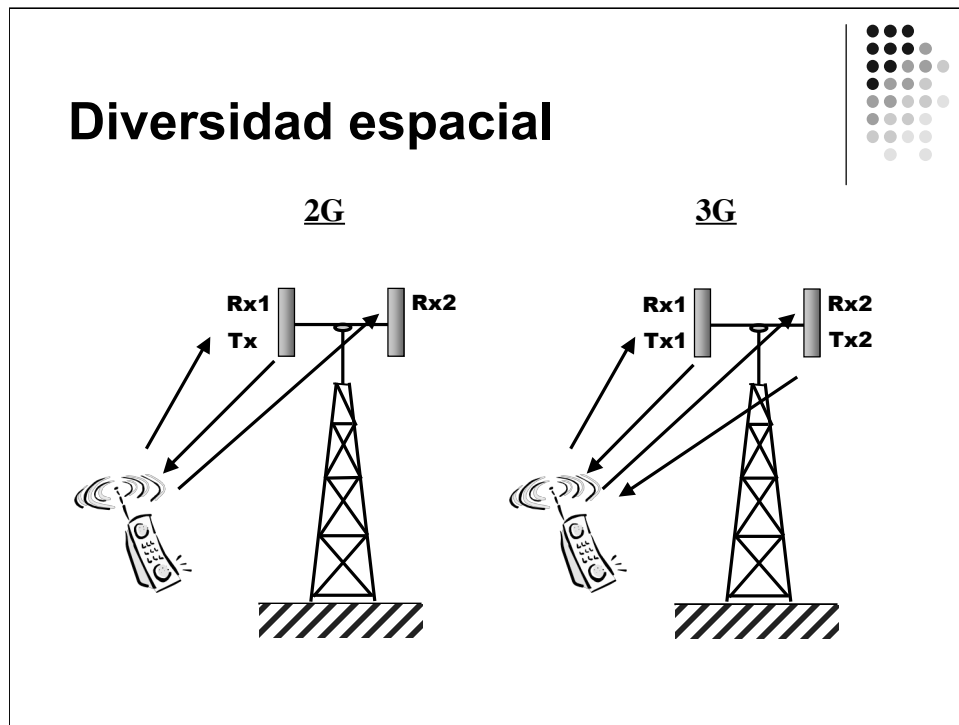
- El subcanal primario opera sobre el F-FCH o F-DCCH, mientras que el subcanal secundario opera sobre el F-SCH0 o el F-SCH1.
- Lazos de control de potencia internos y externos diferentes se mantienen para cada canal monitoreado.
- BTS indica al móvil cuáles canales han de ser monitoreados, así como los parámetros de los lazos externos.

En CDMA2000, el subcanal primario opera sobre el F-FCH o F-DCCH, mientras que el subcanal secundario opera sobre el F-SCH0 o el F-SCH1. Cada canal monitoreado mantiene lazos de control de potencia internos y externos separados. La estación base indica al móvil cuáles canales han de ser monitoreados, así como los parámetros de los lazos externos.

En caso de monitoreo del F-FCH o el F-DCCH, el móvil ajusta el punto de equilibrio del E_b/N_0 a fin de lograr el objetivo FER para tramas de tasa completa y 20 ms de duración.

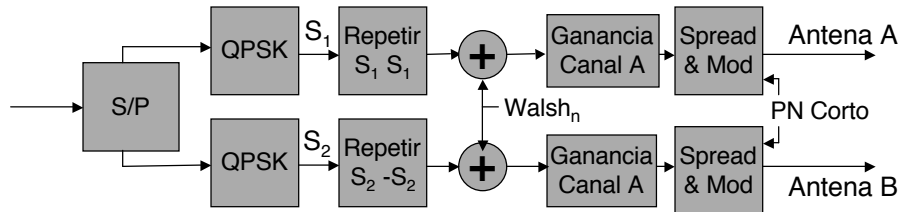
En caso de monitorear uno de los F-SCH, el móvil ajusta el punto de equilibrio del E_b/N_0 a fin de lograr el objetivo FER para la máxima tasa de datos asignada.

Diversidad espacial



En cdmaOne, la diversidad espacial en la radiobase es implementada en la recepción, mientras que la transmisión se hace desde una sola antena. En CDMA2000 1XRTT, existe la opción de implementar diversidad espacial tanto en bajada como en subida, mejorando así el desempeño del enlace de bajada.

Orthogonal Transmit Diversity (OTD)



- ◆ Una de las antenas usa el canal piloto común (F-CPICH).
- ◆ La otra requiere un canal piloto auxiliar (F-TDPICH).
- ◆ La repetición de símbolos introduce ortogonalidad entre ramas.
- ◆ El receptor detecta ambos códigos y multiplexa sus salidas.
- ◆ Ganancia está entre 0.5 y 2 dB, dependiendo de la velocidad del móvil y el número de multitrayectos detectados.

Orthogonal Transmit Diversity (OTD) se ofrece en CDMA2000 como una opción para proporcionar diversidad espacial. La gráfica representa conceptualmente el proceso de OTD.

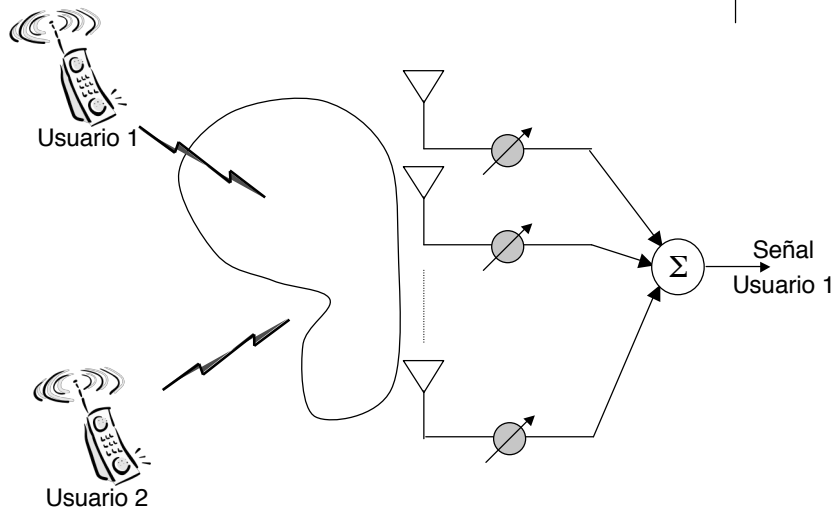
Los símbolos codificados son separados (S/P) y luego transmitidos por antenas diferentes. La repetición de símbolos en cada rama las hace efectivamente ortogonales, como si cada una usara un código Walsh diferente. Notar que, debido al separador S/P, el número de códigos usados es el mismo que si no se usara OTD.

Ganancias de 0.5 - 2 dB se obtienen en el enlace de bajada con OTD, dependiendo de la velocidad del móvil y el número de multitrayectos detectados por el MS.

Para OTD, una señal Piloto OTD (F-TDPICH) debe ser introducida para la segunda antena. Esta piloto se envía con -3, -6 o -9 dB respecto a la piloto principal (F-CPICH).

OTD es parte de la especificación CDMA2000 desde su primera versión (Release 0). OTD (al igual que STS, Space Time Coding, el otro esquema de diversidad introducido en Release A) es opcional en la BTS y en el MS.

Arreglos de Antenas



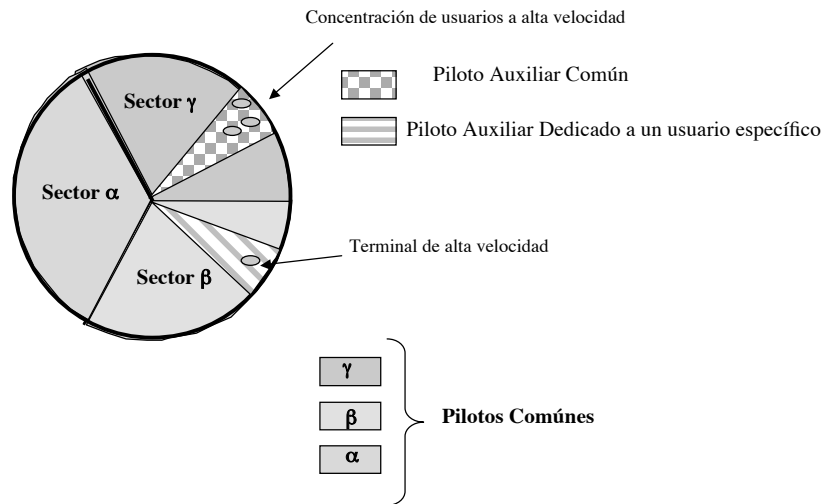
En un arreglo de antenas típico (antenas inteligentes) las señales recibidas de múltiples elementos son pesadas en amplitud y fase, y luego combinadas para generar una salida única. La señal detectada para cada usuario (o zona de alta densidad de usuarios) emplea un juego de coeficientes distintos. El patrón resultante muestra una ganancia elevada en la dirección preferencial y/o nulos en la dirección de los interferentes más poderosos.

Media longitud de onda es suficiente separación entre los elementos de las antenas para conseguir decorrelación de los componentes.

Los coeficientes se adaptan de forma continua con la ayuda de una secuencia de entrenamiento o señal piloto, o bien se adaptan una vez y se operan de forma permanente o semi-permanente para servir una zona de alta densidad de usuarios. La segunda opción luce más atractiva pues se evita la necesidad de tener algoritmos de adaptación en las BTSs, y porque es muy factible de emplear en ambos enlaces (subida y bajada).

Cada vez que se instrumenta un arreglo adaptivo de antenas en el enlace de bajada, debe proveerse de una piloto auxiliar (F-ATDPICH) para proporcionar la referencia de fase a los móviles que emplean el haz transmitido por el arreglo de antenas.

Canales Piloto Auxiliares



Esta figura ilustra los distintos canales pilotos en CDMA2000:

-Los pilotos comunes (uno por sector) son los mismos soportados en IS95 (Walsh cero).

-Los pilotos auxiliares comunes permiten el soporte de arreglos de antenas del tipo "hot spot", es decir, para servir puntos de alta densidad de usuarios (centros comerciales, intersecciones, etc). El rayo es fijo, o a lo sumo cambia en una base temporal lenta.

-Los pilotos auxiliares dedicados se usan para formar y dirigir rayos de forma adaptiva a un usuario específico, siguiéndolo a medida de que este cambia de posición. Puede usarse para cubrir terminales de alta demanda de bps, lo cual ayuda a preservar la capacidad del sector.

Las pilotos auxiliares no se identifican con desplazamientos distintos de la secuencia de PN (como los pilotos comunes), sino a través de diferentes códigos Walsh. Esta información se incluye en el nuevo Extended Neighbor List Message.

Resumen: Enlace de Bajada 1XRTT



- » Uso de códigos ortogonales de longitud variable mantiene ortogonalidad de usuarios a distintas velocidades.
 - » códigos cuasiortogonales pueden aumentar el número de códigos.
- » Control de Potencia rápido con dos subcanales definidos.
- » Modulación QPSK optimiza el uso de los códigos ortogonales
- » Tasas de bit variables desde 1.5 kbps hasta 307.3 kbps para cada usuario
 - » sólo 153.6 kbps para la versión 0
- » Diversidad de Transmisión: OTD y STS

Se muestra un resumen de las características más relevantes de la señal de bajada en CDMA2000 1XRTT:

- Uso de códigos ortogonales de longitud variable (OVSF) mantiene ortogonalidad de usuarios a distintas velocidades. Cuando el árbol de códigos ortogonales se agota, los códigos cuasiortogonales pueden usarse.
- Control de Potencia rápido con dos subcanales independientes definidos.
- Modulación QPSK optimiza el uso de los códigos ortogonales, con combinación compleja con los códigos de expansión I y Q.
- Tasas de bit variables desde 1.5 kbps hasta 307.3 kbps para cada usuario (sólo 153.6 kbps para la versión 0)
- Dos formas opcionales de diversidad de transmisión: Orthogonal Transmit Diversity (OTD) y Space Time Spreading (STS).

Resumen: Enlace de Bajada 1XRTT



- » Canal piloto continuo al igual que en IS-95: F-PICH
- » Soporte opcional de canales piloto auxiliares para el soporte de tecnologías avanzadas de antenas.
- » Soporte de los canales de control IS-95: F-SYNCH, F-PCH
- » Nuevos canales de control: F-QPCH, F-CCCH, F-BCCH, F-CACH, F-CPCCH
 - » en la versión 0 sólo se soporta el F-QPCH
- » Consumo de potencia reducido para móviles en stand-by gracias al F-QPCH

Más características del enlace de bajada CDMA2000 1XRTT:

- Canal piloto continuo al igual que en IS-95: F-PICH, transmitido desde todas las celdas de forma permanente.
- Implementación opcional de canales piloto auxiliares para el soporte de tecnologías avanzadas de antenas.
- Soporte de los canales de control IS-95: F-SYNCH, F-PCH.
- Nuevos canales de control: F-QPCH, F-CCCH, F-BCCH, F-CACH, F-CPCCH, de los cuales en la versión 0 sólo se soporta el F-QPCH
- Consumo de potencia reducido para móviles en stand-by gracias al F-QPCH, mecanismo que opera en combinación con el paging ranurado de IS-95.

Parámetros Dinámicos del Relevo Suave



> En 1X los umbrales de Transición se hacen *dinámicos*:

$$T_ADD = I_A + S 10 \log \left(\sum_{i=1}^{N_A} (Ec / Io)_i \right)$$

$$T_DROP_k = I_D + S 10 \log \left(\sum_{i=1}^{N_{D,k}} (Ec / Io)_i \right)$$

T_ADD es el umbral de adición dinámico en dB (en dB)

T_DROP_k es el umbral de substracción dinámico del piloto k -ésimo (en dB)

S es la pendiente suave (soft slope)

I_A, I_D son los puntos de intercepción A y D

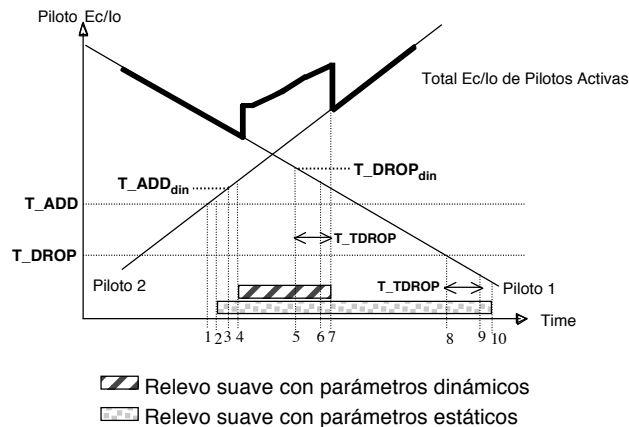
N_A es el número de pilotos activas

$N_{D,k}$ es el número de pilotos activas con Ec/Io es mayor que la del piloto k -ésimo

En IS95-A a veces el móvil entra en relevo suave cuando no lo necesita. En otras ocasiones el móvil mantiene pilotos activas que no son necesarias. A fin de mitigar estos efectos, en IS-95B (TIA/EIA-95) los umbrales T_ADD , T_DROP se hacen dinámicos, es decir, se modifican en función de las pilotos que están en el grupo activo. Estos cambios se mantienen en CDMA2000. Las ecuaciones muestran que:

1. T_ADD dinámico aumenta si hay pilotos fuertes activas en un instante dado. Esto dificulta la aceptación de nuevas pilotos para relevo suave que no son necesarias.
2. T_DROP dinámico para el piloto k -ésimo aumenta si hay pilotos fuertes activas que son más fuertes que la piloto k -ésima en un instante dado. Esto facilita la eliminación de pilotos que no son necesarias.

Comparación entre Relevo Suave Estático y Dinámico



La gráfica compara los eventos de relevo suave en IS-95A e IS-95B, CDMA2000:

1. Piloto 2 excede T_ADD . MS la mueve al Grupo Candidato.
2. MS en IS-95A recibe HDM y añade la piloto 2 al grupo Activo.
3. Piloto 2 excede T_ADD "dinámico". MS envía PSMMM.
4. MS en IS-95B recibe EHDM y añade la piloto 2 al grupo Activo.
5. Piloto 1 cae por debajo del T_DROP dinámico. T_TDROD timer comienza (parámetros dinámicos).
6. T_TDROD timer expira, y móvil envía PSMM (parámetros dinámicos).
7. MS recibe EHDM y elimina el piloto 1 del grupo Activo (parámetros dinámicos).
8. El móvil IS95A cae por debajo de T_DROP , comienza timer T_TDROD (parámetros estáticos).
9. T_TDROD timer expira, y móvil envía PSMM (parámetros estáticos).
10. MS recibe HDM y elimina el piloto 1 del grupo Activo (parámetros estáticos).

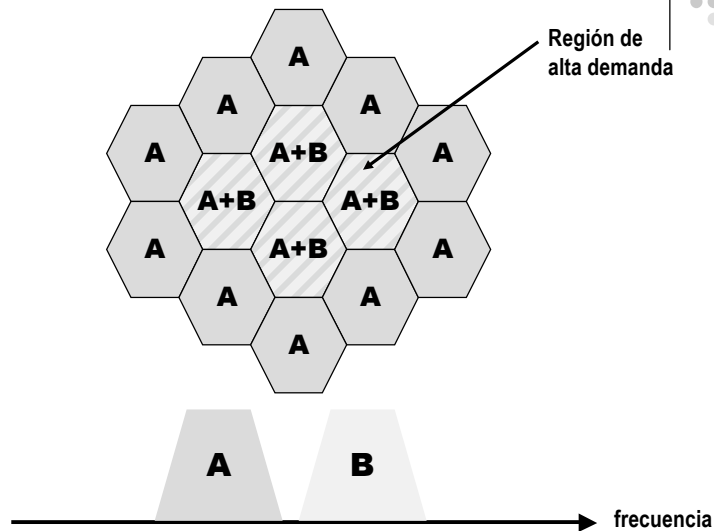
Ejercicio 4.5



- The Active Set of a mobile unit consists of a pilot signal with $E_c/I_o = -10$ dB. If $I_A = +3.75$ dB and $S = +2$, find the dynamic T_ADD for this mobile. Repeat for $E_c/I_o = -8$ dB.
- Assume now that the Active Set has three pilots with, respectively, $E_c/I_o = -10$, -8 and -7 dB. With $I_D = +1.5$ dB, find if any of these pilots is below its dynamic T_DROP .

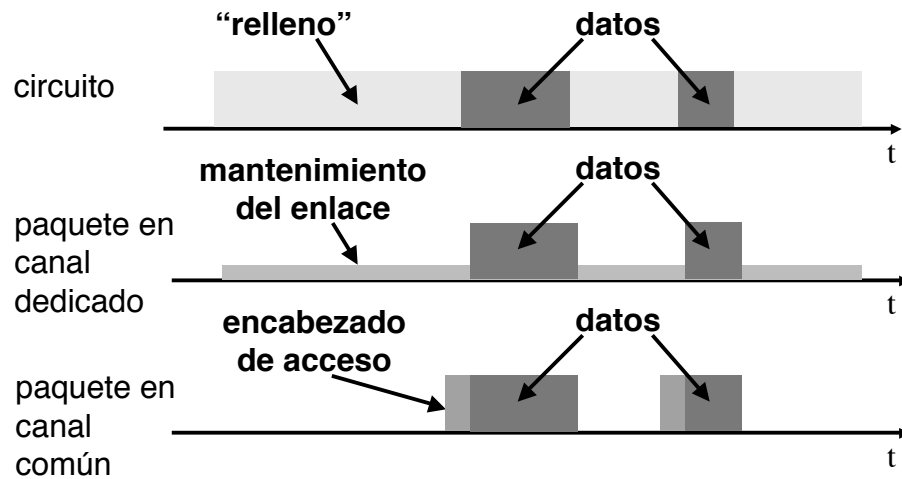
Solución:

Hard Handoff en CDMA2000



Es común que los operadores CDMA operen un número diferente de portadoras en distintas zonas de una región o ciudad. Esto es una consecuencia del desarrollo progresivo de un sistema en una región en la cual la demanda por capacidad es mayor en ciertas áreas que en otras. La pantalla ilustra el caso de dos portadoras, A y B.

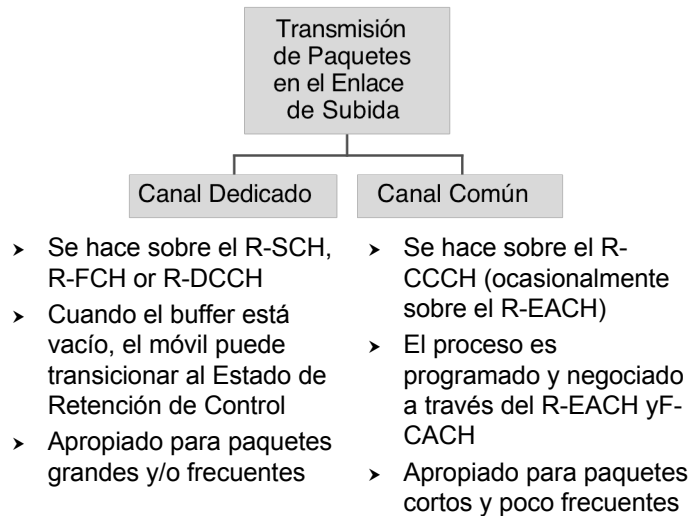
Conexiones de Radio: Circuito vs. Paquete



La transmisión de paquetes en una conexión de radio tipo circuito involucra mantener ocupado un canal de radio por el tiempo de duración de la sesión, incluyendo el envío de datos de "relleno" que no llevan ninguna información y que por tanto constituye un desperdicio de recursos de radio.

En CDMA2000 1X RTT existen dos modalidades para transmisión de paquetes: en canal dedicado y en canal común. En canal dedicado, se envían los paquetes más una señalización mínima que permite mantener el enlace vivo por la duración de la sesión. En canal común, los datos se transmiten siguiendo un protocolo de acceso aleatorio en el cual no se envía ninguna información que no sea el paquete de datos y la señalización necesaria para establecer la conexión.

Dos Mecanismos Para Transmisión de Paquetes (subida)

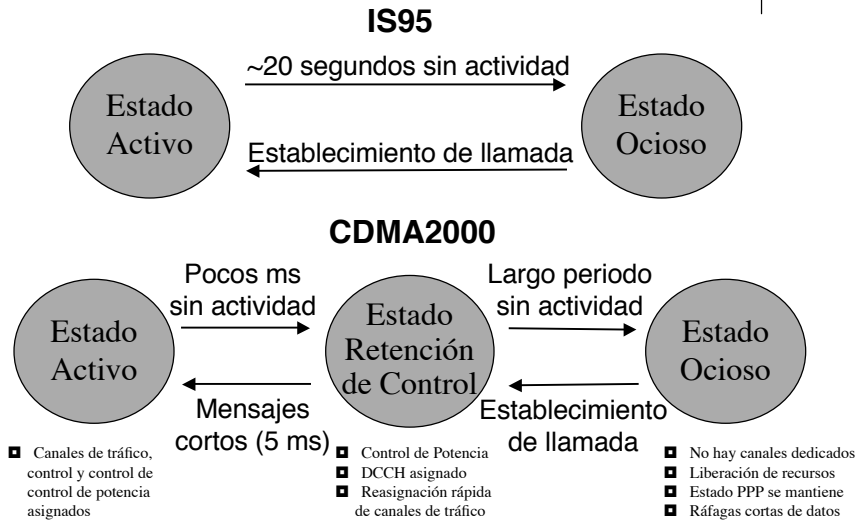


En CDMA2000 se cuenta con dos nuevos mecanismos para transmisión de paquetes sobre el enlace de radio. La lámina ilustra la aplicación de éstos sobre el enlace de subida, aunque existen mecanismos equivalentes para el enlace de bajada.

Paquetes grandes y/o frecuentes pueden transmitirse sobre un canal dedicado (R-FCH, R-SCH o R-DCCH) sin necesidad de establecer la conexión de forma permanente. Cuando el buffer se vacía, el móvil puede transicionar (por voluntad propia u ordenado por la BTS) al estado de *Retención de Control* (a explicarse en una próxima lámina).

Paquetes cortos y poco frecuentes deben transmitirse sobre el R-CCH, en un proceso que se negocia vía el R-EACH y el F-CACH. La lámina siguiente explica el proceso.

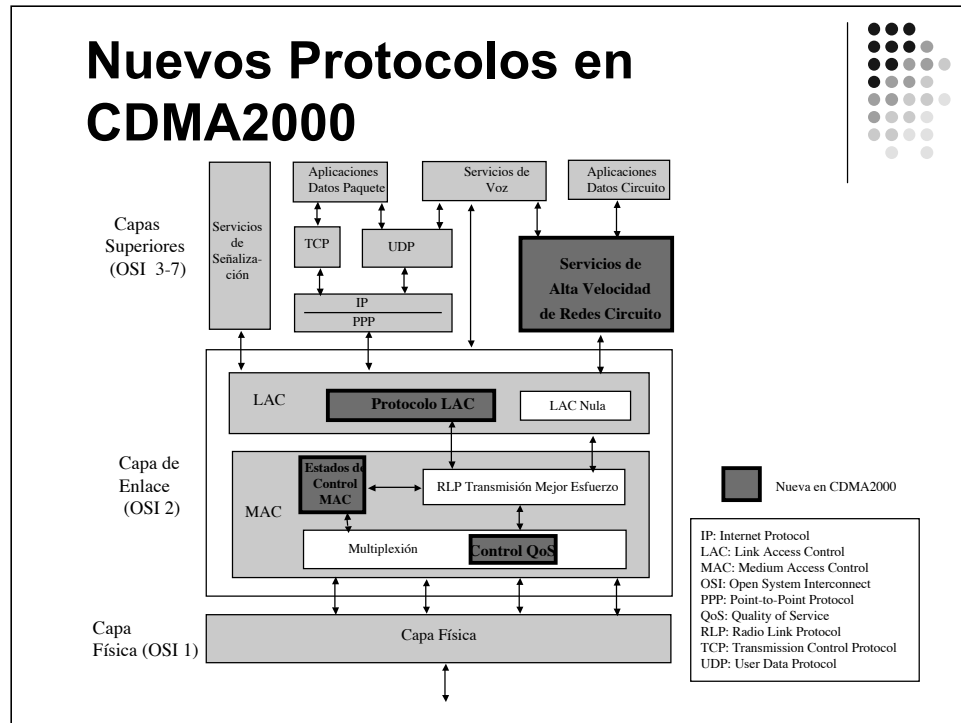
Estado de Retención de Control



Cuando se establece transmisión de paquetes en canal dedicado, la conexión no necesariamente debe mantenerse durante todo el tiempo que dure la sesión. A diferencia de IS95, el móvil puede transicionar a un estado semi-activo llamado Retención de Control en el cual se mantiene solamente la señalización básica necesaria para mantener la conexión activa, más comandos de control de potencia en ambas direcciones. El estado de Retención de Control se mantiene sobre el DCCH o el FCH, mientras que los paquetes pueden transmitirse sobre el FCH o el SCH, en cuyo caso pueden enviarse a alta velocidad.

Este mecanismo evita la necesidad de enviar data nula (introduciendo interferencia innecesaria sobre la interfaz aérea) mientras se espera por paquetes para enviar.

Nuevos Protocolos en CDMA2000



Son características básicas de la pila de protocolos de CDMA200 1XRTT:

- El reuso de protocolos externos al estándar en la medida de lo posible (ejemplos: RLP y PPP).

- La separación de los servicios en cuatro planos: señalización de control, datos circuito, datos paquete y servicios de voz.

- La diferenciación de las funciones de la capa 2 en dos partes: control de acceso al medio (incluyendo multiplexión) y control de acceso al enlace.

La estructura por capas de cdmaOne proporciona servicios de voz, datos paquetizados (hasta 64 kbps), sencillas aplicaciones de data tipo circuito (por ejemplo, FAX asincrónico) y voz + datos paquetizados (simultáneos).

Los bloques resaltados en el esquema indican las nuevas funciones únicas en la estructura por capas de CDMA2000. En un nivel básico, CDMA2000 ofrece servicios y protocolos que corresponden con las dos capas más bajas del modelo referencial OSI (capas físicas y de enlace). La capa de enlace está subdividida en las capas MAC y LAC. Las aplicaciones y protocolos superiores correspondientes a las capas 3-7 del modelo OSI utilizan los servicios provistos por la capa LAC de CDMA2000.

Las nuevas funciones en CDMA2000 son:

- Servicios de capa de Red tipo Circuito de alta velocidad.
- Protocolo LAC para el soporte de datos paquetizados.
- Estados de Control MAC para el soporte de datos paquetizados y la asignación dinámica de canales físicos.

- Control de QoS para asegurar y hacer cumplir distintos requerimientos de calidad de servicio. Algunos de estos atributos son velocidades de datos, prioridades, retardos, etc. Esta función también permite balancear los requerimientos de múltiples servicios concurrentes.

Capacidades Obligatorias en CDMA2000 1X Release 0



- ◆ Control de Potencia Rápido en ambos enlaces
- Canal Secundario de Control de Potencia (bajada)
- Funciones Cuasi-Ortogonales
- ◆ Piloto en el enlace de subida
- ◆ Mejoras en el Control de Potencia de Lazo Abierto

- Sólo obligatorio en el móvil, opcional en la BTS

Se muestran las características de CDMA2000 1X Release 0 que son obligatorias. Como se ve, las más importantes són el nuevo canal piloto de subida y el control de potencia a lazo cerrado en bajada, las cuales son las claves en la mejora de capacidad. Aspectos como el canal de Quick Paging (QPCH), códigos Walsh de longitud variable, el nuevo canal de control dedicado (DCCH) y el soporte de tramas cortas de control (5 ms) son sólo opcionales en la implementación de esta versión del estándar.

CDMA2000 Release A: Adiciones



- ⇒ Soporte completo de los canales comunes nuevos (F-BCCH, F/R-CCCH, R_EACH, F-CPCCH, F-CACH)
- ⇒ Acceso avanzado sobre R-EACH (modos básico y reservación)
- ⇒ Soporte completo de 3X
- ⇒ Pilotos auxiliares
- ⇒ Control de Potencia: modos QIB, 50/50 y 400/50 bps
- ⇒ Broadcast SMS sobre el F-BCCH
- ⇒ Capa MAC substancialmente mejorada y simplificada
- ⇒ Nuevas bandas (NMT-450 y IMT-2000)
- ⇒ Conmutación 50% en el enlace de subida sobre el R-FCH (tramas 1/8)
- ⇒ Incremento de potencia en tramas acortadas por búsquedas interfrecuencia
- ⇒ Capacidad de soporte de servicios concurrentes de voz y datos
- ⇒ Tasa de datos variable en los SCH

En la lámina se muestran algunas de las diferencias de CDMA Release A (Protocol Release 7) respecto a la versión inicial Release 0 (Protocol Revision 6). Entre las más importantes está el soporte de servicios de datos y voz simultáneos, soporte completo de 3X (hasta 2 Mbps), el soporte de broadcast SMS sobre el F-BCCH y el soporte del modo conmutado 50% en tramas 1/8 para el R-FCH. Sin embargo, la mayoría de estas funciones son sólo opcionales. Apenas OTD y los pilotos auxiliares son de soporte obligado en el móvil.

En CDMA2000 Release A se eliminó el soporte de 3X ensanchamiento directo (sólo se permite multicarrier en el enlace de bajada). También se movieron muchas de las funciones de la capa MAC a la especificación IS-707-A-2, haciendo que más simple y eficiente la especificación de la capa MAC.

Ecuación de Capacidad 1X (subida, un sólo tipo de usuario)



$$N_{users} = \frac{\left(\frac{W}{R}\right) (1 - \eta)}{\left(\frac{E_b}{I_o}\right) S (1 + f)} G_s F$$

$$\eta = \frac{N_o}{I_o} = \frac{1 - L}{L}$$

- G_s Ganancia de Sectorización ($G_s \approx 2.5$ en celdas de 3 sectores)
- F Control de Potencia Imperfecto
- η Cociente Ruido Térmico a Interferencia
- L Carga normalizada de la celda $L=I/(N+I)$

La sectorización en CDMA, a diferencia de TDMA y FDMA, añade capacidad a la red. Una celda de tres sectores tiene una capacidad que es aproximadamente 2.5 veces la capacidad de una celda omni. Una aproximación de primer orden a la ganancia de sectorización está dada por:

$G_s = 0.85 \times (\text{número de sectores})$

La asunción de control de potencia perfecto puede relajarse introduciendo un factor de compensación F (usualmente se hace igual a 0.75).

El valor de η depende de cuán cargada esté. Normalmente se recomienda cargas máximas del orden de 70 - 80 % en referencia a la capacidad de polo, en cuyo caso η vale cerca de 0.3. La capacidad de polo se define como la capacidad máxima absoluta del sistema, asumiendo cero ruido térmico.

A diferencia de cdmaOne, en CDMA2000 1X se emple el factor de actividad de Servicio, el cual considera el efecto en la señal de subida de los canales adicionales al canal principal de datos (R-FCH, en el caso de voz).

Algunas Clases de usuarios en CDMA2000 1X RTT



Aplicación	Canal Físico	R	$S(^*)$	E_b/N_o
Voz (V1)	R-FCH	9.6 kbps	0.95	3 dB
Voz (V2)	R-FCH	9.6 kbps	1.12	3 dB
Data (P1)	R-SCH	76 kbps	1.29	2.0 dB
Data (P1)	R-SCH	153 kbps	1.16	1.5 dB
Data (P1) (TURBO CODE)	R-SCH	153 kbps	1.22	0.0 dB

(*) S = factor de actividad del *servicio* (incluye el efecto de otros canales físicos)
 S = potencia promedio/potencia pico del canal dedicado (R-FCH o R-SCH)

La tabla muestra algunos valores de los parámetros relevantes para el cálculo de capacidad para tres clases de usuarios. Las diferencias en el requerimiento de E_b/N_o se deben a que a medida que se incrementa la velocidad de datos, hay más energía por símbolo en el canal piloto, lo cual mejora la estimación del canal efectuada en el receptor de la estación base.

Los valores de S y β se obtienen a partir de lo recomendado en el estándar para los pesos relativos de cada canal-código en el enlace de subida.

La configuración de voz corresponde a la transmisión del R-FCH y el R-PCH. En la configuración V2 se transmite además el R-DCCH. En ambos casos se toma el R-FCH como el canal de referencia (R-RCH) y un factor de actividad de voz del 54%.

En las configuraciones de Datos se asume que se transmiten los canales R-PCH, R-FCH y R-SCH, siendo el R-SCH el canal de referencia (R-RCH).

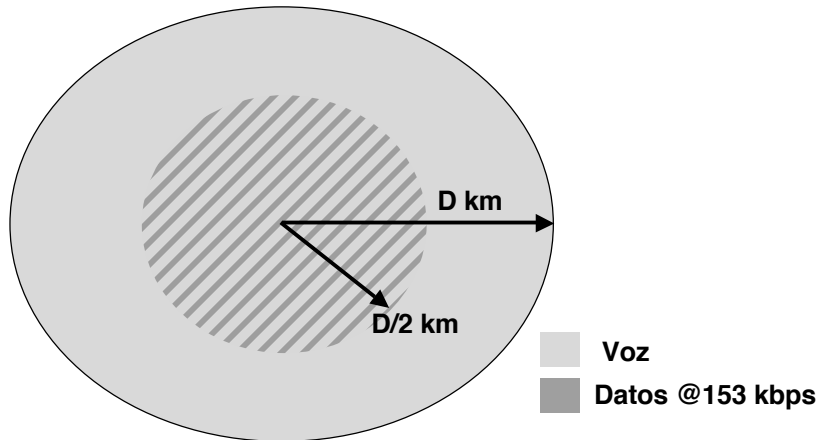
Ejercicio 4.6



- Calcule la capacidad del enlace de subida de un sistema CDMA2000 con tres sectores por celda, *codec* EVRC, factor de interferencia de otras celdas $f=0.55$, $F=0.8$ y la celda se carga hasta un 85%.

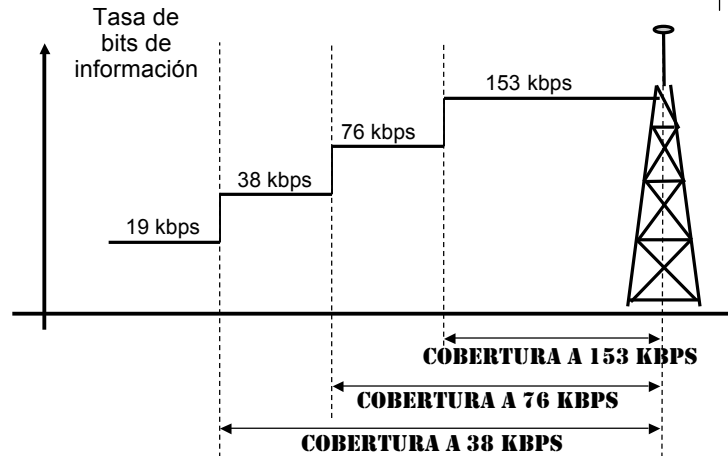
Solución:

Cobertura típica de una celda CDMA2000 1XRTT



En la gráfica se presentan los estimados de cobertura para una celda en un ambiente urbano promedio, usando el modelo de propagación de Hata. La cobertura es función de la tasa de datos del usuario puesto que la sensibilidad depende de este parámetro.

Extendiendo la cobertura



A fin de proporcionar servicios de datos sobre toda la celda, es posible asignar dinámicamente, en función de las condiciones del enlace, la tasa de datos máxima disponible para un usuario. Así, los terminales podrán transmitir sobre toda la celda, aunque a velocidades diferentes dependiendo de su cercanía a la celda.

UMTS: Universal Mobile Telecommunication Service



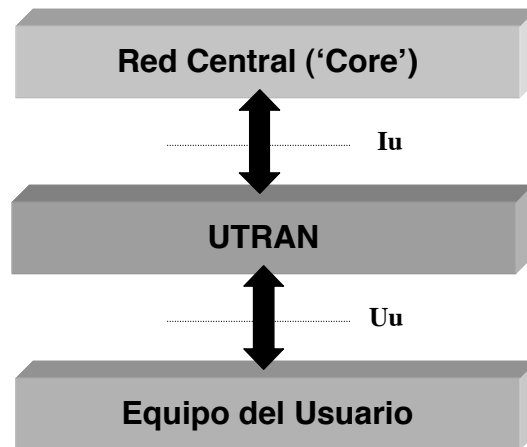
- Proceso Europeo de 3G
 - conducido por ETSI y actualmente coordinado por 3GPP
- Infraestructura UMTS se divide en dos componentes:
 - UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
 - UMTS Core Network
- UTRA consta de dos especificaciones de radio:
 - FDD: conocido como Wideband CDMA (W-CDMA)
 - TDD: conocido como Time Division CDMA (TD-CDMA), y su versión de baja tasa de chips.

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) es el nombre del proceso europeo de Tercera Generación (3G), que fue iniciado por ETSI (European Telecommunications Standard Institution) y cuyo proceso de estandarización es actualmente coordinado por 3GPP (3G Partnership Project). En la actualidad 3GPP tiene el apoyo industrial no sólo europeo sino también americano y japonés.

UMTS se divide en dos componentes: la parte de acceso de radio (UMTS Terrestrial Radio Access, UTRA) y la red central o 'core', la cual en su primera versión está basada en una evolución de la red 'core' de GSM/GPRS.

UTRA consiste de dos especificaciones: Wideband CDMA (W-CDMA), que es una especificación FDD (Frequency División Duplex), y una especificación TDD llamada a veces TD-CDMA (Time Division CDMA). Tanto W-CDMA como TD-CDMA operan a una tasa de chips de 3.84 Mcps, aunque existe una versión de TD-CDMA que opera a 1.28 Mcps y se conoce como TD-CDMA de baja tasa de chip.

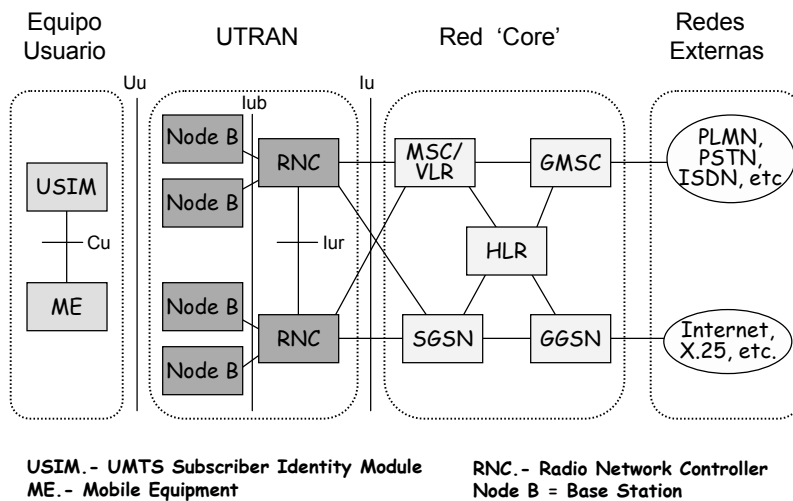
Arquitectura UMTS (simplificada)



La lámina muestra una versión simplificada de la arquitectura UMTS, identificando los puntos de referencia externa y las interfaces. El equipo del usuario se llama Mobile Station (MS) o también User Equipment (UE), y es simplemente el terminal móvil del usuario.

Funcionalmente, los elementos de la red agrupados bajo UTRAN manejan todas las funciones relacionadas con la interfaz de radio, mientras que la red central 'core' es responsable de la conmutación y enrutamiento de llamadas y conexiones de datos hacia/desde redes externas.

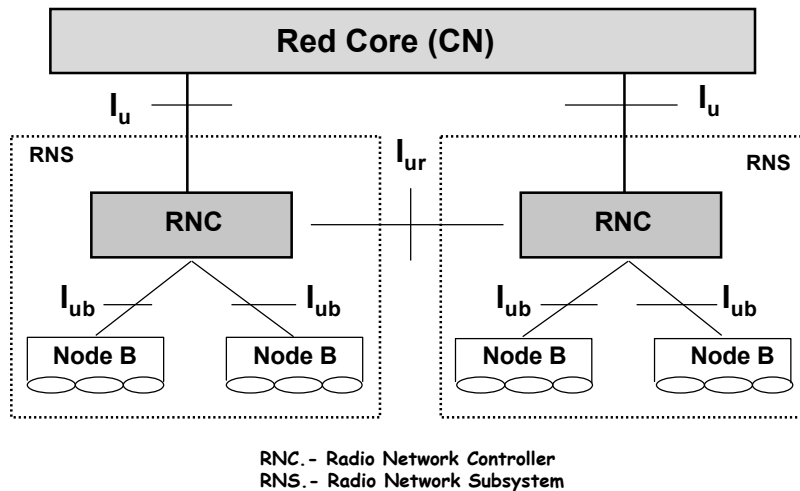
Arquitectura UMTS



En UMTS la idea ha sido mantener separados los desarrollos de la red core y UTRAN, de forma de permitir la libertad de que haya nuevos tipos de productos, los cuales emplean distintas soluciones de red 'core'. Este concepto conduce a una arquitectura abierta donde múltiples proveedores de equipo pueden coexistir. La conexión entre UTRAN y las distintas red 'core' se hace a través de las Internetworking Units (IWU). En la gráfica se muestra la arquitectura básica basada en la evolución de la red 'core' de GSM/GPRS.

La red de acceso UTRAN se explica en la próxima lámina. El equipo del usuario contiene el Mobile Equipment (ME) y la nueva versión de la tarjeta SIM de GSM, llamada UMTS Subscriber Identity Module (USIM).

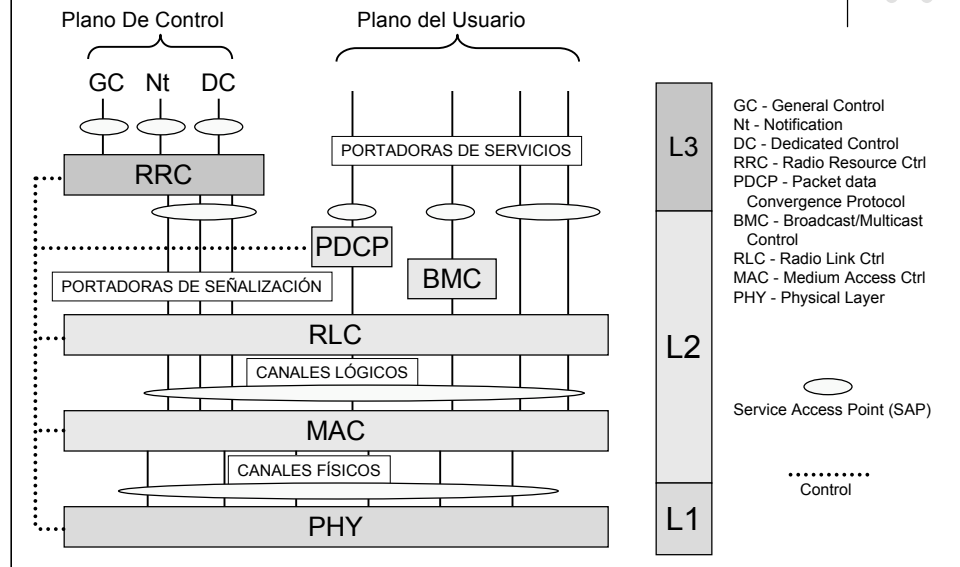
Arquitectura UTRAN



La UTRAN consiste de una serie de subsistemas de radio (RNS) conectados a la red central 'core' mediante la interfaz Iu e interconectados entre sí a través de la interfaz Iur. Cada RNS es responsable de los recursos de su conjunto de celdas (Node B). La interfaz Iur se incluye en UTRAN a fin de dar soporte a las funciones de relevo suave entre celdas (Node B) que pertenecen a RNSs diferentes.

UTRAN proporciona la funcionalidad necesaria para el control de subsistema de acceso y la interfaz de radio, seguridad y privacidad, relevo de llamadas, y gestión y asignación de recursos de radio.

Protocolos de la Interfaz de Radio



La interfaz de radio de UTRA está organizada en tres capas: la capa física (L1), la capa de control del enlace de datos (L2) y la capa de control de recursos (L3). La capa 2 contiene los protocolos RLC y MAC, Las capa L3 y RLC se dividen en dos planos: usuario (donde se transportan los datos y servicios del usuario) y el plano de control, donde se generan y transportan los mensajes de señalización de control. Los servicios que presta el protocolo RRC a las capas superiores son de tres tipos: control general (GC), control dedicado (DC) y notificación (Nt). Algunas funciones de control como control de movilidad y control de llamadas se incluyen en las capas superiores y no son parte de UTRA.

Los protocolos de la capa L2 incluyen PDCP (que se encarga entre otras funciones de multiplexar paquetes de distintas fuentes y comprimir encabezados IP), BMC (que se encarga de la administración de servicios de SMS), RLC (que es un protocolo general para transporte, segmentación de datos, control de retransmisión y otras funciones) y MAC (que es el protocolo de acceso al medio). La capa física cumple una serie de funciones relacionadas directamente con la interfaz de radio que se discutirá seguidamente.

W-CDMA Air Interface



Band	UMTS, PCS, Cellular	Chip Rate	3.84 Mcps
Multiple Access	FDMA/CDMA	Spreading Factor	Variable: 4 – 512 chips/symbol
Duplex	Frequency Division Duplex (FDD)	Spreading Codes	Orthogonal Variable Spreading Factor
Bandwidth	4.7 MHz per carrier	Scrambling Codes	Gold Codes
Bit Rate	Variable	Frame Time	10 mS
Max Bit Rate per User	Up to 2048 Mbps (384 kbps outdoor)	Channel Coding	CRC + Turbo + Conv. + ARQ
Chip Pulse Shaping	Raised Cosine (roll-off 22%)	Voice Coding	AMR (Adaptive Multi Rate)
Modulation	QPSK downlink HPSK uplink	Interleaving Depth	10 mS (voice) 20, 40, 80 ms (data)
Power Control	1500 commands/sec	Typical Max Voice Capacity	~ 32 users/sector/MHz
MS Power	250 mW – 2W (max)	Typical Max Cell Range	~ 15 km (voice) (UMTS band)

The Table shows the most relevant technical features of the FDD component of UTRA, also known as WCDMA.

Chip rate is 3.84 MHz. That, combined with the 22%-roll-off Raised Cosine chip shaping, gives a total bandwidth of 4.7 MHz per carrier.

Power control is executed via a fast closed loop on both links, (up and down) providing 1600 valid commands per seconds.

Modulation is QPSK for the downlink, while the uplink employs a special type of hybrid PSK modulation also known as IQ Code Multiplexing, where spreading, scrambling and modulation are conveniently combined.

The standard supports up to 2 Mbps per user, although actual systems are only expected to provide up to 384 kbps, which is the outdoors requirement of IMT-2000.

Voice coding is accomplished using an Adaptive Multirate vocoder (AMR), which comprises 12 different vocoding schemes, and includes legacy coders such as GSM's EFR, TDMA IS-634 and PDC's vocoder as well.

The values provided for cell range and capacity are only given as a reference, since ultimately they will depend strongly on propagation conditions and other system parameters.

W-CDMA and CDMA2000: similarities



- Variable length orthogonal Walsh sequences used for forward link channelization
- Short scrambling codes used for base station identification (complex QPSK spreading)
- Convolutional codes used as baseline (identical polynomials)
- Variable spreading factor to achieve higher data rates
- Orthogonal Walsh functions separating the users parallel code channels and complex spreading on the reverse link
- Non orthogonal, coherent Reverse Link
- Dedicated Control channels
- Random Access packet transmission supported on both links.

Both cdma2000 and W-CDMA are CDMA based technology. Similarities include Orthogonal Walsh codes, convolutional codes, PN scrambling codes, and many others.

Functionally, the two standards resemble each other quite significantly; however, from the implementation perspective, important differences stand out.

W-CDMA and CDMA2000: differences



Aspect	W-CDMA	CDMA2000 1X
Chip Rate	3.84 Mcps	1.2288 Mcps
Bandwidth	4.7 MHz	1.25 MHz
Maximum Data Rate per User	384 kbps	153 kbps (Release 0)
Uplink Pilot Signal	Uplink Dedicated Control Channel	Uplink Pilot Channel
Base Station Synchronization	Optional	Mandatory
Switched Core Network	GSM-MAP	ANSI-41
Packet Core Network	GPRS	Two options: CDPD based and IP based
TDD Component	Two modes defined	Not defined

The table shows the differences between WCDMA and CDMA2000 that have a relevant effect in the network planning of these technologies. Some of them are:

- CDMA2000 is a relatively narrowband technology, compared to W-CDMA.
- W-CDMA does not use Base Station synchronization.
- W-CDMA dedicated connections always require the set up of a dedicated control channel, while in CDMA2000 this channel is optional (and plays a different role).
- Circuit switched and packet core networks choices in each case are adopted from the evolution of different 2G technologies.

Ejercicio 4.7



- Conociendo la tasa de chips y el factor de caída de los pulsos coseno alzado usados en W-CDMA, encuentre el ancho de banda nominal de esta señal.

Solución:

Adaptive Multirate (AMR) Vocoder



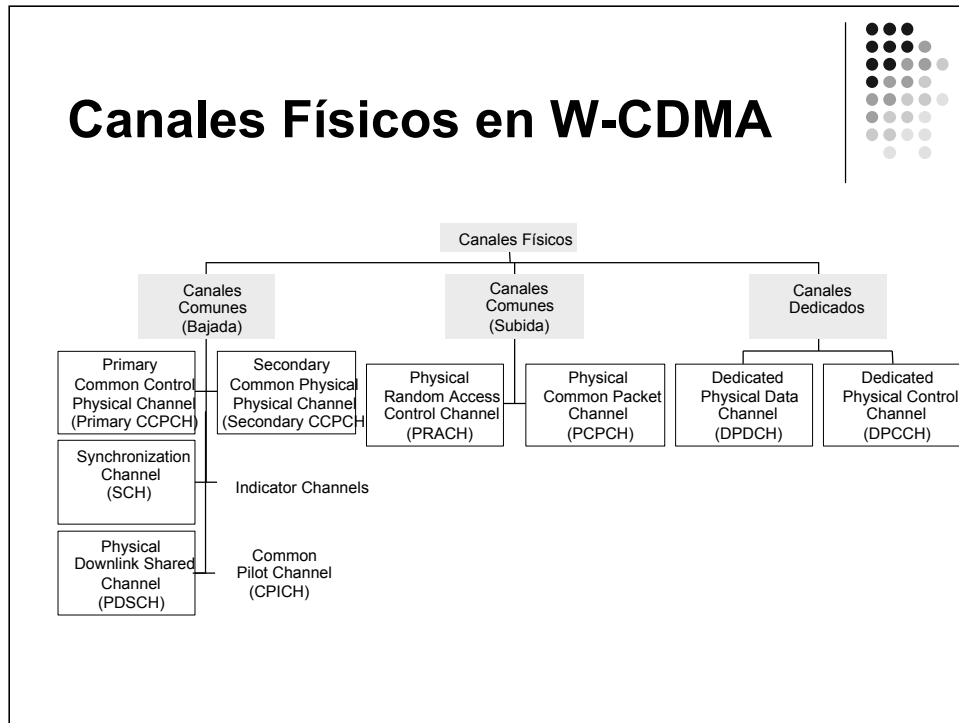
Frame Type	Contents
0	4,75 kbit/s
1	5,15 kbit/s
2	5,90 kbit/s
3	6,70 kbit/s (PDC-EFR)
4	7,40 kbit/s (IS-641)
5	7,95 kbit/s
6	10,2 kbit/s
7	12,2 kbit/s (GSM EFR)
8	AMR Comfort Noise Frame
9	GSM-EFR Comfort Noise Frame
10	IS-641 Comfort Noise frame
11	PDC-EFR Comfort Noise Frame
12-14	For future use
15	No transmission/No reception

The speech codec in UMTS will employ the Adaptive Multi-Rate (AMR) technique. The multi-rate speech codec is a single integrated speech codec with eight source rates, as indicated in the slide. The AMR bit rates are controlled by the radio access network and do not depend on the speech activity. To facilitate interoperability with existing cellular networks, some of the modes are the same as in existing cellular networks. The AMR speech codec is capable of switching its bit rate every 20 ms speech frame upon command.

The table defines the 4-bit Frame Type field. Frame Type can indicate the use of one of the eight AMR codec modes, one of four different comfort noise frames, or an empty frame. The same table is reused for the Mode Indication and Mode Request fields which are 3-bit fields each and use only the Frame Type Indices 0...7 to specify one of the eight AMR codec modes.

Multirate can be used to reduce cell load during peak operation hours at the expense of reduced quality. Also, if a mobile is running out of coverage at the edge of a cell, bit rate can be reduced to extend cell range.

Canales Físicos en W-CDMA



En W-CDMA los canales llamados comunes se comparten entre más de un móvil, mientras que los canales dedicados se establecen sólo cuando durante una conexión a un móvil específico. Los canales comunes de subida son (ver nombres en la gráfica anexa):

- Los canales CCPCH (primario y secundario) transportan información de control común a todos los móviles (broadcast).
- El canal de sincronización (SCH) no transporta información de control de alto nivel, sino que contiene unas secuencias predefinidas usadas por los móviles para adquirir sincronía de la estación base. Se define un SCH primario y uno secundario.
- El canal PDSCH es un canal para transporte ocasional de datos que es compartido entre varios usuarios de forma no simultánea.
- El canal piloto (CPICH) es una señal piloto común.
- Los indicadores son entidades para señalización rápida de bajo nivel.

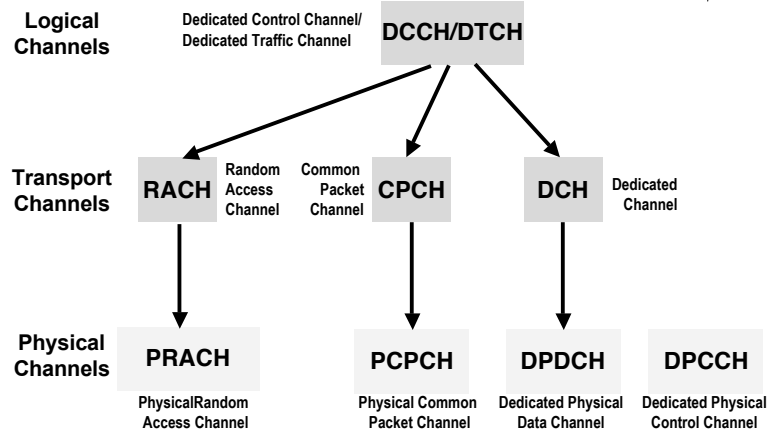
Los canales comunes de subida son:

- El canal de acceso (PRACH) se emplea para iniciar acceso a la estación base.
- El canal común de paquetes (CPCCH) se usa para transmitir datos ocasionalmente por parte de usuarios diferentes en momentos no coincidentes.

Los canales dedicados (subida y bajada) son:

- DPDCH se usa para llevar datos y señalización de control de alto nivel.
- DPCCH se emplea para llevar señalización de control de bajo nivel (L1).

Uplink Channel Mapping



Uplink Logical Channels are:

1. Dedicated Control Channel (DCCH). Bidirectional (up/downlink), for dedicated control information.
2. Dedicated Traffic Channel (DTCH). Bidirectional, for user information transfer.

Uplink Transport Channels are:

- 1.. Random Access Channel (RACH). A contention-based uplink channel used for initial access or to carry small amounts of control information and or user data (it has a limited size data field).
2. Common Packet Channel (CPCH). A contention-based uplink channel used for transmission of bursty data traffic. Main differences with respect to RACH are the use of fast power control and collision management physical layer mechanisms.
4. Dedicated Channel (DCH). A dedicated channel that carries both user data and control signaling to a specific UE. For downlink and uplink.

More recent releases of the WCDMA spec also include a new Transport channel called the Fast Uplink Signaling Channel (FAUSCH).

The common transport channels needed for basic network operation are the BCH, RACH, FACH and PCH, while the rest is optional.

The mapping into physical channels is shown above. There are only two dedicated and two common physical channels. Dedicated channels are the DPDCH and DPCCH. Common channels are the PRACH and the PCPCH (this one is optional).

Two Physical Dedicated Channels



- DPDCH carries dedicated transport channels DCH generated at L2 and above.
- DPCCH (Dedicated Physical Control Channel) carries L1 control information (known pilot bits, Transmit Power Control TPC commands, optional Transport-Format Combination Indicator TFCI, optional Feedback Information FBI)
- Time multiplexed in downlink.
- IQ/code multiplexed in the uplink.

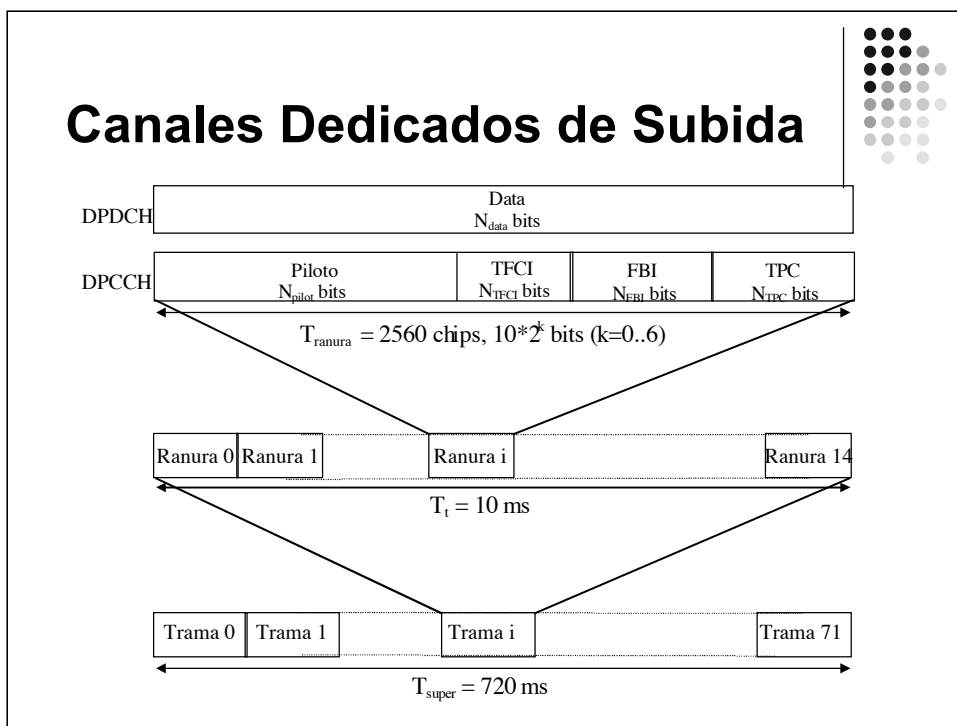
There are two types of uplink and downlink dedicated physical channels, the Dedicated Physical Data Channel (DPDCH) and the Dedicated Physical Control Channel (DPCCH).

The DPDCH and the DPCCH are I/Q code multiplexed within each radio frame in the uplink and time-multiplexed in the downlink.

The DPDCH is used to carry dedicated data generated at Layer 2 and above, i.e. the dedicated transport channel (DCH). There may be zero, one, or several DPDCHs on each Layer 1 connection.

The DPCCH is used to carry control information generated at Layer 1. The Layer 1 control information consists of known pilot bits to support channel estimation for coherent detection, transmit power-control (TPC) commands, feedback information (FBI), and an optional transport-format combination indicator (TFCI). The transport-format combination indicator informs the receiver about the instantaneous parameters of the different transport channels multiplexed on the DPDCH, and corresponds to the data transmitted in the same frame. It is the UTRAN that determines if a TFCI should be transmitted, hence making it mandatory for all UEs to support the use of TFCI. There is one and only one DPCCH on each Layer 1 connection.

Canales Dedicados de Subida



En la figura se muestra la estructura de las tramas en el enlace de subida en W-CDMA (canales dedicados). Cada trama dura 10 ms, y se divide en 15 ranuras, cada una de las cuales contiene 2560 chips. Una supertrama corresponde a 72 tramas.

El canal de control dedicado (DPCCH) contiene 10 bits por ranura, los cuales se dividen en bits de piloto, TFCI (transport Format Combination Indicator), FBI (Feedback Information) y TPC (Transmit Power Control). El número de bits Piloto, TFCI, FBI y TPC dependen de la configuración pero siempre suman 10.

Por el contrario, el número de bits por ranura del canal de datos (DPDCH) varía en función del parámetro k , el cual varía entre 0 y 6 y determina la tasa de datos del usuario. Por ejemplo, para $k=0$, una ranura de DPDCH contiene 10 bits, lo cual significa que la tasa de bits codificados transmitida es de 15 kbps y el factor de ensanchamiento es 256 chips por símbolo. La máxima tasa de datos codificados se obtiene para $k=6$, en cuyo caso hay 640 bits por ranura, la tasa de bits codificados es 960 kbps y el factor de ensanchamiento es de sólo 4 chips por símbolo.

Los canales de subida y bajada se combinan siguiendo la técnica de Hybrid Phase Shift Keying (HPSK) en la cual los canales DPCCH y DPDCH se combinan usando códigos de ensanchamiento diferentes.

Uplink DPDCH data rates



DPDCH SF	DPDCH channel bit rate (ksps)	Max User Bit Rate with rate-1/2 coding (approx)
256	15	7.5 kbps
128	30	1.5 kbps
64	60	30 kbps
32	120	60 kbps
16	240	120 kbps
8	480	240 kbps
4	960	480 kbps
4, with 6 parallel OVSF codes	5740	2.3 Mbps

The table above displays the physical data rates obtained via different spreading factor values on the uplink DPCCH. In practice, a maximum data rate of 384 kbps is provided on commercial systems, which can be obtained by using SF=8 (code rate 1/2) or by using SF=4 (code rate 1/4).

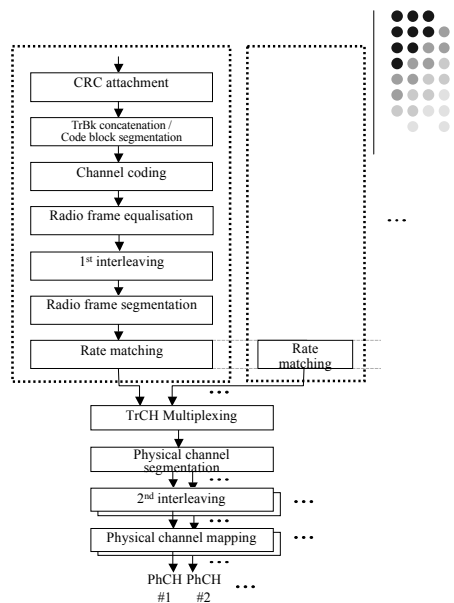
DPCCH fields



Slot Format	Bit rate (kbps)	Symbol rate(kbps)	SF	Bits/ frame	Bits/ slot	N_{pilot}	N_{TFCH}	N_{FBI}	N_{TPC}
0	15	15	256	150	10	6	2	0	2
1	15	15	256	150	10	8	0	0	2
2	15	15	256	150	10	5	2	1	2
3	15	15	256	150	10	7	0	1	2
4	15	15	256	150	10	6	0	2	2
5	15	15	256	150	10	5	2	2	1

The table above details the six allowed formats for the DPCCH (configurable during call set-up).

Coding and MUX of Uplink TrCHs



Data stream from/to MAC and higher layers (Transport block / Transport block set) is encoded/decoded to offer transport services over the radio transmission link. Channel coding scheme is a combination of error detection, error correcting, rate matching, interleaving and transport channels mapping onto/splitting from physical channels. Data arrives to the coding/multiplexing unit in form of transport block sets once every Transmission Time Interval (TTI). The TTI is transport-channel specific, and is one of the set {10 ms, 20 ms, 40 ms, 80 ms}. The coding/multiplexing steps for uplink and downlink are shown in this slide. The single output data stream from the TrCH multiplexing is denoted Coded Composite Transport Channel (CCTrCH). A CCTrCH can be mapped to one or several physical channels.

Steps performed are:

CRC attachment for Error detection.- CRC is attached on a per Transport Channel basis.

Transport block concatenation and code block segmentation. All transport blocks in a TTI are serially concatenated. Maximum block sizes depend on the type of code (convolutional, turbo).

Channel coding.

Radio frame size equalisation.- It consists of padding the input bit sequence in order to ensure that the output can be segmented in data segments of same size.

1st interleaving.- The 1st interleaving is a block interleaver with inter-column permutations.

Radio frame segmentation.- When the TTI is longer than 10 ms, the input bit sequence is segmented and mapped onto consecutive radio frames.

Rate matching.- Rate matching means that bits on a transport channel are repeated or punctured in order to exactly match the physical channel payload. Higher layers assign a rate-matching attribute for each transport channel. This attribute is semi-static and can only be changed through higher layer signalling.

Ejercicio 4.8



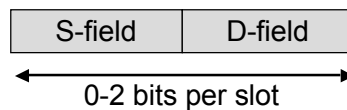
- En una conexión de voz de subida en W-CDMA usando el codec EFR la tasa de datos del canal de voz es 12.2 kbps y la del canal de señalización es 3.4 kbps. Se usa el codificador convolucional de tasa 1/3. Hay 8 bits de cola y 8 bits de CRC para cada canal y el TTI de ambos es de 20 ms. Halle la tasa de símbolos a utilizar en el DPDCH, el factor de expansión y el número de bits repetidos / eliminados (NOTA: sólo se permite eliminación de hasta un 10% de los bits codificados por trama).

Solución:

Feedback Information (FBI)



- Used to support techniques requiring feedback:
 - Closed loop mode transmit diversity (D field)
 - Site selection diversity (SSDT) (S field)
- S and D fields can be 0-2 bits long per slot each
- Total length of FBI can be 0-2 bits per slot

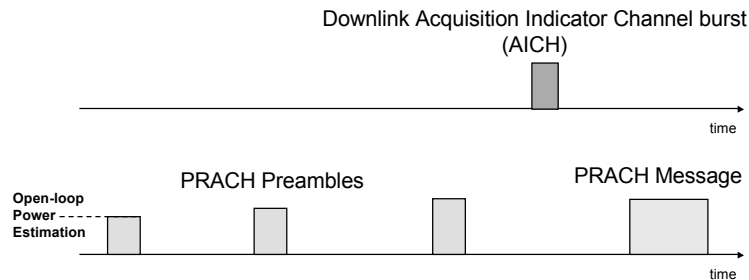


The FBI bits are used to support techniques requiring feedback between the UE and the UTRAN (cell), including closed loop mode transmit diversity and site selection diversity (SSDT). FBI words consists of two fields, the S and D fields.

The S field is used for SSDT signalling, while the D field is used for closed loop mode transmit diversity signalling. The S field consists of 0, 1 or 2 bits. The D field consists of 0 or 1 bit. The total FBI field size N_{FBI} is 0 - 2 bits and depends on the uplink frame format.

Simultaneous use of SSDT power control and closed loop mode transmit diversity requires that the S field consists of 1 bit.

PRACH and AICH



The downlink AICH is divided into downlink access slots, each access slot 5120 chips long. The downlink access slots are time aligned with the P-CCPCH.

The uplink PRACH is divided into uplink access slots, each access slot 5120 chips long. Uplink access slot number n is transmitted from the UE prior to the reception of downlink access slot number n , $n = 0, 1, \dots, 14$.

Transmission of downlink acquisition indicators may only start at the beginning of a downlink access slot. Transmission of uplink RACH preambles and RACH message parts may only start at the beginning of an uplink access slot.

Downlink acquisition indication stops the preamble sequence, and allows for the transmission of the PRACH message part.



Indicators

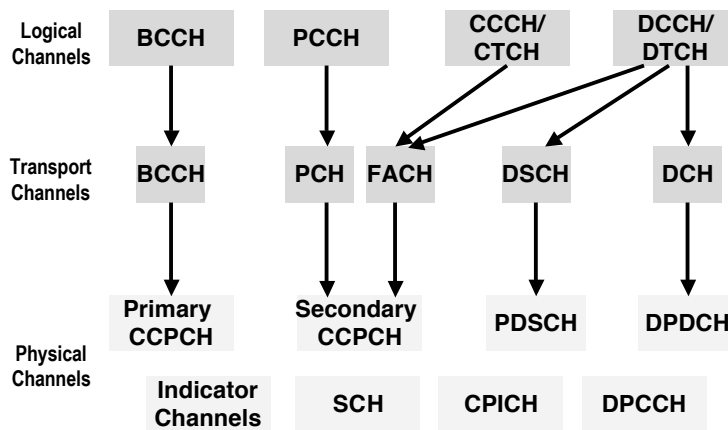
- Fast low-level downlink signalling entities (binary or ternary) that complement uplink channels.
- Meaning of indicators is implicit to the UE receiver
- Six indicators defined in WCDMA:
 - Acquisition Indicator (AI): operates with the RACH.
 - Access Preamble Indicator (AP-ICH): operates with the PCPCH.
 - Channel Assignment Indicator (CA-ICH): operates with the PCPCH.
 - Collision Detector Indicator (CD-ICH): operates with the PCPCH.
 - Status Indicator (SI-ICH): operates with the PCPCH.
 - Paging Indicator (PI-ICH): Operates with the PCH.

Indicators are means of fast low-level signalling entities which are transmitted without using information blocks sent over transport channels. The meaning of indicators is implicit to the receiver.

The indicators defined in the current version of the specifications are: Acquisition Indicator Channel (AICH), Access Preamble Indicator Channel (AP-ICH), Channel Assignment Indicator Channel (CA-ICH), Collision Detection Indicator Channel (CD-ICH), Page Indicator Channel (PI-ICH) and Status Indicator Channel (SI-ICH).

Indicators may be either boolean (two-valued) or three-valued. Their mapping to indicator channels is channel specific.

Downlink Channel Mapping



The figure shows the mapping relations between WCDMA's logical channels, transport channels and physical channels. The physical channels not associated to any transport channel (CPICH, Indicators, SCH and DPCCCH) contain only physical layer information and therefore are not the result of transport channel mapping but instead they are generated at the physical layer.

Downlink Logical Channels are:

1. Broadcast Control Channel (BCCH). It is a common channel that carries system and cell information.
2. Paging Control Channel (PCCH). Common channel, it transfers paging information and some other notifications.
3. Dedicated Control Channel (DCCH). Bidirectional (up/downlink), for dedicated control information.
4. Dedicated Traffic Channel (DTCH). Bidirectional, for user information transfer.
5. Common Control Channel (CCCH). Point-to-multipoint, for control information.
6. Common Traffic Channel (CTCH). Point-to-multipoint, for user information.

Downlink Transport Channels are:

1. Broadcast Channel (BCH). Carries the BCCH.
2. Paging Channel (PCH). Carries the PCCH, and is also associated with the PICH.
3. Forward Access Channel (FACH). A common downlink channel used to carry control information and small amounts of data.

4. Dedicated Channel (DCH). A dedicated channel that carries both user data and control signaling to a specific UE. For downlink and uplink.

5. Downlink Shared Channel (DSCH). Shared by several UEs, carries dedicated control and user data. It is always associated with a DCH (cannot exist alone).

Downlink W-CDMA Channels



- Logical Channels
 - Broadcast Control Channel (BCCH). System and cell information
 - Paging Control Channel (PCCH). Paging information.
 - Dedicated Control Channel (DCCH). Dedicated control messages, point-to-point.
 - Dedicated Traffic Channel (DTCH). User data, point-to-point.
 - Common Control Channel (CCCH). Common control messages, point-to-multipoint.
 - Common Traffic Channel (CTCH). User data, point-to-multipoint.
- Transport Channels
 - Broadcast Channel (BCH). Carries the BCCH.
 - Paging Channel (PCH). Carries the PCCH, also associated with the Paging Indicator Channel (PICH).
 - Forward Access Channel (FACH). Control information and small amounts of data.
 - Dedicated Channel (DCH). Carries both user data and control signaling to a specific UE. Similar to uplink DCH.
 - Downlink Shared Channel (DSCH). Shared by several UEs, carries dedicated control and large amounts of user data. It is always associated with a DCH (cannot exist alone).
- Physical Channels
 - Primary Common Control Physical Channel (p-CPCCH)
 - Secondary Common Control Physical Channel (s-CPCCH)
 - Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)
 - Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)
 - Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)
 - Primary Synchronization Channel (p-SCH)
 - Secondary Synchronization Channel (s-SCH)
 - Common Pilot Channel (CPICH)
 - Indicators

Downlink logical channels are:

Broadcast Control Channel (BCCH). Carries system and cell information. It is a point-to-multipoint channel.

Paging Control Channel (PCCH). Carries paging information. Point to multipoint.

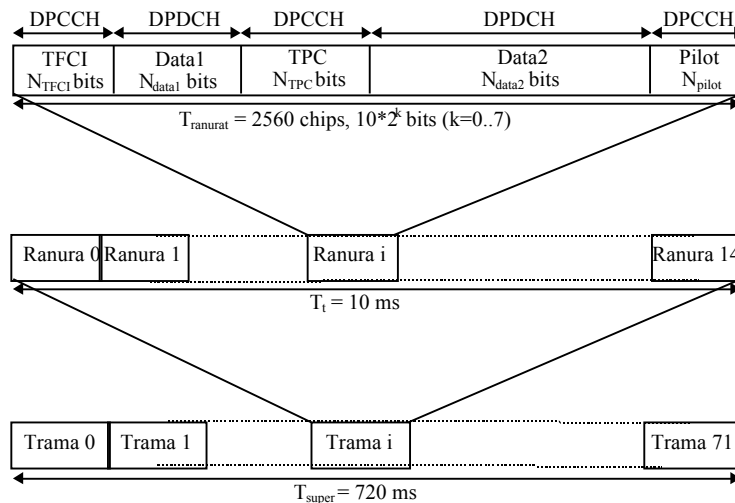
Dedicated Control Channel (DCCH). Carries dedicated control messages, point-to-point.

Dedicated Traffic Channel (DTCH). For carrying user data, point-to-point.

Common Control Channel (CCCH). Common control messages, point-to-multipoint.

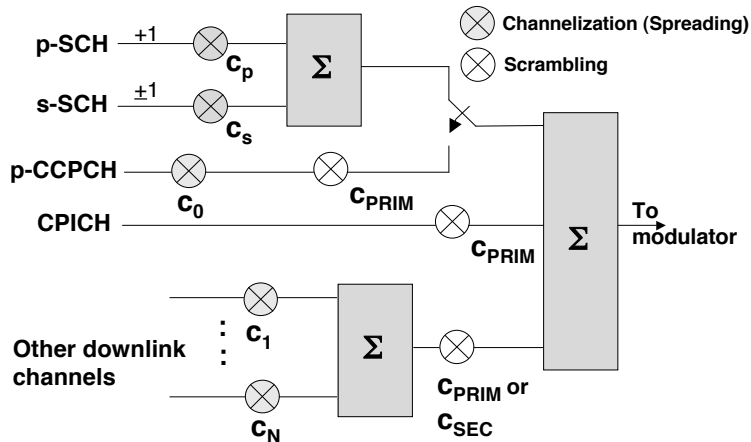
Common Traffic Channel (CTCH). User data, point-to-multipoint.

Canales Dedicados de Bajada



La duración de las tramas y ranuras de los canales dedicados de bajada es la misma que los de bajada. La diferencia es que en este caso los canales DPCCH y DPDCH se transmiten multiplexados en el tiempo sobre un mismo código, y no sobre códigos diferentes como en el caso del enlace de subida. Otra diferencia es que la modulación es QPSK en lugar de HPSK. El número total de bits por ranura varía entre un mínimo de 10 (para una tasa de bits codificados combinada DPDCH/DPCCH de 15 kbps) y un máximo de 128 (para una tasa combinada de 1920 kbps). El número de bits asociado a cada campo (Piloto, TPC, TFCI y datos) depende de la configuración, la cual es variable y depende de la tasa de datos objetivo entre otros factores.

Combining Downlink Physical Channels (schematic diagram)



The slide illustrates (schematically) how different downlink channels are combined. Here, the complex spreading operation shown in the previous slide has been represented through a single spreader for simplicity. Not shown are the separate weighting factors for each channel. All downlink physical channels are combined using complex addition.

The slide also depicts the non-orthogonality between the SCH, the primary CCPCH and the CPICH with respect to the rest of the downlink channels in WCDMA.

C_s is the primary synchronization code.

C_p is the secondary synchronization code.

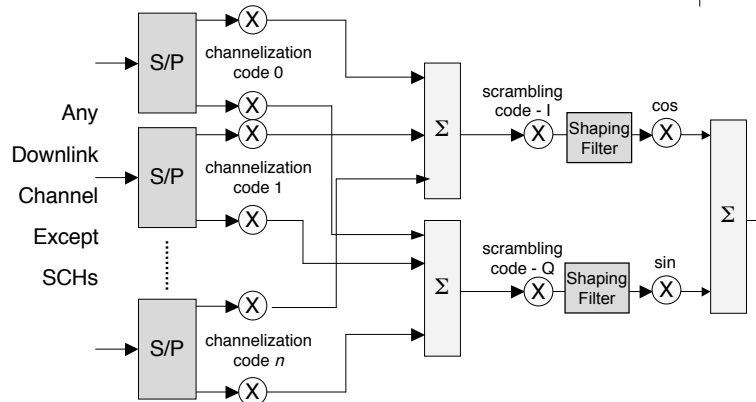
$C_{ch,i}$ is the i -th channelization OVFSF code.

C_{PRIM} is the primary scrambling code.

$C_{PRM/SEC}$ is the primary or secondary scrambling code (some cells use only one primary scrambling code).

These codes are defined in a different slide.

Spreading, Scrambling and Modulation



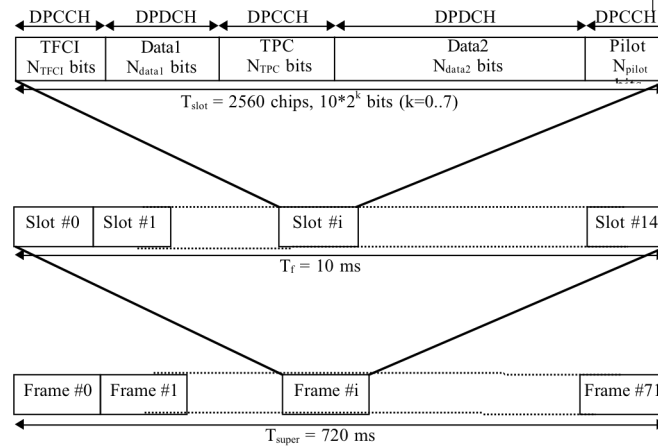
The Figure illustrates the spreading operation for all downlink physical channels except SCH, i.e. for P-CCPCH, S-CCPCH, CPICH, AICH, PICH, PDSCH, and downlink DPCH. The non-spread physical channel consists of a sequence of real-valued symbols. For all channels except AICH, the symbols can take the three values +1, -1, and 0, where 0 indicates DTX. For AICH, the symbol values depend on the exact combination of acquisition indicators to be transmitted.

The spreading/modulation scheme used is QPSK spreading, with the bit stream being converted from serial to two parallel branches and applied to successive channelization codes (OVSF codes are used) and scrambling codes that are cell-dependent.

Each pair of two consecutive symbols is first serial-to-parallel converted and mapped to an I and Q branch. The mapping is such that even and odd numbered symbols are mapped to the I and Q branch respectively. The I and Q branches are then spread to the chip rate by the same real-valued channelization code $C_{ch,SF,m}$. The sequences of real-valued chips on the I and Q branch are then treated as a single complex-valued sequence of chips. This sequence of chips is scrambled (complex chip-wise multiplication) by a complex-valued scrambling code

In the downlink, the complex-valued chip sequence generated by the spreading process is QPSK modulated as shown in the slide. The pulse shaping filter is a raised cosine filter with parameter 0.22.

Dedicated Downlink Channels



There is only one type of downlink dedicated physical channel, the Downlink Dedicated Physical Channel (downlink DPCH). Within one downlink DPCH, dedicated data generated at Layer 2 and above, i.e. the dedicated transport channel (DCH), is transmitted in time-multiplex with control information generated at Layer 1 (known pilot bits, TPC commands, and an optional TFCI). The downlink DPCH can thus be seen as a time multiplex of a downlink DPDCH and a downlink DPCCH, compared with uplink their uplink counterparts. It is the UTRAN that determines if a TFCI should be transmitted, hence making it mandatory for all UEs to support the use of TFCI in the downlink.

The figure shows the frame structure of the downlink DPCH. Each frame of length 10 ms is split into 15 slots, each of length $T_{slot} = 2560$ chips, corresponding to one power-control period. A super frame corresponds to 72, i.e. the super-frame length is 720 ms.

The parameter k in the figure determines the total number of bits per downlink DPCH slot. It is related to the spreading factor SF of the physical channel as $SF = 512/2^k$. The spreading factor may thus range from 512 down to 4.

Only one DPCCH is transmitted for each mobile. Different DPDCHs are separated through different channelization (spreading) codes. If all DPDCHs correspond to the one single Coded Composite Transport Channel (CCTrCH), one single SF is used for all of them. In the case of several CCTrCHs of dedicated type for one UE different spreading factors can be used for each CCTrCH, but still only one DPCCH would be transmitted for them in the downlink.

Downlink DPCH Formats



Slot format #	Chnl bit rate (kbps)	Chnl smb rate (ksps)	SF	Bits/frame			Bits/slot	DPDCH bits/slot		DPCCH bits/slot	
				DPDCH	DPCCH	Total		N_{Data}	N_{TFCI}	N_{TPC}	N_{pilot}
0	15	7.5	512	60	90	150	10	4	0	2	4
1	15	7.5	512	30	120	150	10	2	2	2	4
2	30	15	256	240	60	300	20	16	0	2	2
3	30	15	256	210	90	300	20	14	2	2	2
4	30	15	256	210	90	300	20	12	0	2	4
5	30	15	256	180	120	300	20	12	2	2	4
6	30	15	256	150	150	300	20	10	0	2	8
7	30	15	256	120	180	300	20	8	2	2	8
8	60	30	128	510	90	600	40	34	0	2	4
9	60	30	128	480	120	600	40	32	2	2	4
10	60	30	128	450	150	600	40	30	0	2	8
11	60	30	128	420	180	600	40	28	2	2	8
12	120	60	64	900	300	1200	80	60	8*	4	8
13	240	120	32	2100	300	2400	160	140	8*	4	8
14	480	240	16	4320	480	4800	320	288	8*	8	16
15	960	480	8	9120	480	9600	640	608	8*	8	16
16	1920	960	4	18720	480	19200	1280	1248	8*	8	16

* If TFCI bits are not used, then DTX shall be used in the TFCI field

The exact number of bits of the different downlink DPCH fields (N_{pilot} , N_{TPC} , N_{TFCI} , N_{data1} and N_{data2}) is determined in the standard, as shown in the table above. 17 possible formats are defined, representing different sizes of overhead information. Formats for compressed mode transmission are also defined (not shown). The overhead due to the DPCCH transmission has to be negotiated at the connection set-up and can be re-negotiated during the communication, in order to match particular propagation conditions.

There are basically two types of downlink Dedicated Physical Channels formats; those that include TFCI (e.g. for several simultaneous services) and those that do not include TFCI (e.g. for fixed-rate services). Pilot symbol patterns are also specified in the standard.

Ejercicio 4.9



- A cierto usuario de datos W-CDMA se le asigna el modo de ranura del canal de bajada #2. Se sabe que se utiliza codificación convolucional tasa 1/3, que el número de bits de CRC es de 12 y hay 8 bits de cola por cada por cada TTI de 80 ms. Además, hay un canal de señalización a 3.4 kbps que usa 8 bits de cola y 8 bits de CRC. Halle:
 - La fracción de tiempo dedicada al DPCCH de bajada.
 - La tasa máxima de datos del usuario.

Solución:

Sincronía del Node-B



- Opción Asíncrona
 - Cada Node-B opera con una referencia de tiempo propia e independiente de las demas
 - Las UE deben seguir un procedimiento de tres etapas con el fin de adquirir la sincronía de los Node-B al encenderse y otro procedimiento similar para el relevo suave
- Opción Síncrona
 - Todos los UE comparten la referencia temporal (por ejemplo, a través del sistema GPS).
 - Procedimientos de sincronización del UE se simplifican

En los sistemas W-CDMA, las estaciones base se diferencian por usar códigos de ensanchamiento distintos. Por ello, al encender un móvil, éste debe primero detectar cuál código está usando la estación base más próxima a fin de poder realizar la operación de 'despreading'. El sistema W-CDMA define un total de 8192 códigos de ensanchamiento posibles, agrupados en 512 Conjuntos de 16 códigos cada uno. Además, se definen 64 Grupos de códigos, cada uno de los cuales contiene 8 Conjuntos.

El proceso de adquisición de sincronía comienza cuando el móvil realiza una búsqueda exhaustiva sobre el SCH Primario a fin de detectar la sincronía de Ranura. Posteriormente el móvil decodifica la secuencia de códigos transmitida en el SCH secundario, a fin de obtener la sincronía de trama, y así encuentra además el número del índice del Grupo de Código al cual pertenece la estación base (se definen 64 grupos). Cada Grupo contiene 8 Conjuntos de 16 códigos, y a fin de encontrar cuál de los 8 Conjuntos es el de la estación base en cuestión, el móvil debe buscar exhaustivamente sobre el CPICH. Una vez que este proceso se ha cumplido, el móvil está en capacidad de decodificar los mensajes de control del CCPCH Primario, entre los cuales se envía la información acerca de cuál de los 16 códigos del conjunto se usa para el resto de los canales de bajada que el móvil necesita decodificar.

Control de Potencia en W-CDMA



- Enlace de Subida:
 - Control de potencia rápido (1500 bps) con doble lazo cerrado (DPCCH, DPDCH, PCPCH).
 - Control de potencia a lazo abierto (antes de las ráfagas de PRACH, PCPCH).
- Enlace de Bajada:
 - Control de potencia rápido (1500 bps) con doble lazo cerrado (DPCCH, DPDCH, PDSCH).

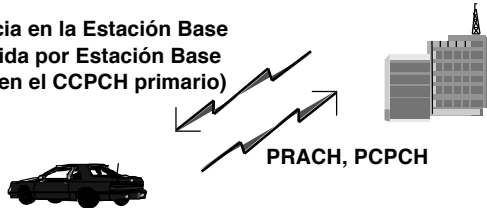
En el enlace de subida de W-CDMA se emplea un mecanismo de control de potencia rápido (1500 comandos por segundo) sobre los canales dedicados y sobre el PCPCH). El algoritmo de doble lazo cerrado es muy similar al empleado en IS-95 y en CDMA2000. Además, antes de las ráfagas en los canales de acceso aleatorio (PRACH y PCPCH) se usa un mecanismo de control de potencia a lazo abierto.

En el enlace de bajada, sólo se usa control de potencia a lazo cerrado en los canales dedicados(DPDCH, DPCCH) y compartidos (PDSCH). El algoritmo es igual al usado en el enlace de sibida (doble lazo, 1500 comandos por segundo).

Control de Potencia a Lazo Abierto



I_{BTS} .- Interferencia en la Estación Base
 P_{BTS} .- Potencia Transmitida por Estación Base
(señalización de control en el CCPCH primario)

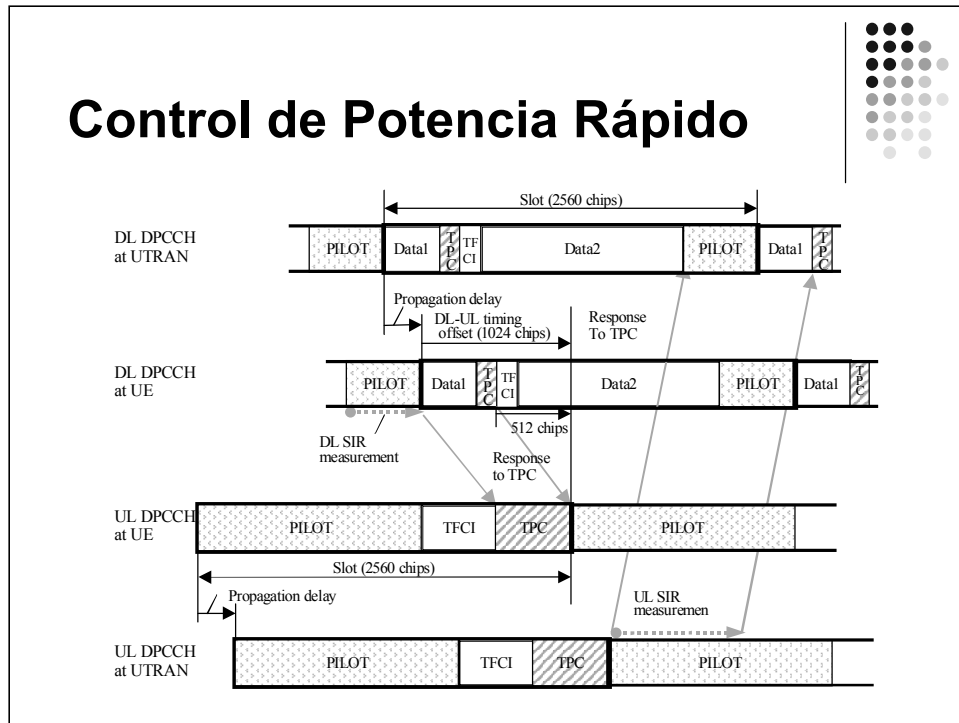


$$P_{RACH} = L_{path} + I_{BTS} + Constante = P_{BTS} - P_{recibida} + I_{BTS} + Constante$$

- PRACH, PCPCH lo emplean para fijar su potencia inicial de transmisión
- Ráfaga PRACH controlada exclusivamente por este mecanismo
- El móvil debe medir $P_{recibida}$ sobre un intervalo suficientemente largo de forma de promediar efectos de desvanecimiento

El control de potencia de lazo abierto consiste en una aproximación que hace el móvil basado en la potencia recibida y en información de alto nivel transportada por el CCPCH primario. Conociendo la potencia transmitida y el nivel de interferencia en la celda, el móvil estima las pérdidas de propagación y ajusta su potencia en base a este estimado. El móvil debe medir la potencia recibida sobre un intervalo suficientemente largo de forma de promediar efectos de desvanecimiento. Los canales PRACH, PCPCH emplean este mecanismo para fijar su potencia inicial de transmisión

Control de Potencia Rápido

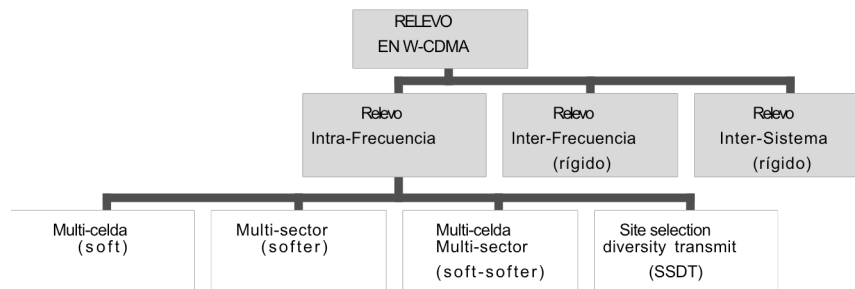


El diagrama (extraído de la especificación W-CDMA de ETSI) ilustra el funcionamiento del control de potencia rápido en W-CDMA (sobre los canales dedicados).

Control de Potencia de Subida: la estación base (parte de UTRA) mide la SIR (Relación Señal a Interferencia) recibida sobre los bits de la señal piloto que llega en el DPCCH, y transmite una respuesta (comando positivo o negativo) en los bits de TPC que se transportan en el DPDCH de bajada. El móvil decodifica esta información y ajusta la potencia de la próxima trama, subiendo o bajando la potencia en un factor de 1 o 2 dB.

Control de Potencia de Bajada: El móvil mide la SIR sobre los bits piloto recibidos de la estación base, produce una respuesta y la envía en los bits de TPC de subida. La estación base ajusta la fracción de potencia asignada a los canales dedicados del móvil.

Relevo de Llamadas en W-CDMA

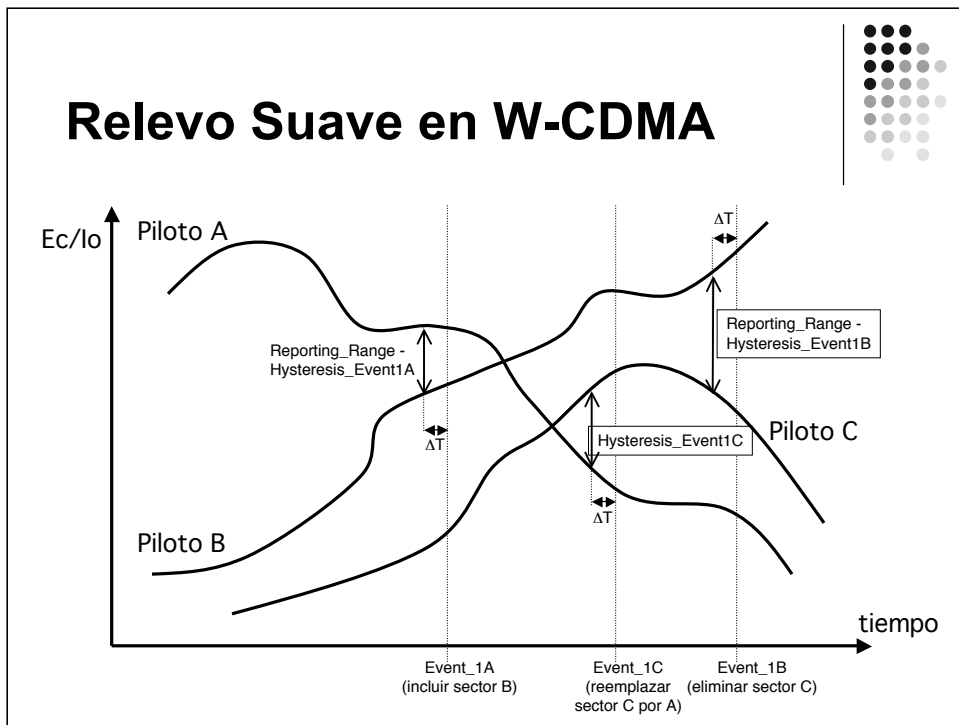


El relevo de llamadas en W-CDMA puede ser intra-frecuencia (dentro de la misma frecuencia), inter-frecuencia (frecuencias distintas) y entre sistemas distintos, incluyendo relevo hacia/desde sistemas GSM (si se soporta la interoperabilidad).

El relevo interfrecuencia casi siempre es suave (soft o softer). La gráfica indica los tipos de relevo suave, el cual se detalla en una lámina posterior. La técnica conocida como SSDT es más bien una técnica de selección de celda en por parte del móvil.

El relevo inter-frecuencia es necesario cuando el móvil se traslada hacia una zona en la cual su actual frecuencia no es soportada, o bien está bloqueada por carga máxima. A fin de poder realizar este tipo de relevo, el móvil debe estar en la capacidad de realizar búsquedas en la nueva frecuencia sin afectar el flujo de datos en su actual conexión. Esto implica resintonizar el receptor del móvil rápidamente (las 'visitas' a la frecuencia objetivo no pueden durar más de unos pocos ms. Este mecanismo en W-CDMA se conoce como operación en 'modo ranurado'.

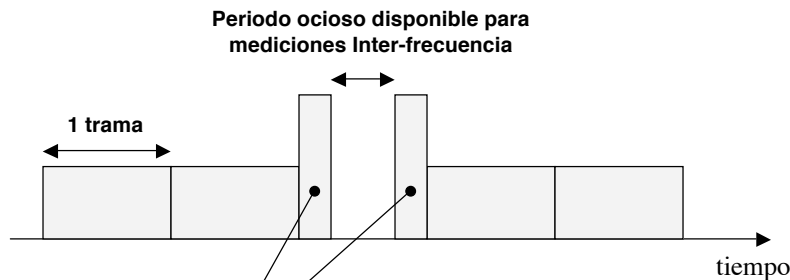
Relevo Suave en W-CDMA



Tres tipos de eventos definen el conjunto de pilotos activos en una conexión CDMA:

1. Cuando una piloto supera a otra (activa) por más de cierto rango predefinido paramétricamente, y este evento se mantiene por un tiempo ΔT , el sector que representa la piloto mayor es añadida al conjunto de pilotos activos.
2. Cuando una piloto supera a otra (activa) por más de cierto rango predefinido paramétricamente, el conjunto de pilotos activas está lleno (no se pueden añadir más pilotos), y este evento se mantiene por un tiempo ΔT , el sector que representa la piloto mayor es añadida al conjunto de pilotos activas en reemplazo de la piloto activa de menor potencia.
3. Cuando una pilota activa cae por debajo de otra (inactiva) por más de cierto rango predefinido paramétricamente, y este evento se mantiene por un tiempo ΔT , el sector que representa la piloto menor es eliminada del conjunto de pilotos activos.

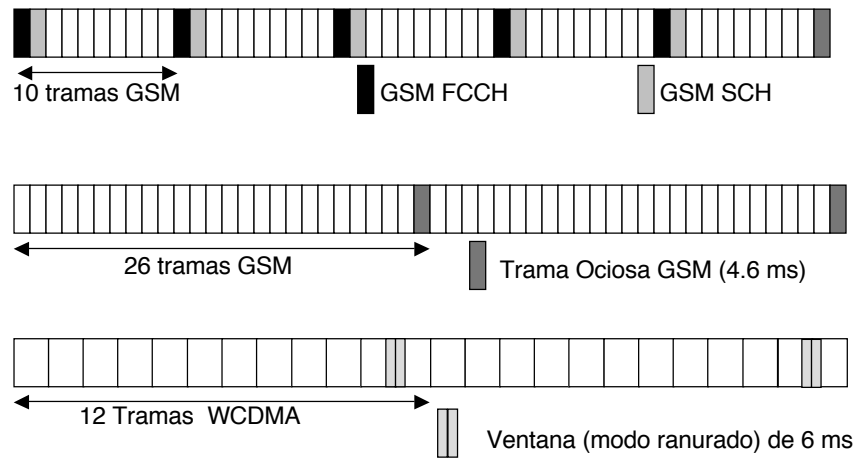
Modo “Ranurado”



- La redundancia del código de canal se reduce
- Alternativamente, el factor de ensanchamiento se reduce
- La potencia se incrementa para compensar reducción de tiempo
- El flujo de datos no se ve afectado

Para relevos interfrecuencia, la estación base debe interrumpir su transmisión de forma programada y en común acuerdo con el móvil para que éste pueda resintonizar su receptor y realizar las mediciones necesarias para guiar el proceso de relevo rígido. La especificación W-CDMA permite ésto a través del llamado modo ‘ranurado’, en el cual se reduce la redundancia del código (o, alternativamente, el factor de ensanchamiento se reduce) a fin de permitir la apertura de una ventana de medición que puede durar hasta 6 ms. Simultáneamente, la potencia de transmisión se incrementa para compensar reducción de tiempo de transmisión. Así, el flujo de datos de bajada no se ve afectado. Con frecuencia, la transmisión en subida también es interrumpida debido a que el receptor y transmisor del móvil se sintonizan conjuntamente.

Relevos W-CDMA - GSM



La lámina demuestra la interoperabilidad entre WCDMA y GSM que es necesaria para garantizar relevos entre estos sistemas.

Los canales de corrección de frecuencia (FCCH) y de sincronización (SCH) de GSM se transmiten una vez cada 10 ranuras en GSM.

Móviles GSM que están monitoreando estaciones base para relevo, dedican una trama ociosa cada 26 tramas a fin de realizar las mediciones inter-frecuencia.

Un móvil W-CDMA que esté buscando relajar relevo hacia GSM puede, usando el modo 'ranurado', definir una ventana de búsqueda de 6 ms cada 12 tramas de W-CDMA. Debido a que 12 tramas W-CDMA duran lo mismo que 26 tramas GSM, la periodicidad de las ventanas de medición en ambos sistemas es la misma, por lo cual se garantiza que cualquiera de los dos móviles podrá eventualmente recoger las mediciones en la frecuencia objetivo.

Los relevos desde GSM hacia W-CDMA son en realidad más sencillos, pues la transmisión en GSM es de por sí ranurada, lo cual permite al móvil GSM realizar mediciones sobre el canal piloto de las celdas vecinas W-CDMA.

Se comprueba así la interoperabilidad de ambos sistemas y en ambas direcciones. Este punto es importante para W-CDMA, pues inicialmente no se espera que la cobertura de este sistema sea tan extendida como lo es la de GSM hoy.

Site Selection Diversity Transmission (SSDT)



- Sectors in the active set of a UE in SHO are assigned a temporary identifier via L3 signalling.
- UE then selects one of the sectors in its active set to be the “primary” and informs its selection to all sectors periodically using S bits of FBI field.
- Cells other than the primary cell disable their DPDCH
 - Data is only transmitted from primary sector.
- Interference is reduced on the downlink
 - Specially suited for high data rate connections.
 - Sector selection is fast, carries no penalty in signalling overhead, and does not require intervention of RNC.

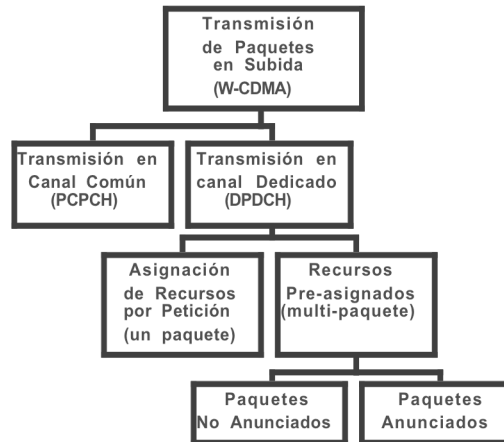
The technique known as Site Selection Diversity Transmission (SSDT) is an optional downlink technique that requires the use of the FBI bits. Sectors in the active set of a UE in SHO are assigned a temporary identifier via L3 signalling. The UE then selects one of the sectors in its active set to be the “primary” and informs its selection to all sectors periodically using S bits of FBI field.

As a result, cells other than the primary cell disable their DPDCH, which means that data is only transmitted from primary sector and interference is reduced on the downlink

SSDT is fast, carries no penalty in signalling overhead, and does not require intervention of RNC.

Therefore, SSDT is specially suited for high data rate connections, but so far it has not been widely implemented.

Transmisión de Paquetes en Subida



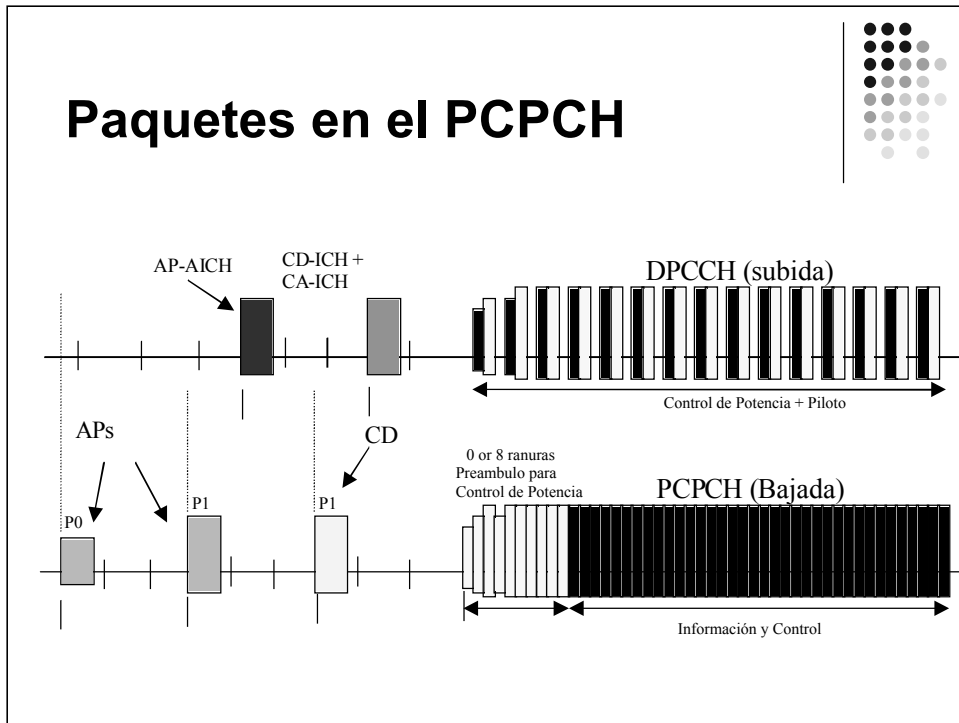
W-CDMA contempla varios mecanismos para transmisión de paquetes en el enlace de subida, dependiendo de la frecuencia de los paquetes y su tamaño.

Para paquetes cortos y poco frecuentes, se recomienda usar un canal común (PCPCH), el cual no se asigna de forma permanente sino temporal, y no requiere de la asignación de códigos dedicados.

Para paquetes largos y poco frecuentes, la capacidad del PCPCH puede no ser suficiente, en cuyo caso el móvil debe solicitar un canal dedicado (DPDCH) para la transmisión de un paquete único, después de la cual se libera el canal.

Para paquetes frecuentes, se recomienda el establecimiento de un canal dedicado (DPDCH) de forma permanente. Una vez establecido, paquetes cortos pueden ser enviados sin necesidad de anunciarse, aunque paquetes más largos deben solicitar autorización de la UTRAN. Dicha autorización se concede siempre y cuando exista la capacidad de RF en la celda o sector.

Paquetes en el PCPCH

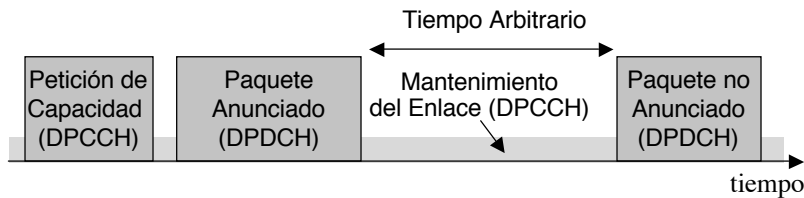


La transmisión de paquetes en el PCPCH se inicia con una sonda de acceso (Acces Preámbulo, AP) transmitida a una potencia dada por el control a lazo abierto explicado anteriormente. Si no se obtiene respuesta de la estación base, el móvil repite la sonda con una potencia un poco mayor. Una vez que se recibe la respuesta en el AP Acquisition Indicator Channel (AICH), el móvil transmite una nueva sonda en el Colision Detection Preámbulo para asegurarse de que ningún otro móvil está transmitiendo en ese código. Si la estación base responde positivamente en el CD-Indicator Channel (CD-ICH), el móvil inicia la transmisión de datos. Durante la ráfaga de datos, el control de potencia de lazo cerrado está en operación, y un DPDCH de bajada se habilita para cerrar este lazo. Opcionalmente, un preámbulo para estabilización del control de potencia cerrado se transmite antes de la data. Una vez finalizado el paquete, el PCPCH queda libre para nuevas transmisiones de otros móviles.

Transmisión Multipaquete en el DPDCH



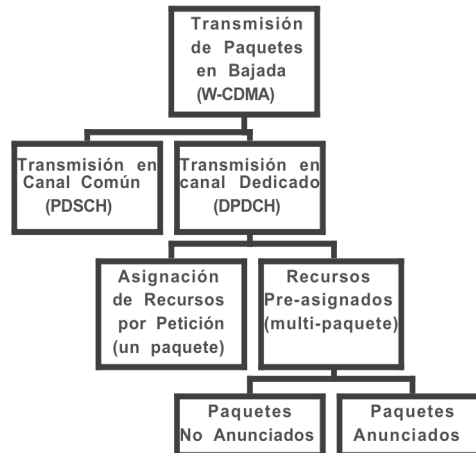
(Recursos Pre-Asignados)



- Canal dedicado se establece de forma permanente
- Paquetes no anunciados son cortos y sufren poco retardo
- Paquetes largos deben anunciarse y autorizarse (mayor retardo)
- Es un mecanismo confiable pues los recursos están pre-asignados

En la transmisión multi-paquete sobre canales dedicados (recursos pre-asignados), un canal dedicado se establece de forma permanente. Los paquetes no anunciados son cortos y sufren poco retardo, pero los paquetes largos deben anunciarse y autorizarse (mayor retardo). Es un mecanismo confiable pues los recursos están pre-asignados. Cuando no hay transmisión de paquetes, la pareja de DPCCH se mantiene en operación, garantizando el mantenimiento del enlace (control de potencia) de forma de que el enlace esté en condiciones utilizables cuando sea requerido, pero sin que se consuma demasiada capacidad de RF (el mantenimiento del enlace requiere poca potencia de transmisión en ambos lados del enlace).

Transmisión de Paquetes en Bajada

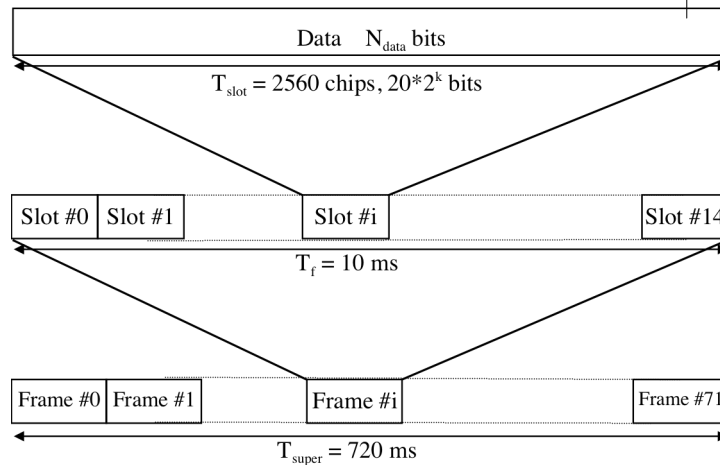
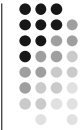


En bajada se definen mecanismos para transmisión paquetizada que son equivalentes a los definidos en subida. De igual forma, la elección del mecanismo dependerá de la frecuencia y tamaño de los paquetes.

Para paquetes cortos y poco frecuentes, se recomienda usar un canal común (PDSCH), el cual no se asigna de forma permanente sino temporal, y se comparte entre varios móviles. Es un mecanismo que disfruta de control de potencia en lazo cerrado.

La transmisión en canal dedicado es similar al caso del enlace de subida.

Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)



The Physical Downlink Shared Channel (PDSCH), used to carry the Downlink Shared Channel (DSCH), is shared by users based on code multiplexing. As the DSCH is always associated with a DCH, the PDSCH is always associated with a downlink DPCH. In order to indicate the UE that there is data to decode on the DSCH, two signalling methods are possible, either using the TFCI field, or higher layer signalling.

The PDSCH transmission with associated DPCH is a special case of multicode transmission. The PDSCH and DPCH do not have necessarily the same spreading factors and for PDSCH the spreading factor may vary from frame to frame. The relevant Layer 1 control information is transmitted on the DPCCH part of the associated DPCH, the PDSCH does not contain physical layer information. The channel bit rate for the PDSCH ranges from 30 to 1920 kbps, and the allowed spreading factors may vary from 256 to 4.

If the spreading factor and other physical layer parameters can vary on a frame-by-frame basis, the TFCI shall be used to inform the UE what are the instantaneous parameters of PDSCH including the channelization code from the PDSCH OVSF code tree.

A DSCH may be mapped to multiple parallel PDSCHs as well, as negotiated at higher layer prior to starting data transmission. In such a case the parallel PDSCHs shall be operated with frame synchronization between each other.

PDSCH



- Shared by many different UEs for bursty, high-speed packet data transmission
 - Channelization codes are shared and therefore used more efficiently.
 - Allocation is much faster and effective than DPDCH
 - Not offered in SHO
 - Better achievement of QoS differentiation and prioritization
- Fast power control and effective scheduling
- Always associated with a downlink DPCH
 - needed for fast power control and TFCI signalling

The PDSCH is shared by many different UEs for bursty, high-speed packet data transmission. It allows the efficient sharing of channelization codes.

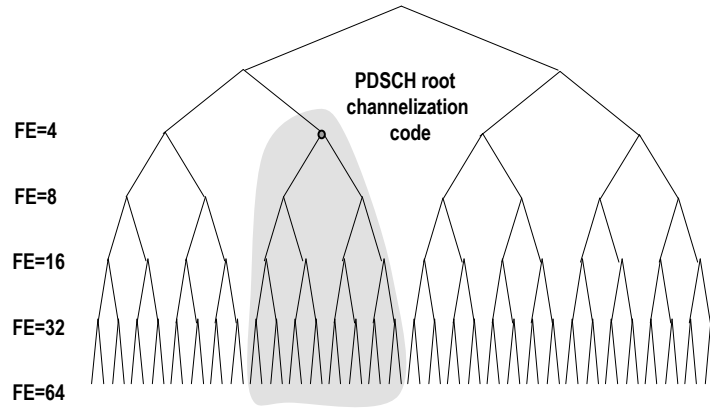
The allocation of the PDSCH is much faster and effective than the DPDCH. However, because of its shared nature, it is never transmitted in SHO, which results in reduced interference.

PDSCH enables better achievement of QoS differentiation and prioritization

Power control on the PDSCH is fast.

The PDSCH is always associated with a downlink DPCH, which is needed for fast power control and TFCI signalling

PDSCH Code Resource Allocation



The PDSCH generally is allocated one quarter of the OVSF channelization code tree, thereby allowing the fast selection of the rate within the reserved code space (shaded area) up to the maximum data rate (slot format #16).

¿Qué impulsa a los sistemas 3.5G?



- Primera fase: EVDO Rev. 0 y HSDPA (2003-04)
 - Navegación por Internet demanda tasas de datos (bajada) mayores que las ofrecidas por 3G.
 - En especial para aplicaciones multimedia no interactivas (descarga de audio, video, imágenes).
 - Capacidad en el enlace de bajada (medida como bps/Hz/sector) debe ser incrementada para satisfacer mayor demanda
 - Se requiere de enlaces de radio que se adapten a las condiciones del canal.

¿Qué impulsa a los sistemas 3.5G?



- Segunda Fase: EVDO Rev. A y HSUPA (2007-2008)
 - La necesidad de aplicaciones multimedia interactivas (telefonía, videotelefonía, juegos) demandan tasas pico mayores en el enlace de subida y menor latencia o retardo.
 - Estas tasas deben ofrecerse sobre toda la celda
 - Capacidad total por sector también debe incrementarse.

Tráfico de Voz vs. Tráfico de Datos



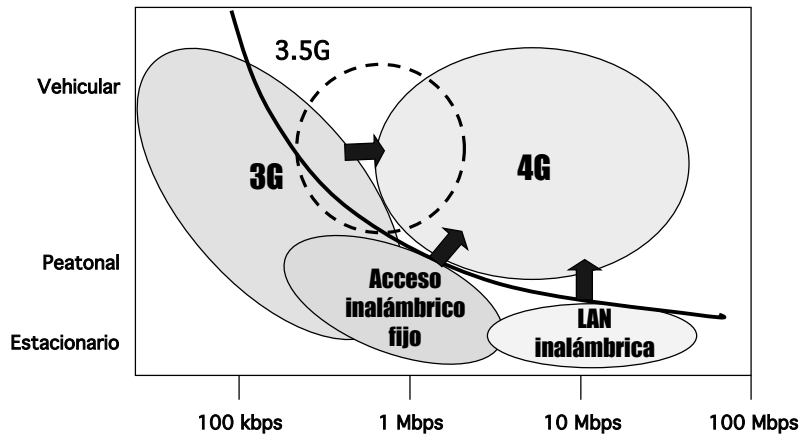
Característica	Voz	Datos
Tasa de bits	Baja (~10 kbps)	Medias y Altas
Conexión	Circuito	Paquete
Tráfico subida/bajada	Simétrico	Asimétrico (*)
BER típico	$\sim 10^{-4}$	$\sim 10^{-3}$
FER típico	1%	5%
Tolerancia al retardo	Menor a 100 ms	1-5 segundos (*)

(*) Aplicaciones interactivas de multimedia pueden ser una excepción.

La lámina ilustra las diferencias fundamentales entre el tráfico originado por aplicaciones de voz (vocoders) y aplicaciones de datos. Estas significativas diferencias en cuanto a tasa de bits, tipo de conexión, simetría en el tráfico de subida y bajada, valores de BER y FER típicos y tolerancia al retardo hacen que sea sumamente problemático mezclar estos dos tipos de aplicaciones en un mismo sistema, como fue la pretensión inicial de los sistemas 3G. Esto justifica en buena medida los sistemas 3.5G (primera fase).

Se desea resaltar que la tolerancia al retardo y la simetría del tráfico puede ser distinto en aplicaciones interactivas de tipo multimedia (videotelefonía, juegos interactivos, VoIP, etc). En estos casos, la tolerancia al retardo puede ser mucho menor que en el simple caso de acceso a Internet. Además estas dos aplicaciones generan el mismo tráfico en bajada y en subida. Ello ha hecho repensar las características de los sistemas 3.5G originales y ha motivado su evolución hacia la llamada segunda fase.

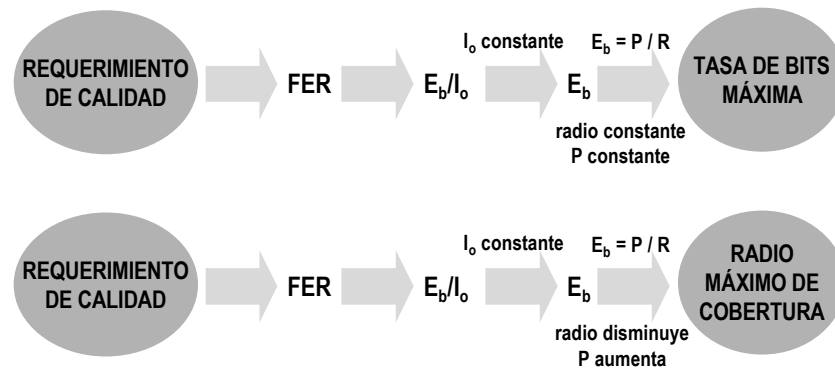
Movilidad y Tasas de Bit en 3.5G



En la gráfica se muestra a movilidad de los distintos sistemas de hoy día en función de la tasa de datos. Se espera que los futuros sistemas de 4G permitan ofrecer tasas de datos elevadas (en el orden de las decenas de Mbps), en ambientes de media y alta movilidad, extendiendo así las capacidades de los sistemas actuales.

Los sistemas HSPA y EV-DO puede catalogarse como un sistema avanzado de 3G, es decir, 3G+ o 3.5G. En cierta forma representa la evolución de la 3G hacia la 4G ya que ofrece tasas de datos pico superiores a los 2 Mbps en un ambiente de movilidad vehicular (en el caso de HSPA, esta tasa alcanza valores superiores a los 10 Mbps).

Compromiso entre tasa de bits, calidad y cobertura



La calidad de la transmisión es directamente proporcional a la potencia recibida y frecuentemente se expresa como el requerimiento de Frame Error Rate (FER), el cual se traduce en la cantidad de energía transmitida en cada bit (E_b) sobre el nivel de interferencia (I_0), que incluye también el ruido térmico. Normalmente, se indica esta razón por E_b/I_0 . Asumimos que la interferencia total I_0 tiene un valor constante, o que en todo caso no es controlada para los fines de la conexión de un usuario en particular. La energía por bit E_b a su vez puede ser expresada por el cociente entre potencia recibida (P) y la tasa de bits de información (R).

Se puede observar que un aumento en la tasa de transmisión R requiere un aumento en la potencia del transmisor, para que se mantenga la calidad de la señal recibida. Después que el transmisor alcanza su potencia máxima de salida, cualquier aumento subsecuente en la tasa de datos resultará en la reducción del nivel de E_b/I_0 , es decir habrá una disminución de la calidad general de la señal recibida. Como resultado, la calidad de la señal recibida en la región más externa del área de cobertura caerá a niveles inferiores a los aceptables para el mantenimiento de una llamada. En consecuencia, el área de cobertura se reducirá. Si la tasa de datos sigue aumentando, los niveles E_b seguirán cayendo, reduciendo aún más la calidad de la señal recibida y disminuyendo la cobertura de la celda.

Es decir, los requerimientos de calidad de la señal recibida se traducen en una tasa máxima de bits (si el radio de cobertura permanece constante), o en un radio máximo de cobertura (si la tasa de bits permanece constante).

Ejercicio 4.10



- Halle la fracción del radio de una celda de un sistema celular de datos sobre la cual se puede (teóricamente) ofrecer una tasa pico igual al doble de la tasa pico que se puede ofrecer en el borde de la misma, manteniendo todos los demás parámetros constantes. Utilice el modelo de propagación “Quick” para la banda celular.

Solución:

Técnicas Clave en 3.5G (HSPA y EV-DO)



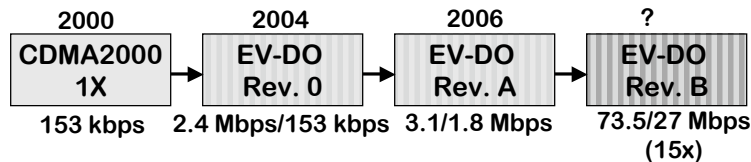
- ✓ Enlace de Bajada:
 - ✓ TDMA estadístico
 - ✓ Optimiza el desempeño para tráfico de paquetes
 - ✓ Monitoreo y reporte del canal
 - ✓ Permite la adaptación de la tasa de bits usando modulación y codificación de canal adaptivas
 - ✓ Selección de la mejor estación base
 - ✓ Maximiza la tasa de bits ("diversidad multiusuario")
 - ✓ Reduce la interferencia (relevó suave "virtual")
 - ✓ Codificación turbo
 - ✓ Reduce requerimiento de Eb/No y maximiza tasa de bits
 - ✓ Redundancia Incremental
 - ✓ Manejo de colas basado en algoritmo "favorable proporcional"
- ✓ Enlace de Subida:
 - ✓ CDMA con tasa variable y factor de expansión pequeño
 - ✓ Multicódigo (HSUPA)
 - ✓ Asignación dinámica de recursos a nivel de la estación base.

Los enlaces de subida de HSPA y EV-DO operan bajo los mismos principios generales, empleando un conjunto de técnicas muy distintas a W-CDMA y 1XRTT (respectivamente) a fin de lograr las prestaciones deseadas. Entre ellas se cuentan:

1. Multiplexión estadística basada en TDMA, la cual es óptima para el tráfico multiusuario paquetizado, como lo demuestran protocolos tan populares como Ethernet (802.3).
2. Monitoreo del canal de bajada por parte del móvil y su reporte a la estación base, lo cual permite a ésta seleccionar siempre la máxima tasa de transmisión de bits posible. Esto se logra mediante la adaptación dinámica del esquema de modulación y de la tasa de codificación de canal.
3. Selección dinámica de la mejor estación base para servir a cada móvil, lo cual permite a éste recibir la máxima tasa de bits posible en cada momento, y a la vez minimiza la interferencia sobre los usuarios de las celdas desde las cuales no se transmite. Esta técnica a veces se llama relevó suave "virtual", pues aún cuando el móvil está conectado a más de un sector, sólo uno (el "mejor" le transmite los paquetes).
4. Codificación de canal turbo permite reducir el requerimiento de Eb/No en 1-2 dB respecto a la codificación convolucional, lo cual se traduce en un aumento en la tasa de datos que puede transmitirse a cada móvil. La codificación turbo es posible gracias a la tolerancia a los retardos que exhibe el tráfico de datos paquetizados. Adicionalmente, se emplea la técnica de redundancia incremental, la cual optimiza la eficiencia espectral.
5. Manejo de colas basado en un algoritmo llamado "favorable proporcional", que logra maximizar el tráfico total de cada celda o sector ("throughput").

El enlace de subida de EV-DO y de HSPA opera bajo los mismos principios generales que 1X y W-CDMA, respectivamente. En el caso de HSUPA se emplean múltiples códigos en paralelo para aumentar la tasa de bits servida.

Hitos en la Evolución de CDMA2000



CDMA



TDMA
estadístico



Multicarrier

Se muestran los principales hitos en la evolución de CDMA2000.

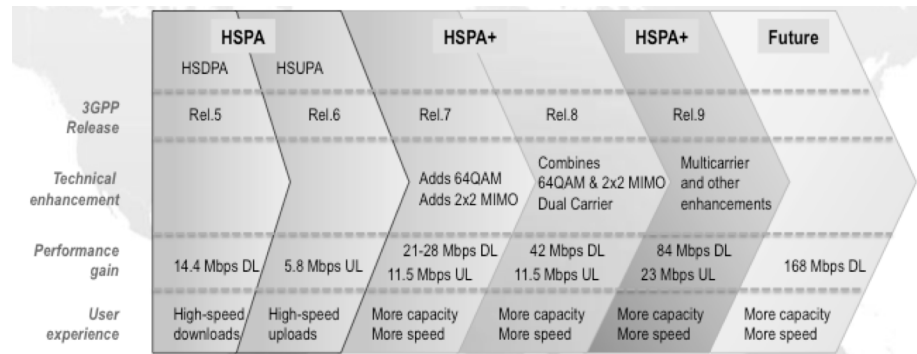
-CDMA2000 1XRTT (comercial en 2000). 153 kbps pde velocidad pico en ambos enlaces. Tecnología CDMA.

-CDMA2000 1XRTT revisión 0 (comercial en 2004). 2.4 Mbps de tasa de bits en bajada, 153 kbps de tasa de bits en subida. Tecnología basada en TDMA estadístico en bajada (forma de onda CDM), y CDMA en subida.

-CDMA2000 1xRTT revisión A (comercial en 2006). Las mismas tecnologías de acceso que en Revisión 0, con un incremento de tasa de bits hasta 3.1 Mbps en bajada y 1.8 Mbps en subida.

-CDMA2000 1xRTT revisión B se espera que entre en operación comercial hacia 2008-09. Introduce el concepto de Multiportadora hasta un número de 15. En su versión 15X (20 MHz de espectro) se espera que soporte 73.5 Mbps en bajada y 27 Mbps en subida.

El camino evolutivo de HSPA



High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)



- Downlink technique designed to enhance W-CDMA data rate capabilities.
 - Also offers lower delay and better spectral efficiency (higher capacity).
- Based on the introduction of a High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH).
- Peak data rates:
 - Theoretical: 14.4 Mbps
 - Practical: between 8 and 10 Mbps.
- Performance enhancements achieved through:
 - Higher order modulation (16-QAM).
 - Adaptive modulation and coding
 - Hybrid ARQ (Automatic Repeat Request)
 - Two modes: Chase Combining and Incremental Redundancy
 - Lower Transmission Time Interval (2 ms)
 - Fast scheduling

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) is an enhancement currently being standardized by 3GPP. It is based on the implementation of a new downlink channel, the High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH). Data rates to be achieved by HSDPA are in the range of 8 to 10 Mbps, but depend on the quality of the channel and therefore is affected by the location of the user within the cell. HSDPA should also improve the packet-data capabilities of W-CDMA in terms of lower delays and improved spectral efficiency.

The implementation of HSDPA involves the adoption of a number of technologies, such as:

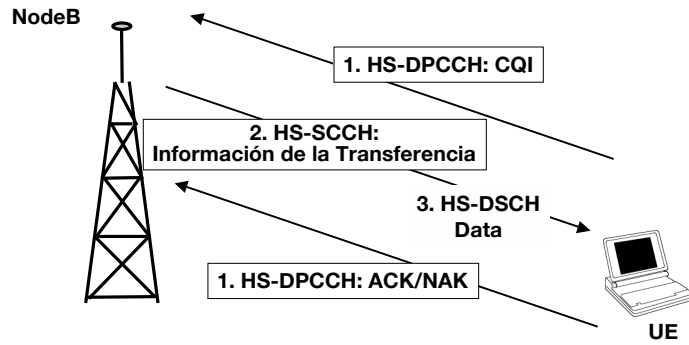
- High order modulation (16-QAM and 64-QAM), which provides better spectral efficiency.
- Adaptive Modulation and Coding, in order to select the required modulation and coding scheme as a function of the radio channel conditions.
- Hybrid ARQ. where the soft information from retransmissions requested by the mobile unit is combined with soft information from the original transmission, prior to decoding.
- Short transmission time interval (TTI), which reduces the transmission delays and improves the granularity of the scheduling mechanisms. It has been proposed to employ a TTI of 2 ms.
- Fast scheduling, in order to improve the control and allocation of the channel among the different users.

Canales nuevos en HSDPA

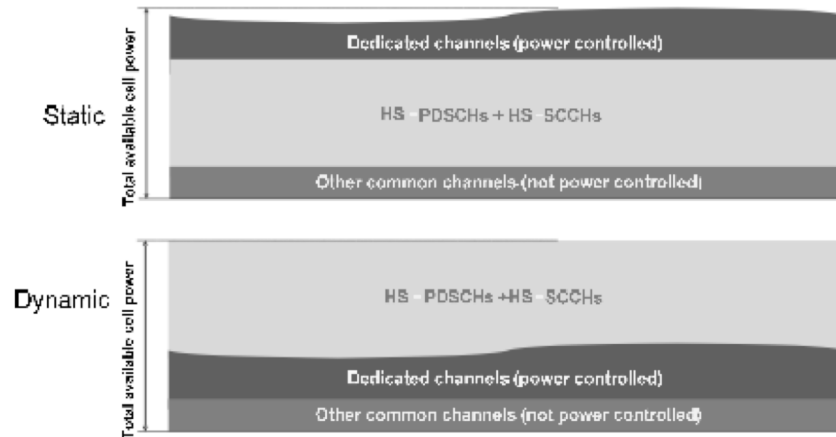


- HS-DSCH: High Speed Downlink Shared Channel
 - Canal compartido para envío de paquetes a alta velocidad
 - Factor de Expansión fijo (SF=16) pero tasa de bits variable
 - Codificación y modulación ajustable
 - Hasta un máximo de 15 códigos pueden usarse por NodeB
- HS-SCCH: HighSpeed Shared Control Channel
 - Canal común de señalización de bajada a 60 kbps (SF=128)
 - Informa a la UE de los parámetros de la transmisión próxima a iniciarse en el HS-DSCH
 - Incluye identidad de la UE y formato de transmisión seleccionado por el mecanismo de adaptación del enlace.
- HS-DPCCH: High Speed Dedicated Control Channel
 - Canal dedicado de subida a 15 kbps (SF=256)
 - Lleva información de ACK/NAK así como CQI (Channel Quality Indicator)

Flujo Básico de Información en HSDPA



Asignación de potencia del NodeB



La asignación de potencia en Node-B que soporte HSDPA requiere de cierta asignación para los canales comunes de potencia no controlada, cierta asignación de potencia para los canales dedicados W-CDMA con control de potencia (típicamente para voz) y una asignación a los canales HSDPA que puede ser fija, pero idealmente será variable con el fin de aprovechar al máximo los recursos del Node-B.

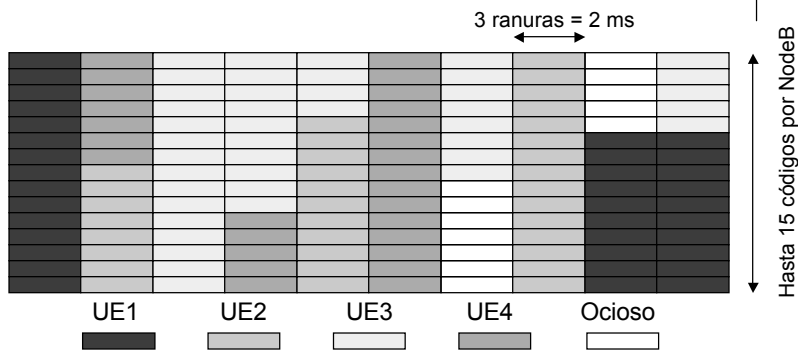
The High Speed DSCH (HS-DSCH)



<i>Feature</i>	<i>DSCH</i>	<i>HS-DSCH</i>
Variable Spread Factor	Yes (4-256)	No (16)
Fast Power Control	Yes	No
Adaptive Modulation and Coding	No	Yes
Fast L1 HARQ	No	Yes
Multi-Code Operation	Yes	Yes
Transmission Time Interval	10 or 20 ms	2 ms
Location of MAC	RNC	Node B

The HS-DSCH is an enhanced version of the DSCH. However, significant differences apply. The table shows the most relevant of these differences.

Asignación de códigos por UE en el HS-DSCH



- Cada código utiliza SF=16
 - Corresponde a unos 128 kbps en R99 WCDMA)
 - En HSDPA la tasa de bits enviada en cada código es variable
- Asignación de códigos es dinámica y puede cambiar cada 2 ms
- UEs pueden soportar un máximo de 5, 10 o 15 códigos, según sea su capacidad.

HS-DSCH Formats and Data Rates (examples)



MODULATION	EFFECTIVE CODE RATE	DATA RATE (1 CODE)	DATA RATE (15 CODES)
QPSK	1/4	119 kbps	1.8 Mbps
QPSK	1/2	237 kbps	3.6 Mbps
QPSK	3/4	356 kbps	5.3 Mbps
16-QAM	1/2	477 kbps	7.2 Mbps
16-QAM	3/4	712 kbps	10.8 Mbps
16-QAM	1	960 kbps	14.4 Mbps

The table above displays some of the formats and data rates that can be achieved on the HSDPA mode. 15 codes is the maximum available for allocation to one single user. 10.8 Mbps is the maximum data rate that can be achieved under the HSDPA concept, which can only be made possible under very favorable channel conditions. As of today (2006), the maximum data rate that can be supported by commercial HSDPA equipment is 1.8 Mbps.

Ejercicio 4.14



- Paquetes IP de 10240 bits cada uno deben ser transmitidos con el menor retardo posible cada 10 ms a cierto móvil usando HSDPA. Los paquetes llegan cada 10 ms. Las condiciones de canal permiten usar sólo modulación QPSK con codificación tasa 1/3. Los NodeB del sistema utilizan diez códigos para la transmisión del HS-DSCH. Proponga un esquema de asignación de códigos para este móvil y calcule la fracción de la capacidad HSDPA que esta conexión consume.

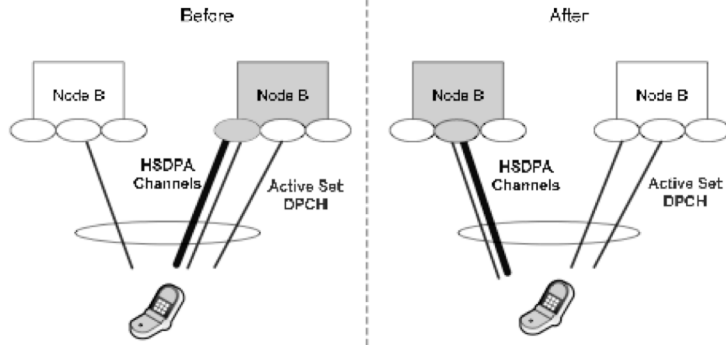
Solución:

Hybrid ARQ



- Combina codificación de canal (Turbo code) con la retransmisión.
- En caso de error, el receptor mantiene almacenada la información recibida y envía un NAK.
- Transmisor envía información nuevamente:
 - Chase Combining: la nueva información enviada es exactamente la misma a la enviada previamente. El receptor combina "suavemente" (soft-combining) la nueva versión de la data con la previa.
 - Incremental Redundancy: la nueva información complementa a la anterior (se trata de un bloque de bits codificado diferente). El receptor anexa la nueva data a la previamente recibida e intenta nuevamente decodificar.

Relevo en HSDPA



- Los canales nuevos de HSDPA no operan en SHO, a diferencia de los canales dedicados de R99 W-CDMA
 - Al menos un DPCH se mantiene activo aunque exista conexión HSDPA
 - Se mantiene el SHO sobre los DPCH
- Cambios del NodeB en servicio para HSDPA se producen al cambiar las condiciones de canal

High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)



- Uplink technique designed to enhance W-CDMA data rate capabilities.
 - Also offers: lower delay and better spectral efficiency (higher capacity), fast scheduling and better QoS support.
 - Typically will operate together with HSDPA (not necessarily).
- Based on the introduction of an Enhanced Dedicated Channel (E-DCH).
- Peak data rates:
 - Theoretical: 5.76 Mbps
 - Practical: between 0.7 and 1.4 Mbps.
- Performance enhancements achieved through:
 - Lower channel coding gain (higher coding rate, up to 1)
 - Lower spreading factor (down to SF=2)
 - Lower Transmission Time Interval (2 ms)
 - NodeB-based HARQ and fast scheduling



Canales nuevos en HSUPA



- E-DPDCH (Enhanced Dedicated Physical Data Channel)
 - Canal de subida que lleva exclusivamente la data del UE y las peticiones de recursos ("grant request")
 - Pueden asignarse hasta cuatro (dos con SF=2 y dos con SF=4)
 - Codificación ajustable y por tanto también la tasa de bits
- E-DPCCH: Enhanced Dedicated Physical Control Channel
 - Canal de subida que lleva información del formato de transmisión así como el número de secuencia del mecanismo HARQ
 - Además incluye un (1) bit llamado "happy" para indicar si la UE está satisfecha con los recursos otorgados por el NodeB.
 - Uno activo por UE en modo HSUPA, con SF=256
- Canales Indicadores de Bajada
 - E-HICH: Enhanced HARQ Indicator Channel. Canal dedicado.
 - E-RGCH: Enhanced Relative Grant Indicator Channel. Dedicado.
 - E-AGCH: Enhanced Absolute Grant Indicator Channel. Común.

The Enhanced DCH (E-DCH)



<i>Feature</i>	<i>DCH</i>	<i>HS-DSCH</i>
Variable Spread Factor	Yes (4-256)	Yes (2-4)
Fast Power Control	Yes	Yes
Data Rate Control	Yes (via L3 signaling)	Yes (via L1 indicators)
Adaptive Modulation	No	No
Adaptive Coding	Yes (rate 1/2 and 1/3 only)	Yes (rate 1/3 to 1)
Fast L1 HARQ	No	Yes
Multi-Code Operation	Yes	Yes
Transmission Time Interval	10 , 20, 40 or 80 mS	2 or 10 ms
Location of MAC	RNC	Node B

The E-DCH (uplink) is an enhanced version of the DCH. However, significant differences apply. The table shows the most relevant of these differences.

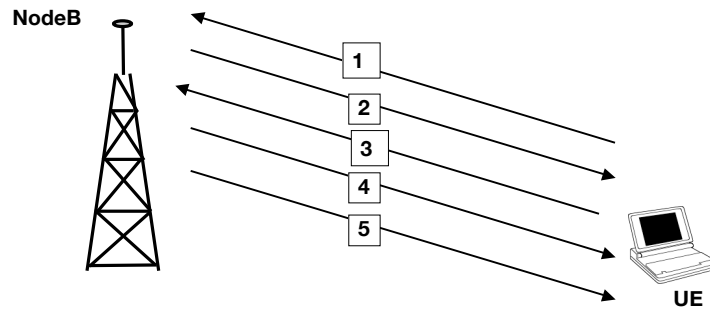
Ejercicio 4.15



- Una conexión HSUPA consiste de dos E-DPDCH: uno de ellos con $SF=2$ y otro con $SF=4$. La tasa de codificación de canal es $1/2$. Encuentre la tasa de bits del usuario.

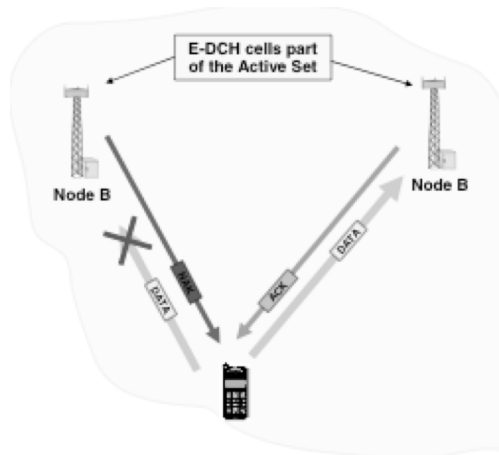
Solución:

Flujo Básico de Información en HSUPA



1. E-DPDCH: Resource request
2. E-AGCH: NodeB allocates a Resource Grant
3. E-DPDCH: user data + E-DPCCH: control information
4. E-HICH: ACK/NAK
5. E-RGCH: NodeB may modify its Resource Grant

Relevo en HSUPA



- Protocolo “stop-and-wait” de N canales
- Cada NodeB en SHO envía un ACK/NAK
- Si uno de ellos es ACK, no hay retransmisiones
- Retransmisiones síncronas a todos los NodeB involucrados