

Normas de acceso de radio de tercera generación

Mats Nilsson

El acceso de radio de segunda generación ha sido una característica que ha tenido mucho éxito en la industria global de las telecomunicaciones, entregando telefonía y servicios de datos de baja tasa de bit a usuarios finales móviles. La tasa de crecimiento de la telefonía móvil de segunda generación indica que la comunicación móvil se encuentra bien en camino hacia la penetración completa en el mercado en masa. Multimedia está penetrando también en el mercado en masa a un ritmo explosivo, gracias al enorme crecimiento de la Internet. El área de suelo ocupada por el dispositivo celular digital y los servicios multimedia de la Internet en combinación forman la base de la comunicación sin hilos integrada y el sistema de acceso multimedia de mañana.

La transición a capacidades de tercera generación debe estar basada en un camino de migración factible que define una forma de integrar multimedia, conmutación por paquetes y acceso de radio de banda ancha a los sistemas dominantes de segunda generación de hoy. Aun cuando las normas que se usan en estos sistemas fueron definidas inicialmente en una base regional, los cuerpos de normalización y los miembros de la industria de las telecomunicaciones se han puesto completamente de acuerdo en un escenario global armonizado para normas de acceso de radio de tercera generación.

El autor describe este escenario global recientemente armonizado, y como el desarrollo de las normas de acceso de radio de tercera generación cumplirán con los requisitos de multimedia y flexibilidad, asignación de espectro, y migración con éxito de sistemas de segunda generación.

Normas de segunda generación

Distintas normas celulares digitales fueron desarrolladas en varios cuerpos de normas regionales durante fines de la década de 1980 y principios de la de 1990. Las normas de la primera

generación habían sido desarrolladas unos diez años antes.

GSM

El desarrollo de la nueva norma celular digital paneuropea comenzó en 1985. GSM ha evolucionado desde entonces a ser la principal norma global de segunda generación, en términos de número de abonados y área de cobertura (Figura 2).

GSM es un sistema de acceso múltiple por división en el tiempo de ocho intervalos (TDMA) con espaciado de portador de 200 kHz. GSM es ISDN (red digital de servicios integrados) móvil en términos de servicio, con apoyo para una amplia variedad de servicios. El apoyo de red inteligente (IN) en el ambiente móvil ha sido definido también para GSM – por ejemplo, el ambiente de hogar virtual – así como muchos servicios de datos avanzados. Y hoy, gracias a los servicios de radio de paquete general (GPRS), se puede integrar también acceso por paquete a GSM.

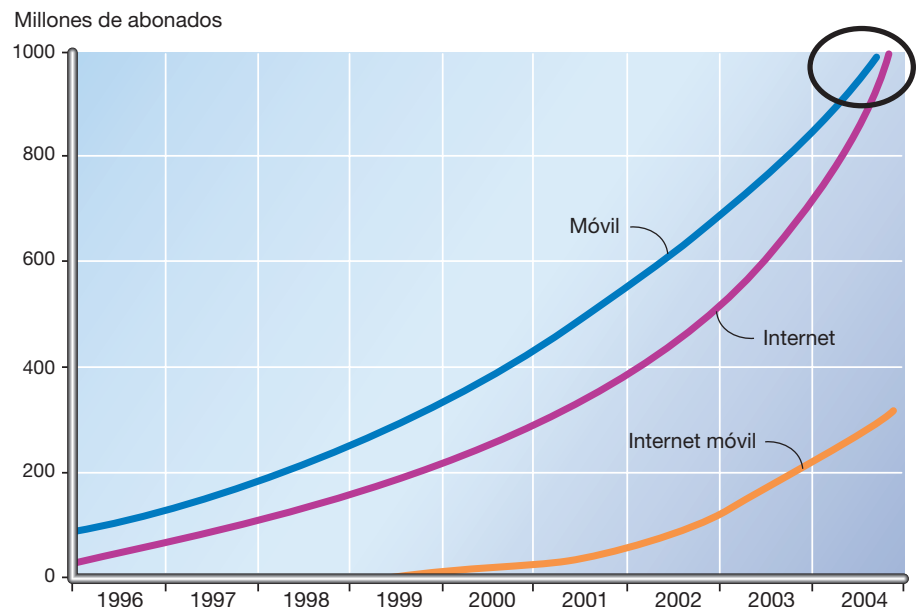
TDMA/136

La especificación TDMA/136, que fue definida en los Estados Unidos en 1988 por la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA), fue desarrollada con el objetivo de traducir a la forma digital el servicio de teléfono móvil analógico (AMPS). La especificación TDMA estipula un espaciado de portador de 30 kHz en una solución TDMA de tres intervalos, para mantener la compatibilidad con AMPS.

PDC

El desarrollo de la especificación celular digital

Figura 1
Crecimiento de telefonía móvil y la Internet



personal (PDC) fue propuesto por la RCR (1990), que más tarde llegó a ser las Industrias de Radio y Difusión (ARIB). Para asegurar compatibilidad con los sistemas analógicos japoneses se mantuvo un espaciado de portador de 25 kHz en una solución TDMA de tres intervalos.

CDMA/IS-95

El acceso multiplex por división de códigos de banda estrecha (CDMA) IS-95 estipula un espaciado de portador de 1.25 MHz para servicios de telefonía. TIA empezó a definir esta especificación en 1991.

Cada una de las normas de segunda generación define esencialmente un sistema de telefonía móvil – o sea un sistema que da servicios de telefonía en modo circuito a usuarios finales móviles. Estos sistemas apoyan servicios suplementarios y algunos servicios de datos de bajas tasas de datos.

Impulsores del desarrollo de tercera generación

De la misma forma que el acceso de radio de segunda generación trajo capacidades de telefonía móvil al mercado en masa, la tercera generación de acceso de radio introducirá valor que se extiende más allá de la telefonía básica. El crecimiento general de la Internet ha creado una base de mercado en masa para multimedia y servicios de información. El desafío es de unir la cobertura de telefonía móvil y la base de usuario asociada con la Internet y otras aplicaciones multimedia. Para hacer frente a este desafío con éxito, el acceso de radio de tercera generación debe dar

- gestión multimedia flexible;
- acceso a Internet;
- servicios flexibles de portador; y
- acceso por paquetes de coste eficaz para servicios de mejor esfuerzo.

La mayor parte de los nuevos servicios multimedia serán ofrecidos por medio de la Internet. Una buena característica del acceso de radio de tercera generación es por esto que da un Internet móvil. Multimedia requiere una flexibilidad considerable – o sea, la capacidad de coste eficaz de apoyar distintos servicios de portador con requisitos muy distintos, tales como distintas tasas de bit (constante o variable), servicio de tiempo real o de mejor esfuerzo, y servicio de conmutación por paquetes o en modo circuito.

El acceso de radio de tercera generación debe dar además cobertura de área completa (igual que el servicio de voz de segunda generación); servicios de tasa de bit de un alto máximo (cobertura de área completa de 384 kbit/s, 2 Mbit/s de cobertura local); y cualquier tipo de mezcla de servicio. Y finalmente, la tercera generación de acceso de radio debe usar el espectro de radio y los recursos de red de una manera de coste eficaz.

CUADRO A, ABREVIATURAS

3GPP/3GPP2	Third-generation (3G) Partnership Project	ISDN	Integrated services digital network
8PSK	Eight-phase shift keying	ITU	International Telecommunication Union
AMPS	Advanced mobile phone service	ITU-R	ITU Radio Communication Sector
ANSI-41		ksps	Kilosymbols per second
ARIB	Association of Radio Industries and Broadcasting	MC	Multicarrier
BSS	Base station subsystem	Mcps	Megachips per second
CC	Call control	MM	Mobility management
CDMA	Code-division multiple access	OHG	Operators Harmonization Group
cdma2000		PCS	Personal communication services
CDMA/IS-95	Digital cellular standard IS-95	PDC	Personal digital communication
CN	Core network	RACE	R&D in advanced communications technologies in Europe
CODIT	Code-division testbed (RACE II mobile project R2020)	RCR	Research & Development Center for Radio Systems (Japan)
DECT	Digital enhanced cordless telecommunications	RLC	Radio link control
DS	Direct sequence	RNC	Radio networkcontroller
ECSD	Enhanced circuit-switched data	SIR	Signal-to-interference ratio
EDGE	Enhanced data rates for GSM and TDMA/136 evolution	TDD	Time-division duplex
EGPRS	Enhanced GPRS	TDMA	Time-division multiple access
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	TDMA/136	Digital cellular standard IS-136
FDD	Frequency-division duplex	TD-SCDMA	Time-division synchronous CDMA
FMA2	FRAMES Multiple Access 2	TFCI	Transport format combination indicator
GMSK	Gaussian minimum-shift keying	TIA	Telecommunications Industry Association
GPRS	General packet radio services	TPC	Transmit power control
GPS	Global positioning system	UMTS	Universal mobile telecommunications system
GSM	Global system for mobile communication	UTRA	UMTS terrestrial radio access
HCS	Hierarchical cell structure	UTRAN	UTRA network
IMT-2000	International mobile telecommunication	UWCC	Universal Wireless Communications Consortium
IN	Intelligent network	VoIP	Voice-over-IP
IP	Internet protocol	WBTD	Wideband Test Bed
		WCDMA	Wideband CDMA

CUADRO B. NORMAS DIGITALES CELULARES, FIN DE JUNIO 1999

Norma	Abonados	Países/Red en aire	Crecimiento mensual (aproximado)
GSM	183.3 millones	120/284	7.6 millones
PDC	42.3 millones	1/30 (Japón)	0.6 millones
TDMA	24.3 millones	34/104	1.4 millones
CDMA	31.5 millones	12/31	1.5 millones

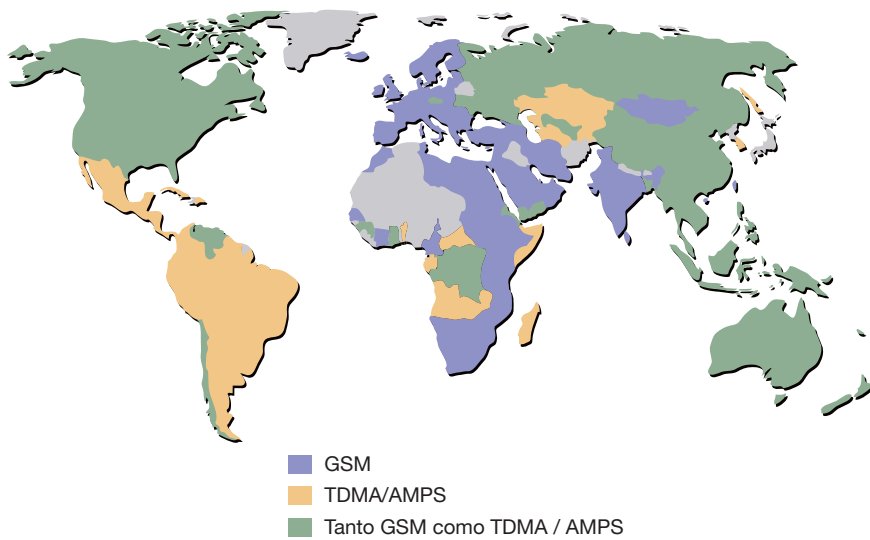


Figura 2
Ejemplos de cobertura de radio móvil de segunda generación.

Migración

Las normas de tercera generación deben facilitar la migración eficaz de acceso de radio de segunda generación para tener éxito. La introducción de multimedia a la comunicación móvil se llevará a cabo de forma gradual al pasar el tiempo. Así se debe atender a un plan de migración paso a paso que comienza con el estado de los sistemas de segunda generación de hoy.

Dado que hay cuatro normas separadas de se-

gunda generación (GSM, TDMA, PDC, e IS-95), se deben ofrecer distintos caminos de migración.

Asignación de espectro

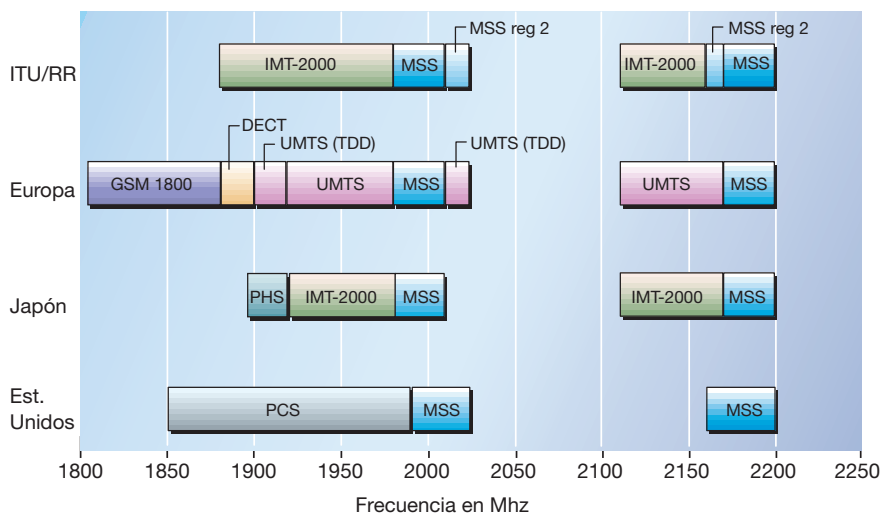
El espectro es asignado de forma distinta en distintas partes del mundo. La disponibilidad de espectro varía además mucho de operador a operador. En muchas regiones del mundo se debe asignar nuevo espectro dentro de partes de la banda de frecuencias IMT-2000 de 2GHz como se define por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Europa asignará 1920 – 1980 MHz y 2110 – 2170 MHz para la operación de duplex de división de frecuencia (FDD), y 1900 – 1920 MHz y 2010 – 2025 MHz para la operación de duplex con división en el tiempo (TDD), según la recomendación de ITU. En Japón se ha hecho una asignación idéntica para la operación de FDD, pero no se ha hecho ninguna asignación para la operación de TDD. La asignación de espectro en los Estados Unidos es distinta a la de Europa y Japón (Figura 3), ya que partes de la frecuencia de 2 GHz ya han sido asignadas para uso por servicios de comunicación personal (PCS).

Aun cuando se ha reservado espectro en ciertas partes del mundo para servicios IMT-2000, no significa esto que no se pueden dar servicios similares en otras bandas. Por ejemplo, EDGE (que es un camino de migración para GSM y TDMA/136) y el portador múltiple cdma2000 (que es un camino de migración para IS-95) apoya la mayoría de los servicios IMT-2000. Por consiguiente podemos esperar ver los siguientes desarrollos en el mercado:

- a los operadores se les asignará nuevo espectro, o bandas pareadas (FDD) o no pareadas (TDD); y
- los operadores migrarán el espectro existente de segunda generación, añadiendo apoyo para servicios de tercera generación.

En resumen, las normas de tercera generación deben atender de forma eficaz a los requisitos de multimedia y flexibilidad, de migración de segunda generación a tercera generación, y asignación de espectro.

Figura 3
Asignación de espectro.



Familia de normas armonizadas de tercera generación

Durante toda la década pasada el Sector de Comunicaciones de Radio (ITU-R) de ITU ha elaborado en un marco para normas globales de tercera generación. Al mismo tiempo, y desde principios de la década de 1990, la industria ha estado investigando activamente el acceso de radio de tercera generación.

Cuando la ITU-R hizo una llamada para propuestas en 1998, se presentaron diez candidatos terrestres. Varios de los candidatos eran bastan-

te similares, aun cuando derivados de distintos cuerpos de normas.

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) respondió con el interfaz de acceso de radio terrestre UMTS (UTRA) (para IMT-2000).

En paralelo con las actividades de banda ancha CDMA (WCDMA) en Europa, se estaba realizando un extenso trabajo de WCDMA de tercera generación en Japón, Corea, y los Estados Unidos. Los cuerpos de normalización presentaron cada uno sus propias variantes de WCDMA como candidatos para IMT-2000. Se debe tomar nota, sin embargo, de que se llevó a cabo mucha cooperación y coordinación entre los proponentes de WCDMA, por lo que al final fueron más o menos idénticas las cuatro variantes de WCDMA. Hoy hay sólo una norma WCDMA, ya que los cuerpos regionales de normalización – ETSI (Europa), TIPI (Estados Unidos), ARIB/TTC (Japón) y TTA (Corea) han juntado sus fuerzas en el Proyecto de Asociación 3G (3GPP).

La ITU recibió también otras propuestas CDMA:

- la especificación cdma2000 propuesta por los cuerpos de normalización en los Estados Unidos y Corea (las propuestas cdma2000 contenían dos modos: un modo de dispersión directa por toda la banda de 5 MHz, y un modo de portador múltiple con tres portadores IS-95 en un formato de portador múltiple en el enlace descendente); y
- la especificación UWC-136 (EDGE y un modo de banda ancha TDMA) propuesta por TTA (Estados Unidos).

La ITU recibió en total tres familias de propuestas PDD (WCDMA, cdma2000, y UWC-136) y tres propuestas TDD (UTRA/TDD, TDD – SCDMA, y DECT – Europa, China, y Europa, respectivamente).

Después de haber presentado estas propuestas a la ITU, la industria y los cuerpos de normas han coordinado sus esfuerzos para armonizar los candidatos IMT-2000 y llegar a un juego más pequeño de normas de tercera generación.

La actividad de armonización más reciente fue iniciada por el Grupo de Armonización de Operadores (OHG), un grupo de operadores principales de todas partes del mundo que operan distintas variantes de sistemas de segunda generación (GSM, PDC, IS-136 e IS-95). El foco de las discusiones de este grupo ha estado en los sistemas de tercera generación basados en CDMA: UTRA FDD y TDD, cdma2000 (dispersión directa y portador múltiple) y TD – SCDMA. La OHG fijó el marco en su primera reunión para las normas de tercera generación:

1. Deben haber tres modos de interfaces de radio basados en CDMA:
 - CDMA de dispersión directa (DS);
 - portador múltiple CDMA (MC); y
 - duplex de división en el tiempo (TDD).

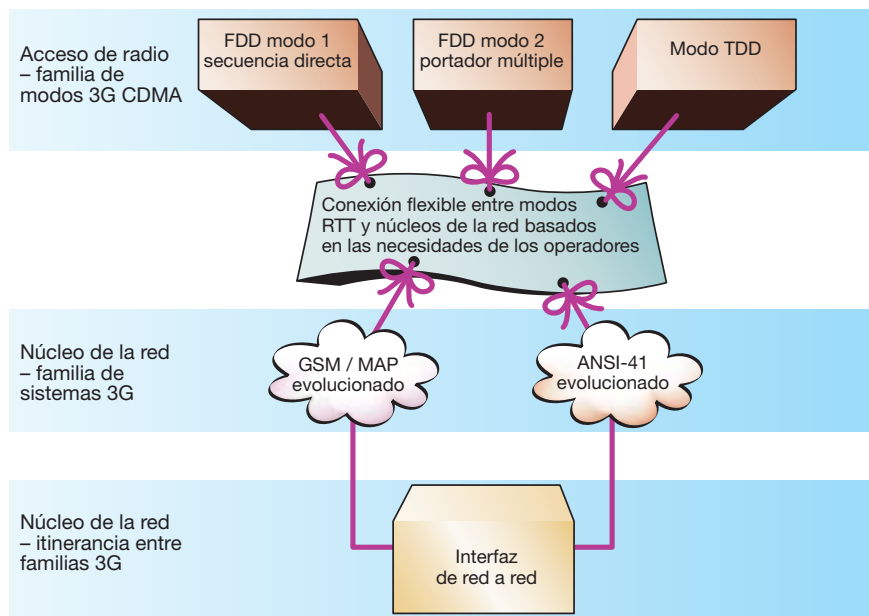


Figura 4 Marco OHG de la actividad de armonización de tercera generación para distintos modos CDMA.

2. Deben haber dos tipos de núcleo de la red:
 - Núcleos de la red basados en GSM, inclusive GSM en modo circuito y GPRS de conmutación por paquetes; y
 - Núcleos de la red basados en ANSI-41, inclusive redes en modo circuito y de conmutación por paquetes.
3. Todos los modos de red de acceso de radio deben poder conectar a cualquiera de los tipos de núcleo de la red (Figura 4).

En la primavera de 1999, invitó la OHG a los principales fabricantes en la industria de las telecomunicaciones a participar en el debate, y en mayo de 1999 llegó la OHG y los fabricantes participantes a la conclusión de la discusión de armonización en una reunión en Toronto, Canadá, conveniendo en los siguientes sistemas de tercera generación basados en CDMA.

- El modo de dispersión directa CDMA debe estar basado en WCDMA (tal como se especifica en 3GPP), con algunas modificaciones de poca importancia en las especificaciones existentes (especificadas también por la 3GPP).
- La norma WCDMA debe incluir ganchos que hacen posible conectar WCDMA con redes basadas en ANSI-41.
- El modo de portador múltiple debe estar ba-

sado en el modo de portador múltiple cdma2000 (especificado por 3GPP2).

- Las especificaciones de portador múltiple cdma2000 deben incluir también ganchos que hacen posible conectar portadores múltiples cdma2000 a redes basadas en GSM.
- El modo TDD debe estar basado en el modo UTRA TDD – actualmente se está llevando a cabo trabajo para armonizar el modo UTRA TDD con el sistema chino TD-SCDMA.
- Las especificaciones TDD deben permitir conexiones a redes basadas en GSM y ANSI-41.

En resumen, las actividades de armonización resultaron en sólo una norma CDMA de tercera generación con tres modos: un modo de secuencia directa basado en WCDMA, un modo de portador múltiple basado en cdma2000, y un modo TDD basado en UTRA TDD, más una norma TDMA de tercera generación que se está desarrollando para EDGE/UWC-136. Los proyectos de normalización 3GPP y 3GPP2 están elaborando actualmente los detalles finales de los distintos modos CDMA de tercera generación, con la intención de entregar las primeras especificaciones completas hacia fines de 1999.

Familia armonizada de cuatro

La familia de normas de acceso de radio debe atender a cada espectro y escenario de migración para que los operadores puedan dar servicios de tercera generación. La principal tarea de armonizar los sistemas de acceso de radio de tercera generación para alcanzar este objetivo ha sido de reducir a un mínimo el número de técnicas distintas de interfaz de aire.

Siguiendo las propuestas tempranas de Ericsson, la industria y los procesos de normalización globales han establecido ahora un escenario de acceso de radio de tercera generación, que noso-

tros denominamos la familia armonizada de cuatro.

En breve, los criterios de espectro y migración dan cuatro categorías principales de requisitos incompatibles para normas de acceso de radio.

1. Espectro nuevo, o modificado, en bandas duplex pareadas para áreas que cubren servicios móviles de tercera generación. Esta categoría requiere una técnica de acceso de radio nueva y flexible que ha sido perfeccionada lo más posible para multimedia y que puede utilizar de forma más eficaz bandas de espectro nuevas o modificadas (por lo menos 2 · 5 MHz, preferiblemente 2 · 15-20 MHz por operador). La técnica más apropiada para ésto es la solución armonizada WCDMA que se está desarrollando por la 3GPP.
2. Espectro no pareado nuevo, o modificado. TDD es la única opción factible para bandas no pareadas.
3. Solución de migración de espectro TDMA. EDGE, que fue definido para apoyar la migración de bandas TDMA (ó GSM ó TDMA/136) hacia la comunicación móvil de tercera generación introduce modulación de alto nivel y técnicas de adaptación de enlace que estimulan de modo significativo las capacidades de tasa de bit de TDMA usando las mismas frecuencias. EDGE, en combinación con agregación de segmento de tiempo y conmutación por paquetes, llega a ser una herramienta especialmente eficaz para la migración de acceso de radio de tercera generación a los sistemas TDMA (GSM ó TDMA/136).
4. Solución de migración de espectro CDMA/IS-95. Para introducir servicios de banda ancha al espectro IS-95 existente, una solución de superposición de espectro utiliza o un portador de 1.25 MHz (1X) o tres portadores de 1.25 MHz (3X) para el enlace descendente. Esta estrategia de superposición de espectro

CUADRO C, NORMA GLOBAL DE TERCERA GENERACION CON CUATRO MODOS OPCIONALES

CDMA de banda ancha Secuencia directa

- WCDMA según 3GPP
- Nuevo espectro
- FDD
- Tasa de chip 3.84 Mcps
- Asíncrono (apoya operación síncrona)
- Señalización de red
– fase 1 GSM / MAP
– fase 2 ANSI-41

Portador múltiple

- cdma2000 según 3GPP2
- Superposición de espectro IS-95
- FDD
- Tasa de chip 3.6864 Mcps
- Síncrono
- Señalización de red
– fase 1 ANSI-41
– fase 2 GSM / MAP

TDD

- Según 3GPP, armonizado con TD-SCDMA chino
- Operación de espectro no pareado (TDD)
- Tasa de chip 3.84 Mcps
- Señalización de red
– fase 1 GSM / MAP
– fase 2 ANSI-41

TDMA EDGE / UWC-136

- Según ETSI / UWC
- Espectro existente TDMA 200 kHz
- modulación de alto nivel
- con adaptación de enlace
- Señalización de red
– Basado en GPRS para tanto GSM / MAP como ANSI-41

permite que puedan coexistir servicios de segunda generación y de tercera generación en las mismas frecuencias.

Secuencia directa

WCDMA ha sido elegida como la tecnología básica de acceso de radio para UMTS/IMT-2000 en todas las áreas principales del mundo. Aparte de servicios de alta tasa de bit, el interfaz de radio WCDMA ofrece mejoramientos importantes sobre CDMA de banda estrecha de segunda generación, inclusive

- mejor cobertura y capacidad, gracias a mayor ancho de banda y mejor detección coherente de enlace ascendente;
- apoyo para traspaso entre frecuencias, lo que es necesario para estructuras de célula jerárquica de gran capacidad (HCS);
- apoyo para tecnologías de refuerzo de capacidad, tales como antenas adaptivas y detección de usuario múltiple; y
- un protocolo rápido y eficaz de acceso por paquetes. UTRA incluye los modos FDD y TDD. El modo FDD está basado en WCDMA puro, mientras que el modo TDD incluye un componente adicional TDMA según la propuesta TDC/CDMA. Este artículo enfoca en el modo puro FDD basado en WCDMA (UTRA/FDD).

Principios básicos de WCDMA

Se han realizado extensas investigaciones sobre WCDMA en Europa desde hace casi una década. Un concepto WCDMA que cumplió con los requisitos de tercera generación fue desarrollado por primera vez en el proyecto RACE de Bancada de Pruebas de División de Códigos (CODIT) (1992 – 1995). El concepto CODIT sirvió también de base para las bancadas de pruebas de hardware que fueron usadas para evaluar y verificar el comportamiento de la tecnología WCDMA. Un ejemplo de hardware hecho según el concepto CODIT es la Bancada de Pruebas de Banda Ancha de Ericsson (WBTB).

La tecnología WCDMA fue refinada aún más al concepto FRAMES de Acceso Múltiple 2 (FMA2) desarrollado dentro del proyecto FRAMES. En marzo de 1997 se presentó el concepto FMA2 a ETSI como una tecnología candidata para UTRA. Dentro de ETSI se unió después la propuesta FMA2 con otras propuestas WCDMA al concepto ETSI Alpha. ETSI eligió por último el concepto Alpha basado en WCDMA como la tecnología principal para UTRA FDD.

El trabajo de más refuerzos y refinaciones de ULTRA continuó dentro de ETSI. El objetivo de este trabajo era de tener una descripción completa del interfaz de radio redactada para fines de 1998. Desde principios de 1999 ha conti-

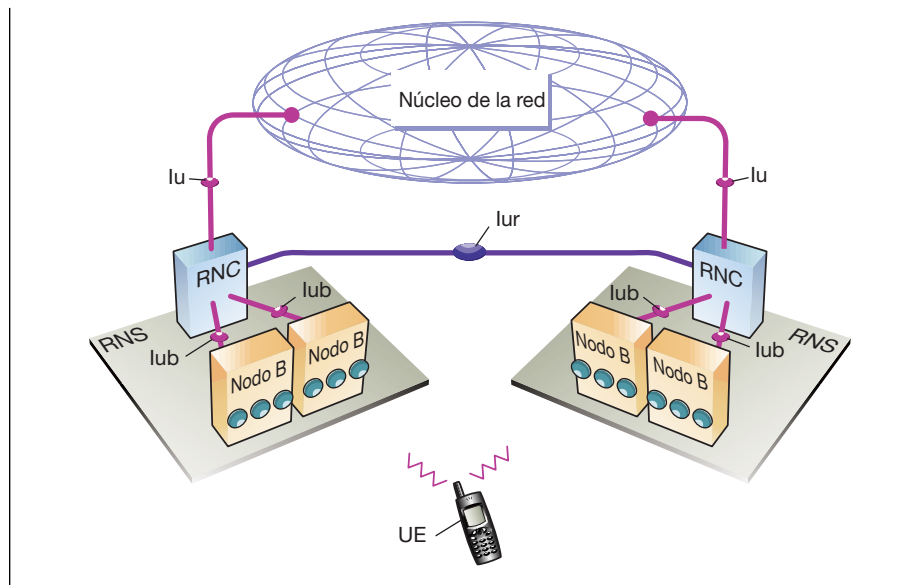


Figura 5
Red de acceso de radio terrestre UMTS (UTRAN).

nuado la normalización de WCDMA dentro de 3GPP, cuya tarea es de especificar un sistema de tercera generación con la red de acceso de radio UTRA conectada a un núcleo de la red basado en GSM.

Descripción de WCDMA

Un examen detallado de las partes de radio de WCDMA muestra que se deben normalizar varios interfaces y divisiones funcionales (Figura 5). Una comparación de la arquitectura WCDMA con la de GSM muestra que la red UTRA (UTRAN) corresponde al subsistema de estaciones base (BSS). El interfaz Iu entre UTRAN y el núcleo de la red corresponde del mismo modo al interfaz A en GSM (interfaz Gb en GPRS). El interfaz Iub corresponde al interfaz A". El interfaz Iur entre los controladores de red de radio, que apoya la funcionalidad de traspaso condicionado, es nuevo. Y finalmente tenemos el interfaz de aire entre la estación base y el terminal (nodos B y UE en la Figura 5).

Los diseñadores pueden formar un sistema cuyas características cumplen con los requisitos de tercera generación, siguiendo de la premisa de que un interfaz de radio debe basarse en WCDMA de secuencia directa. Las características claves puestas de relieve en WCDMA son comportamiento mejorado, un alto grado de flexibilidad de servicio, y un alto grado de flexibilidad de operador. Con comportamiento mejorado queremos decir capacidad mejorada, cobertura mejorada, y servicios de tercera genera-

Enlace descendente – Control y datos multiplexados en el tiempo

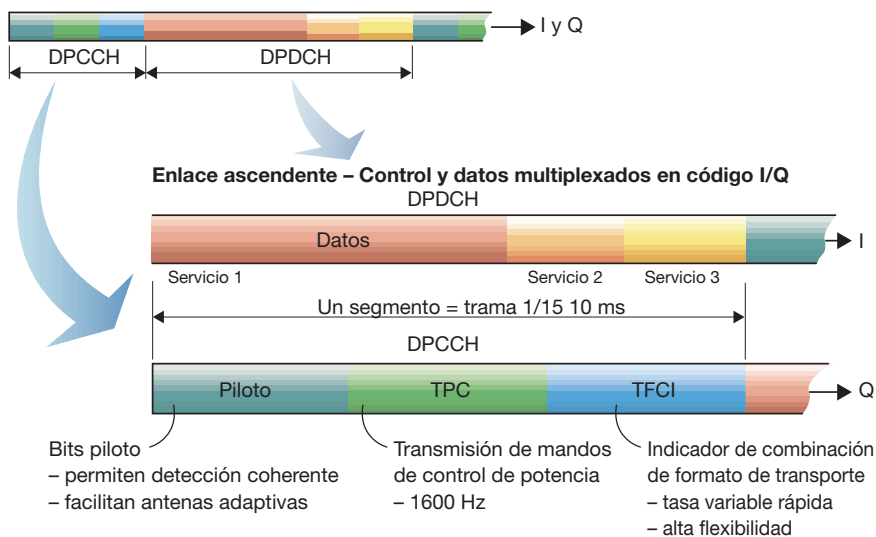


Figura 6 Estructura de capa física WCDMA.

ción de instalaciones de segunda generación. Con flexibilidad de servicio queremos decir apoyo de una amplia gama de servicios con tasas máximas de bit que sobrepasan 2 Mbit/s, la capacidad de dar servicios múltiples en una conexión, y un modelo rápido y eficaz de acceso por paquetes. Y con flexibilidad de operador queremos decir apoyo para operación asíncrona entre estaciones base (lo que resulta en una instalación más fácil en muchos ambientes), apoyo eficaz para distintos escenarios de instalación, inclusive estructuras de célula jerárquicas en puntos problemáticos, y apoyo para tecnologías evolucionarias, tales como arrays adaptivos de las antenas y detección de usuario múltiple.

Como se destacó arriba, la norma WCDMA debe contener los ganchos necesarios para refuerzos futuros de comportamiento, tales como la introducción de soluciones de antenas inteligentes. Esto es apoyado por información piloto específica al usuario, que es usada para haz de antena directa al usuario final (Figura 6).

Para facilitar la estimación de canal en el terminal, usa cada conexión un modelo de antena distinto, que es parte del canal. Otros detalles importantes en la capa física son los mandos de control de transmisión de potencia (TPC), y el

indicador de combinación de formato de transporte (TFCI). Nota: Aun cuando no es necesario para el enlace ascendente, se incluye el TPC tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente, ya que mejora el comportamiento del enlace descendente. El TFCI facilita el apoyo para tasa variable rápida, dando mejor flexibilidad.

Otra característica importante es el apoyo de estructuras de célula jerárquicas (Figura 7). Las dos capas de células operan en dos frecuencias separadas en un escenario HCS. En CDMA suele ser continua la transmisión y la recepción sin tiempo para mediciones entre frecuencias. Esto implica que no se da apoyo de medición para decisiones de traspaso. Para sobrepasar este problema se ha introducido una característica de modo comprimido. Por medio de esta técnica se comprimen los datos – básicamente duplicando la potencia y reduciendo el factor de dispersión con la mitad – lo que crea una separación libre en tiempo para hacer mediciones.

Ganchos y extensiones

Las especificaciones iniciales de WCDMA de la 3GPP (antes del acuerdo OHG) exigió una información piloto multiplexador de tiempo un sistema CDMA con una tasa de chip de 4.096 Mcps para todos los canales físicos. El acuerdo OHG estipula sin embargo que el modo DS (WCDMA) debe tener una tasa de chip de 3.84 Mcps, para permitir una implementación más fácil de terminales bisistema DS y MC. El argumento es que si la tasa de chip de los dos modos tiene una diferencia de menos de 5 %, que entonces será más fácil de usar la misma cadena de frecuencia de radio en ambos modos.

La OHG estipula también que el modo DS debe tener un piloto común multiplexador de código. Para las células que no tienen antenas inteligentes o que no usan sistemas sofisticados de transmisión de diversidad, se dice que el piloto común multiplexador de código sobrepasa el rendimiento del piloto común multiplexador de tiempo.

Estas modificaciones (tasa de chip y piloto común) han sido incorporadas a las propuestas más recientes de las especificaciones 3GPP.

Como se ha mencionado anteriormente, debe ser posible conectar el interfaz de radio WCDMA a una red ANSI-41. La Figura 8 muestra como se lleva a cabo esto de conformidad con el acuerdo OHG.

La conexión de WCDMA a una red GSM ó a una red ANSI-41 debe usar los protocolos de radio definidos en 3GPP. Hasta ahora, sin embargo ha definido 3GPP sólo una conexión de núcleo de la red WCDMA a GSM. Por consiguiente se pueden necesitar algunos ganchos (modificaciones de) y extensiones (adiciones) a los protocolos de radio WCDMA para garantizar que todos los servicios y la funcionalidad en una red ANSI-41 pueden ser usados junto con

el interfaz de radio WCDMA. Estos ganchos y extensiones han sido identificados, y el trabajo de especificarlos está bien en marcha en 3GPP y 3GPP2 (la terminación se espera en marzo del 2000). Los ganchos a protocolos WCDMA deben ser incorporados en la propuesta 1999 de las especificaciones WCDMA; las extensiones pueden añadirse a propuestas posteriores. El control de llamadas (CC) y la gestión de movilidad (MM) se toman de GSM al conectar a una red GSM, y de IS-634 al conectar con una red ANSI-41.

EDGE

Dos de las normas principales de segunda generación, GSM y TDMA/136, han formado las bases de las cuales ofrecemos un acceso de radio global común para servicios de datos. Al explotar una capa física común (EDGE), sigue cada norma el mismo camino de migración hacia dar servicios de tercera generación.

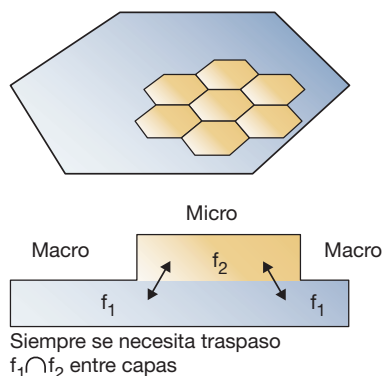
EDGE es actualmente objeto de normalización, la primera fase de la cual estará terminada hacia fines de 1999, seguida por una segunda fase en el año 2000. EDGE da tasas de bit y eficacia espectral mucho más altas al comparar con los servicios de datos disponibles actualmente de GSM y TDMA/136.

EDGE fue propuesto por primera vez a ETSI a principios de 1997, como un medio de evolucionar GSM. EDGE reutiliza el ancho de banda y la estructura de segmento de tiempo de GSM y da una manera eficaz de aumentar las tasas de bit, facilitando así la evolución de sistemas celulares existentes hacia capacidades de tercera generación.

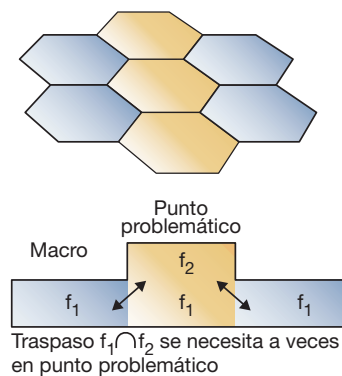
Al desarrollar su tecnología sin hilos de tercera generación, optó la comunidad TDMA/136 por basar su propuesta en la evolución de sistemas de segunda generación. El Consorcio Universal de Comunicaciones Sin Hilos (UWCC) adoptó en enero de 1998 a EDGE como el componente exterior del interfaz de radio de Alta Velocidad 136 para dar servicios de datos de 384 kbit/s. Los argumentos en favor de este enfoque son que la tecnología se aplica tanto a los sistemas GSM como TDMA/136 y que prepara el camino para itinerancia global. EDGE ha sido desarrollada desde entonces al mismo tiempo por ETSI y la UWCC para garantizar un alto grado de sinergia para GSM y TDMA/136 de la misma forma.

El mapa del camino de la normalización de EDGE muestra dos fases. Inicialmente se hará hincapié en GPRS (EGPRS) reforzado y datos en modo circuito reforzados (ECSD). ETSI tiene el objetivo de permitir la publicación de normas para estas tecnologías en 1999. Poco después aparecerán productos. La segunda fase de la normalización, que según los planes será publicada en el año 2000, definirá los mejoramientos para multimedia y servicios de tiempo real. Otros ob-

Escenario HCS



Escenario de punto problemático



- Se necesitan mediciones entre frecuencias en ambos escenarios
- También se necesitan mediciones entre frecuencias para sistemas 2G
- UTRA / FDD tiene un modo segmentado para mediciones entre frecuencias

Figura 7 Apoyo para HCS (traspaso entre frecuencias).

jetivos van a incluir la alineación de servicios con el sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) y la evolución hacia una red de acceso de radio que es independiente del núcleo de la red (CN) y que permitirá a EDGE y UMTS de compartir un núcleo de la red común.

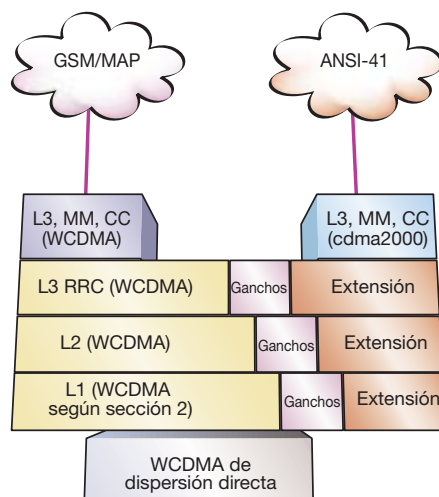


Figura 8. Conexión de WCDMA a redes GSM y ANSI-41. Las palabras "Ganchos" y "Extensiones" indican modificaciones y adiciones, respectivamente.

Figura 9
Distribución típica de calidad de canal (izquierda) y, dado un terminal de ocho segmentos (derecha), calidad de usuario percibida en términos de tasa de bit para EDGE y GPRS standard.

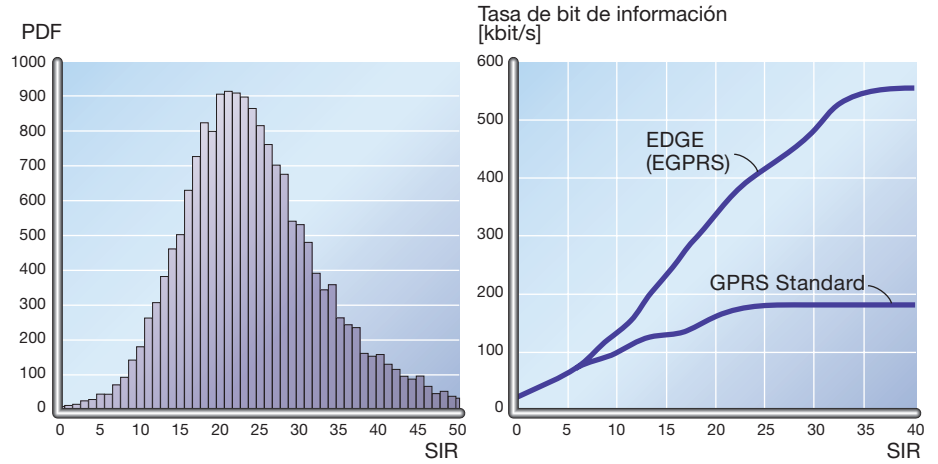
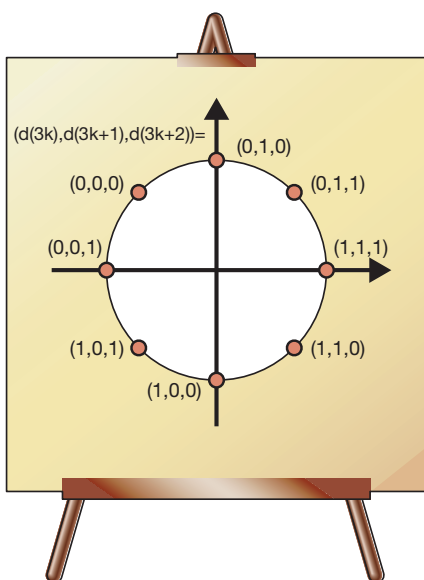


Figura 10
Constelación de señal de modulación 8PSK en el plano de fase.



EDGE fase I

EDGE fase I trata principalmente con el mejoramiento del interfaz de radio. Sin embargo, en un contexto más general, puede ser considerado también como un concepto de sistema que permite que las redes de acceso de radio GSM y TDMA/136 ofrezcan un juego de nuevos portadores de acceso de radio a sus núcleos de la red.

Una característica fundamental de los sistemas celulares es que, en términos de relación de señal a interferencia (SIR), distintos usuarios finales tienden a experimentar una calidad de canal distinta debido a diferencias en distancia a la estación base, desvanecimiento e interferencia. La Figura 9 (izquierda) muestra una distribución típica de calidad de canal en un sistema. Se debe tomar nota de que una gran parte de la población experimenta un SIR excesivo; o sea, una excelente calidad de canal de la cual no pueden obtener beneficios usando servicio tradicional, tal como voz. Así vemos que hay lugar para mejorar la eficacia espectral.

Parámetros básicos del interfaz de radio

El interfaz de aire EDGE está destinado a facilitar tasas de bit más altas que las que se pueden alcanzar actualmente en los sistemas celulares de hoy. Para aumentar la tasa de bit total se introduce modulación lineal de alto nivel. El sistema de modulación de manipulación por desplazamiento de ocho fases fue elegido por sus altas tasas de datos, alta eficacia espectral e implementación moderadamente compleja (Figura 10).

La modulación de manipulación por desplazamiento mínimo Gaussiana (GMSK) definida en GSM es también parte del concepto de sistema EDGE. La tasa de símbolos de cada modulación es de 271 kpsps, lo que da una tasa de bit total por segmento de tiempo (inclusive dos señalizaciones por robo de bit por ráfaga) de 22.8 kbit/s para GMSK y 69.2 kbit/s para 8PSK. La forma del impulso 8PSK es GMSK linealizada, lo que significa que 8PSK encaja en la máscara de espectro GSM.

Muchos parámetros de capa física EDGE son idénticos a los de GSM. El espaciamiento de portador es de 200 kHz, y la estructura de trama TDMA de GSM no está cambiada. El formato de ráfaga 8PSK es además similar: una ráfaga incluye una secuencia de entrenamiento de 26 símbolos en el medio, 3 símbolos de cola en cada extremo y 8.25 símbolos de guardia en un extremo. Cada ráfaga lleva 2.58 símbolos de datos, cada uno de los cuales está compuesto de tres bit (Figura 11).

Diseño de protocolo de radio

La estrategia de protocolo de radio EDGE reutiliza los protocolos de GSM y GPRS. Esto reduce al mínimo la necesidad de implementar nuevos protocolos. Sin embargo, y debido a las tasas de bit más altas, se han modificado algunos protocolos para mejorar el comportamiento lo más posible. El concepto EDGE incluye un modo de conmutación por paquetes (EGPRS) y un modo circuito (ECSD).

Transmisión de conmutación por paquetes – EGPRS

La norma actual GSM/GPRS apoya tasas de datos de 11.2 a 22.8 kbit/s por segmento de tiempo. EGPRS, por contraste, permitirá tasas de datos de 11.2 a 59.2 kbit/s por segmento de tiempo, lo que en una configuración de segmentos múltiples da una tasa de datos de bien por encima de 384 kbit/s.

Debido a la tasa de bit más alta y la necesidad de adaptar la protección de datos a calidad de canal, está algo cambiado el control de enlace de radio EDGE (RLC) del protocolo correspondiente GPRS. Los cambios principales implicaron un mejoramiento del sistema de control de calidad de enlace. El control de calidad de enlace es, como se ha mencionado arriba, un término común para técnicas que adaptan la robustez del enlace de radio a calidad de canal variable. Ejemplos de técnicas de control de calidad son adaptación de enlace y redundancia incremental.

Un sistema de adaptación de enlace estima con regularidad la calidad de enlace y elige la modulación y el sistema de modulación más apropiados para transmisiones próximas, para llevar al máximo la tasa de bit de usuario. La redundancia incremental es otra manera de hacer frente a variaciones en la calidad del enlace. Según este sistema se envía información inicialmente con muy poca codificación, lo que si la descodificación tiene éxito inmediato, da una alta tasa de bit. Si falla la descodificación se envían bits codificados adicionales (redundancia) hasta que la descodificación tenga éxito. Más codificación significa una tasa de bit más baja y un mayor retardo.

EGPRS apoya un sistema combinado de adaptación de enlace y de redundancia incremental, en el que la tasa inicial de código para redundancia incremental está basada en mediciones de calidad de enlace. Los beneficios de este enfoque son robustez y alto caudal de proceso y transferencia de la operación de redundancia incremental en combinación con retardos más cortos y requisitos de memoria reducidos.

Transmisión en modo circuito – ECSD

La norma actual GSM apoya portadores de acceso de radio transparentes y no transparentes. Se han definido ocho portadores transparentes, ofreciendo tasas de bit constantes en la gama de 9.6 a 64 kbit/s.

Un portador no transparente emplea un protocolo de enlace de radio para asegurar una entrega de datos casi sin errores. Ocho portadores ofrecen tasas máximas de bit de usuario que van de 4.8 a 57.6 kbit/s. La tasa de bit de usuario actual puede variar según la calidad del canal y la tasa resultante de retransmisión.

La introducción de EDGE no afecta las definiciones de portador; o sea que las tasas de bit permanecen sin cambios. Sin embargo, la ma-

nera en que se realizan los portadores, en términos de sistemas de codificación de canal, es nueva. Por ejemplo, con EDGE se puede realizar un portador no transparente de 57.6 kbit/s con dos segmentos de tiempo, mientras que el mismo portador requiere cuatro segmentos de tiempo con GSM standard (usando el sistema de codificación TCH/F14,4). Así la transmisión EDGE en modo circuito da portadores de tasa de bit más alta usando menos segmentos de tiempo.

EDGE fase II

El foco principal de EDGE fase II se encontrará en servicios de tiempo real entregados por medio del protocolo Internet (IP); por ejemplo, voz por IP (VoIP). La introducción de estos servicios tendrá un impacto en el acceso de radio, la arquitectura del sistema, y el núcleo de la red. Así evolucionará una red de núcleo único para el acceso de radio UTRA y EDGE.

Portador múltiple

La especificación cdma2000 contenía originalmente las variantes 1X, 3X y dispersión directa. Después de que se haya terminado el trabajo de armonización, se basará el portador múltiple global de dispersión directa en WCDMA, poniendo así un fin al trabajo en cdma2000 DS. Esencialmente se especifican 1X y 3X de manera tal que es posible añadir una solución de superposición de espectro.

Para usar la superposición de espectro en servicios actuales IS-95, debe reutilizar la solución muchas de las capas bajas de IS-95. La señal de portador múltiple (1X, 3X) debe mantener también la ortogonalidad a los portadores IS-95 en el enlace descendente. Se usa un portador de 1.25 MHz para 1X. Sin embargo se han reforzado varios aspectos de 1X para que sean más apropiados a los servicios de tercera generación.

El uso de 3X triplica las capacidades de ancho de banda de alcanzar las tasas de bit más altas que se proyectan para el acceso de radio de tercera generación.

Esto se lleva a cabo con multidifusión de la señal de banda ancha en tres portadores de 1.25 MHz en el enlace descendente. Para evitar una complejidad de terminal innecesaria asociada con la transmisión de estos portadores, se usa también dispersión directa para el enlace ascendente 3X (Figura 12).

En contraste con el modo de dispersión directa, el modo de portador múltiple no usa un portador CDMA de banda ancha en el enlace descendente. Los datos se convierten en vez de serial a paralelo y se transmiten en varios portadores paralelos de banda estrecha CDMA, cada uno de los cuales tiene las mismas características que un portador IS-95 de segunda generación.

La transmisión de enlace descendente de por-

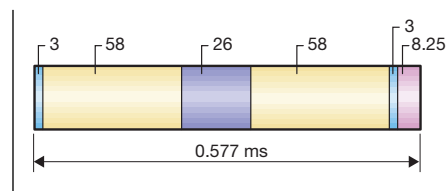


Figura 11
El formato de ráfaga para EDGE es similar al de GSM. Este incluye una secuencia de entrenamiento de 26 símbolos en el medio, 3 símbolos de cola en cada extremo, y 8,25 símbolos de guardia en un extremo. Cada ráfaga lleva 2 . 58 símbolos de datos.

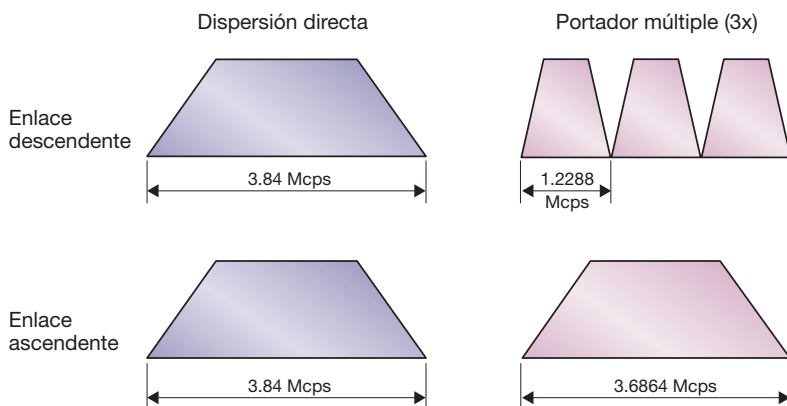


Figura 12
Superposición en espectro.

tador múltiple facilita la superposición de un sistema de tercera generación encima de un sistema de segunda generación IS-95. Aun cuando sea un poco menos eficaz que el modo de dispersión directa, el modo de portador múltiple a los operadores de IS-95 con espectro limitado de ofrecer servicios de tercera generación (operadores que no pueden asignar de forma exclusiva una parte de su espectro a servicios de tercera generación).

El enlace ascendente del modo de portador múltiple es similar al enlace ascendente del modo de dispersión directa; o sea, que usa un portador de banda ancha. Sin embargo, comparando con el modo de dispersión directa, el enlace ascendente del modo de portador múltiple usa una tasa de chip algo más baja para corresponder con la tasa de chip del enlace descendente del portador múltiple.

El modo 1X es banda estrecha evolucionada IS-95 con ancho de banda de 1.25 MHz. La operación regular del modo de portador múltiple usa tres portadores en paralelo (3X), lo que corresponde a un ancho de banda de 3.75 MHz aproximadamente. Sin embargo se pueden normalizar también otros modos (6X, 9X, 12X) con aumentos correspondientes en ancho de banda. Debido a que cada portador del enlace descendente del portador múltiple debe tener las mismas características que un portador de enlace descendente IS-95, se necesita una estrecha sincronización entre células, típicamente por medio de recepción de satélite de posicionamiento global (GPS). Esto no se aplica al modo de dispersión directa, que está basado en WCDMA asíncrono.

El modo de dispersión directa consiste de portadores CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y en el enlace descendente. El modo de portador múltiple consiste de un portador CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y numerosos portadores paralelos de banda estrecha CDMA en el enlace descendente. La tasa de chip de los portadores en el enlace descendente del portador múltiple es idéntica a la de IS-95. La tasa de chip de los portadores en el enlace ascendente del portador múltiple es exactamente tres veces la de los portadores de enlace descendente.

TDD

En los modos WCDMA, portador múltiple, y EDGE, se separan los enlaces ascendentes y los enlaces descendentes por medio de una división de frecuencia. Sin embargo, en el modo duplex de división de tiempo se separa el enlace ascendente del enlace descendente por medio de división de tiempo. Por consiguiente, en el modo TDD se necesita sólo una banda de frecuencia para llevar el tráfico tanto de enlace ascendente como de enlace descendente. Este modo de operación es útil ya que el espectro no pareado se

CUADRO D, ESCENARIOS DE APLICACION PARA EL MODO TDD

Escenario A – refuerzo de capacidad en puntos problemáticos en sistemas FDD

El operador usa FDD en la instalación inicial del sistema de tercera generación. Al pasar el tiempo, y debido a la popularidad de Internet móvil, el operador podría experimentar problemas de capacidad en ciertos puntos problemáticos, tales como centros comerciales, aeropuertos, y los centros de las ciudades. Un sistema TDD podría ser usado entonces para dar capacidad adicional – en mucho de la misma manera que GSM 1800 se usa actualmente para reforzar GSM 900.

Escenario B – sistemas comerciales no coordinados

Un operador de sistema público FDD autoriza espectro a operadores privados para uso en sistemas comerciales de interior en áreas geográficas limitadas. El operador público puede abarcar el mercado comercial con un terminal FDD / TDD bisistema y extender los servicios de la red pública a usuarios en estos ambientes. Es probable

que los escenarios A y B ocurran después de que los sistemas FDD hayan estado en funcionamiento durante unos pocos años.)

Escenario C – comunicación de terminal a terminal

Ya que los terminales deben poder transmitir y recibir en la misma banda de frecuencia, según un cronograma aprobado, se encuentran presentes los mecanismos básicos para comunicación de terminal a terminal, abriendo la puerta a una gama de posibilidades completamente nueva:

- Debido a que los terminales pueden retransmitir información entre ellos, les es posible formar sus propias redes *ad hoc*.
- El comportamiento de radio y los tiempos de operación pueden ser mejorados con redes de saltos múltiples que transmiten datos – sin pérdida de camino – de terminal a terminal hasta que llegar a la estación base.
- Para evitar llamadas que se dejan caer, los operadores podrían usar terminales baratos de retransmisión para cubrir sombras de radio.

encuentra todavía disponible en algunas partes del mundo, principalmente en Europa. Por supuesto que se prefiere un espectro pareado, ya que apoya asignaciones FDD. Pero ya que puede ser difícil encontrar asignaciones globales de espectro pareado, es probable que se identificarán segmentos adicionales no pareados en el futuro.

Los parámetros principales de radio y las características espectrales de TDD, aparte de la capa física, son los mismos que para WCDMA FDD. Debido a que el enlace ascendente y el enlace descendente están separados en el dominio de tiempo en vez de en el dominio de frecuencia, se necesitan estaciones base sincronizadas para gestionar quien puede transmitir, y cuando. De lo contrario resulta en severa interferencia.

Cada trama de radio está dividida en ocho segmentos de tiempo, cada uno de los cuales lleva un número de canales superpuestos separados por medio de técnicas de división de códigos (Figura 13). El modo TDD comparte así características de TDMA y CDMA. A cada segmento se le asigna una dirección para tráfico de enlace ascendente o tráfico de enlace descendente. Sin embargo, la asignación de segmentos no está predefinida. Algo de flexibilidad es inherente en el modo TDD para acomodar servicios asimétricos. Por ejemplo, si se espera la mayor parte del tráfico en el enlace descendente, entonces se puede asignar la mayor parte de los segmentos al enlace descendente.

Se usan midambles para estimar la respuesta de canal. Estos y otros parámetros importantes están diseñados para facilitar las técnicas de detección de usuario múltiple para tener mejor comportamiento.

En términos de tasas de bit, método de conmutación (paquete o modo circuito), asimetría, etc. son los mismos los servicios básicos del modo TDD que para el modo WCDMA FDD. Aun cuando no tenga limitaciones inmediatas incorporadas, el modo TDD es mejor apropiado para células pequeñas (pico o micro) con dispersión de retardo moderada (Aclaratorio D).

Conclusión

Los cuerpos de normalización regionales y los miembros de la industria de las telecomunicaciones han establecido un escenario global – compuesto de cuatro modos opcionales (DS, EDGE, MC y TDD) – para la tercera generación de normas de acceso de radio. La familia recientemente armonizada de normas de tercera generación atiende a requisitos de multimedia y flexibilidad, asignación de espectro, y migración con éxito de sistemas de segunda generación.

En términos de migración de sistemas principales de segunda generación a una plenitud de capacidades de tercera generación, se ha puesto de acuerdo la industria de que debe haber un modo de interfaces de radio basados en TDMA

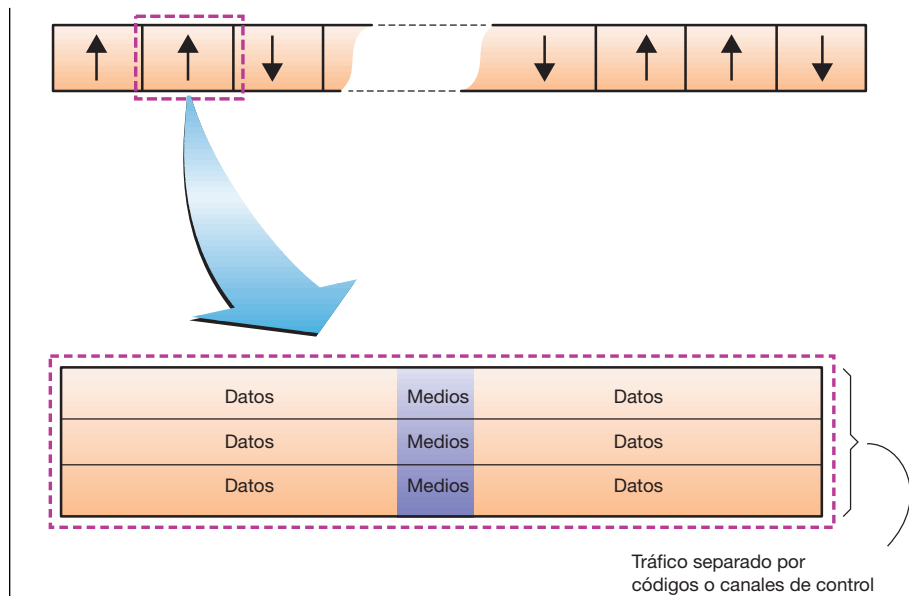


Figura 13
Aspectos de división de tiempo y códigos. Segmentos separados por tiempo. Cada segmento es asignado una dirección – enlace ascendente o enlace descendente.

y tres modos de banda ancha basados en CDMA, y dos tipos de núcleos de la red. Además, cada modo de red de acceso de radio debe poder conectar a cualquier tipo de núcleo de la red.

El 3GPP tiene el propósito de entregar la primera especificación completa de los modos WCDMA (secuencia directa) y TDD para fines de 1999. El 3GPP2 entregará también una especificación completa del modo de portador múltiple cdma2000 para fines de 1999. De forma similar se terminará EDGE fase I para fines de 1999. EDGE fase II estará terminado en el 2000.