

WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS

DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

AREA DE COMUNICACIONES Y REDES

CARTAGENA

2004

WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS

DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

AREA DE COMUNICACIONES Y REDES

CARTAGENA

2004

WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS

DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA

**Trabajo Final presentado como requisito parcial para
aprobar el Minor de Comunicaciones y Redes**

Director

MARGARITA UPEGUI FERRER

Magíster en Ciencias Computacionales

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

AREA DE COMUNICACIONES Y REDES

CARTAGENA

2004

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena 23 de noviembre de 2004

**A Dios, a mi madre
Carmen, mi padre José,
a mis hermanos y primo.**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA WCDMA.	3
1.1 LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA INALÁMBRICA.	3
1.1.1 La primera generación.	3
1.1.2 La segunda generación.	4
1.1.3 La generación 2.5G.	6
1.1.4 La tercera generación.	7
1.2 EL ESTADO ACTUAL DE LA TELEFONÍA MÓVIL.	9
1.3 FUTURO DE LA TELEFONÍA MOVIL.	10
2. GENERALIDADES	13
2.1 ARQUITECTURA UMTS.	14
2.1.1 WCDMA.	16
3. FUNCIONAMIENTO.	22
3.1 MÉTODO DE TRANSMISIÓN.	22
3.1.1 Frequency Division Duplexing.	22
3.1.2 Time division duplexing.	23
3.2 DS-CDMA.	24
3.2.1 Códigos ortogonales.	27
3.2.2 Códigos de pseudo ruido.	28
3.2.3 Códigos de canalización.	30

3.2.4	Códigos de scrambling.	32
3.3	RECEPTOR RAKE.	33
3.4	FUNCIONES DE LA CAPA FÍSICA.	35
3.4.1	Codificación y decodificación para corrección de error.	36
3.4.2	Macro diversidad distribución/Combinación y la ejecución del handover.	38
3.4.3	Detección de errores en los canales de transporte.	40
3.4.4	Multiplexado de los canales de transporte y demultiplexado de los CCTrCHs.	41
3.4.5	Mapeo de CCTrCHS en canales físicos.	42
3.4.6	Modulación-extendido/Demodulación-recuperación de los canales físicos.	43
3.4.7	Soporte para la sincronización del enlace de subida.	43
3.4.8	Control de potencia.	43
3.5	CANALES.	45
3.5.1	Canales físicos de wcdma.	45
3.5.2	Canales de transporte.	49
4.	DIFERENCIAS ENTRE WCDMA E INTERFACES DE AIRE SIMILARES.	53
4.1	WCDMA VS GSM.	54
4.2	WCDMA vs IS-95.	57
4.3	WCDMA vs CDMA2000.	59
	CONCLUSIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Generaciones de la telefonía inalámbrica.	8
Figura 2. Arquitectura genérica UMTS	14
Figura 3. Arquitectura de UTRAN	15
Figura 4. Zonas, celdas y velocidades de transferencia de WCDMA.	19
Figura 5. Principio de operación de FDD y TDD.	19
Figura 6. Transmisor DS-CDMA.	24
Figura 7. Spreading y Despreading en DS-CDMA.	25
Figura 8. Proceso de extendido.	26
Figura 9. Árbol de códigos OVVSF.	30
Figura 10. Esquema del receptor rake	35
Figura 11. Tamaño de las células dependiendo del tráfico.	45
Figura 12. Mapeo del canal de transporte para el canal físico.	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros principales de WCDMA	20
Tabla 2. Principales diferencias entre WCDMA y GSM.	56
Tabla 3. Principales diferencias entre WCDMA y IS-95	57

Cartagena de Indias, 24 de noviembre de 2004.

Señores:

Universidad Tecnológica de Bolívar

Comité de Evaluación de Proyectos

Ciudad

Estimados señores:

Con el mayor agrado me dirijo a ustedes para poner a consideración el Trabajo Final titulado " **Wideband Code Division Multiple Access**". El cual fue llevado a cabo por el estudiante **Deivi José Hernández Acosta**, bajo mi orientación como asesor.

Agradeciendo su amable atención,

MARGARITA UPEGUI FERRER
Magíster en Ciencias Computacionales.

Cartagena de Indias, 24 de noviembre de 2004.

Señores:

Universidad Tecnológica de Bolívar

Comité de Evaluación de Proyectos

Ciudad

Estimados señores:

Por medio de la presente me permito presentar a ustedes el trabajo final titulado **“Wideband Code Division Multiple Access”**, como requisito para aprobar el Minor de Comunicaciones y Redes.

Cordialmente,

DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA
Código: 0004090

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D. T. y C., Mayo 28 de 2004

Yo, DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA, identificado con número de cédula 73.197.235 de Cartagena, autorizo a la **Universidad Tecnológica de Bolívar**, para hacer uso de mi Trabajo de Grado y publicarlo en el catalogo online de la biblioteca.

DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA
Código: 0004090

GLOSARIO

3GPP: Proyectos de Asociación para Tercera Generación. Es una organización que desarrolla las especificaciones para los sistemas de 3ra generación basados en la interfaz aérea UTRA de UMTS.

AMPS (ADVANCED MOBILE PHONE SYSTEM). Un estándar móvil analógico utilizado extensamente a través de Norte América y Sudamérica, así como en la región de Asia Pacífico y Europa Oriental. Funciona en la banda de frecuencia 800MHz.

ANSI (AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE): Instituto Nacional de Estándares Americanos, institución que fija estándares para Norteamérica.

ANSI-136: El estándar móvil digital norteamericano conocido como interino ANSI-136 estándar y usado previamente en sistemas de TDMA (llamado previamente D-AMPS).

BANDA ANCHA: De manera general, es un equipo o sistema a través del cual se transmite información a muy alta velocidad. Un sistema de comunicación de banda ancha puede incluir la transmisión simultánea de varios servicios como video, voz y datos.

BPSK: Técnica de modulación digital por corrimiento de fase binario. La información digital se transmite cambiando la fase de la portadora 180° .

CELDA: La unidad geográfica básica de un sistema de comunicaciones celular. Mantiene la cobertura de un área dada que se basa en una red que se interconecta a través de celdas, cada uno con una estación base de radio (transmisor / receptor) en su centro. La dimensión de cada celda es determinada por el terreno y el número de usuarios.

CDMAONE: Estándar de interfaz digital de banda corta aérea basado en CDMA. CDMAONE es una marca registrada poseída del grupo de desarrollo de CDMA.

CDMA2000: Estándar del sistema de CDMA para la comunidad de servicios 3G.

DOWNLINK: Enlace desde la estación base al terminal móvil. La estación base emite, y el terminal móvil recibe.

EDGE (ENHANCED DATA RATES FOR GLOBAL EVOLUTION): una técnica de radio realizada de la modulación para las redes del GSM y TDMA que amplía los tiempos de transmisión de radio a 48kbit/s. Cuando está combinado con GPRS, da un ancho de banda máxima de 384kbit/s por suscriptor.

ETSI: Instituto Europeo De Estándares De Telecomunicaciones. El propósito de ETSI es definir los estándares que establecerán al mercado global como un solo mercado para el ámbito de las telecomunicaciones.

FEC (FORWARD ERROR CORRECTION): Corrección de errores a posteriori. Cuando se detecta un error, el receptor intenta por sí solo recuperar la información original. Por tanto sólo es necesario un enlace unidireccional. Se contrapone al ARQ (Automatic Repeat Request) donde cuando se detecta un error, el receptor pide al transmisor que repita de nuevo la información enviada y necesita de un enlace bidireccional.

GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE): Un realce de la red principal de GSM que introduce la transmisión de paquetes de datos. GPRS hace eficiente uso del espectro de radio disponible, y los usuarios disponen de más ancho de banda que a través de una conexión estándar. También se aplica a redes TDMA.

FREQUENCY HOPPING (CHANNEL HOPPING): Durante la conexión el teléfono puede cambiar constantemente la frecuencia usada (canal usado) en la comunicación con la celda. Cuando algún canal permanece saturado, solo la parte de la transmisión que esta hecha con esta frecuencia se pierde.

GPS: Creado, administrado y operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos es un sistema de navegación pasivo (o de una vía) que permite determinar con alto grado de exactitud la posición de puntos en tierra, mar y aire. Consiste básicamente de tres partes: un segmento espacial (la constelación de satélites NAVSTAR), un segmento de control (estaciones terrestres de rastreo) y el segmento del usuario (hardware, software y accesorios).

HANDOVER: traspaso (de un nodo móvil desde una subred a otra).

IMT-2000: Internacional mobile telephony, red de 3ra generación iniciada por la UIT para proporcionar acceso a una variedad de servicios de telecomunicaciones de redes fijas y a otros servicios que son específicos de los usuarios móviles.

MULTIPATH: La variación de la señal causada cuando las señales de radio toman varios caminos desde el transmisor al receptor, en otras palabras, es un fenómeno de interferencia causado por señales GPS reflejadas en estructuras o superficies reflectoras las cuales, habiendo recorrido mayor distancia que la correcta, inducen errores de posición.

PCS (PERSONAL COMMUNICATION SYSTEM): sistema celular de segunda generación que opera principalmente en América, funcionando en parte en la banda IMT-2000.

PDC (Digital Personal Celular): Estándar móvil digital utilizado en Japón. Interfaz aérea de las aplicaciones TDMA.

ROAMING: Capacidad de un usuario de un servicio inalámbrico o móvil de viajar de red en red, conservando el servicio completo de comunicaciones.

TIA: Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones. Un cuerpo de telecomunicaciones para los estándares de Estados Unidos.

UIT (UNIÓN DE TELECOMUNICACIONES INTERNACIONAL): Una organización de Naciones Unidas responsable de coordinar actividades globales de telecomunicaciones, especialmente en las áreas de los estándares que fijan, de la asignación de radio del espectro y de la regulación.

UPLINK: Enlace desde el terminal móvil a la estación base. El terminal móvil emite, y la estación base recibe.

RESUMEN

TITULO: WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS (WCDMA)

AUTOR: DEIVI JOSE HERNANDEZ ACOSTA

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la tecnología WCDMA mediante un análisis de sus generalidades, características y estructura para resaltar su importancia en el presente y futuro de las comunicaciones inalámbricas.

Con el presente trabajo se logró estudiar a fondo la interfaz aérea que utiliza el sistema de telefonía celular de tercera generación para transmitir o llevar los datos desde la estación móvil (usuario) hasta la estación base y viceversa, aprovechando de manera eficiente, el ancho de banda. Esta tecnología de acceso de radio, soportará todos los servicios multimedia que estarán disponibles a través de los terminales de tercera generación, además de tener una mayor cobertura que sus similares debido a que tiene un mejor control de potencia. Utiliza muy eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda, además de poseer otras características como la de posibilidad de antenas inteligentes y debido a su operación asincrónica, no requiere de GPS.

En este trabajo inicialmente se hará referencia a la historia de la tecnología celular, pasando desde la primera y segunda generación, hasta la actual generación 2.5G, después se tratarán las tecnologías de tercera generación en donde se hablara de la tecnología CDMA2000 y se enfatizará en la tecnología de estudio en esta monografía: WCDMA.

Luego se localizará la tecnología WCDMA dentro de la arquitectura UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access), para tener una idea más clara de donde se ubica, para luego hablar de su estructura, como esta compuesto, con que tecnología trabaja, cuales son sus canales, es decir sus características principales para después finalizar comparándola con tecnologías similares de segunda y de tercera generación para darnos cuenta de la importancia de esta tecnología en el futuro de las comunicaciones móviles.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación ha sido una herramienta eficaz en la consecución de la información recolectada en este estudio, para desarrollar esta monografía fue de tipo descriptiva debido a que lo que se va a desarrollar se basa en describir generalidades, características y estructura de la interfaz de aire que utiliza el sistema de tercera generación llamado UMTS. En esta investigación se describe en términos claros y específicos las características de la interfaz de aire WCDMA. La información será seleccionada de libros especializados, artículos, revistas y algunas páginas Web.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en el mercado de las Telecomunicaciones se desata una alta competencia la cual se transforma en una carrera por captar cada vez más usuarios. El difícil y costoso desarrollo de soluciones para los requerimientos cada vez mayor de grandes anchos de bandas por parte de los clientes beneficia a los desarrollos en el área de las comunicaciones por medios no guiados.

La facilidad de grandes anchos de banda mediante el uso de medios no guiados esta en vía de cambiarle el aspecto del mercado de las comunicaciones, debido a los siguientes aspectos: Es una solución más barata, mucho más rápida de desarrollar e implementar, puede ser configurada para uno o múltiples aplicaciones y movilidad, entre otros.

Es por estos aspectos, que compañías proveedoras de servicios y operadoras deben efectuar grandes investigaciones para dar soluciones técnicas que puedan satisfacer los requerimientos de los clientes y usuarios finales.

Por tal motivo, la UIT ha propuesto un sistema alternativo que se llama WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access); el cual está diseñado para transmitir datos, imágenes, vídeo, audio e Internet desde un solo terminal gracias a un ancho de banda de 2 Mbps y a la utilización del ancho de banda de 2000 Mhz, el

cual será menos saturado que los actuales. Este nuevo sistema ya ha sido adoptado como estándar en Europa y Japón.

La tecnología WCDMA está altamente optimizada para comunicaciones de alta calidad de voz y comunicaciones multimedia, como pueden ser las videoconferencias. También es posible acceder a diferentes servicios en un solo terminal, por ejemplo, podemos estar realizando una videoconferencia y al mismo tiempo estar haciendo una descarga de archivos muy grande, etc.

Puede soportar completamente varias conexiones simultáneas; como puede ser una conexión a Internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etc. De esta manera WCDMA puede ser una solución muy acertada en el mundo competitivo de las telecomunicaciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la tecnología WCDMA mediante un análisis de sus generalidades, características y estructura para resaltar su importancia en el presente y futuro de las comunicaciones inalámbricas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar el estado del arte de la tecnología WCDMA y posicionarla dentro del campo de las comunicaciones Inalámbricas.
2. Evaluar la estructura y el funcionamiento de la tecnología WCDMA.
3. Presentar las ventajas y desventajas de la tecnología de red inalámbrica WCDMA frente a otros tipos de tecnologías similares.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, los proveedores de telefonía móvil, están ofreciendo nuevos servicios de valor añadido al teléfono, y por ende a sus clientes. Sin embargo, el desarrollo de los teléfonos móviles fue el punto de partida para la nueva generación de servicios de comunicación inalámbrica, tal como voz, data, vídeo y multimedia.

La primera generación de comunicaciones inalámbricas celulares fue analógica y progresivamente se evolucionó a estándares inalámbricos digitales (segunda generación) para suplir las necesidades de mejora de calidad, cobertura y capacidad. Aparte de habilitar el soporte de mayor número de suscriptores por frecuencia, más los servicios de valor añadido; tales como mayor seguridad en la red y roaming.

Tercera generación (3G), es el término utilizado a servicios inalámbricos que expandirá ampliamente el rango de opciones disponibles y permitirá servicios de comunicación, información y entretenimiento desde terminales inalámbricos.

Lo anterior nos motiva a investigar la tecnología WCDMA que hace parte de la tercera generación con el fin de ver la importancia de este en el futuro de las comunicaciones.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende realizar un estudio de la tecnología WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), así como presentar algunas comparaciones de esta tecnología de red inalámbrica frente a otros tipos de tecnología similares.

El sistema celular análogo es comúnmente referido a sistemas de primera generación. Los sistemas digitales actualmente en uso como GSM, PDC, cdmaOne (IS-95) y US-TDMA (IS-136), son de segunda generación. Esos sistemas permiten comunicación por voz por vía inalámbrica en muchos de los principales mercados; además de la comunicación por voz, están proporcionando otros servicios como mensajes de texto y acceso a red de datos, por esta razón el mercado esta creciendo demasiado rápido.

Los sistemas de tercera generación son diseñados para comunicación multimedia: con estos sistemas se puede establecer una comunicación persona a persona con una alta calidad de imágenes y videos, además de la comunicación por voz, también acceder a información y servicios en redes publicas y privadas con una alta velocidad para volver muy flexible este tipo de sistema de comunicación. Esto, junto con la continua evolución de la segunda generación, crearán nuevas oportunidades de negocios no solo en manufactura de equipos y operatividad, sino también para el suministro de contenido y aplicaciones usando este tipo de redes.

La tecnología WCDMA ha sido adoptada, por empresas importantes de tecnología como la interfaz de aire de tercera generación. En este trabajo se mostrará sus generalidades, características, estructuras y funcionamiento y finalmente se mostrará una comparación entre las la tecnología WCDMA y otras tecnologías similares.

1. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA WCDMA.

Las tecnologías inalámbricas están teniendo mucho auge y desarrollo en estos últimos años, una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular, desde sus inicios a finales de los 70s ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios, las hace sentir más segura y las hace más productivas.

A pesar que la telefonía celular fue concebida para la voz únicamente, debido a las limitaciones tecnológicas de esa época, la tecnología celular de hoy en día es capaz de brindar otro tipo de servicios tales como datos, audio y video con algunas limitaciones, pero la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho banda.

1.1 LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA INALÁMBRICA.

1.1.1 La primera generación. La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad (basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) y

la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

1.1.2 La segunda generación. Se le da por nombre de segunda generación, al grupo de sistemas que iniciaron o evolucionaron hacia la utilización de técnicas digitales para realizar las transmisiones. Aquí es donde se hace obvia la frontera entre la primera y la segunda generación de telefonía celular: el cambio análogo-digital¹.

Las redes de la segunda generación presentaban una capacidad mucho mayor con respecto a los de la primera generación. Se logró dividir un canal de frecuencia para poder ser utilizado simultáneamente por varios usuarios, esto, gracias a las técnicas digitales de división por tiempo o código.

Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136), CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón.

¹ MARIMON, Jorge. Movilidad IP en redes 4G. Cartagena. 2004. p. 22.

CDMA (Code Division Multiple Access) es una tecnología de Espectro Ensanchado, es decir, que la información se extiende sobre un ancho de banda mucho mayor que el original, conteniendo una señal (código) identificable.

Con CDMA, para diferenciar a los distintos usuarios, en lugar de frecuencias separadas se usan códigos digitales únicos. Los códigos son conocidos tanto por la estación móvil (teléfono celular) como por la estación base, y se llaman "Secuencias de Código Pseudoaleatorio". Por lo tanto todos los usuarios comparten el mismo rango del espectro radioeléctrico.

En telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple digital especificada por la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) como "IS-95." Los sistemas IS-95 dividen el espectro radioeléctrico en portadoras de 1.25 MHz de ancho de banda.

GSM (Sistema Global para comunicaciones Móviles) es un sistema digital de telefonía móvil que es ampliamente utilizado en Europa y en otros países del mundo. GSM utiliza una variación del acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y es la más utilizada de las tres tecnologías actuales de telefonía inalámbrica (TDMA, GSM y CDMA). GSM digitaliza y comprime voz y datos, y

después los envía en un canal junto con otras dos series de datos del usuario en particular. Opera en las bandas de frecuencia de 900MHz, 1800MHz y 1900MHz. GSM tiene en la actualidad más de 500 millones de usuarios en todo el mundo y está disponible en más de 120 países, de acuerdo con la Asociación MoU de GSM. Ya que varios operadores de GSM tienen acuerdos de Roaming con otros operadores, los usuarios frecuentemente continúan utilizando sus teléfonos cuando han viajado a otros países².

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communications Services).

1.1.3 La generación 2.5G. Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizar a 3G.

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio

² Universidad del Cauca. 3er Seminario Nacional.
<http://ieee.unicauca.edu.co/seminario/tematica.htm#07>

System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros.

Pero el problema del sistema GSM, es la baja tasa de transmisión de la interfaz aérea. El sistema básico GSM solo podía proveer un tasa de transmisión de datos de 9.6 Kbps, posteriormente se especificó un tasa de 14.4 Kbps. Con estas velocidades y para poder proveer de todos estos servicios a los usuarios, es necesario el incrementar la capacidad del sistema, es por esto que la 2G se caracteriza también por la utilización de una o de varias de las siguientes tecnologías: HSCSD, GPRS y EDGE.

1.1.4 La tercera generación. La 3G es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan más altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Los sistemas 3G alcanzaran velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en

ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), CDMA2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otras. El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la ITU (International Telecommunications Union) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (International Mobile Telephone). En la siguiente figura (1) se observa el avance de las generaciones de la telefonía celular.

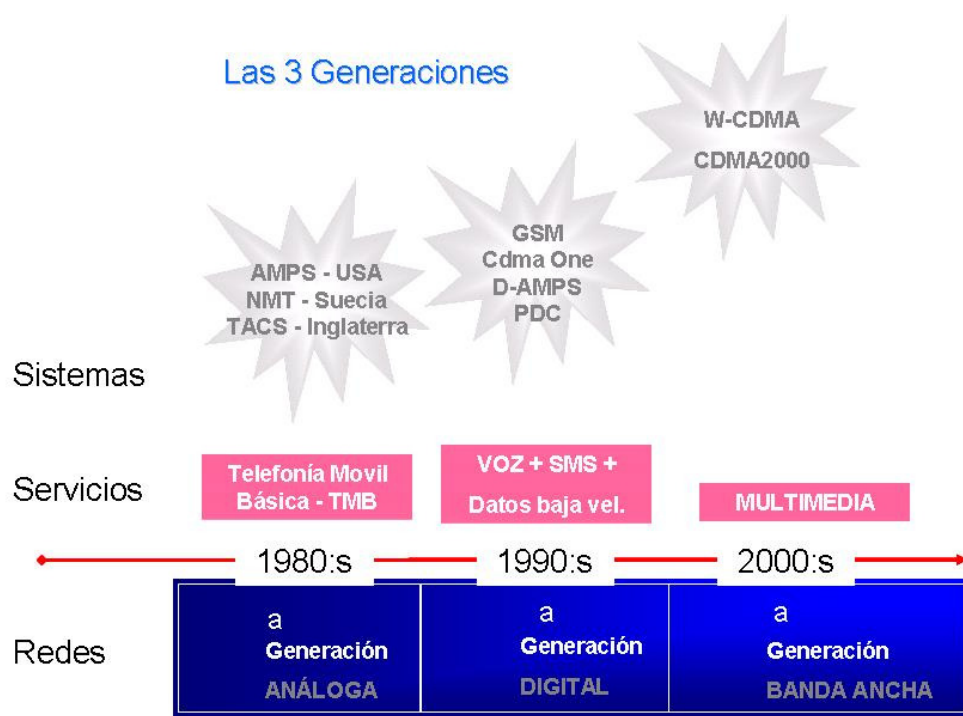


Figura 1. Generaciones de la telefonía inalámbrica.

1.2 EL ESTADO ACTUAL DE LA TELEFONÍA MÓVIL.

Existen hoy en día tres tecnologías de telefonía celular predominantes en el mundo: IS-136, IS-95 y GSM.

IS-136 (Interim Standard 136) fue la primer tecnología digital de telefonía celular (D-AMPS, la versión digital de AMPS) desarrollada en Estados Unidos, IS-136 esta basada en TDMA (Time Division Multiple Access), una técnica de acceso múltiple la cual divide los canales de radio en tres ranuras de tiempo, cada usuario recibe en una ranura diferente. Este método permite a tres usuarios en cada canal de radio comunicarse sin interferirse uno con el otro. D-AMPS (IS-54) es utilizado principalmente en Norteamérica, Latinoamérica, Australia, partes de Rusia y Asia.

Por otro lado, CDMA, tecnología desarrollada por Qualcomm, utiliza la tecnología de espectro disperso; en la cual, muchos usuarios comparten simultáneamente el mismo canal pero cada uno con diferente código. Lo anterior permite una mayor capacidad en usuarios por celda. A CDMA de segunda generación se le conoce como cdmaOne. Hasta diciembre del 2000 existen más de 27 millones de usuarios en más de 35 países alrededor del mundo utilizando cdmaOne.

GSM (siglas derivadas originalmente de Groupe Spéciale Mobile) es tecnología celular desarrollada en Europa considerada como la tecnología celular más

madura, con más de 200 millones de usuarios en más de 100 países alrededor del mundo. GSM es un servicio de voz y datos basado en conmutación de circuitos de alta velocidad la cual combina hasta 4 time slots en cada canal de radio.

1.3 FUTURO DE LA TELEFONÍA MOVIL.

La industria de la telefonía celular se está preparando para la batalla de la década entre los estándares IS-95/CDMA2000 y GSM/WCDMA, dos tecnologías consideradas como las más importantes en el ramo de la telefonía inalámbrica. Existen varias consideraciones entre ambas tecnologías contrincantes como las siguientes: WCDMA construida bajo los protocolos de la red de GSM, les será más fácil a los proveedores de servicios de GSM emigrar a WCDMA que a CDMA2000. Por otro lado a los proveedores de servicios de IS-95 les será más fácil emigrar a CDMA2000.

Otra consideración de mayor importancia son los derechos de propiedad intelectual. La compañía Qualcomm, quién es dueña de muchas patentes de CDMA, tiene la más fuerte posición con respecto a la propiedad intelectual con CDMA2000 que con WCDMA. De hecho, la industria celular europea inventó WCDMA en parte para trabajar con las patentes de Qualcomm.

En los Estados Unidos se verán ambas tecnologías compitiendo en el mercado, pero muchos de los países del resto del mundo se inclinan más por el uso de WCDMA. La dominación potencial de WCDMA en el mundo pondría a dudar a algunos operadores de IS-95 en países como Japón y Corea para aceptar WCDMA, en vez de arriesgarse a tener sistemas que no son compatibles con los sistemas celulares de los países vecinos.

Independientemente de cual tecnología se imponga, ambas tecnologías ofrecen alta velocidad con soporte de IP, los clientes fácilmente podrán transferir aplicaciones de una red a otra y dispositivos multimodo en un futuro próximo podrán hacer posible la intercomunicación entre ambas tecnologías.

UMTS (Universal Mobile Telephone Service) es un sistema móvil de tercera generación que está siendo desarrollado por el organismo ETSI (European Telecommunications Standards Institute) junto el IMT-2000 de la ITU. UMTS es sistema europeo que está intentando combinar la telefonía celular, teléfonos inalámbricos, redes locales de datos, radios móviles privados y sistemas de radiolocalización. Va a proveer velocidades de hasta 2 Mbps haciendo los videoteléfonos una realidad. Las licencias de UMTS están atrayendo gran interés entre los operadores del continente europeo debido a que representa una oportunidad única para crear un mercado en masa para el acceso a la información, altamente personalizado y amigable para la sociedad. UMTS busca

cimentar y extender el potencial de las tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales de hoy en día.

En la actualidad, se habla de CDMA2000, como una solución de 3ra Generación basada en IS-95. A diferencia de otros estándares de 3G, CDMA2000 es una evolución del estándar inalámbrico existente. CDMA2000 provee servicios de tercera generación como está definido por la ITU (International Telecommunications Union) en IMT-2000. Las redes 3G proporcionarán servicios inalámbricos con mejor desempeño, gran rentabilidad y más contenido. La meta es acceder a cualquier servicio, en cualquier lugar, a cualquier hora, desde cualquier terminal³.

CDMA2000 es tanto una interfaz de aire como una solución de red para proporcionar los servicios que los clientes demandan el día de hoy. Estos servicios son referidos comúnmente como 3G. CDMA2000 y 3G son sinónimos.

³ Ibíd., <http://ieee.unicauca.edu.co/seminario/tematica.htm#03>

2. GENERALIDADES

La tercera generación de telefonía móvil se compone de un sistema de radio digital, basado en redes de transmisión de paquetes que optimizan el uso de las interfaces radio. Este sistema se denomina UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), esta tecnología ofrece unas prestaciones y un rendimiento para comunicaciones de datos muy superiores a los conocidos actualmente. El UMTS será la base de las futuras comunicaciones multimedia.

La concepción del sistema UMTS viene condicionada por los requisitos de los servicios que ofrecerá esta nueva generación de redes móviles. Un primer aspecto a tener en cuenta es la gran diversidad de servicios que deberán ser soportados, algunos ni siquiera conocidos hoy en día. El soporte de aplicaciones de voz, datos, vídeo y, en general, servicios multimedia, con requisitos muy variados en lo que respecta al ancho de banda necesario y la tolerancia a factores como el retardo o las pérdidas, lleva a la necesidad de dotar a UMTS de mecanismos de QoS. El problema no es trivial, especialmente cuando se plantea la necesidad de obtener una utilización eficiente de los recursos de la red. Este objetivo es esencial en aquellas partes de la red donde habitualmente es previsible la escasez de recursos, como es el caso del interfaz radio y de la red de acceso (UTRAN, UMTS Terrestrial radio Access Network). La gestión eficiente de los recursos radio es de vital importancia en toda red celular, y más aún en UMTS debido a la utilización de

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Aún así, no ha de olvidarse que la red de acceso también abarca la infraestructura de transmisión entre las estaciones base y el núcleo de red, siendo este tramo justamente uno de los más costosos en las redes celulares.

2.1 ARQUITECTURA UMTS.

En la figura 2 se representa la arquitectura básica de una red UMTS, compuesta por sus tres partes fundamentales: los equipos de usuario, la red de acceso y el núcleo de red.

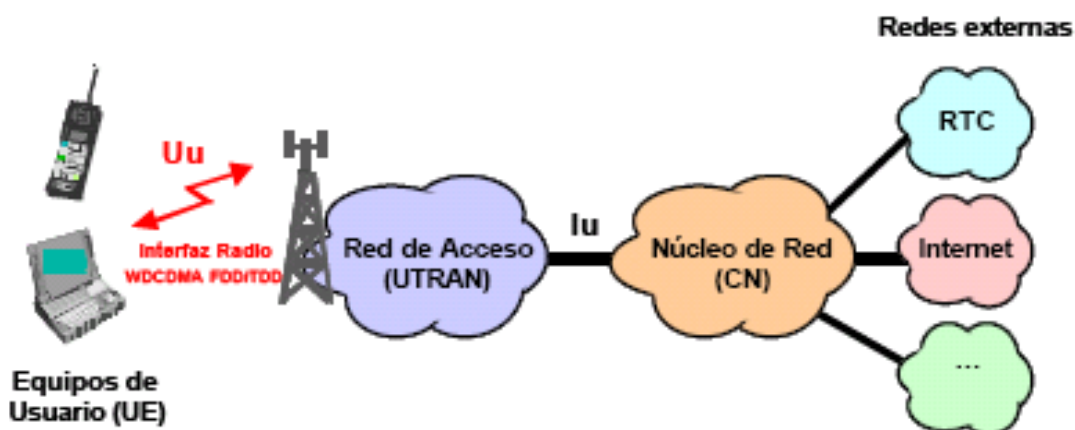


Figura 2. Arquitectura genérica UMTS

Los equipos de usuario acceden a la red a través del interfaz radio (Uu), basado en WCDMA. La red de acceso radio (UTRAN) se encarga de transportar el tráfico de usuario (voz, datos, señalización móvil-red) hasta el núcleo de red (CN, Core

Network)⁴, con el que se comunica a través del interfaz Iu. Dentro del núcleo de red se encuentran los recursos de conmutación y transmisión necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, que puede pertenecer a la red UMTS o a una red externa (RTC, Internet, etc.). El núcleo de red en UMTS se plantea como la evolución del existente en las actuales redes 2G basadas en GSM/GPRS. En la figura 3 se muestra la arquitectura de UTRAN, en la que pueden observarse los elementos que la componen y las interfaces definidas entre ellas.

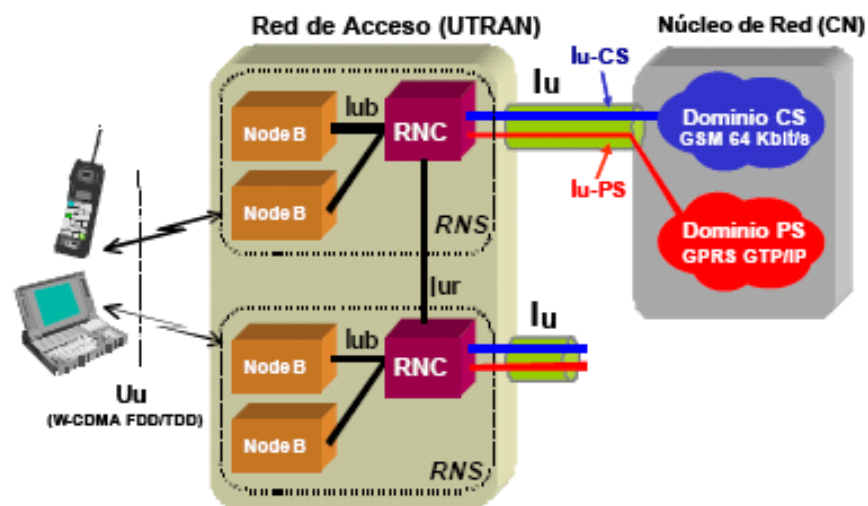


Figura 3. Arquitectura de UTRAN

La red de acceso UMTS consta de uno o más subsistemas RNS (Radio Network Subsystem). Cada RNS cubre un conjunto de células UMTS, siendo responsable de la gestión de los recursos asociados a ellas. Un RNS está formado por un controlador RNC (Radio Network Controller) y un conjunto de estaciones base

⁴ GARCIA, A. Diseño de redes de acceso en sistemas móviles UMTS con soporte de calidad de servicio. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2002. p. 2.

(Nodos-B). Dentro de la red radio se definen dos tipos de interfaces: el interfaz Iub entre cada Nodo-B y el RNC que lo controla y el interfaz Iur entre RNCs. Este último interfaz, sin equivalente en las redes 2G, permite la comunicación directa entre RNCs para el soporte de trasposos suaves (Soft-Handover) entre estaciones base pertenecientes a distintos RNCs. La red radio también posee dos interfaces externos: el interfaz radio Uu, basado como ya se ha dicho en WCDMA, y el interfaz Iu con el núcleo de red. Este último se subdivide lógicamente en dos interfaces: Iu-CS hacia el dominio de conmutación de circuitos y Iu-PS hacia el dominio de conmutación de paquetes.

2.1.1 WCDMA. WCDMA es un sistema Wideband Direct-Sequence Code Division Multiple Access (DS-SS-CDMA), es decir, acceso múltiple por división de código de banda ancha por la técnica denominada de secuencia directa en el que los bits de información de los usuarios se propagan por el ancho de banda asignándole diferentes canales con diferentes códigos semi-aleatorios derivados de la extensión de códigos de CDMA, los canales pueden ser para voz o para datos, y puede ajustar la cantidad de capacidad, o espacio de código, de cada canal cada 10mseg.

En WCDMA múltiples usuarios pueden compartir un mismo canal. Por ejemplo, si hay cinco usuarios usando el mismo canal, tres de ellos pueden operar a velocidades fijas, mientras los otros dos usan velocidades variables de

transmisión. WCDMA continuamente (cada 10 ms) cambia la forma en que el ancho de banda es distribuido entre esos cinco usuarios. WCDMA crea canales de tráfico de elevado ancho de banda mediante la reducción de la cantidad de expansión (utilizando códigos más cortos). Los usuarios de datos en paquetes pueden compartir los mismos códigos y/o ranuras de tiempo dedicados. WCDMA fue estandarizado por 3GPP (3rd Generation Partnership Project) y la ITU.

La velocidad del chip usada es de 3.84 Mcps para proporcionar una portadora de ancho de banda aproximado de 5Mhz, Los sistemas DS-CDMA tienen un ancho de banda de 1Mhz, tal como IS-95, los cuales son denominados: Sistemas CDMA de banda estrecha. Debido al extenso ancho de banda de esta tecnología soporta altas velocidades.

WCDMA soporta, como se mencionó anteriormente, altas velocidades de transmisión; en otras palabras, el concepto de Bandwidth on Demand (BoD) es soportado. Cada uno de los usuarios es asignados en tramas de 10 ms de duración durante los cuales el usuario tiene una velocidad casi constante. Sin embargo, la capacidad de datos entre los usuarios puede cambiar de trama a trama.

La cobertura se efectúa por celdas dimensionadas de acuerdo a las tasas de transferencia y la movilidad de los usuarios. Así es que para áreas reducidas,

oficinas, casas, edificios, etc., se instalan celdas (picoceldas) que proveen velocidades de hasta 2Mbps, pero con una movilidad máxima de 10 km/h por parte del usuario. Para áreas urbanas, con algunos kilómetros cuadrados de radio, se utilizan celdas (microceldas) que soportan tasas de transferencia de hasta 384Kbps moviéndose a velocidades de hasta 120 km/h. A nivel suburbano la cobertura será por celdas (macroceldas) donde los usuarios transfieran sus datos a una tasa de hasta 144Kbps moviéndose a velocidades de hasta 500 km/h. Por último están las celdas que tienen cobertura satelital (megaceldas)⁵.

Para mejorar la calidad de todo el sistema; en el futuro, se emplearan tecnologías avanzadas que incluyen detección de múltiples usuarios, antenas adaptativas y arquitectura jerárquica de celdas. En la siguiente figura (4) se muestra la cobertura mencionada anteriormente. En la zona dentro de los edificios (indoor) se utilizan las picoceldas, en la zona urbana (pedestrian) las microceldas, en la zona suburbana (vehicular speed) las macro celdas y en la zona global (Mobile Satellite Systems) funcionan las Megaceldas.

Esta tecnología soporta 2 modos de operación como son FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), en el modo FDD se provee dos bandas distintas de frecuencias por cada usuario. La banda delantera provee el tráfico desde la estación de base hacia el móvil y la banda reversa provee el tráfico

⁵ CARLEVARO, Pedro. UMTS. En: Estándar de Tercera Generación de Telefonía Celular. Madrid. 2001 p. 12

desde el móvil hacia la base. El TDD utiliza tiempo en vez de frecuencia para proveer tanto los enlaces delanteros como hacia atrás, además provee dos ranuras de tiempo simplex en la misma frecuencia. Esto se observa en la siguiente figura (5).

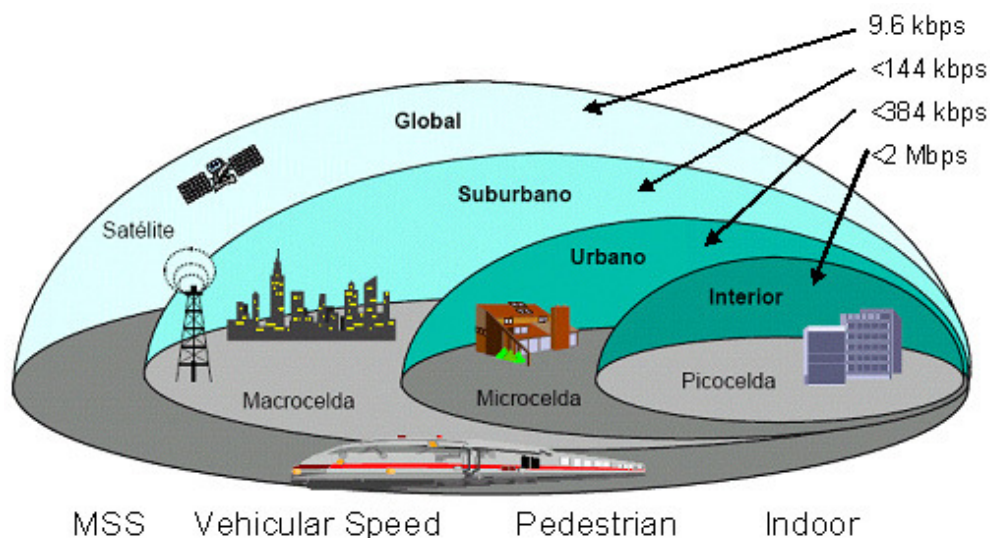


Figura 4. Zonas, celdas y velocidades de transferencia de WCDMA.

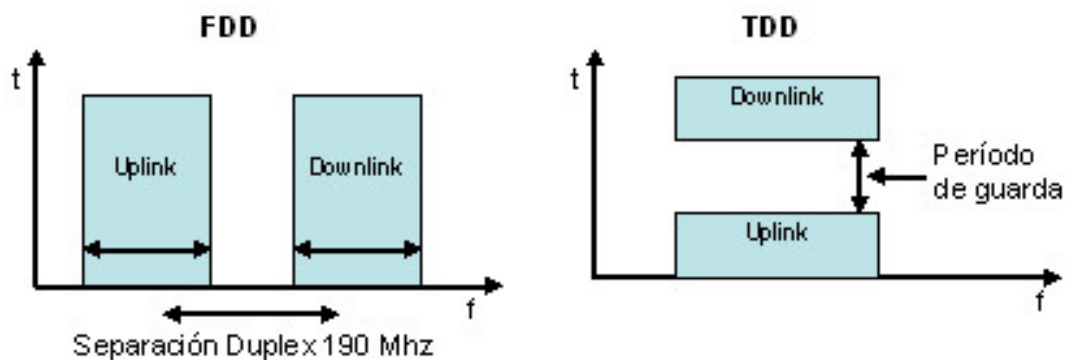


Figura 5. Principio de operación de FDD y TDD.

WCDMA soporta la operación de la estación base asíncrona, contrario al sistema síncrono IS-95 el cual no necesita de un tiempo de referencia global, como un GPS.

WCDMA emplea detecciones coherentes de uplink (Subida) y downlink (bajada) basadas en el uso de símbolos pilotos o comunes. Mientras en IS-95, se usa el Downlink solamente, el uso de una detección coherente en el uplink es nuevo para sistemas públicos CDMA, lo que resultará en un incremento global la cobertura y la capacidad de subida.

Tabla 1. Parámetros principales de WCDMA

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Método de acceso múltiple	DS-SS (Direct-Sequence Code Division Multiple Access.)
Método de transmisión	FDD (Frequency Division Duplex) TDD (Time Division Duplex)
Sincronización de la estación base.	Operación Asíncrona
Velocidad del Chip.	3.84 Mcps
Longitud de la trama.	10 ms
Servicios	Múltiples servicios con diferentes QoS multiplexados en una conexión.
Concepto de multi-velocidades de transferencia.	Variable de factor extendido y multi-códigos.
Detección	Coherente usando símbolos pilotos o pilotos comunes.
Detección Multiusuario, Antenas inteligentes.	Soportada por el estándar, opcional en la implementación.

La interfaz aérea WCDMA ha sido mejorada de tal forma que se puede considerar como un sistema avanzado de receptores CDMA, con detector multiusuarios y con antenas adaptables inteligentes que pueden ser manejadas por el operador de la red como un sistema opcional para incrementar la capacidad y/o la cobertura. En la mayoría de los sistemas de segunda generación no se habían desarrollado estos modelos receptores y como resultado ellos no son aplicables o sólo pueden aplicarse bajo severos parámetros con limitaciones en el incremento de su rendimiento.

3. FUNCIONAMIENTO.

3.1 MÉTODO DE TRANSMISIÓN.

Dos implementaciones son propuestas para la capa física de ULTA como se vio en el capítulo anterior. Una, usa (FDD) Frequency Division Duplexing y otra usa Time Division Duplexing (TDD). Cada uno de los métodos satisface diferentes necesidades y requerimientos. La figura 5 mostrada en el capítulo anterior muestra el principio de funcionamiento de estos dos modos de transmisión que a continuación se describirán.

3.1.1 Frequency division duplexing. Requiere la asignación de dos bandas de frecuencia: una para el enlace de subida (uplink) y otro para el enlace descendente (downlink). Tiene la ventaja de poder transmitir y recibir al mismo tiempo. Además, el tamaño de la célula no está limitado por los retrasos de propagación como en TDD debido a la ausencia de time slots y períodos de guardia, lo que también hace el tiempo de sincronización entre la base y los móviles menos críticos que TDD. Porque transmiten y reciben al mismo tiempo, los adaptadores de radio FDD necesitan separar las señales entrantes y salientes en la antena. Los adaptadores se hacen de filtros que aumentan la complejidad y el costo del hardware. Por otra parte, FDD no asigna eficientemente el ancho de

banda disponible para todos los tipos de servicios. Por ejemplo, el acceso a Internet requiere más rendimiento en el procesamiento en el downlink como en el uplink. Ajustando el factor de ensanchamiento, puede ser posible usar solo la velocidad requerida, pero sigue siendo posible negociar el ancho de banda tanto para uplink como para downlink.

3.1.2 Time division duplexing. El modo Time Division Duplex puede usar la misma banda de frecuencia para uplink y downlink asignándoles distintos time slots para los dos enlaces. El tiempo es dividido en tramas que se dividen en slots de corta duración. Cada time slots puede ser asignado tanto como para uplink como para downlink. TDD puede, por lo tanto, asignar mas time-slots en los enlaces que requieren más rendimiento de procesamiento y auto-ajustarse él mismo continuamente, lo que hace más eficiente el ancho de banda que en FDD. Además, los terminales TDD no necesitan adaptadores, por lo que el hardware tiene menos complejidad que los terminales FDD. Sin embargo, TDD requiere un mejor tiempo de sincronización entre los usuarios, debido a su naturaleza de división de tiempo; además la estación base no permitirá transmitir al mismo tiempo que las estaciones de los móviles. Desde el tiempo que toma la señal para viajar desde la base hacia el móvil o desde el móvil hacia la base no es insignificante, un periodo de guarda (ver figura 5) debe ser incluido para cerciorarse que solo un enlace está activo al mismo tiempo. Para cuando la

estación móvil está lejos de la estación base, el tiempo de viaje de la señal puede volverse importante. Esto limita el tamaño de la celda⁶.

3.2 DS-CDMA.

La técnica de DS-CDMA (Direct Sequence CDMA) como se mencionó anteriormente es la técnica de acceso que utiliza WCDMA. En esta técnica, el ensanchamiento espectral se produce por medio de la multiplicación de cada bit de información por una secuencia código diferente para cada usuario que presenta una variación mucho más rápida que la de la señal de información. En recepción, basta con multiplicar nuevamente por la misma secuencia para devolver el espectro recibido a su forma original.

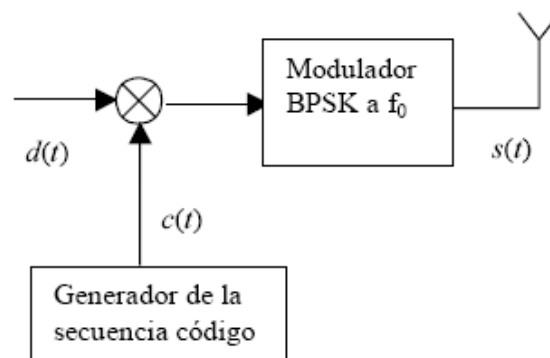


Figura 6. Transmisor DS-CDMA.

La figura (6) anterior muestra en esquema correspondiente a un transmisor DS-CDMA con modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying), se observa,

⁶ MPIRICAL. Mpirical Training. En: TDD (Time Division Duplex). <http://www.mpirical.com/Tdd.html>

igualmente, un ejemplo de evolución temporal de las diferentes señales involucradas en la siguiente figura (7). La señal de información a transmitir es $d(t)$, la secuencia código utilizada $c(t)$ está formada por N valores pseudoaleatorios denominados Chips, para este ejemplo, se multiplicó de cada uno de los bits de datos de con una secuencia de 8 bits de códigos.

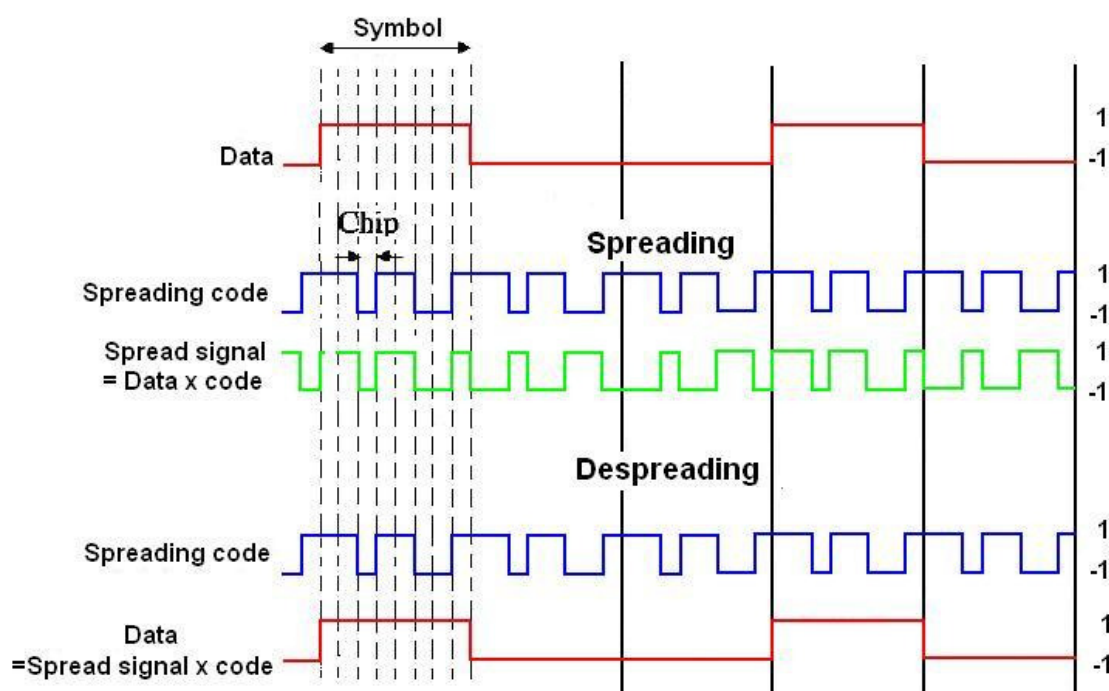


Figura 7. Spreading y Despreading en DS-CDMA.

La figura 8 muestra el proceso de esparcimiento para la transmisión de una señal en banda base, así como el proceso inverso. Se pueden apreciar además, algunos de las interferencias más comunes en un canal de comunicación de un sistema celular. La señal es transmitida en un canal con un nivel bajo de ruido. En el receptor se utiliza el mismo código para recuperar la señal original la cual pasa por un filtro pasa banda. Las señales no deseadas no serán recuperadas y no pasarán

el filtro pasa banda. Los códigos de extendido tienen la forma de una secuencia diseñadas cuidadosamente, de tal manera que la velocidad de estos códigos es mucho mayor (por lo menos el doble) que la velocidad de los datos en banda base. La velocidad de un código de extendido es llamada velocidad de chip en vez de velocidad de bit.

Las ventajas de una señal de espectro extendido sobre otra en banda base son la seguridad, la resistencia a la interceptación, resistencia al desvanecimiento multipath y son capaces de soportar las técnicas de acceso múltiple.

En DS-CDMA se utilizan dos familias de códigos de extendido los cuales tienen diferentes propiedades: los códigos ortogonales y los códigos de pseudo ruido.

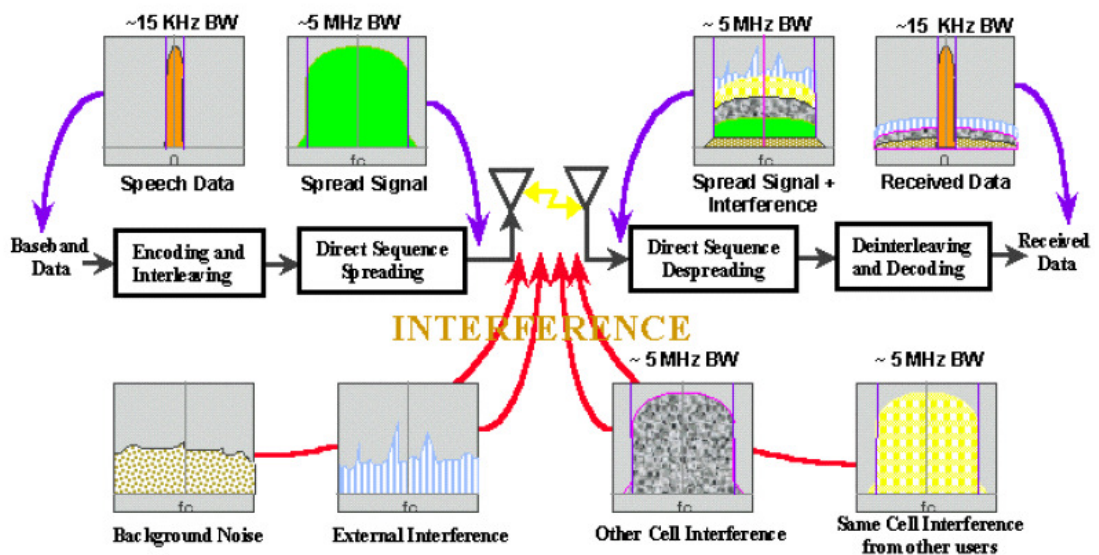


Figura 8. Proceso de extendido.

3.2.1 Códigos ortogonales. Los códigos ortogonales son aquellos que en un ambiente ideal no interfieren unos con otros. Para lograr esto, los códigos deben estar sincronizados en tiempo. Por lo tanto pueden ser utilizados en el enlace de bajada para separar diferentes usuarios de una misma célula, pero en el enlace de subida, sólo pueden separar servicios de un solo usuario. No se pueden utilizar para separar diferentes usuarios de la misma célula, debido a que los móviles no se encuentran sincronizados en tiempo unos con otros y por tanto sus códigos no pueden ser ortogonales (con la excepción de que el sistema este utilizando el modo TDD con su enlace de subida sincronizado). Además los códigos ortogonales no se pueden utilizar en el enlace de bajada entre estaciones base. La razón es que existe un número limitado de códigos ortogonales, los cuales deben ser reutilizados en cada célula lo que puede ocasionar que un UE (Equipo de usuario) pueda recibir el mismo código de dos estaciones base diferentes al mismo tiempo cuando éste se encuentre en los límites de la misma. Uno de estos códigos esta dirigido al UE y el otro a otro usuario. Si se utilizara un solo código ortogonal, esta señal podría interferir con otra de manera severa. Sin embargo, en el enlace de subida las señales de un solo usuario están sincronizadas en tiempo, lo que permite que los códigos sean ortogonales y se puedan separa los canales del mismo usuario.

En el enlace de bajada, el mismo árbol de códigos ortogonales es utilizado por la estación base para todos los móviles en esa célula. Un manejo cuidadoso es

necesario para que una estación base no utilice otros códigos de canalización. Esto es porque los códigos de canalización se utilizan en el enlace de bajada para separar conexiones de diferentes usuarios en la misma célula. La transmisión en el enlace de bajada de estaciones base separadas no es ortogonal, así que el UE debe distinguir primero a la estación base correcta mediante el código de scrambling y en seguida de la señal correcta extraer los datos utilizando los códigos de canalización. En conclusión, en el mundo real el enlace de bajada nunca será completamente ortogonal ni libre de ruido.

3.2.2 Códigos de pseudo ruido. Los códigos ortogonales no podrían realizar las funciones de extendido por sí solos en la interfaz aérea de UTRAN (WCDMA). Como se mencionó anteriormente, sólo pueden ser utilizados cuando las señales a las que se aplica están sincronizadas. Lo cual no sucede con los usuarios que no tienen sincronía en el enlace de subida. Algo más es necesario, debido a que si se utilizan los códigos ortogonales en el enlace de subida, éstos se cancelarían fácilmente, y sólo se pueden utilizar dentro de una sola estación base. Para solucionar este problema se requieren los códigos de pseudo ruido, los cuales son utilizados en la segunda parte del proceso de extendido la cual se llama scrambling.

En el proceso de scrambling (revoltura), la señal es multiplicada por la función XOR con los códigos de scrambling de pseudo ruido. Estos códigos de scrambling

pueden ser códigos largos o códigos cortos. Estos códigos de pseudo ruido tienen una muy buena auto correlación. La auto correlación mide la correlación entre la señal y la versión de la misma que ha sido retardada en tiempo. Así que si la señal recuperada en el receptor es multiplicada por el código de pseudo ruido que la generó, una buena auto correlación se debe encontrar si es la señal correcta. Para esto, la señal fue modulada usando el mismo código de pseudo ruido en el transmisor. Esta propiedad puede utilizarse para la secuencia de sincronización inicial y para separar los componentes generados por las diferentes rutas que sigue una señal al encontrarse distintos obstáculos en su camino.

Existen muchos códigos de pseudo ruido disponibles en el enlace de subida, así que no se necesita un manejo cuidadoso de ellos. Esto se refiere a que no existen problemas de sincronía ni de cancelación entre ellos. Un código de extendido, identifica a un UE a una estación base específica. En el enlace de bajada, los códigos de scrambling son utilizados para reducir la interferencia entre estaciones base, ya que cada Nodo B (figura 3) tiene sólo un código de scrambling primario y el UE puede utilizar esta información para separar las estaciones base. Existe 512 códigos de scrambling primarios en el enlace de bajada, éstos se dividen en 64 grupos y cada uno consiste de 8 códigos. El propósito de estos grupos es mejorar el proceso de sincronización.

Las especificaciones también definen códigos de scrambling secundarios. Cada uno de los códigos primarios contiene 16 códigos secundarios. Una posible aplicación de los códigos secundarios es en células sectorizadas, donde para separar sectores los códigos no pueden ser ortogonales entre ellos.

3.2.3 Códigos de canalización. Permiten efectuar la separación entre terminales de una misma estación base. Se hace uso de los denominados códigos OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor), una familia de códigos ortogonales que, a partir de la estructura en árbol mostrada en la Figura 9, permite alternar diferentes valores de ganancia de procesamiento entre 1 y 16 preservando la ortogonalidad.

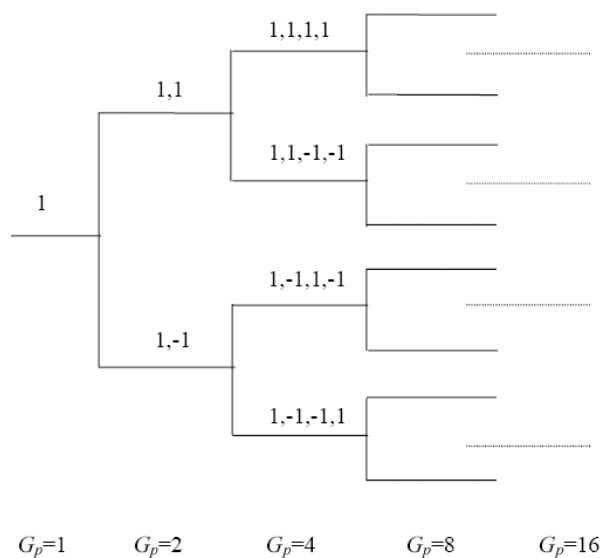


Figura 9. Árbol de códigos OVSF.

Nótese en la Figura anterior (9) el mecanismo de generación de los códigos OVSF: como puede observarse, existe una rama básica, de ganancia de

procesado 1, a partir de la cual se obtienen las secuencias a emplear con las ganancias de procesado superiores. Obsérvese como, para pasar de una ganancia de procesado G_P a $2G_P$, lo que se hace es, en la rama superior, duplicar la secuencia origen, y en la rama inferior duplicar e invertir dicha secuencia. Así, por ejemplo, partiendo de la secuencia de dos chips (1,1) correspondiente a $G_P=2$ se obtienen dos secuencias de 4 chips, correspondientes a $G_P=4$, de valores (1,-1,1,-1) (se ha duplicado la secuencia origen) y (1, -1, -1, 1) (se ha duplicado e invertido la secuencia origen).

Mediante este mecanismo de generación se obtienen conjuntos de G_P secuencias de ganancia de procesado G_P , todas ellas ortogonales. Debe tenerse presente que la ortogonalidad no se preserva entre una secuencia y las de G_P diferentes que se encuentran en su misma rama. Por este motivo, la asignación de códigos OVSF debe llevarse a cabo cuidadosamente porque la utilización de ciertos códigos puede inhabilitar la utilización de otros. A modo de ejemplo, considérese la asignación a un usuario del código (1, -1) de $G_P=2$; esta circunstancia inhibiría para otros usuarios los códigos (1,-1,1,-1) y (1, -1, -1, 1) de $G_P=4$, así como todos los códigos de ganancia de procesado superior que de ellos se deriven. Igualmente, estaría inhibida la utilización de $G_P=1$.

3.2.4 Códigos de scrambling. Tras efectuar el proceso de ensanchado mediante el código de canalización, se aplica un código de scrambling único para cada celda, lo que permite distinguir las transmisiones realizadas en estaciones base diferentes. Existen un total de 128 códigos de scrambling complejos diferentes, todos ellos de longitud 16 chips.

El mencionado proceso de ensanchado es válido tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendente, lo que garantiza un elevado grado de ortogonalidad en las transmisiones en ambos sentidos, contrariamente a lo que ocurre en el modo FDD (Frequency Division Duplex), en que las señales de los usuarios en el enlace ascendente viajan ensanchadas mediante secuencias de scrambling diferentes que no son perfectamente ortogonales. Esta característica de UTRA TDD (Time Division Duplex) provoca que la interferencia intracelular sea muy pequeña y que mayoritariamente el sistema esté limitado por la interferencia de otras celdas. Factores adicionales que contribuyen también a la reducción de la interferencia intracelular en el enlace ascendente son:

- Empleo de estrategias de detección multiusuario: Gracias a la utilización de cierto tipo de secuencias de entrenamiento para la estimación de la respuesta impulsional de los canales de diferentes usuarios, que se describirán posteriormente, así como al reducido número de señales simultáneas de que se dispone (a lo sumo 16), es posible implementar en la

estación base mecanismos de reducción de la interferencia a base de estimar, para un usuario dado, la contribución de interferencia del resto de usuarios y restarla de la señal total recibida.

- Mecanismos de avance temporal: Como ya se ha especificado, en el caso de sincronización en el enlace ascendente, es posible conseguir ajustar las diferentes señales recibidas con una resolución de hasta $1/4$ de chip. Esta alineación entre las señales recibidas de diferentes usuarios permite preservar en un alto grado la ortogonalidad aportada por los códigos OVSF.

3.3 RECEPTOR RAKE.

Otra de las características fundamentales de la técnica de acceso múltiple DS/CDMA se basa en la inherente diversidad frecuencial proporcionada por el gran ancho de banda de transmisión empleado. En particular, este aspecto puede ser aprovechado para utilizar la propagación multicamino de forma constructiva y mejorar el proceso de detección gracias a la capacidad de discriminar la señal recibida a nivel de chip. El denominado receptor rake, cuyo esquema se presenta en la Figura 10, hace uso de esta propiedad para aprovechar la diversidad intrínseca de DS/CDMA.

Esencialmente, el receptor rake, introducido originalmente por Price y Green en 1958, presenta como idea fundamental el construir un filtro adaptado a la señal recibida por medio de un conjunto de brazos, capturándose en cada uno la contribución proveniente de uno de los diferentes caminos de propagación. De este modo, sea un canal cuya respuesta impulsional se caracteriza por un conjunto de L caminos en instantes $(T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_L)$, cada uno con amplitud $h(T_i)$. En cada brazo del receptor se multiplica la señal recibida por la amplitud conjugada correspondiente a cada camino y por la secuencia código retardada adecuadamente. Así, gracias a las propiedades de autocorrelación de las secuencias código empleadas, cada brazo captura únicamente la energía proveniente del camino de propagación asociado a su retardo, mientras que el resto de caminos los percibe como interferentes. En consecuencia, el receptor lo que hace es utilizar constructivamente las señales de cada componente multicamino y combinarlas para efectuar la decisión del símbolo que se haya transmitido.

Es preciso ajustar dinámicamente tanto los retardos como los coeficientes según la estimación de canal que pueda llevarse a cabo mediante el uso de símbolos piloto, de modo que en todo momento se estén capturando los L caminos de propagación más significativos, pues en general puede existir un número de caminos superior a L . En la práctica, no se suelen usar más de 3 ó 4 brazos para la construcción de este receptor.

La resolución para la detección de caminos diferentes viene dada por el tiempo de chip T_C según las secuencias código empleadas.

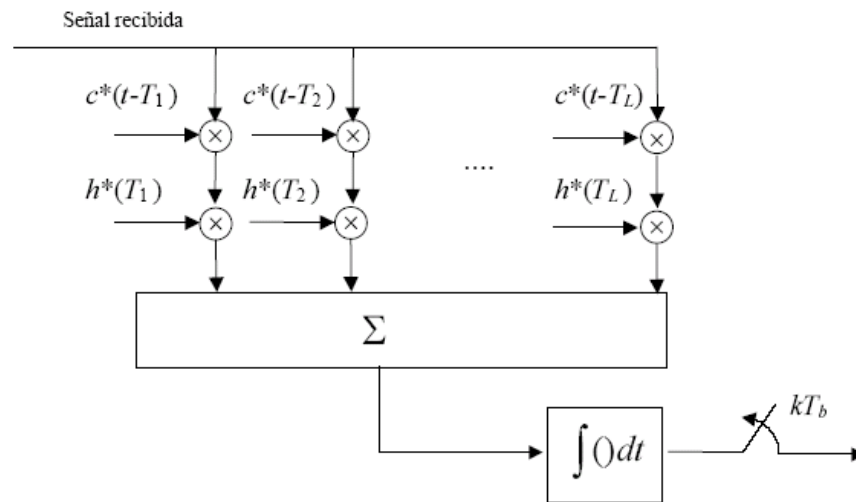


Figura 10. Esquema del receptor rake

3.4 FUNCIONES DE LA CAPA FÍSICA.

La capa física debe realizar las siguientes funciones:

- Codificación y decodificación para corrección de errores de los canales de transporte.
- Mediciones e indicaciones de radio a las capas superiores.
- Macro diversidad, distribución y combinación y la ejecución del sofá handover.
- Detección de errores en los canales de transporte.
- Multiplexado de los canales de transporte y demultiplexado de CCTrCHs.

- Rate Matching
- Mapeo de los CCTrCHs en los canales físicos.
- Modulación, spreading/ Demodulación, despreading de los canales físicos.
- Sincronización en frecuencia y tiempo.
- Control de potencia de lazo cerrado.
- Peso de potencia y combinación de canales físicos.
- Procesamiento de RF.
- Avance en tiempo en el enlace de subida (sólo en el modo TDD).
- Soporte para la sincronización en el enlace de subida (sólo en el modo TDD).

3.4.1 Codificación y decodificación para corrección de error. El esquema FEC (Forward Error Correction) pretende reducir los errores en la transmisión. La codificación para corrección de errores se le llama generalmente codificación de canal. La idea es añadir redundancia a los bits transmitidos de tal forma que bits equivocados puedan ser corregidos en el receptor. Existen muchos esquemas de corrección de error disponibles, los cuales tienen diferentes capacidades. La opción para el esquema de codificación de canal depende de los requerimientos del canal en cuestión.

En el estándar UTRAN se emplean tres esquemas: los códigos convolucionales, los turbo códigos y los códigos no correctores del todo. Los códigos

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

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

La tasa de código indica el número de bits en la entrada y el número de bits en la salida en la función de codificación de canal. En los códigos convolucionales y en los turbo códigos típicamente es de $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{3}$; si entra un bit salen dos, o salen tres dependiendo el caso.

En UTRAN la codificación de canal es combinada con la función de corrección de error CRC para formar una forma híbrida ARQ. Esto significa que la codificación

de canal pretende arreglar tantos errores como sea posible, lo que se traduce en que el código de detección de error se aplica aunque no haya errores. Paquetes erróneos son detectados y se indica a las capas superiores para su retransmisión. De manera más detallada, la retransmisión de los datos olvidados o corruptos depende de la capa RLC.

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

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

El uso de este fenómeno es esencial para WCDMA, ya que todas las estaciones base utilizan la misma frecuencia (reutilización de frecuencia=1) y el control de

potencia rápido. Sin la combinación de la macro diversidad, los niveles de interferencia aumentarían de tal manera que la capacidad decrecería.

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

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

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

La entidad transmisora calcula la suma de CRC sobre todo el mensaje y lo añade al final del mismo. La entidad receptora checa el mensaje aún si el CRC del mensaje recibido coincide con el CRC enviado. [9] Un CRC incorrecto debe ser notificado a la capa 2. Si La unidad de datos de protocolo RLC es mapeada una a una en los bloques de transporte entonces la facilidad para detectar los errores en la capa 1 puede ser usado para el protocolo de retransmisión a la capa 2.

En UTRAN la detección de error es combinada con un esquema de codificación de canal para formar un esquema híbrido ARQ. La idea de este esquema es que la codificación de canal reduce el número de paquetes dañados antes de que sean detectados por la función de detección de error. La codificación de canal tiene por

objetivo arreglar la mayor cantidad de errores posibles, y la función de detección de error lo checa aunque esté correcto el mensaje. Los paquetes erróneos son detectados y se pide a las capas superiores por la retransmisión.

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

Puede haber más de un CCTrCHs por conexión. En el modo FDD el UE sólo puede tener un CCTrCHs en el enlace de subida. En el modo TDD en el mismo enlace se pueden acomodar muchos CCTrCHs. En el enlace de bajada ambos modos pueden tener muchos CCTrCHs por UE. Los diferente CCTrCHs pueden tener diferente requerimientos de S/I para ofrecer diferente QoS en los canales de transporte mapeados.

3.4.5 Mapeo de CCTrCHS en canales físicos. Si hay más de un canal físico en uso, el número de bits utilizados en los CCTrCHS se deben dividir entre ellos. Esto se realiza por la simple segmentación de los bits de entrada de manera par en cada canal físico.

Cabe mencionar que el ajuste de velocidad ya se dio en una etapa anterior, así que los CCTrCHs se acomodan muy fácilmente en los canales físicos.

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

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

3.4.6 Modulación-extendido/Demodulación-recuperación de los canales físicos. Lo relacionado en esta sección se explicó más a detalle en la sección 3.2, sólo que es necesario nombrarlo aquí como una de las funciones de la capa física.

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

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

EL control de potencia de lazo cerrado en UTRAN puede ser dividido en dos procesos: control de potencia dentro del lazo y fuera del lazo. El control de potencia fuera del lazo establece el SIR (Signal to Interferente Ratio) mientras que el control de potencia dentro del lazo de la capa uno, ajusta la potencia de transmisión ya que el SIR medido debe ajustarse al SIR determinado por el control de potencia fuera del lazo.

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

El control de potencia dentro del lazo es realizado totalmente dentro de la capa 1. Este es un método muy rápido de ajustar la potencia de transmisión. Por lo tanto, éste tipo de control es llamado control de potencia rápido. El control de potencia fuera del lazo es ejecutado por la capa RRC, es decir la capa 3.

El control de potencia en WCDMA aumenta el número de usuarios por portadora al disminuir el nivel de interferencia. Esto se debe a que se toman 1500 mediciones de la potencia por segundo, y modificando la potencia con la que transmiten tanto el móvil como la radio base, los niveles de interferencia son muy

bajos por lo que el número de usuarios puede incrementar. Además de disminuir el nivel de interferencia, con el control de potencia se presenta un fenómeno llamado cell breathing. Cell Breathing significa que dependiendo de el número de usuarios el tamaño de la célula puede variar, mientras con muchos usuarios el tamaño de la célula será menor, mientras menos usuarios se encuentren en el sistema la cobertura será mucho mayor⁷. Este fenómeno se muestra la figura 11.

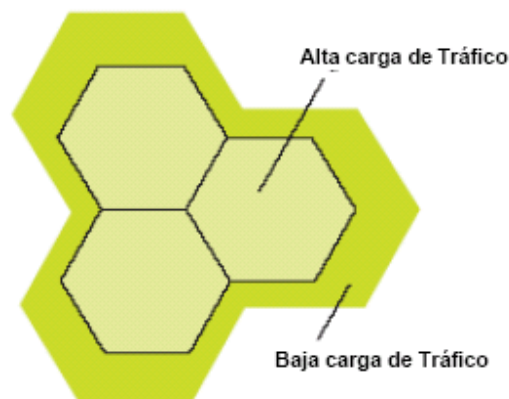


Figura 11. Tamaño de las células dependiendo del tráfico.

3.5 CANALES.

3.5.1 Canales físicos de wcdma. Los canales físicos se utilizan para transmitir la información por la interfaz aérea (WCDMA) y definen las características físicas exactas del canal de radio. Un canal físico corresponde a una frecuencia portadora, código, y en el enlace de subida a su fase relativa. Se utiliza un código

⁷ Ericsson. Basic Concepts of WCDMA Radio Access Network. 2001. p. 5

de scrambling para identificar al transmisor. Así el receptor puede discriminar los transmisores que solo le causan interferencia a la señal. Los canales físicos existentes son:

3.5.1.1 DPDCH/DPCCH (Dedicated Physical Data Channel/ Dedicated Physical Control Channel). Son aquellos canales que se asignan a los terminales en modo dedicado, tanto en el enlace ascendente como en el descendente. El DPDCH se destina al envío de información de capas superiores y el DPCCH a la información de control de nivel físico como los bits piloto o los bits de control de potencia.

3.5.1.2 PCCPCH y SCCPCH (Primary Common Control Physical Channel Y Secondary Common Control Physical Channel). Son canales comunes existentes únicamente en el enlace descendente. El PCCPCH es único en cada celda, utiliza una ganancia de procesamiento de valor 256 y es el canal físico sobre el que viaja el canal de transporte de difusión o broadcast. Respecto a los canales SCCPCH, pueden existir varios en cada celda y emplear ganancias de procesamiento variables.

3.5.1.3 PRACH (Physical Random Access Channel). Es el canal físico utilizado por el canal de transporte de acceso aleatorio RACH. Presenta una estructura de tramas diferente a la de los canales dedicados y adaptada a las características del protocolo de acceso empleado.

3.5.1.4 PCPCH (Physical Common Packet Channel). Es el canal físico sobre el que viaja el canal de transporte CPCH, destinado a los servicios de transmisión por paquetes.

3.5.1.5 PDSCH (Physical Downlink Shared Channel). Es un canal en el enlace descendente que presenta una ganancia de procesamiento variable y que está asociado a un canal dedicado que le proporciona el control de nivel físico.

3.5.1.6 (Synchronisation Channel). Canal en el enlace descendente constituido por la secuencia código de sincronización primaria, común para todas las bases del sistema, y por un conjunto de secuencias código de sincronización secundarias, diferente para cada base. A través de la detección de estas secuencias los terminales logran conocer la estructura de trama empleada por la base y descubrir la secuencia código utilizada por el canal PCPCH.

3.5.1.6.1 CPICH (Common Pilot Channel). Canal en el enlace descendente que transporta, con ganancia de procesamiento fija e igual a 256, una secuencia conocida de símbolos a través de la cual se puede efectuar la estimación de canal y realizar medidas de potencia de las diferentes celdas.

3.5.1.7 PICH (Paging Indication Channel). Canal en el enlace descendente que contiene un conjunto de indicadores de paging para informar a terminales sobre cuándo deben decodificar la información del canal de transporte PCH asociado.

3.5.1.8 AICH (Acquisition Indication Channel), CSICH (Cpch Status Indication Channel) y CD/CA-ICH (Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel). Conjunto de canales que transportan una serie de indicadores empleados en los procedimientos de acceso definidos para el canal PCPCH, y en el caso del AICH también para el canal PRACH.

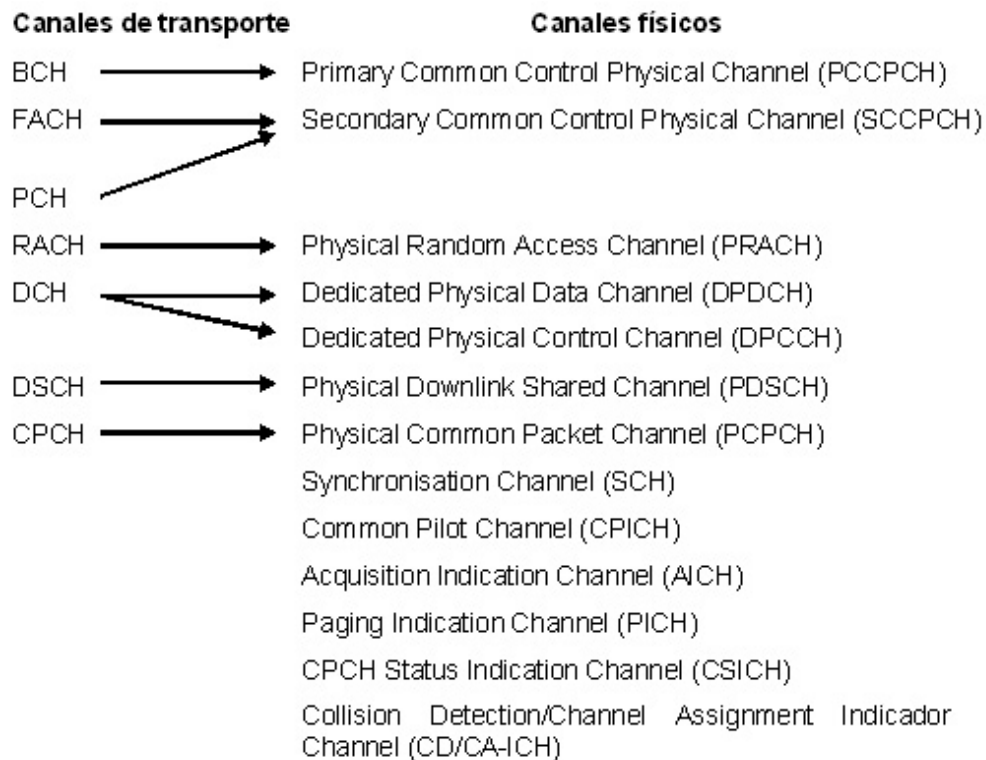


Figura 12. Mapeo del canal de transporte para el canal físico.

3.5.2 Canales de transporte. Proporcionan al nivel de acceso al medio un servicio de transporte de información sobre los canales físicos. Vienen definidos por las características a nivel de formato de transmisión (codificación, entrelazado, cantidad de información, etc.) con que los datos serán enviados a través del interfaz aire, con independencia del contenido de esta información. Cada canal de transporte viaja sobre uno o varios canales físicos y se ajustan a la tasa ofrecida por los canales físicos de acuerdo a la figura 12. Todos los canales de transporte son unidireccionales. Los canales de transporte se dividen en dos grupos: canales comunes y canales dedicados.

3.5.2.1 Canales De Transporte Comunes.

Canal de broadcast (BCH).

Se utiliza para difundir información del sistema a toda la célula. Como los parámetros para el BCH son fijos, cada unidad móvil puede decodificar la información difundida. Dicha información solo existe en el enlace de bajada.

Canal De Acceso De Subida (FACH).

Igualmente solo existe en el enlace de bajada y se utiliza para enviar relativamente poca información de control. La transmisión está limitada en tiempo, los parámetros de éste canal son difundidos vía la información del sistema. Este canal puede llevar cualquier canal de control.

Canal De Voceo (PCH).

Solo existe en el enlace de bajada, su función es llevar información relevante al proceso de voceo.

Canal Compartido Del Enlace De Bajada (DSCH).

Éste canal es compartido por varios usuarios. Éste canal es similar al FACH, sin embargo, éste si cuenta con control de potencia por lo que puede ser utilizado más tiempo. Siempre se encuentra asociado a un DCH. La información de cuando decodificar y que código de pseudoruido utilizar va por el DCH.

Canal De Acceso Aleatorio (RACH).

Este canal solo se encuentra en el enlace de subida y se utiliza para enviar información de control a la red; aunque también puede ser utilizado para enviar poca información en forma de paquetes a la red. Debido a que todos los móviles, en el área de cobertura, utilizan este canal existe un gran riesgo de colisiones. Los parámetros para este canal son difundidos por el BCH. Para acceso inicial utiliza control de potencia de lazo abierto.

Canal De Paquetes Comunes (CPCH).

Existe únicamente en el enlace de subida, es similar al RACH ya que también envía paquetes de información a la red, pero este canal cuenta con un procedimiento para su acceso por lo que se pueden evitar colisiones; además utiliza un rápido control de potencia por lo que puede estar en operación un periodo de tiempo mayor. Puede cambiar su tasa de transmisión en una base de segmento en segmento.

3.5.2.2 Canales Dedicados.

Canal Dedicado (DCH).

Es un canal de transporte dedicado a una unidad móvil, provee transferencia de información tanto de control como de usuario. Es el único canal de transporte que soporta handover suave. Existe en ambos enlaces.

3.5.2.3 Ajuste de velocidad. El número de bits de un canal de transporte puede variar cada intervalo de tiempo de la transmisión. Sin embargo, las tramas de los canales físicos deben ser completadas. Esto significa que algún método de ajuste debe ser utilizado para obtener las dos velocidades especificadas.

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

En el enlace de bajada, la red puede interrumpir la transmisión si el número de bits que se transmiten es menor al máximo permitido. Esto es llamado modo discontinuo de transmisión (DTX) y es usado para disminuir la interferencia en la ruta de radio. El ajuste de velocidad es necesario en el enlace de bajada para saber cuántos bits DTX deben ser transmitidos, esto se hace calculando la velocidad pico de datos y comparándola con la ofrecida.

4. DIFERENCIAS ENTRE WCDMA E INTERFACES DE AIRE SIMILARES.

Las tecnologías de segunda generación, mencionadas anteriormente y que se van a comparar con WCDMA son GSM e IS-95 (El estándar para los sistemas cdmaOne). Otras tecnologías de segunda generación de interfaz de aire son PDC que esta disponible en Japón y US-TDMA disponible principalmente en América, estas son basadas en TDMA (time division multiple access) y tienen mas similitudes con GSM que con IS-95. También se realizará una comparación entre WCDMA y CDMA2000 que son tecnologías de tercera generación. Para entender las diferencias entre los sistemas de segunda y tercera generación, nosotros necesitamos mirar las características de los sistemas de tercera generación, que son mostrados a continuación.

- Velocidades hasta 2Mbps.
- Velocidad de bits variable para ofrecer una demanda de ancho de banda.
- Coexiste de los modos FDD y TDD.
- Alta eficiencia del espectro.
- Múltiples servicios con diferentes calidades en una simple conexión.
- Soporta tráfico uplink y downlink asimétrico.
- Coexistencia de sistemas de segunda y tercera generación y trasposos (Handovers) de sistemas intermedios para mejoras de la cobertura y balanceo de carga.

- Requerimientos de calidad de 10% de error de rata de la trama para tener un 10^{-6} de rata de bits errados.
- Operación asincrónica.

4.1 WCDMA VS GSM.

En las siguientes tablas se muestran diferencias entre WCDMA y GSM, para estas comparaciones solo es considerada la interfaz aérea. Esto debido a que GSM cubre también servicios y aspectos de redes.

Las tecnologías de tercera generación exigen una interfaz de aire con muchas más soluciones a nuevos requerimientos, por ejemplo, un ancho de banda grande de 5Mhz es necesario para soportar altas velocidades de transporte.

Además el control de la potencia se realiza aproximadamente 1500 veces por segundo, esto aumenta el número de usuarios por portadora al disminuir el nivel de interferencia, es decir, modificando la potencia con la que transmiten tanto el móvil como la radio base, los niveles de interferencia son muy bajos por lo que el número de usuarios puede incrementar.

La diversidad en la transmisión es incluida en WCDMA, para mejorar la capacidad de downlink para soportar los requerimientos de capacidad asimétrica entre downlink y uplink. Esta diversidad en la transmisión no es soportada por los estándares de segunda generación por lo que limita las velocidades de downlink para esas tecnologías. Las mezclas de diferentes velocidades, servicios y requerimientos de calidad en los sistemas de tercera generación requieren algoritmos de administración de recursos de radio avanzados para garantizar la calidad de servicios para maximizar el rendimiento. También, el soporte eficiente de los paquetes de datos en tiempo no real es importante para nuevos servicios.

En WCDMA se reduce la propagación multipath. Debido a la menor dispersión angular de la potencia radiada por la estación base, se reducirá el número de trayectos múltiples que alcanzarán al móvil (mejorando así las características de dispersión de retardo del canal). Esto permitiría relajar los requisitos exigidos al ecualizador del terminal móvil. En WCDMA, si bien se puede aprovechar la recepción multitrayecto mediante el uso de receptores Rake, cuando los móviles se desplacen a gran velocidad esta ventaja puede ser muy significativa. Esto, mejora la cobertura para WCDMA mientras que GSM utiliza el salto de frecuencia.

Para la tecnología GSM no se habla tanto de ventajas y desventajas, sino de la coexistencia entre estas dos, ya que como las dos tienen tecnologías similares se podría hablar de una migración de GSM a WCDMA en los próximos años, ya que WCDMA está en condiciones de trabajar sobre GSM. En la siguiente tabla se

muestra un resumen de las principales diferencias entre la interfaz de aire WCDMA y GSM.

Tabla 2. Principales diferencias entre WCDMA y GSM.

	WCDMA	GSM
Espacio entre portadoras	5 MHz	200 kHz
Factor de reuso de Frecuencia	1	1-18
Frec. del control potencia	1500 Hz	2 Hz o mas baja
Control de calidad	Algoritmo de administración de recursos de radio	Network Planning (Planificación de red)
Diversidad de Frecuencia	Ancho de banda de 5Mhz permiten diversidad frente al desvanecimiento multicamino con receptores Rake.	Salto de frecuencias (Frequency hopping)
Transmisión de datos en modo paquete	Gestión basada en la carga	GPRS.
Diversidad por transmisión Downlink	Soportado para mejorar la capacidad de Downlink	No soportado, pero puede ser añadido.

4.2 WCDMA vs IS-95.

Con respecto a WCDMA e IS-95, ambos utilizan el método de secuencia directa CDMA (DS-SS). La velocidad del chip es de 3.84 Mcps en WCDMA mientras que en IS-95 la velocidad es de 1.2288 Mcps, esta alta velocidad da más diversidad de multipath en WCDMA que en IS-95, especialmente en zonas urbanas (microceldas), entre más sea la diversidad de multipath, mejor será la cobertura; además WCDMA tiene el control rápido de potencia de lazo cerrado en uplink y en downlink, mientras que IS-95 utiliza un control rápido de potencia sólo en uplink. El control rápido de potencia en downlink mejora el rendimiento y refuerza la capacidad de downlink. El sistema IS-95 estuvo apuntando a aplicaciones en macroceldas. Las estaciones base de macroceldas necesitan ser sincronizadas y esta sincronización es típicamente obtenida vía GPS. La necesidad de la señal de GPS produce un despliegue de las microceldas y picoceldas, produciendo problemas, subsecuentemente la recepción del GPS es difícil sin una conexión línea de vista con los satélites GPS. Por lo tanto, WCDMA está diseñado para operar con estaciones base asíncronas donde la sincronización por GPS no es necesaria. La estación base asíncrona produce el handover en WCDMA un poco diferente que en IS-95. En la siguiente tabla se encuentra una tabla con las principales diferencias entre WCDMA e IS-95. Con estas diferencias se observa nuevamente que WCDMA supera ampliamente la interfaz de aire de IS-95.

Tabla 3. Principales diferencias entre WCDMA y IS-95

	WCDMA	IS-95
Espacio entre portadoras	5 Mhz	1.25 MHz
Chip rate (Velocidad del Chip)	3.84 Mcps	1.2288 Mcps
Frecuencia de control de potencia	1500 Hz tanto para Uplink como para Downlink	Uplink: 800Hz, downlink: Control de potencia suave.
Sincronización estación base	No es necesaria	Típicamente obtenida vía GPS.
Inter-Frequency Handovers	Sí, se especifica el método de medida	Posible, pero no se especifica el método de medida.
Algoritmo de gestión eficiente de los recursos de radio	Sí, se proporciona la calidad del servicio requerida	No se necesita para redes sólo de voz
Transmisión de datos en modo paquete.	Gestión basada en la carga	Paquetes de datos transmitidos como llamadas de voz de corta duración
Diversidad de transmisión Downlink.	Soportado para mejorar la capacidad de Downlink.	No soportado por el estándar.

4.3 WCDMA vs CDMA2000.

Al comparar WCDMA y CDMA2000 según el criterio técnico, las diferencias entre estas dos tecnologías no será mucha y que no dirán a ciencia cierta cual de estas dos tiene la vanguardia en el futuro. WCDMA utiliza una velocidad de chip más alta 3.84Mcps contra 3.6864 Mcps de CDMA2000. Esto otorga mejor diversidad multicamino (multipath), que se traduce en mejor cobertura.

Las capacidades del sistema de ambos métodos son más o menos comparables con una pequeña diferencia a favor de WCDMA. Así, el ancho de banda más “ancho” de WCDMA promete entregar una buena calidad de servicio y características de expansión. La tecnología de 1xEV-DV (evolución del sistema cdma2000, portadora 1X, EV Evolution, DV Data and Voice) de cdma2000 es flexible por lo que se pueden dar aumentos de capacidad adicionales en los límites de la tecnología. En contraste, WCDMA tiene todavía el potencial para incrementar el rendimiento como es hecho claro por actualización del estándar HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) aprobado en el. Esto permite para enlaces de bajada (downlink) velocidades de hasta 10 Mbps gracias a mejorados mecanismos de la transmisión perfeccionados para el traslado de los datos.⁸

Aunque el camino de migración de GSM a UMTS/WCDMA también provoca un cambio en la tecnología usada para la transmisión, las soluciones para la

⁸ Siemens. WCDMA vs. CDMA2000. En: Information and Communication Mobile. Munich. p. 5.

reutilización de de infraestructuras de red existentes parece ser más simple y más rentable para esta tecnología (UMTS/WCDMA) que para la familia de sistema de cdma2000. Así, por ejemplo, actualizando a la versión 1xEV-requeriría de una inversión grande preparar separadas redes.

Otra problemática es la detección basada en los satélites del GPS de las estaciones bases que se requiere para cdma2000. Puesto que la tecnología del GPS requiere una línea de la vista ininterrumpida a los satélites, las celdas pequeñas, por ejemplo, dentro de los edificios, o entre los edificios altos, requiere un costo adicional para instalar los receptores de GPS externos. WCDMA opera por otro lado en el modo asíncrono y, como resultado, puede usarse universalmente sin el uso de GPS.

Los resultados de comparar los dos sistemas son muchos cuando se tienen en cuenta los aspectos económicos y la porción del mercado, por ejemplo, en la producción de equipos de red y dispositivos, así como las posibilidades de cobertura internacional (Roaming). En este sector, GSM y sus tecnologías sucesoras GPRS, EDGE y UMTS/WCDMA son dominantes.

Por encima de 750 millones de subscriptores (en el año 2002) y alrededor de 175 países claramente GSM es el líder del estándar de comunicaciones móviles a nivel mundial. En el año 2001, el 81 por ciento de todas las nuevas subscripciones eran para los dispositivos de GSM, considerando que sólo 13 por ciento eran para los

dispositivos del cdmaOne. La tendencia de suscripción actual dice que el intervalo entre las porciones del mercado para GSM y CDMA continuara ensanchando. Se espera que para el 2005, el 80% de los teléfonos serán dispositivos de modo dual para GSM y UMTS/WCDMA.

Por todo lo mencionado anteriormente WCDMA tiene ventajas considerables con respecto a CDMA2000 que serán de vital importancia para la implementación de estos sistemas en la actualidad.

El camino de migración de 2.5G a 3G vía GPRS y EDGE a UMTS es el camino que la mayoría de portadores móviles mundial piensa tomar. Los costos-beneficios que pueden lograrse por el volumen de producción, habla a favor de UMTS/WCDMA como la 3G tecnología dominante. Altos volúmenes permiten precios más atractivos para la infraestructura de la red, tecnología del sistema y para los dispositivos finales, los móviles. Esto ya está teniendo un efecto en el mercado dónde los terminales de cdmaOne costaron casi dos veces que los dispositivos de GSM/GPRS. El gasto para la investigación y desarrollo también será proporcional a la porción del mercado global, con un efecto positivo en la velocidad y calidad de desarrollos a través de madurez. El portafolio de productos esta claro: Encima de 300 millones microteléfonos de GSM están en el mercado, aproximadamente dos veces el número de modelos del cdmaOne. Las tecnologías derivadas de GSM disfrutan los beneficios que vienen de los períodos más largos de desarrollo y maduración. El rango de servicios valor-agregados es más ancho y

más multifacético. El retorno en la inversión puede lograrse más rápidamente. El Roaming y el continuo servicio también hablan a favor de WCDMA. Los jugadores globales pueden ofrecerles servicios globales que se extienden por las redes a sus clientes y por las fronteras nacionales. En conclusión, en los próximos años se vera un gran y poderoso “monopolio” por parte de UMTS/WCDMA.

CONCLUSIONES

En esta monografía ha proporcionado una descripción de las capacidades que tiene la interfaz aérea WCDMA, que es de vital importancia para el excelente rendimiento de UMTS, ya que es la que proporciona la comunicación inalámbrica entre la estación móvil y la estación base y viceversa.

Como la interfaz de aire es la más importante en una red de telefonía celular, debido a sus características de transmitir por el aire y es la que realmente determina la velocidad de transmisión de todo el sistema, debe tener una buena estructura para satisfacer los servicios multimedia tales como acceso a Internet y videoconferencias principalmente; WCDMA es la tecnología que cumple con estos requisitos por su diseño basado principalmente en su técnica de acceso al medio DS-SS y los modos de transmisión TDD y FDD que permite el uso eficiente del ancho de banda de 5 MHz y las velocidades de transmisión.

El ancho de banda ni la velocidad en la transmisión son las únicas necesidades de un proveedor de telefonía celular para satisfacer a sus clientes, también se necesita tener una buena cobertura, por eso WCDMA es la interfaz de aire que permite una cobertura amplia debido a su control de potencia, que permite aumentar el número de usuarios por portadora al disminuir el nivel de interferencia. Además WCDMA debido a su operación asíncrona no requiere de

GPS que para las otras tecnologías requiere un costo superior y necesitan línea de vista con el satélite.

WCDMA posee una ventaja con las otras tecnologías de tercera generación y es que esta en proceso de desarrollo lo que se traduce en la posibilidad de mejorar aun mas su rendimiento, por ejemplo con la puesta en marcha del estándar HSDPA se logrará aumentar la velocidad en la transmisión considerablemente.

En las comparaciones de la tecnología WCDMA con las tecnologías similares como son IS-95, GSM y CDMA2000 se observó una clara ventaja de la interfaz en estudio por lo que sería una buena solución para las amplias necesidades de los usuarios de telefonía celular.

El paso de la generación 2.5G a la tercera generación es el camino que la mayoría de los operadores mundiales piensan tomar, principalmente de GSM/GPRS para UMTS/WCDMA. Esto debido principalmente a que las dos (GSM y UMTS(WCDMA) tienen tecnologías similares, además, la parte económica, ya que los costos-beneficios que pueden obtener son excelentes, esto porque GSM tiene un mayor mercado comparado con respecto a sus competidores lo que se traduce en producción en altos volúmenes que provocarían precios asequibles, es decir, debido a la alta producción, los precios para la infraestructura de la red, tecnología del sistema y para los terminales finales (teléfonos celulares) serán más atractivos.

BIBLIOGRAFÍA

ALMERS, Meter. Experiencias con la red viva de WCDMA en Estocolmo, Suecia. [Sitio en Internet]. Ericsson. http://www.ericsson.com/about/publications/review/2000_04/files/es2000041.pdf. Consultado el 1 de Noviembre de 2004.

HARTE, Lawrence. Introduction to Wcdma: Physical Channels, Logical Channels, Network, and Operation. New York. Editorial Althos. 2004. 112 p.

HERRERA, José. Panorámica actual de la estandarización de los sistemas celulares de tercera generación. [Artículo de Internet]. Telefónica I+D. <http://www.tid.es/presencia/publicaciones/comsid/esp/21/01.pdf>. [Consultado el 10 de noviembre de 2004].

HOLMA, Harri y TOSKALA, Antti. WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications. Finlandia. Editorial Wiley. 2000. 320p.

PEREZ, Jordi. Contribución al Estudio de Técnicas de Acceso Aleatorio y al Análisis de la Calidad de Servicios en Sistemas de Transmisión por Paquetes para Comunicaciones Móviles [Tesis Doctoral]. Cataluña. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de Comunicacions. 2001. 359 p.

QUALCOMM. WCDMA (UMTS). [Sitio en Internet]. <http://www.qualcomm.com/technology/wcdma.html>. [Consultado el 5 de noviembre de 2004].

ROJAS, Julys. Aspectos técnicos de WCDMA en los sistemas inalámbricos. [Artículo de Internet]. <http://neutron.ing.ucv.ve/revistae/WCDMA.htm>. [Consultado el 22 de Octubre de 2004].

WILLTEK. UMTS/WCDMA. [Sitio en Internet]. http://www.willtek.com/spanish/technologies/umts_wcdma. [Consultado el 3 de noviembre de 2004]