



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

EVOLUCIÓN DE 3G Y SU CONVERGENCIA A 4G EN COMUNICACIONES MÓVILES.

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero en Electrónica

PROFESOR PATROCINANTE:
Sr. Néstor Fierro Morineaud.

JAVIER ALONSO NAVARRO GIOVANETTI

VALDIVIA 2008

COMISIÓN DE TITULACIÓN

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Néstor Fierro Morineaud.

FIRMA

PROFESORES INFORMANTES

Sr. Pedro Rey Clericus.

FIRMA

Sr. Raúl Urra Ríos. .

FIRMA

Fecha de Examen de Titulación:

AGRADECIMIENTOS.

En el momento culmine de mi formación profesional, agradezco a mis padres Mirna y Jorge, hermanos, familiares y amigos, el apoyo, confianza y ánimo que me han dado en este camino. Durante este proceso, me he formado como profesional y he cultivado mis valores sociales, lo cual he de llevar conmigo por el resto de mi vida.

A mi pareja Paulina, agradezco el cariño, paciencia y preocupación, lo cual me dio las fuerzas para llevar a cabo mis objetivos.

Agradezco a mis profesores por las oportunidades de participar en las actividades relacionadas con la carrera, lo cual me ha permitido tener una visión más completa del desempeño profesional.

ÍNDICE GENERAL.

AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPITULO I. TECNOLOGIAS Y NORMATIVA ASOCIADA.....	11
1.1. Avance tecnológico.....	12
1.2. IMT-2000.-.....	13
1.2.1. 3GPP.....	15
1.2.1.1. Revisiones del 3GPP.....	16
1.2.2. 3GPP2.....	19
1.2.2.1. Revisiones del 3GPP2.....	20
1.3. IEEE 802.....	22
1.3.1. IEEE 802.11.....	22
1.3.2. IEEE 802.15.....	22
1.3.3. El estándar IEEE 802.16.....	23
1.4. Resumen del capítulo.....	23
CAPITULO II. EVOLUCIÓN VÍA GSM.....	24
2.1. EDGE.....	26
2.1.1. EDGE Evolution.....	28
2.2. UMTS/WCDMA.....	29
2.2.1. Arquitectura de red UMTS.....	30
2.2.2. Tipos de Celdas UMTS.....	31
2.2.3. WCDMA.....	31

2.2.4.	Evolución de la radio UMTS.	32
2.3.	TECNOLOGÍA HSPA + (Hight Speed Packet Access Pluss).	33
2.3.1.	HSDPA (Hight Speed Dowlink Packet Access).	34
2.3.1.1.	Arquitectura de red HSDPA.	34
2.3.2.	HSUPA	38
2.3.2.1.	Mejora del rendimiento de red.....	38
2.3.2.2.	Especificaciones.	38
2.3.2.3.	Avance de las tecnologías principales.	39
2.3.2.4.	Características de la red HSUPA.	40
2.4.	LTE (Long Term Evolution).	41
2.4.1.	Nuevos métodos de transmisión para LTE.	42
2.4.2.	Nuevos Nodos.....	43
2.4.3.	Características de espectro.....	46
CAPITULO III. EVOLUCIÓN VÍA CDMA.....		47
3.1.	CDMA 2000.	47
3.2.	CDMA2000 1x.	48
3.2.1.	Arquitectura de red CDMA 2000 x1.	48
3.3.	1xEV-DO – Rev. 0.	49
3.3.1.	Arquitectura de red EV-DO.....	50
3.3.2.	Protocolo IP.	51
3.3.3.	Interface aérea.....	52
3.4.	1xEV-DO – Rev. A.-	53
3.5.	1xEV-DO – Rev. B.....	53
3.6.	1xEV-DO – Rev. C.....	54
3.7.	Estado actual de la tecnología.....	55

CAPITULO IV. WIMAX MÓVIL (IEEE 802.16e)	56
4.1. Wimax.	56
4.2. WiBro: IEEE 802.16e.....	57
4.3. Tres tecnologías clave para Mobile WiMAX.	58
4.3.1. OFDMA.....	58
4.3.2. MIMO.....	58
4.3.3. AAS (Adaptive Antenna System).....	59
4.4. WiMAX frente a los sistemas 3G.....	60
CAPITULO V. ESPECTATIVAS EVOLUTIVAS A 4G	63
5.1. Mejoramiento de la eficiencia espectral.	64
5.2. Mercado y Servicios.	65
5.3. Evolución de los servicios de telefonía móvil.	67
5.4. La Banda Ancha.	70
5.5. Directrices del sistema.....	70
5.6. Elementos funcionales de una red 4G.....	72
5.7. Tecnologías de radio.....	73
5.8. Próximos desarrollos.	74
5.9. Situación actual en Chile.	75
CAPITULO VI. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFIA.....	82
ANEXO A.....	84
ANEXO B.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Comparación entre las técnicas de acceso de las IMT-2000.	13
Fig. 2.	Interfaces de radio de la familia IMT2000	14
Fig. 3.	GPP Rel 6, Arquitectura de referencia.....	17
Fig. 4.	Arquitectura todo-IP	18
Fig. 5.	Diagrama en el tiempo de los avances tecnológicos y lo que vendría a futuro.	21
Fig. 6.	Diagrama GPRS, GPRS = GSM + ‘SGSN’ + ‘GGSN’	24
Fig. 7.	EDGE y GPRS.....	25
Fig. 8.	GERAN.	25
Fig. 9.	Comparación de tasas de transmisión entre GSM y EDGE.....	27
Fig. 10.	Arquitectura de red WCDMA.	30
Fig. 11.	Clasificación de celdas para UMTS.....	31
Fig. 12.	Coexistencia entre GERAN y UTRAN	34
Fig. 13.	Modulación adaptativa.....	36
Fig. 14.	Control de retransmisiones entre HSDPA y Rel 99.....	37
Fig. 15.	E-UTRAN, fuente 3GPP	43
Fig. 16.	Arquitectura para LTE.....	45
Fig. 17.	Menos bloques de gestión que UMTS.....	45
Fig. 18.	Flexibilidad de espectro.....	46
Fig. 19.	Comparación de espectro entre CDMA2000 y WCDMA.	47
Fig. 20.	Evolución vía CDMA2000.....	47
Fig. 21.	Tamaños de celdas dependiendo de la frecuencia de transmisión.	49
Fig. 22.	Arquitectura de red EVDO.	51
Fig. 23.	Características de Throughput de la red EVDO Rev. B.	54
Fig. 24.	Características de throughput de la familia tecnológica CDMA.	55
Fig. 25.	Transmisor y receptor MIMO.....	59
Fig. 26.	Beamforming	59

Fig. 27.	Bandas de frecuencias entre ambas tecnologías.	62
Fig. 28.	Comparación del aumento de velocidad en las distintas generaciones.....	64
Fig. 29.	Las tecnologías inalámbricas luchan por mejorar la eficiencia espectral.	65
Fig. 30.	Mercado inalámbrico mundial.	66
Fig. 31.	Latencia en la evolución de GSM.....	67
Fig. 32.	Evolución de los servicios de telefonía móvil según la tecnología.	68
Fig. 33.	Diagrama en donde se compara las características de velocidad.....	69
Fig. 34.	IP Multimedia Subsystem (IMS)	71
Fig. 35.	Arquitectura de red de 4G.....	72
Fig. 36.	Descripción técnica de los actuales sistemas y sus evoluciones.....	75
Fig. 37.	Modem para PCs	76
Fig. 38.	Equipos móviles última generación.....	77
Fig. 39.	Conexiones dedicadas según tipo de tecnología (enero 2008)	78
Fig. 40.	Participación de mercado empresas de Telefonía Móvil	78
Fig. 41.	Evolución del número de abonados por empresa.	79
Fig. 42.	a) Técnica multiportadora convencional, b) Modulación con portadora ortogonal.....	85
Fig. 43.	Estrucutua de subportadoras OFDMA.....	87
Fig. 44.	Subcanalización en OFDMA.	87
Fig. 45.	Modulación Adaptativa.	88

RESUMEN

Esta tesis corresponde a un trabajo de investigación, sobre las tecnologías inalámbricas involucradas en el actual desarrollo de las comunicaciones móviles. Se analizan los distintos caminos evolutivos y se entrega información de los desarrollos a una cuarta generación (4G).

Las distintas tecnologías que se proyectan a una 4G, ocupan un conjunto de técnicas similares en su evolución, lo que les permitirá un mayor rendimiento en la red y mejora de la eficiencia espectral. Los puntos más importantes que se espera definan una red de 4G son la conexión a internet, la integración de sistemas y la movilidad, esto se llevaría a cabo una vez justificados los recursos invertidos de la actual 3G.

El principal objetivo de este trabajo es entregar una herramienta informativa de estos desarrollos, en donde se podrá conocer las capacidades de los sistemas, las técnicas involucradas y las ventajas y desventajas de estos.

ABSTRACT

This thesis is a research paper on wireless technologies involved in the ongoing development of mobile communications. We analyze the different evolutionary paths, and we provide information on developments to a fourth generation (4G).

The various technologies that are projected to a 4G, holding a set of similar techniques in their way, enabling them to better performance on the network and improve the spectral efficiency. The most important points that are expected to define a 4G network are connecting to the Internet, systems integration and mobility, it would be implemented once justified the resources of the current 3G.

The main objective of this work is to deliver an informational tool for these developments, where they can learn about the capabilities of the systems, the techniques involved and the advantages and disadvantages of these.

INTRODUCCIÓN.

Las tecnologías de telefonía móvil han sufrido un significativo cambio en los últimos años y para poder clasificar los avances tecnológicos involucrados se han establecido una serie de generaciones. Hoy en día estamos en la generación 3.5 que nos permite la utilización de los avances tecnológicos y las aplicaciones que hoy ofrece el mercado.

Hay dos grandes tendencias tecnológicas en lo que se refiere a redes telefonía móvil, GSM (Global System for Mobile) y CDMA (Code division multiple Access), cada una de las cuales ha tenido su propia evolución y se han ido acomodando a las últimas exigencias.

En el principio de las generaciones móviles, el terminal era usado solo para llamadas telefónicas, luego se añadió envío de mensajes de texto a una velocidad de 9,6 kbps y con este cambio se produce un avance a las dos primeras generaciones. La evolución de la segunda generación, está caracterizada por aumento en la velocidad para transmitir datos y la conexión a internet lo que ha producido un mayor consumo y requerimientos por parte de los clientes, para esto la velocidad ha sido una limitante en esta generación.

La 3G, permite solventar las deficiencias de la 2G logrando aumentar la velocidad a un máximo de 4Mbps, con esto se ha tenido que rediseñar equipos del cliente y las arquitecturas de red para que sean compatibles a estas capacidades, pero sigue habiendo un límite, la capacidad de la radio y las bandas de frecuencias para que tanto tráfico pueda ser abastecido a la población, por esto la evolución de la 3G enfoca a nuevos métodos de modulación y codificación para la transmisión. Las nuevas características de las arquitecturas de red, también han permitido abastecer no solo al servicio móvil, sino también ahora se puede prestar el servicio de conexión a internet a equipos fijos y note books, esto le ha permitido competir con las conexión de banda ancha fijas.

Lo que se espera a un futuro cercano es la 4G, la que tiene como objetivo mejorar la actual 3G y unificar los sistemas para que el cliente tenga un servicio estable en cualquier parte del mundo con el mismo terminal móvil. Además de aumentar considerablemente la velocidad, lo que permitirá una gama más amplia de servicios y facilidades.

CAPITULO I. TECNOLOGIAS Y NORMATIVA ASOCIADA.

Las IMT-2000 son la norma mundial para las comunicaciones inalámbricas de tercera generación (3G), y se define por un conjunto de recomendaciones interdependientes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Sirve de marco para el acceso inalámbrico mundial, vinculando los sistemas diversos de redes terrenales o por satélite.

'4G' es el término utilizado para referirse a la "Cuarta Generación" de servicios móviles inalámbricos que está definiendo la UIT. La UIT es la autoridad internacional que establece los criterios de la próxima generación de tecnologías inalámbricas posteriores a IMT-2000 (3G), denominada IMT-Advanced. La UIT analizará varias tecnologías para su inclusión en la familia IMT-Advanced.

Desde el año 2006, se han logrado significativos avances en el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) en el establecimiento de una definición acordada y globalmente aceptada de los sistemas inalámbricos '4G'. Para este año, está previsto que la UIT-R emita la documentación correspondiente a dicha definición. En ese momento, la visión será traducida a un conjunto de requisitos que deberán cumplimentar las tecnologías para, en el futuro cercano, ser declaradas parte de la IMT-Advanced y así ganarse el derecho de ser consideradas 4G, así, toda afirmación en el sentido de que una tecnología en particular es "tecnología 4G" antes de emitida dicha definición es en realidad una estrategia de marketing, que genera confusión en el mercado y minimiza la importancia de las normas en la industria de las telecomunicaciones. Para que las tecnologías puedan ser consideradas '4G', deberá verificarse que cumplan con un conjunto de requisitos acordados, lo que sucederá en el futuro cuando la UIT los establezca. Recién entonces se entenderá lo que es 4G y lo que puede llamarse de ese modo con todo derecho y credibilidad

Por otra parte, el IEEE ha formulado la norma 802.16, concebida especialmente para aplicaciones al aire libre de redes de área metropolitana (MAN). La IEEE 802.16, interfaz aérea para sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha fijo y móvil, denominada "WiMAX" permite velocidades de banda ancha a través de redes inalámbricas. Considerando que la tendencia de las redes es hacia servicios de paquetes además de estar convirtiéndose en redes IP, y que está teniendo lugar una convergencia mundial en la que el medio inalámbrico desempeña un papel muy importante.

1.1. Avance tecnológico.

La evolución de 2G se ve sostenida con el cambio en las tecnologías de acceso de radio (tecnologías involucradas en la transmisión aérea entre la antena o base estación y el móvil), luego de las modificaciones que produjeron GPRS (*Global Packet Radio Service*) y EDGE, la tecnología de radio por parte de GSM, evoluciona a WCDMA (base de UMTS). La clave se centra en la forma que las redes evolucionan hacia la 3G, para este caso, la tendencia de GSM es volverse hacia CDMA, específicamente hacia WCDMA (versión de Banda ancha) y evolucionar como una red unificada que comparta el mismo núcleo recursos de radio y recursos de aplicación.

Por otro lado, la cdma 2000 representa una evolución del cdmaOne (IS-95), la cual está basada en la familia de estándares TIA/EIA-95 y sigue siendo compatible completamente con los sistemas basados en cdmaOne y sus terminales.

La tercera generación de redes celulares tiene como objetivo ofrecer servicios de datos con altas tasas de transmisión. Los objetivos iniciales establecidos por el IMT-2000, fueron de 2Mbps en ambientes cerrados y de baja movilidad.

Por parte del estándar IEEE 802.16, se ha lanzado al mercado Wimax móvil, el cual entra en la tercera generación por la velocidad de transferencia de datos que alcanza.

La tabla siguiente presenta la evolución de los 3 principales estándares de la 3G.

	UMTS	CDMA 2000	802.16e
Interface Radio	WCDMA	EV-DO	OFDMA, QPSK
Banda por portadora	5 MHz	1,25 MHz	1,5 - 20 Mhz escalable
Evolución de las operadoras que utilizan	GSM	CDMA	802.16
Órgano que define la estandarización	3GPP	3GPP2	IEEE

Tabla 1. Comparación entre las tecnologías.

1.2. IMT-2000.-

Son la normativa mundial para las comunicaciones inalámbricas de tercera generación, y se define por un conjunto de recomendaciones interdependientes de la UIT. Constituyen un marco de acceso a nivel mundial, ya que permiten conectar diversos sistemas de redes terrenales y/o por satélite.

Las actividades normativas de la UIT relativas a las IMT-2000 están distribuidas en tres sectores:

- *Normalización de las telecomunicaciones UIT-T*: Realiza el estudio de los aspectos de redes en las comunicaciones móviles, la red de internet inalámbrica, convergencia de redes móviles y fijas, funciones de multimedia móviles, la interoperabilidad y la mejora de las actuales recomendaciones del UIT-T sobre las IMT-2000.
- *Radiocomunicaciones UIT-R*: Está encargado del espectro de radiofrecuencia considerado en su conjunto y los aspectos de radiocomunicaciones de las IMT-2000 y los sistemas posteriores.
- *Desarrollo de las telecomunicaciones UIT-D*: Se encarga de difundir asistencia a los países en desarrollo para la implementación de las IMT-2000, además de realiza investigación y actividades.

Las 3 técnicas de acceso al medio que contempla la IMT-2000: CDMA, TDMA y FDMA, de las cuales la que ha dado mayores ventajas es la CDMA, ya que supera el desempeño y la eficiencia espectral de las anteriores.

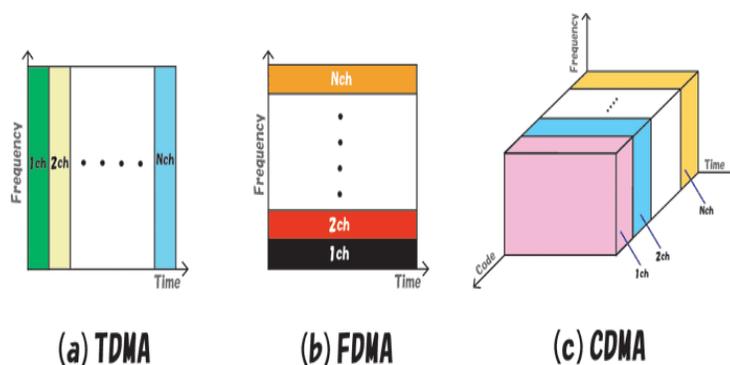


Fig. 1. Comparación entre las técnicas de acceso de las IMT-2000.

La ITU exige una serie de requisitos para las redes IMT-2000 (3G), con el fin de justificar un cambio evolutivo considerable respecto de la generación anterior, entre estos requisitos están: una mayor capacidad de sistema, una mayor eficiencia espectral y mayor velocidad de transmisión en entornos fijos (en interiores) y móviles.

Basándose en estos requerimientos la ITU aprobó en el año 1999 cinco interfaces de radio para la familia de estándares de IMT-2000:

- **El sistema IMT-DS (Direct Sequence).** Es conocido como UTRA FDD (UMTS Terrestrial Radio Access FDD), o también WCDMA.
- **El sistema IMT-MC (Multicarrier).** Este sistema es la versión 3G del sistema IS-95 (también conocido como cdmaOne), y que suele denominar cdma2000.
- **El sistema IMT-TC (Time Code).** Este sistema es el UTRA TDD. Se trata del modo UTRA que utiliza multiplexación por división de tiempo.
- **El sistema IMT-SC (Single Carrier).** Esencialmente se trata de una manifestación particularizada de GSM Fase2+, conocido como EDGE.
- **El sistema IMT FT (Frequency Time).** Este sistema se conoce como DECT (Digital Enhanced cordless Telecommunications).

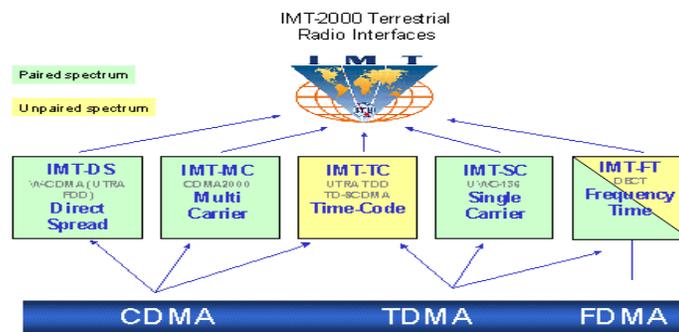


Fig. 2. Interfaces de radio de la familia IMT2000

Ad portas de una nueva generación de comunicaciones inalámbricas, y analizando las tendencias más relevantes en el camino evolutivo, el proyecto IMT-2000 formó dos grupos para la normalización de redes terrenales:

- 3GPP, proyecto de tercera generación para preparar la evolución del sistema GSM hacia el sistema UMTS.

- 3GPP2, proyecto para preparar el camino de la norma IS-95 hacia el acceso múltiple por división de código 2000 (CDMA 2000).

Los grandes objetivos de IMT -2000 son:

- Proporcionar cobertura mundial, permitiendo a las unidades cambiar de sistemas y de redes. Reservando una porción del espectro en todo el mundo.
- Alta capacidad de transmisión de datos, con capacidad de soportar tanto la conmutación de circuitos como la de paquetes, así como sistemas de multimedia.
- Permitir movilidad con alta velocidad de datos, ya sea en vehículos o en personas en movimiento.

Ref.: Normas de acceso inalámbrico para NGN

1.2.1. 3GPP.

3GPP (3rd Generation Partnership Project) es el grupo encargado de la estandarización del UMTS. Fue creado en Diciembre de 1998 con el principal objetivo de desarrollar las especificaciones técnicas de las redes móviles de tercera generación a partir del sistema existente y triunfante en ese momento: GSM. Este objetivo inicial fue posteriormente ampliado para incluir el mantenimiento y mejoras de los sistemas GSM, tales como GPRS (General Packet Radio Service) o EDGE (*Enhanced Data rates for GSM of Evolution*, Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM).

De este modo la numeración de ambas especificaciones técnicas (GSM y UMTS) fue unificado bajo una misma numeración, agrupada en series. Hay un conjunto de series que son aplicables para UMTS y GSM, y otras que solo aplican a GSM o a UMTS. Es una organización, en la evolución de la red GSM hacia las redes UMTS, las cuales prestan una mayor capacidad, alta velocidad de datos y nuevos servicios.

3G/UMTS aumenta la capacidad del sistema, lo que permite a las empresas de servicios móviles, contar con un mayor número de clientes de voz y datos, a un costo menor que la generación anterior.

UMTS trabaja con WCDMA (Wideband Code Division Multiple Acces: acceso múltiple por división de código de banda ancha) como tecnología de acceso al medio. Esta tecnología se basa en una técnica radioeléctrica con un espectro ensanchado de banda ancha.

El 3GPP actualiza una nueva versión de la norma UMTS casi todos los años, la primera fue al R99, seguida del R4, R5, R6, R7 y ahora está trabajando en el R8.

1.2.1.1. Revisiones del 3GPP.

El proceso de normalización adoptado por 3GPP, se basa en una planificación de anual, de este modo se ha llamado Rel'99, Rel'4, Rel'5, Rel'6, Rel'7 y Rel'8 (Release). A continuación se nombra el avance en cada revisión.

- **R'99 (Release 1999):** Son las primeras normas del sistema UMTS, que fueron incluidas por el 3GPP en abril del año 1999 y constituyen la base de la mayoría de los sistemas UMTS desplegados comercialmente en la actualidad. Soporte para las redes de radio GSM/GPRS/EDGE/WCDMA. Trabajando con un espectro más eficiente y mejorando los servicios de voz y datos por la introducción de 5 MHz de portadora para UMTS.

- **R'4 (Release 4):** Proporciona soporte a mensajería multimedia, interconexión eficiente de la infraestructura del core de la red sobre backbone de la red IP.

- **R'5 (Release 5):** La siguiente fase importante en la evolución de UMTS que aprobara el 3GPP en marzo de 2002. Contiene muchas actualizaciones significativas sencillas de realizar desde redes R'99 UMTS que proveerán eficiencias de espectro ampliamente superiores, y ventajas de performance y funcionalidad a través del canal HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), el IMS (*IP Multimedia Subsystem*), e IP UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) la introducción del transporte IP en la UTRAN les ofrece a los operadores el potencial de evolucionar la arquitectura UTRAN desde una de enlaces punto a punto utilizando TDM o ATM a otra que utilice conectividad IP de banda ancha. Esto llevará a mayores eficiencias y menores costos de las redes.

Superados los problemas del primer despliegue de revisiones (Rel-99 y Rel-4), los operadores empiezan a mirar con interés y a preguntarse por la siguiente edición del UMTS (R'5). El famoso IMS (*IP Multimedia Subsystem*), un nuevo subsistema que se suma a la conmutación de paquetes (PS) y que utiliza el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) para conseguir la transmisión eficiente sobre IP de contenidos multimedia en las redes móviles.

- **R'6 (Release 6):** Introdujo a UMTS el HSUPA (*High Speed Uplink Packet Acces*), MBMS (*Multimedia Broadcast Multicast Service*), es un servicio de radiodifusión que se pueden ofrecer a través de GSM y UMTS.

Una nueva arquitectura y una novedosa interfaz radio serán las principales armas con las que se espera lograr los objetivos anteriormente comentados. En cuanto a la nueva arquitectura, el 3GPP se está planteando una importante simplificación de la jerarquía de red tendiendo a un modelo plano similar a las arquitecturas IP. La nueva arquitectura denominada EPS (*Evolved Packet System*) está inspirada en la arquitectura HSPA mono-túnel en la que se integran los Controladores de Red Radio (RNC) con los Nodos-B. En este sentido la arquitectura EPS estaría formada por:

- *MME (Mobility Management Entity)*
- *SAE-GW (System Architecture Evolution Gateway)*
- *eNodeB o Nodo-B evolucionado*

En este modelo de arquitectura todo-IP (ver figura 4), la red radio adquirirá un papel muy relevante, ya que pasará a concentrar gran parte de la inteligencia que antes se localizaba en el núcleo de red. El 3GPP está trabajando en una nueva red radio de acuerdo a los nuevos requerimientos. Las especificaciones técnicas del nuevo interfaz radio se recogen bajo el epígrafe Evolución a Largo Plazo, más conocido por sus siglas anglosajonas LTE (*Long Term Evolution*).

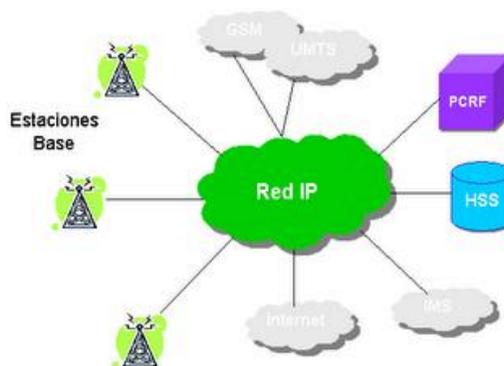


Fig. 4. Arquitectura todo-IP

Aunque el 3GPP está en plena faena de especificación del nuevo interfaz radio, lo que está claro es que estará basado en los protocolos IP. Como resultado de estos trabajos, pronto contaremos con una nueva familia de tecnologías de radio que añadir a las ya conocidas GSM/GPRS y WCDMA/HSPA. También parece claro que el Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA en inglés) será utilizado para el enlace de bajada y que el Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Portadora Única (SC-FDMA las siglas inglesas) será utilizado para el enlace de subida.

En cuanto a las tecnologías multi-antena que se están considerando para aumentar la capacidad se encuentran las siguientes:

- *MIMO (Multiple Input Multiple Output)*
- *Multiplexación espacial (Spatial Multiplexing)*
- *Codificación Espacio-Tiempo (Space-Time Coding)*
- *Formación de haz (beamforming)*

1.2.2. 3GPP2.

Comisión encargada de la evolución de CDMA a la tercera generación, esta compuesta por varios socios, los cuales son: la Telecommunications Industry Association (TIA) de los EE.UU., ARIB/TTC del Japón, TTA de Corea y el China Wireless Telecommunication Standard Group (CWTS). Como ya se mencionó anteriormente, el 3GPP2 está encargado de preparar la evolución de IS-95 al CDMA 2000.

Técnicamente CDMA frente a TDMA, permite que varias radios compartan las mismas frecuencias y pueden estar activas todo el tiempo, porque la capacidad de la red no limita directamente el número de radios activas. Presentando una clara ventaja frente a TDMA, ya que una mayor cantidad de móviles puede ser atendido por un número menor de antenas.

La evolución de IS-95 (CDMA) es IS-2000 o CDMA-2000, siendo totalmente retro compatible.

La evolución de CDMA 2000 1x tiene la denominación de CDMA2000 1xEV. La cual se implementa en dos etapas aprobadas por la UIT:

- 1xEV-DO: 1x Evolution Data Only “*Evolución de datos solamente*”
- 1xEV-DV: 1x Evolution Data and Voice “*Evolución de datos y voz*”

Ambas trabajan sobre una portadora de normal de 1,25 MHz de carrier. La CDMA 2000 3x es parte de lo que la UIT ha denominado IMT-2000 CDMA MC (MC: multiportadora), utiliza menos de 5MHz de espectro (3 canales x1,25 Mhz) para velocidades de más de 2Mbps. La CDMA 2000 con una velocidad de datos más baja se considera una tecnología 2,5G.

EV-DO en redes CDMA2000 es significativamente más rápido que EDGE utilizado en redes GSM. Provee acceso a dispositivos móviles con velocidades hasta de 2.4 Mbit/s con Rev. 0 y hasta 3.1 Mbit/s con Rev. A.

1.2.2.1. Revisiones del 3GPP2.

Este estándar, al igual que el anterior tiene varias revisiones que van graduando el avance tecnológico respecto de EVDO.

- **Rev 0:** Esta tecnología móvil se desplegó por primera vez a nivel mundial en el 2002 en Corea del Sur. Ofrece banda ancha a una velocidad de 2.4 Mbps en el downlink (canal de bajada) y de 153 kbps en el uplink (canal de subida) con una única portadora FDD de 1.25 MHz, sin embargo comercialmente posee un rendimiento de 300-700 Kbps en el downlink y de 70-90 kbps en el uplink. En muchos países, 1XEV-DO Rel 0 se constituyó en una alternativa para dar servicio de acceso a internet, y se ha convertido en otros lugares en la competencia directa de los accesos ADSL, como el que usa Telefónica en su servicio Speedy.
- **Rev A:** Mejora las velocidades de Rel 0, y provee una tasa de datos pico de 3.1 Mbps en el downlink y 1.8 Mbps en el uplink con portadora FDD de 1.25 MHz, sin embargo en redes comerciales posee un rendimiento de 450-800 kbps en el downlink y de 300-400 kbps en el uplink., ofreciendo así la posibilidad de un ancho de banda simétrico ideal para aplicaciones interactivas. Implementando calidad de servicio (QoS) y una arquitectura de banda ancha basada en IP, Rev A soporta aplicaciones tales como VoIP (voz sobre IP), video llamada, y PTT (push-to-talk).
- **Rev B:** Se agregan de múltiples portadoras de 1.25 MHz incrementando la velocidad de datos pico proporcional al número de portadoras, cuando 15 portadoras son combinadas en una ancho de banda de 20 MHz se alcanzas velocidades de 46.5 Mbps en el downlink y de 27 Mbps en uplink. Usando modulación 64-QAM, la velocidad del downlink se incrementa, por ejemplo, con una sola portadora de 1.25 MHz se tendría hasta 4.9 Mbps, con 4 portadores de 1.25 MHz (5MHz) se transmitiría hasta 14.7 Mbps y con 20 MHz de ancho de banda se alcanzaría 73.5 Mbps. Provee las siguientes mejoras:
 - Provee mayores tasas de transferencia compactando múltiples canales, mejora la experiencia de usuario y provee nuevos servicios como streaming para video de alta definición.
 - Menos Interferencias entre el usuario y la celda mediante la Reutilización Híbrida de la Frecuencia.
 - Aumenta la eficiencia del soporte para servicios que tienen requerimientos asimétricos de transmisión como intercambio de archivos, navegación web y entrega de archivos multimedia por banda ancha.
- **Rev C:** UMB (Ultra-high Mobile Broadband): Combina lo mejor de muchas tecnologías como CDMA y OFDMA en una única interface de aire y empleando antenas con técnicas MIMO (Multiple Input

Multiple Output) y SDMA (Spatial Division Multiple Access) le permite alcanzar velocidades muy altas con muy baja latencia y muy alta eficiencia espectral.

Soporta asignaciones incrementales de espectro desde 1.25 MHz a 20 MHz. La evolución de la tecnología CDMA2000 nos llevara hacia UMB la cual promete velocidades pico de 288 Mbps en el downlink y 75 Mbps en el uplink, la 3GPP2 publicó sus especificaciones el 2007 y se espera que las primeras redes comerciales estén disponibles a mediados del 2009.

UMB es lo que ofrece la tecnología CDMA para el acceso de banda ancha en un futuro próximo lo que se puede considerar como el equivalente de LTE (Long Term Evolution) normada por la 3GPP, pero dado que las redes HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) actualmente han sido desplegadas por decenas de operadoras alrededor del mundo y su número va en aumento, además algunas de ellas ya están haciendo upgrade hacia a HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) lo cual hace prever que la evolución natural de la mayoría de redes del mercado móvil se inclinará hacia LTE dejando a UMB con una minoritaria participación de mercado, se espera a pesar de todo, que UMB pueda hacer frente a LTE y a la versión móvil de WiMAX para el 2010.

En la siguiente figura, se muestra una línea del tiempo en donde se ubican las fechas de lanzamiento cada evolución tecnológica presentada, el método de acceso al medio utilizado y la velocidad alcanzada por cada una.

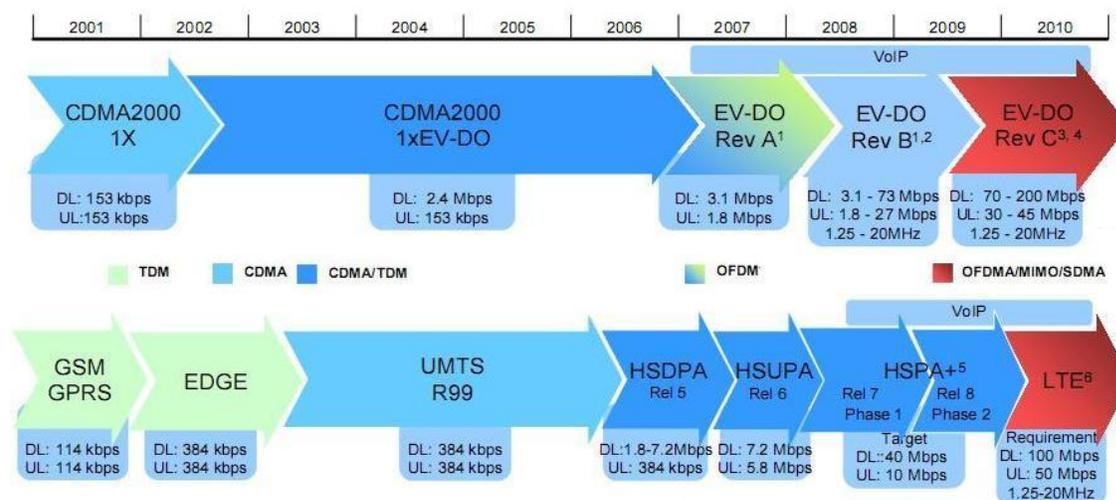


Fig. 5. Diagrama en el tiempo de los avances tecnológicos y lo que vendría a futuro.

1.3. IEEE 802.

El comité de estándar IEEE 802 LAN/MAN, desarrolla estándares para redes de área local (LAN) y metropolitana (MAN), fundamentalmente para las capas más bajas del modelo OSI.

La familia de estándares IEEE 802 es mantenida por el comité de estándares LAN/MAN (LMSC) del IEEE que establece un grupo de trabajo individual para cada una de las 22 áreas que incluye. El IEEE802.11 (LAN inalámbricas), el IEEE802.15 para redes inalámbricas de área personal (WPANs) y el IEEE 802.16 (Acceso Inalámbrico de Banda Ancha) son dos de esas áreas.

1.3.1. IEEE 802.11.

El estándar 802.11 y todas sus variantes da pie a la explosión de redes de área local inalámbricas, denominadas comúnmente WLAN o Wifi.

La primera versión del trabajo se publicó en 1997, resultando dos grupos de trabajo, MAC (Control de Acceso al Medio) y PHY (Capa Física). Posteriormente, se ha producido mejoras sucesivas encaminadas a aumentar la velocidad, e introducir calidad de servicio y mecanismos de seguridad o gestión de recursos. Estas mejoras se reflejan en las revisiones del estándar (802.11a, 802.11b, etc.).

1.3.2. IEEE 802.15.

Las redes inalámbricas de área personal (WPANs) [5.17] permiten comunicar entre sí teléfonos móviles, PDAs, PCs y otros aparatos a distancias cortas, de algunos metros. Bluetooth es la tecnología más conocida y disponible en todo tipo de equipos. Aunque fue desarrollada por un grupo de compañías, 802.15 ha adaptado y convertido Bluetooth en un estándar (IEEE 802.15.1) y desarrollado una nueva norma, IEEE 802.15.3 (denominada Zigbee), con mayores tasas de bit (hasta 55 Mbit/s) y menor consumo. Futuros desarrollos basados en técnicas UWB (Ultra Wide Band) apuntan a tasas de 100 Mbit/s o superiores, que permitirán vídeo y aplicaciones multimedia.

1.3.3. El estándar IEEE 802.16.

El IEEE 802.16 ha sido diseñado específicamente para topologías punto a multipunto en ambientes abiertos que con un mismo control de acceso al medio (MAC) que puede acomodar diferentes capas físicas (PHY) en el rango de frecuencia de 2 a 66 GHz. IEEE aprobó el estándar inicial de IEEE 802.16 para las redes MAN inalámbricas en el rango de frecuencias 11-66 GHz en diciembre de 2001. La extensión 802.16a para frecuencias inferiores a 11 GHz fue aprobada en enero de 2003. El estándar 802.16-2004 fue ratificado por el IEEE en junio de 2004. El estándar 802.16e fue ratificado por IEEE en diciembre de 2005. El propósito del 802.16e es agregar soporte a la movilidad al estándar 802.16d anterior, que se diseñó específicamente para operación fija.

1.4. Resumen del capítulo.

Un estándar es un sistema de reglas determinado, condiciones o requerimientos que pertenecen a definiciones de los términos, o medidas de la cantidad y calidad en la descripción de los materiales, **sistemas**, servicios o prácticas.

La IMT 2000 crea dos grupos de trabajo para evolucionar la 3G, los cuales se basan en las dos grandes competencias de las 2G, GSM y CDMA. Cada uno de los cuales crea sus propias técnicas para mejorar su anterior servicio y el de la competencia.

Por otro lado el IEEE también ha querido entrar en el servicio móvil y así madurar y la evolución de sus redes inalámbricas de acceso fijo como Wifi y Wimax, con la tecnología WiBro.

CAPITULO II. EVOLUCIÓN VÍA GSM.

GSM (*Global System Mobile*) es un estándar creado en 1982, con el objetivo de establecer las especificaciones del sistema celular Paneuropeo y unificar las comunicaciones de la región, proporcionando una plataforma para dicho sistema global con sus respectivas especificaciones y requerimientos, además, el sistema debía permitir la libre circulación de los abonados en Europa (roaming).

GSM comienza su evolución con la mejora de su red, nace GPRS (*Global Packet Radio Service*) y con esta tecnología se agrega la conmutación de paquetes a través de un núcleo basado en IP y se aumenta la velocidad de tráfico (de 9,6 kbps en GSM, a 40 kbps en recepción y 20 kbps de transmisión en GPRS).

Estos primeros avances en GSM, no conllevan modificaciones significativas en la arquitectura de red, ni en la interfaz radio. En la figura, se puede apreciar los bloques de la arquitectura de red GSM en convivencia con GPRS.

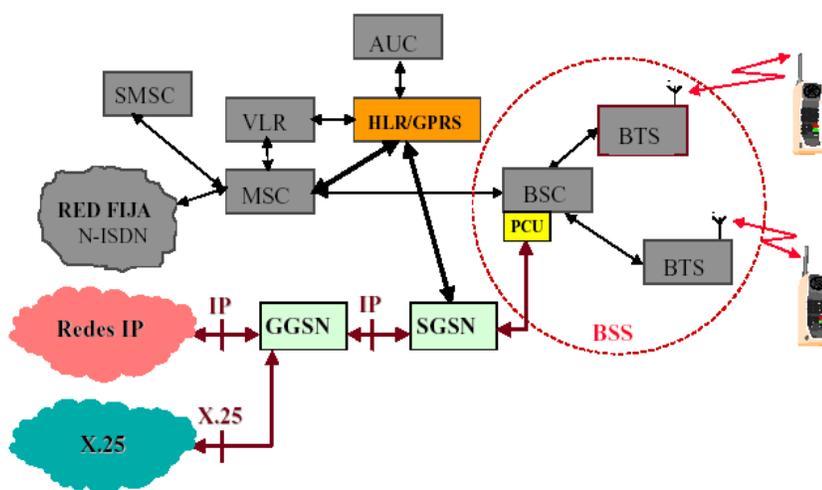


Fig. 6. Diagrama GPRS, GPRS = GSM + 'SGSN' + 'GGSN'

EDGE (EGPRS) es una tecnología que nace con las mejoras de GPRS, es la tasa de datos mejorada para la evolución de GSM, puede funcionar en cualquier red GPRS solo implementando actualizaciones. Es una potente optimización a las redes GSM/GPRS e incrementa las velocidades en un factor de 3 sobre GPRS y duplica la capacidad de datos.

Los cambios de GPRS a EDGE consisten en una actualización de software en la radio base, en su controlador de la radio base y la adición de un elemento que se llama EDGE TRU (Unidad de transceptor) en el transceptor de la radio base.

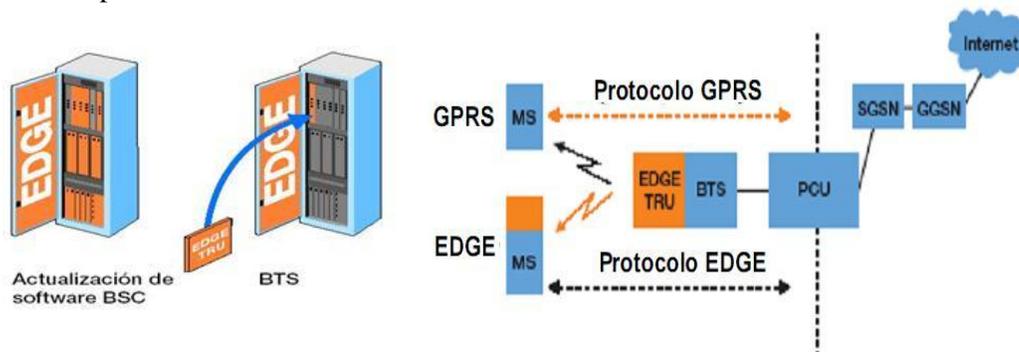


Fig. 7. EDGE y GPRS.

Introducir EDGE a una red GSM/GPRS es el primer paso en la evolución hacia GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN) según el estándar 3GPP, y con el tiempo a una arquitectura de red IP total. En la figura se aprecia la conexión entre las base estaciones y la Core Network (red de gestión).

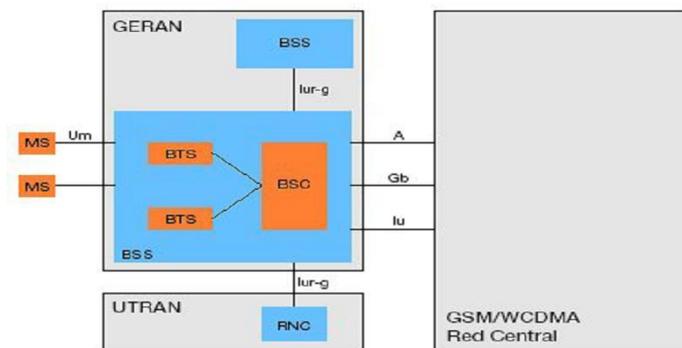


Fig. 8. GERAN.

Las fuertes demandas por mayores capacidades hacen que GSM se enfoque en una forma de optimizar la interfaz radio, y ve mejor oportunidad en la tecnología WCDMA (Wideband CDMA) para transmitir los datos al usuario que las redes TDMA. Hasta ahora las características de esta interfaz radio UMTS, han supuesto un gran avance respecto a lo que proporcionaba GSM sobre todo en lo que respecta a la transferencia de datos, todavía resultan un poco limitadas cuando se utilizan aplicaciones de que requieren transferencia de información a muy alta velocidad o cuando coinciden muchos usuarios con aplicaciones 3G en área reducida.

Puesto que las aplicaciones de datos se descargan mayoritariamente desde la red hacia el terminal, la versión 5 del 3GPP introduce el HSDPA, como primer paso en la evolución de la interfaz radio, permitiendo utilizar velocidades de transmisiones muy superiores a las actuales en el enlace descendente. A continuación en la versión 6 del 3GPP aparece el HSUPA (High Speed Uplink Packet Acces) que permite algo similar en el canal ascendente.

La evolución de la radio se está trabajando en una nueva especificación técnica que se denomina LTE (Long Term Evolution) que pretende garantizar la competitividad de la tecnología 3G frente a cualquier otra.

2.1. EDGE.

EDGE es una tecnología 3G que puede aumentar el rendimiento de la capacidad y producción de datos típicamente al triple o cuádruple de GPRS, proporcionando así un servicio de 3G espectralmente eficiente. En particular, EDGE permitirá que se exploren todas las ventajas de GSM/GPRS, con el establecimiento de una rápida conexión, mayor amplitud de banda y velocidades en la transmisión de datos medios de 80-130 Kbps y tan rápidas como 473 kbps.

Al ser una tecnología de radio de banda angosta (canales de 200 kHz), EDGE permite que los operarios ofrezcan servicios de 3G sin la necesidad de comprar una licencia 3G. Además, EDGE reduce el costo al implementar sistemas de 3G a nivel nacional porque está diseñada para integrarse a una red de GSM ya existente. Así, EDGE representa una solución fácil, incremental del coste que sea una de las rutas más rápidas a desplegar los servicios de 3G.

EDGE emplea 3 técnicas avanzadas en el radio-enlace que le permiten alcanzar una eficiencia espectral sumamente elevada para servicios de datos celulares de banda angosta.

- Nuevo esquema de modulación llamado 8-PSK, que le permite a la señal de radio transmitir tres bits de información en cada símbolo de radio.
- La segunda técnica es la de esquemas de codificación múltiples, en la que la red puede ajustar la cantidad de bits dedicados a control de errores dependiendo del entorno de radio. EDGE tiene cinco esquemas de codificación disponibles para 8-PSK y cuatro esquemas de codificación para GMSK.
- EDGE selecciona dinámicamente el esquema de modulación y codificación óptimo para el entorno de radio imperante en el momento. Con la tercera técnica, si se reciben bloques de datos

con error, EDGE envía una cantidad incremental de datos correctores de errores (retransmite datos usando diferentes tipos de codificación) en cada re-transmisión haciendo que una tenga mayor probabilidad de éxito que la anterior.

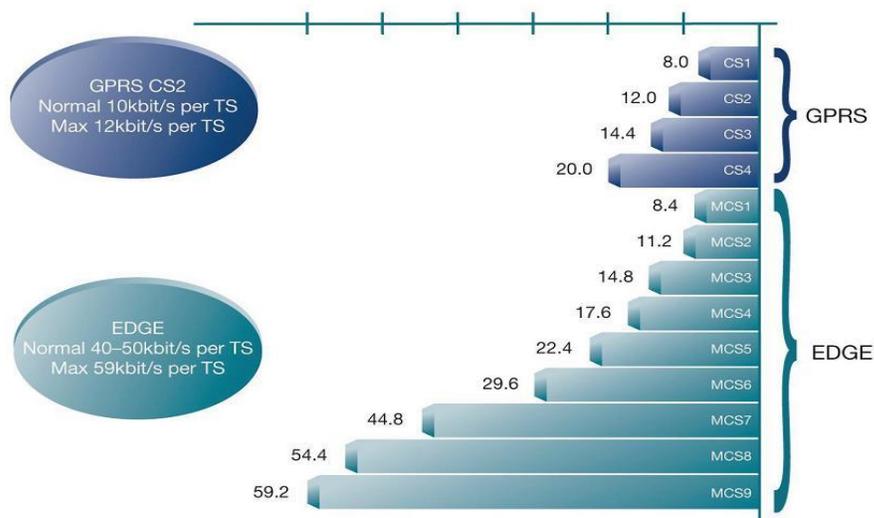


Fig. 9. Comparación de tasas de transmisión entre GSM y EDGE.

GSM con EDGE, puede proporcionar teóricamente 50,2Kbps en cada time slots, para un total máximo de la red de 473,6kbps en 8 time slots. Al enviar más datos e cada ranura de tiempo, EDGE también incrementa la eficiencia espectral en 150% en comparación con GPRS cuando utiliza los esquemas de codificación CS1 y CS2, y en un 100% cuando usa los esquemas de codificación CS1 a CS4

EDGE reduce la latencia a aproximadamente 300ms, en el caso de GSM este valor es de entre 500 y 600ms, con lo cual se hace más rápida la red. Los esfuerzos por mejorar esta tecnología se basan principalmente en aumentar la capacidad de la red y reducir la latencia.

EDGE es una tecnología 3G aprobada por la UIT como norma y está disponible en más de 131 países a diciembre del año 2007.

Las ventajas de EDGE pueden clasificarse en:

- Velocidad: máximos teóricos de red de 473Kbps y velocidades promedio de 100-130 kbps.
- Una conexión "siempre activa": lo que elimina la necesidad de conectarse cada vez que se desea acceder a Internet.

- Baja latencia: cercana a los 300 milisegundos, lo que ayuda a mejorar la performance de aplicaciones y servicios sensibles a las demoras, como las Redes Privadas Virtuales (VPNs) y juegos con múltiples jugadores.
- Eficiencia espectral y flexibilidad: EDGE no requiere un gran bloque de espectro, y puede desplegarse en las bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz. La capacidad de desplegar EDGE sin necesidad de una nueva licencia 3G significa ayuda al operador a que lance servicios 3G rápidamente.
- Compatibilidad: EDGE es compatible con otras tecnologías en el camino migratorio GSM a 3G, de modo que cuando los clientes que tienen teléfonos y módems PC cards multimodo se desplazan hacia afuera de la cobertura EDGE, se los conmuta automáticamente a redes GPRS o HSDPA, dependiendo de los servicios de datos que utilicen.
- Cobertura: Las señales EDGE además son más robustas que las señales GPRS, de modo que cubren una zona geográfica significativamente mayor. Como resultado de ello, los clientes EDGE encuentran menos brechas de cobertura, por lo que no tienden a cambiar de proveedor.
- Calidad de servicio: EDGE incluye sofisticados mecanismos de calidad de servicio (QoS) que brindan más control a los operadores, garantizando que cada aplicación o cliente obtenga la cantidad correcta de ancho de banda. (De hecho, EDGE utiliza los mismos mecanismos de QoS que UMTS.)

Ref.: EDGE, 3gamericas.

2.1.1. EDGE Evolution.

Es una versión mejorada del estándar EDGE para la que el 3GPP, completó su trabajo de estandarización como parte del Release 7 en 2007. La Latencia es reducida (> 80ms) ya que se reduce a la mitad el Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI de 20ms a 10ms). El bitrate es incrementado a 1 MBit/s, utiliza modulación de orden más alto (36-16QAM en vez de 8PSK) y 'turbo codes' para mejorar la corrección de errores. Además, finalmente la calidad de la recepción es mejorada usando antenas duales (dos bandas).

Los productos con capacidad EDGE Evolution están previstos para el año 2009, aunque la compañía Ericsson se comprometió a lanzar EDGE Evolution como una actualización de software sobre la infraestructura existente antes del 2009.

Comparada con versiones existentes de EDGE, se espera que EDGE Evolution brinde:

- Un aumento drástico de las velocidades de datos. En total, la tasa máxima por usuario será tan elevada como de 1 Mbps para el downlink y de 500 kbps para el uplink.
- Un incremento de la eficiencia espectral y la capacidad del 50%, beneficiando a los operadores, pudiendo incrementar el volumen de tráfico sin sacrificar la performance del servicio o degradar la calidad percibida por el usuario.
- Reducida latencia para el tiempo de acceso inicial y de viaje en ambos sentidos, lo que permite una mejor calidad de servicio (QoS) y voz sobre IP (VoIP). Se prevé que la latencia será inferior a 80 ms.

¿Por qué desplegar EDGE cuando UMTS ya está disponible?

EDGE es un complemento a UMTS así como lo es GPRS de EDGE. Con lo cual se permite una mayor cobertura al conmutar los clientes entre las tecnologías en el camino evolutivo basado en GSM. Además, los costos de desplegar UMTS son mayores, esto restringe el lanzamiento de UMTS a áreas que concentren la mayor cantidad de clientes potenciales, mientras que EDGE ofrece 3G en ciudades más pequeñas y zonas rurales.

No todas las aplicaciones de datos inalámbricos requieren las velocidades que ofrece UMTS, de modo que encaminar cada aplicación por la red apropiada asegura el mejor uso posible del espectro.

Ref.: EDGE Evolution (EDGE II or Evolved EDGE), 3gamericas, preguntas y respuestas.

2.2. UMTS/WCDMA.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) es un sistema móvil de tercera generación. Es la propuesta europea para promover la utilización de UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) en el IMT-2000.

Mientras EDGE es una tecnología eficiente que puede brindar acceso a los usuarios de bajo BW, WCDMA es sumamente eficiente para dar soporte a usuarios de elevado BW. En una red UMTS multi-

radio, los operadores pueden asignar canales EDGE a los usuarios de bajo ancho de banda y canales WCDMA a otros usuarios, optimizando el rendimiento y la eficiencia general de la red, y maximizando la cantidad de aplicaciones para el usuario.

Comparada con CDMA2000, WCDMA tiene ciertas ventajas debido a la mayor amplitud de su radio canal (5Mhz versus 1.25Mhz). La mayor velocidad de chips (3.84 Mcps versus 1.22 Mcps) puede dar soporte a velocidades de datos pico más elevadas y tiene mejores promedios estadísticos de tráfico, lo que se conoce como eficiencia del enlace. El ancho de banda de 5MHz es suficiente para dar velocidades de datos de 144 kbps y 384 kbps (que eran la meta para un terminal 3G) y en buenas condiciones hasta 2Mbps para un terminal fijo, este BW es más robusto para la multitrayectoria que con BW más angostos.

2.2.1. Arquitectura de red UMTS.

La red central común utiliza los mismos elementos de red que GPRS y GSM, incluyendo el SGSN, el GGSN, el MSC, el HLR y VLR. A esto se le denomina red UMTS de multiradio, y brinda un máximo de flexibilidad a los operadores para la provisión de distintos servicios en sus áreas de cobertura.

La red de radio- acceso UMTS consiste en radio-estaciones base (las mismas de GSM) que se conectan con controladores de red de radio (RNC). Estos RNC se conectan a la red central al igual que los BSC, la diferencia radica en la interface de acceso de radio, es decir, la forma en que se transmite entre el móvil y las estaciones base (WCDMA). En redes con acceso disponible tanto a GSM como a WCDMA, la red puede conmutar usuarios entre estas redes. Además la red puede seleccionar la red de radio acceso más adecuado para el usuario, dependiendo de las preferencias del usuario y de la carga que tenga la red en ese momento.

Se puede dividir en dos grandes subredes: La red de telecomunicaciones (UTRAN) y la red de gestión (Core Network).

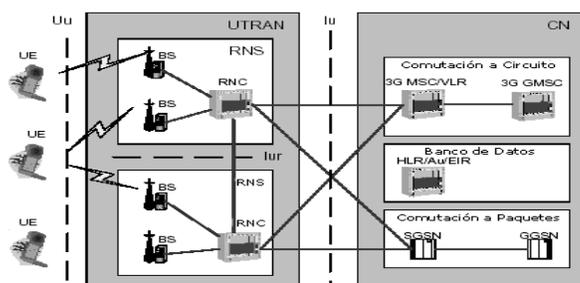


Fig. 10. Arquitectura de red WCDMA.

2.2.2. Tipos de Celdas UMTS.

Existen tres tipos de celdas UMTS, picoceldas, microceldas y macroceldas, cada una con unas características determinadas.

- Macrocelas. Ofrecen cobertura celular en grandes áreas abiertas, de entre 1 y 40 km, a una velocidad de transmisión de datos de 114 kbit/s).
- Microceldas. Ofrecen cobertura celular en áreas urbanas y autopistas, un rango de entre 50 a 1000 metros, con velocidades de 384 kbit/s.
- Picoceldas. Su uso es en entornos residenciales e interiores de oficinas, radios inferiores a 50 metros, con velocidades del orden de los 2 Mbit/s.

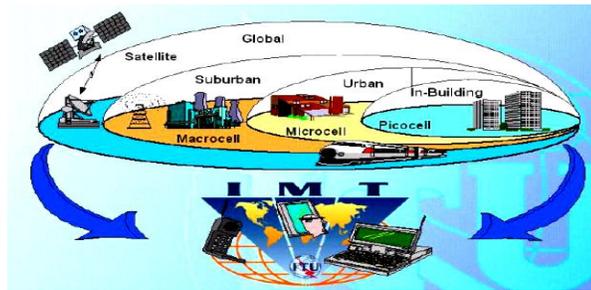


Fig. 11. Clasificación de celdas para UMTS.

2.2.3. WCDMA.

El esquema del acceso para UTRAN, es el acceso múltiple por división de códigos por espectro expandido en secuencia directa (DS-CDMA), anteriormente descrito. Este ancho de banda amplio, es el que ocupa un canal Wideband CDMA o WCDMA.

Existen dos modos de funcionamiento para WCDMA en UMTS, uno es el FDD (Frequency Division Duplex) y el TDD (Time Division Duplex).

El Modo FDD utiliza frecuencias diferentes, separadas en 190MHz, para el enlace ascendente (UL) y el descendente (DL). Estas portadoras tienen un ancho de banda de 5MHz con una tasa de bit de 3,84Mcps, divididas en tramas de 10ms con 15 intervalos de tiempo cada una. FDD utiliza una modulación QPSK.

Sin embargo en el modo TDD, el enlace ascendente y descendente utilizan la misma frecuencia pero en intervalos temporales diferentes. Estos intervalos pueden ser combinados para funcionar como UL ó DL, según las necesidades.

En el entorno de operación de UMTS, el modo TDD se considera más adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos microcelulares o de interiores, y no tanto para entornos macrocelulares, por diversas razones:

- Debido a la necesidad de disponer de sincronización entre las estaciones base.
- Debido a los problemas originados por las interferencias no controladas.

El efecto el hecho de que coincida el enlace ascendente en una estación con el descendente de otra vecina puede producir interferencias, no solo de estación base a móvil y viceversa (como sucede en los distintos sistemas TDD), sino también entre estaciones base y entre móviles asignados a distintas estaciones base.

2.2.4. Evolución de la radio UMTS.

UMTS ha sido un gran avance en relación a GSM en lo que respecta a la transferencia de datos, sin embargo, todavía resulta un tanto limitada las aplicaciones cuando se requiere de transferencias de muy alta velocidad o hay muchos usuarios de aplicaciones 3G en un área reducida.

Dado que los datos se descargan mayoritariamente de la red al terminal, el estándar 3GPP en su versión 5 de WCDMA, introduce HSDPA (Hight Speed Downlink Packet Access) en la interfaz de radio, permitiendo alcanzar velocidades muy elevadas en enlace descendente.

Con la introducción del HSDPA, se pasó de velocidades de descarga de 171 Kbit/s teóricos (que en la realidad eran unos 40 u 80 Kbit/s) del GPRS y 473 Kbit/s teóricos (que en práctica eran de unos 100/130 Kbp /s) en EDGE, a velocidades de 14 Mbit/s teóricos (que en la práctica corresponden a 3 o 4 Mbit/s), pudiéndose hablar de velocidades de muy alta velocidad.

Con respecto al enlace ascendente, el 3GPP en la versión 6, introduce el HSUPA (Hight Speed Uplink Packet Access) que permite un avance similar en el canal ascendente.

Pero la evolución de la radio no termina aquí, el 3GPP está trabajando en una nueva especificación técnica llamada LTE (Long Term Evolution), que pretende garantizar la competitividad de la tecnología

en el largo plazo frente a cualquier otra tecnología móvil, además de subir la tasa de transferencia a 100Mbit/s en descarga y a los 50 Mbit/s en subida de datos.

2.3. TECNOLOGÍA HSPA + (Hight Speed Packet Access Pluss).

HSPA+ es una actualización de la tecnología HSPA, la cual contempla un trabajo en conjunto de HSDPA y HSUPA, este trabajo mejora la performance radial para crear una versión altamente optimizada, además de permitir la coexistencia y una migración sin dificultades hacia LTE (Long Term Evolution) y SAE (System Architecture Evolution), que se prevé esté disponible a nivel comercial a fines del 2009.

Los Principales objetivos de HSPA+ son:

- Aproveche todo el potencial de un enfoque CDMA antes de pasar a una plataforma OFDM en 3GPP LTE.
- Proporcionar una interconexión sin dificultades entre HSPA+ y LTE que facilite la operación de ambas tecnologías. Como tales, los operadores pueden elegir aprovechar la tecnología SAE planificada para LTE.
- Permitir la operación en modo basado en paquetes solamente tanto para voz como para datos en 5 MHz de espectro.

HSPA también brindará mayores ahorros de costos además de incrementos de performance a través de optimizaciones arquitectónicas. Idealmente, la infraestructura existente sólo precisaría una simple actualización para soportar las funcionalidades definidas como parte de HSPA+.

En cuanto a la velocidad se espera:

- Alcanzar velocidades teóricas pico de red en el downlink de 28 Mbps (utilizando 2x2 MIMO y 16 QAM (Quadrature Amplitude Modulation)).
- Alcanzar velocidades teóricas pico de red en el uplink de 11.5 Mbps.
- Evolucionar hacia una velocidad teórica pico de red en el downlink de 42 Mbps utilizando 2x2 MIMO y 64 QAM (cuando 64 QAM esté disponible).

Los operadores por lo general actualizarán sus redes con HSUPA aún mientras continúan actualizando su infraestructura HSDPA existente para soportar velocidades de descarga pico de 3.6 Mbps, 7.2 Mbps y más aún. Este enfoque significa que los dispositivos y redes HSPA, cuya implantación se prevé este año, brindarán velocidades de subida y de descarga cada vez más altas.

2.3.1. HSDPA (Hight Speed Dowlink Packet Access).

La tecnología HSDPA es una evolución de la telefonía móvil de tercera generación WCDMA y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente, que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta alcanzar tasas teóricas de 14 Mbps (1.8 Mbps en despliegues comerciales habituales). HSDPA es totalmente compatible en sentido inverso con WCDMA. Esta tecnología es una funcionalidad de las especificaciones de la versión 5 del 3GPP.

Aunque el límite teórico establecido por HSDPA es de 14 Mbps, lo normal será que las velocidades ofrecidas por los operadores en las primeras fases de la actualización se sitúen alrededor de los 2-4 Mbps. Con el tiempo se espera que tanto la cobertura como la velocidad de transferencia aumenten.

2.3.1.1. Arquitectura de red HSDPA.

La arquitectura de red para la tecnología HSDPA, es la misma en donde conviven las redes de acceso de radio EDGE/GPRS (GERAN) con UMTS (UTRAN), conectados al núcleo de red.

La implantación del HSDPA en la red de acceso (UTRAN) de esta operadora sería hecha a través del "upgrade" de software/hardware en las estaciones base (BS) y controladores de red radio (RNC). La estación base (BS) es también conocida como nodo B en la terminología 3GPP.

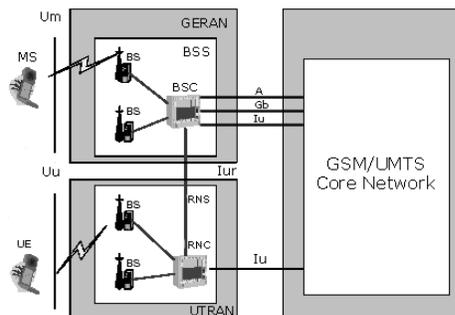


Fig. 12. Coexistencia entre GERAN y UTRAN

HSDPA, consigue las mejoras mediante la implementación de una serie de técnicas empleadas en la interfaz de radio.

- Nuevo canal de transporte compartido HS-DSCH (High-Speed Downlink Shared Channel).
- Fast Sheduling (despacho rápido).
- AMC (Modulación y Codificación Adaptativa).
- Retransmisión Híbrida HARQ (Hybrid Automatic Request): mecanismo de retransmisión de mensajes en caso de error.

La característica principal de HSDPA, se basa en el uso del enlace de adaptación, Fast Schedulining y las retransmisiones de la capa física. Todos estos métodos tienen como objetivo mejorar el rendimiento de bajada de paquetes de datos, tanto en términos de capacidad como en la tasa real de bits (Bit rates).

a. HS-DSCH (High-Speed Downlink Shared Channel; Canal compartido de alta velocidad):

Con este nuevo canal compartido de enlace descendente de alta velocidad, los recursos utilizados por la radio (como los códigos de canal y la potencia) puedan ser compartidos por todos los usuarios de un mismo sector de forma dinámica en el tiempo con lo que se consigue una mayor eficiencia, reduciendo así los tiempos muertos de desuso e incrementando el rendimiento del canal. Asimismo, los intervalos utilizados para cada transmisión son más cortos (2ms).

b. AMC (Modulación y codificación adaptativa).

Es un mecanismo que permite una adaptación de velocidad de transmisión a las condiciones del canal, de acuerdo a esto, será la modulación y codificación que se utilice.

HSDPA trabaja con modulación QPSK y 16QAM, esto significa que pasa a transmitir de 2 bits por símbolo a 4 bits por símbolo, este aumento conlleva una menor inmunidad al ruido, por lo que se prefiere 16 QAM sólo cuando las condiciones son favorables, es decir, cuando el terminal esta cerca del nodo b y estático.

16QAM, es una modulación que implementa un mejor rendimiento del uso espectral, mientras que es más robusto a condiciones adversas del canal.

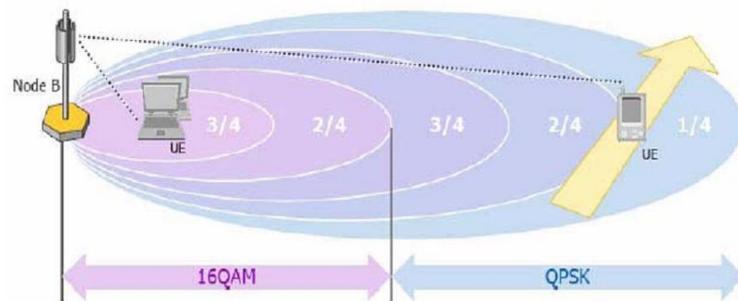


Fig. 13. Modulación adaptativa.

Este proceso se lleva muy en coordinación con el Fast Scheduling.

c. FAST SCHEDULING (*Planificador rápido*).

En HSDPA el bloque que tiene control sobre los recursos de radio, asignar los códigos, la tasa de codificación y el manejo de las retransmisiones es el nodo B, lo que permite, además de reducir los tiempos de latencia en la red, aumentar efectivamente la tasa de transmisión final, al saltarse los retrasos que introduce el interfaz entre el nodo B y el RNC (Iub).

Este enfoque basado en traspasar todas estas funcionalidades desde el RNC al Nodo B, se le llama planificación rápida (Fast Scheduling).

d. RETRANSMISIÓN HÍBRIDA HARQ (Hibryd Automatic Request: *mecanismo de retransmisión de mensajes en caso de error*).

Para realizar la codificación de datos para altas tasas de transferencias, HSDPA utiliza una codificación turbo de 1/3 (tasas de codificación de canal de 1/2 o 1/3 quiere decir que por cada bit de información a transmitir se introducen 2 o 3 bits de redundancia), que resulta ser más eficiente que la codificación convolucional utilizada por el Rel 99.

En el receptor se realiza la decodificación de los datos y pueden encontrarse errores en la información recibida, generalmente ocasionadas por interferencias. En este caso se envía al transmisor una petición de retransmisión de información. A esta operación en HSDPA se le denomina HARQ (Hibryd Automatic Request), que cuenta con dos instancias en que se podrá recuperar la información errónea en el receptor,

primero por la redundancia agregada en la codificación del canal, y segundo, de fallar la codificación, mediante la retransmisión de la información recuperada.

La idea de híbrido (Hybrid) viene de utilizar no sólo la retransmisión para recuperar la señal, sino combinarla con la información original recibida, para así aumentar la probabilidad de éxito. Es decir, cuando el receptor detecta un error en la codificación, solicita la retransmisión del bloque, pero a la vez guarda el bloque ya recibido, para combinarlo con el nuevo que llegue y entonces intentar la decodificación.

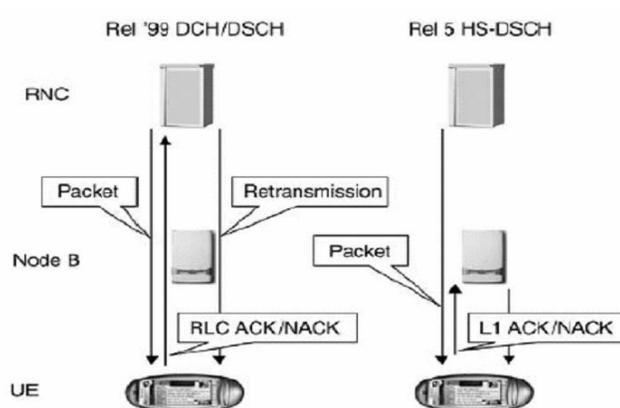


Fig. 14. Control de retransmisiones entre HSDPA y Rel 99.

El estado actual de la red HSDPA, se ha visto como la evolución natural de WCDMA, ya que necesita de la misma estructura de red y el mismo ancho de banda.

Las razones de implementar HSDPA se deben a que las operadoras necesitan enfrentar la competencia de las redes basadas en EVDO y la amenaza de tecnologías del mundo IP como Wimax.

Independiente de los motivos del despliegue esta red ha ido en rápido crecimiento, ya que a octubre del año 2006 había 72 redes comerciales en 41 países y un año después, noviembre del año 2007, 150 redes comerciales en 65 países con más de 300 dispositivos.

2.3.2. HSUPA

Uno de los inconvenientes del HSDPA es que no puede optimizar la velocidad de datos de enlace ascendente (uplink). Este solo alcanza los 384kbps, que es inferior a la velocidad de datos pico en downlink de 14.4Mbps. Lógicamente, los usuarios esperan que surja una tecnología mejorada que sea similar al HSDPA pero para el uplink. Tal expectativa es la fuerza de conducción detrás del HSUPA. Se conoce que el elemento principal para el desarrollo del HSUPA no es la tecnología en si misma sino los requerimientos del servicio. La velocidad de subida en HSUPA es de 1,4 Mbps, y próximamente se elevará hasta los 2Mbps.

Adicionalmente permite la reducción de la latencia en la transmisión de datos, mejorando el acceso a servicio que requieran gran uso de datos de subida como: juegos multiplayer, video streaming, P2P (Peer to Peer), etc.

Para obtener lo anterior, HSUPA implementa un canal llamado E-DCH (Enhanced Dedicated Channel), que es un símil al caso de HSDPA, pero en subida de datos.

2.3.2.1. Mejora del rendimiento de red

En primer lugar, permite la rápida re-transmisión de los datos con fallas, que a su vez ayuda a reducir la demora en el tiempo de transmisión. Según la calidad del canal, también puede ajustar la velocidad de transmisión, y se pueden transmitir menos datos si la condición del canal no es buena. Para cada usuario, la velocidad de datos pico uplink puede tener un máximo de 5.76Mbps y el retardo en la transmisión se reduce en un 40%.

El desarrollo gradual y la optimización del HSUPA facilitarán el reconocimiento y la promoción de las ventajas que brinda esta tecnología.

2.3.2.2. Especificaciones.

En Rel 6, el HSUPA tuvo algunas consideraciones para ciertas tecnologías básicas tales como, programación de prioridad rápida uplink del Nodo B, trama corta de 2ms y HARQ que soporta hasta una velocidad transmisión de datos pico de 5.76Mbps en la interfaz de aire. R7 define algunas tecnologías que emergerán en el futuro cercano y mejorarán las tecnologías que aumentarán la velocidad de transmisión de datos tales como, MIMO y OFDM. Se espera que la velocidad de transmisión pico del sistema supere los 30Mbps.

2.3.2.3. Avance de las tecnologías principales.

Semejante a HSDPA, la utilización eficiente de energía mejora el índice de transmisión de datos en buenas condiciones del canal, cuando las condiciones del canal son pobres puede decrecer el índice de transmisión de datos, y la capacidad del sistema y el rendimiento para el usuario también mejoran. Comparado con transmisiones DCH en R99/R4, HSDPA/HSUPA permite un mejor desempeño del sistema. Para implementar tal "control de poder", HSUPA también adopta tecnologías como el programa rápido NodeB, HARQ y 2ms short frame.

- El programa uplink adopta una estrategia de programación descentralizada

La ventaja primordial del programa descentralizado NodeB es que el índice de transmisión de datos del usuario puede ser programado a 2ms, basado en condiciones del canal y cargas celulares. Por lo tanto, este tipo de programación rápida gana en términos de la ganancia por rendimiento que ofrece. La desventaja es que los ruidos generados por el poder de transmisión de la terminal del usuario a otras células no pueden ser completamente determinados. Comparado con DCH en R99/R4, el mecanismo ofrece una capacidad de carga mayor para el Nodo B, y reduce las redundancias de carga en la planificación de la red. También mejora la capacidad uplink del sistema.

- HARQ

HSUPA incorpora la función HARQ en el Nodo B para aumentar la velocidad de transmisión y reducir el tiempo de retardo. Utilizando tecnología HARQ es posible alterar y cambiar las características multi-camino de los canales de propagación en la retransmisión, y también puede causar que la atenuación multi-camino se vuelva irrelevante, lo que conlleva a ganancias en diversidad de tiempo y espacio en la propagación del canal y mejora el desempeño del sistema.

- Trama corta de 2ms

La trama corta de 2ms permite un menor RTT (Round Trip Time) en el procedimiento HARQ, que está controlado por el Nodo B y también reduce el tiempo de respuesta de programación de prioridad rápida. Comparada con la trama de 10ms, permite una mejor optimización de los recursos y la mayor capacidad del sistema. No obstante, según las especificaciones, el HSUPA debe soportar una trama corta

de 2ms y una trama de 10ms. La trama de 10ms se soporta en la fase inicial del procedimiento HSUPA, a fin de evitar la modificación del hardware, y en consecuencia se pueden ahorrar costos.

- HSUPA soporta soft handoff uplink

Cuando el terminal del usuario está en movimiento, el usuario en el área del soft handoff recibe señales de control de programación de prioridad de celda del Nodo B de cada radio enlace, y después el Terminal del usuario combina la señalización de control de la velocidad de transmisión de las distintas celdas para determinar el formato de transmisión de datos uplink. RNC logra el soft handoff mediante la selección y combinación de los paquetes de datos de demodulación enviados desde cada conjunto de radio enlace del Nodo B.

- Un futuro promisorio

En la actualidad, los principales proveedores de equipos están dando a conocer sus planes de HSUPA. En la fase 1, los proveedores presentarán los sistemas HSUPA que pueden soportar 1-2Mbps. En la fase 2, presentarán los sistemas HSUPA que pueden soportar una velocidad de datos pico de 5.76Mbps.

Fuente: HSUPA trae una vida más emocionante con la tecnología 3G, Huawei.

2.3.2.4. Características de la red HSUPA.

HSUPA es una evolución que no requiere actualizaciones hardware en las estaciones radio al igual que sucedió al pasar de redes UMTS a HSDPA. Es suficiente la incorporación del protocolo EUL (Enhanced UpLoad) que va a permitir disponer de una red en la que está optimizado el uso de recursos tanto para enviar como para recibir información. Esto hace que muchas veces se nombren redes HSUPA como HSPA. Es la banda ancha móvil.

Las principales características del protocolo EUL son las siguientes:

- Incremento en la velocidad de transmisión de información: gracias a una mejor distribución de los recursos radio entre los usuarios que estén conectados en un momento dado.
- Incremento de la capacidad del enlace permitiendo un uso más eficiente del espectro.
- Disminuir los retardos de transmisión en el enlace ascendente.

En el momento de la conexión el terminal móvil solicita la asignación de un RAB de una velocidad determinada. El algoritmo de asignación de capacidad asigna al principio una capacidad mínima, para incrementarla después poco a poco, hasta llegar al valor solicitado siempre que sea posible. Cada 10 ms. se chequea si es posible aumentar la velocidad. El incremento, cuando se realiza no es de golpe para evitar afectar a usuarios de R99 (UMTS), que podrían quedar sin servicio, también tiene en cuenta a los usuarios R99, para asegurar que los dispositivos UMTS son atendidos adecuadamente.

Fuente: Evolución de las redes de datos hacia la banda ancha móvil, Telefónica Móviles España.

La gran diferencia con HSDPA, es que HSUPA no hace uso de la modulación adaptativa, ya que en este caso, es en móvil donde la comunicación se genera. Esto es una restricción porque aumentar la complejidad del procesamiento de señales repercute negativamente en la duración de las baterías de los equipos. Por esto HSUPA opta por técnicas de básicas de modulación como QPSK o BPSK.

Además HSUPA considera la diversidad, es decir, permite que el móvil pueda comunicarse con más nodos B, para la subida de datos a la red.

2.4. LTE (Long Term Evolution).

LTE es también conocida como evolución a largo plazo de UMTS o Acceso de radio terrestre por UMTS y forma parte de la versión 8 de las especificaciones del 3GPP. El objetivo de LTE es proporcionar un acceso de radio capaz de alcanzar velocidades de tráfico de hasta 100Mbps en Downlink y 50Mbps en Uplink. Esta tecnología opera en las mismas frecuencias que UMTS con BW variables de 20Mbps. Además ofrecerá menores tiempos de latencia lo que hace reducir los tiempos de acceso a un servicio y la respuesta de la red a cualquier solicitud.

En el aspecto económico, LTE incluye costos de despliegue y puesta en marcha del servicio. Los costos de implementación, incluye la migración de las redes UMTS a los nuevos requerimientos, ya que estos cambios no implican la red de radio sino el CORE de la red. Para esto el grupo de trabajo del 3GPP denominado System Architecture Evolution, trata de encontrar la solución óptima de red capaz de soportar estos cambios.

2.4.1. Nuevos métodos de transmisión para LTE.

3GPP se ha dedicado a buscar nuevos métodos de transmisión y modelos de arquitectura. LTE no está basado en WCDMA al igual que UMTS, en el Downlink el método de transmisión escogido es OFDMA (Orthogonal Frequency División Multiple Access). OFDMA es también utilizado en tecnologías como Wimax o DVB-T. OFDMA ofrece una robusta transmisión de datos con una buena eficiencia espectral. En el Uplink el método usado por LTE es el SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) que fue seleccionado por sus favorables características de señal. Las señales SC-FDMA presentan menores factores de cresta que las OFDMA y ello redundo en un más sencillo desarrollo de la etapa amplificadora de los móviles.

El empleo de antenas múltiples, conocido como MIMO (Multiple Input Multiple Output) es otra característica importante de LTE. Sobre todo el uso de dos antenas de transmisión y recepción en la estación base, en los móviles cobra especial relevancia. En un sistema MIMO, las antenas de transmisión disponibles transmiten simultáneamente cadenas de datos independientes al mismo recurso de radio, pudiendo pertenecer al mismo usuario o a otro. Los sistemas MIMO ofrecen tablas de transmisión de datos considerablemente superiores y son, por tanto, un componente fundamental de LTE.

Además de los métodos de transmisión física, la arquitectura del protocolo LTE ha sido completamente reformada. El objetivo es conseguir una arquitectura menos compleja que la existente para UMTS. La estación LTE, que es conocida como eNodeB (eNB), engloba importantes funciones en la red de radio y se conecta directamente al puerto de acceso (aGw) del core de la red via interface S1. Las funciones del RNC son asumidas de forma mayoritaria por la estación base de LTE y parcialmente por la puerta de acceso.

LTE no necesita de canales dedicados, los cuales asignan un recurso fijo al usuario durante toda la conexión. En vez de eso, la estación base informa al usuario, si es necesario del recurso que está disponible para la transmisión de datos. Este principio de compartición de canales es usado también en HSDPA y es ideal para la transmisión de servicios con arquitectura de paquetes. De igual modo, LTE emplea para la corrección de errores el método HARQ (Hybrid automatic repeat request) empleado en HSDPA y HSUPA. HARQ permite de forma rápida la retransmisión de paquetes recibidos de manera errónea.

Fuente: UMTS LTE, Rumbo a la Nueva Generación de Telefonía Móvil, Miguel Ángel Fernández, Dpto. de instrumentación de Rhode & Schwarz España

- MME (Movility Managment Entity): Realiza funciones de autenticación, control de movilidad en estado Idle del UE (estado en que el UE está registrado en una red de paquete y tiene una dirección Ip asignada), control de señalización para movilidad (interfaz S3) así como funciones de seguridad asociada a la señalización. El MME, desde el punto de vista del plano de control, se puede ver como la evolución, en el nuevo CORE, de las funciones actualmente realizadas por el SGSN.
- SAE o EPS: La migración o evolución futura de la arquitectura de red GSM es SAE. En la Versión 8, 3GPP está definiendo a EPS como un marco para la evolución o migración del sistema 3GPP hacia un sistema de paquetes optimizados de mayor velocidad de datos y menor latencia que soporte múltiples tecnologías de acceso de radio. El foco del trabajo está puesto en el dominio de conmutación de paquetes, en el supuesto de que el sistema dará soporte a todos los servicios en este dominio, incluso a la voz.

Se divide en dos entidades, la “serving SAE GW” y la “PDN SAE GW”, las cuales pueden estar o no dentro del mismo nodo.

- *Serving SAE GW*: Es la interfaz hacia la EUTRAN, del nuevo núcleo de paquetes en plano de usuario, es el punto de anclaje cuando se produce un handover interNodeB, y cuando hay movilidad inter3GPP (interfaz S4).
- *PDN SAE GW*: conecta hacia las redes externas de datos PDN, se encarga de la generación de registros de tarificación (CDRs), y disparo hacia los nodos de control y tarificación online.
- HSS: Es el nodo encargado de almacenar información de suscripción y datos de autorización necesarios para el acceso del usuario al nuevo sistema.
- PCRF : Nodo encargado de gestionar y provisionar en la PDN SAE GW las políticas de calidad de servicios y tarificación a aplicar al tráfico de usuario

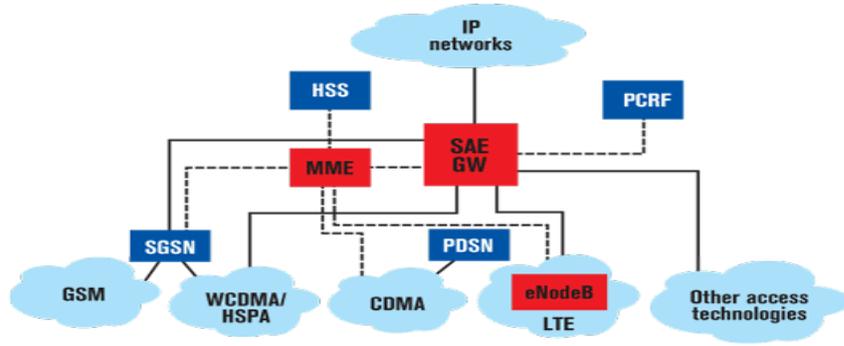


Fig. 16. Arquitectura para LTE.

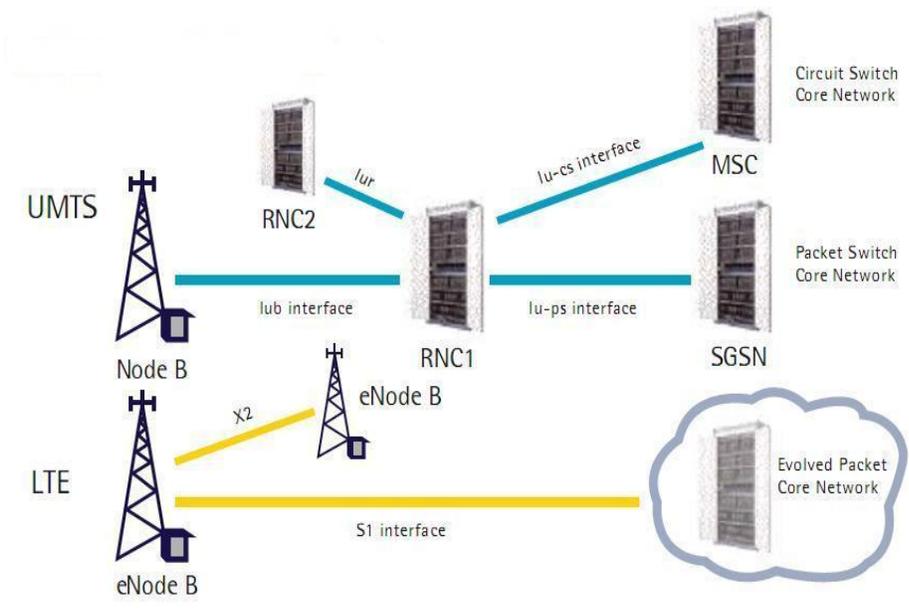


Fig. 17. Menos bloques de gestión que UMTS.

2.4.3. Características de espectro.

Una característica significativa de LTE es la cantidad de flexibilidad que les permite a los operadores al determinar el espectro en el que se implantará. LTE no sólo tendrá la capacidad de operar en una serie de bandas de frecuencia diferentes (también los operadores podrán implantarla a menores frecuencias con mejores características de propagación) sino que también permite un ancho de banda escalable. Mientras que UMTS/HSPA utiliza canales mixtos de 5 MHz, la cantidad de ancho de banda en un sistema LTE se puede escalar desde 1.25 a 20 MHz. Esto significa que se puede lanzar redes con poca cantidad de espectro, junto con servicios existentes, y agregar más espectro a medida que los usuarios se pasan de sistema. Esto permite a los operadores adaptar sus estrategias de implantación de redes para ajustarse a sus recursos de espectro disponibles, sin tener que procurar que su espectro se adapte a una tecnología en particular.

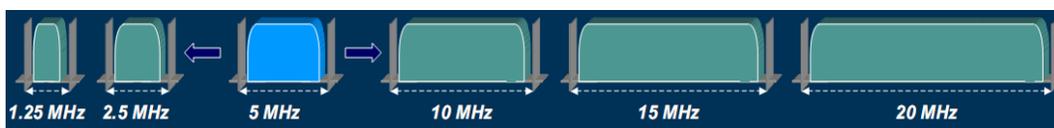


Fig. 18. Flexibilidad de espectro.

LTE incrementará la eficiencia espectral sobre Rel-6 HSDPA en un factor de dos a cuatro, aproximándose a 2 bps/Hz en el downlink y a 1 bps/Hz en el uplink en condiciones ideales.

¿En qué banda espectral lanzarán los operadores LTE: en espectro existente o en nuevo espectro?

Lo que se ve en el mundo es que los operadores están comprando nuevo espectro para LTE. En EEUU recientemente se llevó a cabo la licitación de la banda de los 700Mhz y en Suecia se está licitando en la banda de los 2,6 GHz, que es la banda donde se ha especificado a LTE desde el principio. La licitación de esta banda se está llevando a cabo en otros mercados europeos como Noruega. Por lo que vamos a ver ambas situaciones, en donde en algunos casos será nuevo espectro y en otra la reutilización del mismo existente.

Sobre la banda de 700 MHz cabe mencionar que tiene excelentes características de propagación que significa un valor importante en la industria inalámbrica, debido a menores costos ya que puede usar mejor el espectro llegando a más usuarios con menos infraestructura.

CAPITULO III. EVOLUCIÓN VÍA CDMA.

3.1. CDMA 2000.

Toda esta gama evolutiva comienza con la interfaz de aire IS-95 CDMA, el protocolo de red ANSI 41 y se marcan como cdmaOne, estas redes utilizan una portadora de 1,25MHz y opera dentro de las bandas de 800 y 1900 MHz.

La evolución de tercera generación de los sistemas basados en IS-95 es referida como norma cdma2000 1X ya que utilizada una portadora de 1,25MHz. El responsable de la estandarización de esta tecnología es el grupo 3GPP2.

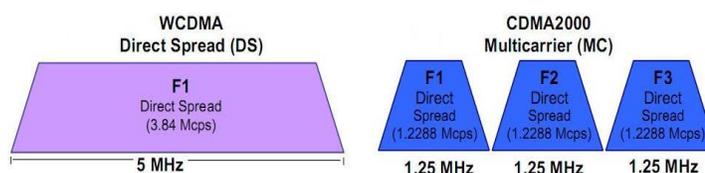


Fig. 19. Comparación de espectro entre CDMA2000 y WCDMA.

CDMA 2000, proporciona a los operadores flexibilidad para ofrecer servicios 2.5G, debido a la compatibilidad entre las redes CDMA 2000 y cdmaOne de 2G. La norma permite la entrega de datos a velocidades de hasta 307 Kbps.

Hacia 3G, CDMA 2000 ha tenido su propia evolución tecnológica con la introducción de CDMA 1xEV-DO (Evolution Data Optimized), el cual es un progreso de CDMA 2000 1x con una alta velocidad de datos (High Data Rate: HDR) con un portador solo para datos y donde el forward link es multiplexado mediante división de tiempo. A este estándar de interfaz 3G ha sido denominado IS-856.



Fig. 20. Evolución vía CDMA2000

3.2. CDMA2000 1x.

Este sistema define un conjunto de mejoras básicas en la capa de física para mejorar la capacidad y permitir ofrecer servicios de datos de no muy alta tasa binaria. Puede llegar a duplicar la capacidad de usuarios de voz de las redes cdmaOne. Ofrece unas velocidades máximas de transmisión de paquetes de datos de 307Kbps en entornos móviles.

3.2.1. Arquitectura de red CDMA 2000 x1.

El dominio de la conmutación de circuitos en cdma 2000 1x, utiliza los mismos elementos que la red troncal GSM alrededor del MSC, aunque difiere en el protocolo de gestión de la movilidad, ya que en cdma 1x se emplea el protocolo especificado en la norma ANSI-41.

Debido a que los servicios de datos en IS-95 se implementan como pequeñas conexiones de conmutación de circuitos, es necesario incluir un elemento de interfuncionamiento (interworkin Funcion, IWF) entre Internet y el MSC. Sin embargo, esta solución es inviable para servicios de datos mayores tasas binarias.

Los elementos adicionales necesarios en cdma 2000 son:

- PDSN: Punto de unión con los entornos privados IP. Se trata del punto de terminación del protocolo de enlace PPP y está conectado al subsistema de estación base a través de la interfaz R-P (Radio Packet). El PDSN es responsable también de la gestión de la movilidad.
- Servidor AAA (Accounting, Autentification and Authorization) basado en RADIUS (Remote Authorization Dial-In Service), que contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados, se utiliza para labores de autentificación.
- PCF: La función de control de paquetes, es uno de los nuevos elementos necesarios en el BSS para soportar la conmutación de paquetes de la interfaz R-P

CDMA 2000 es una eficiente y robusta tecnología que tiene la capacidad de soportar tráfico de voz y datos aumenta la velocidad ya que tiene una alta capacidad de entrega de paquetes con la menor cantidad de espectro, con una capacidad de 35 canales de tráfico por sector RF.

Flexibilidad de frecuencias de banda: 450 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1700 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz.

3.3. 1xEV-DO – Rev. 0.

Este sistema fue desplegado por primera vez en Corea del Sur el año 2002 y es una evolución optimizada para transmisión de paquetes de CDMA 2000. También conocido como IS-856 y compatible con los estándares anteriores de la misma línea, como son IS-95 e IS-2000, ya que 1xEV-DO ocupa la misma cantidad del espectro trabajando con una portadora FDD de 1,25 Mhz. Esto facilita la integración con las CDMA existentes reutilizando las BTS (ERBs), antenas y equipos de transmisión y recepción, permitiendo aprovechar el significativo mercado CDMA.

Los operadores actualizan esta red con tarjetas EVDO Rev A tal como sucedió con la migración de 1X a EVDO Rev 0, estas nuevas tarjetas pueden insertarse al lado de las tarjetas de EVDO Rev 0 y pueden compartir muchos recursos de la misma BS.

Con su alta velocidad y bajo atraso para conectarse a la Internet, 1xEV-DO soporta una gran variedad de servicios de datos inalámbricos y su aplicación alcanza diferentes segmentos como corporativo, consumidor y el acceso fijo de banda ancha.

Debido a las características similares de RF, es bastante natural la integración del 1xEV-DO con las redes CDMA existentes, reutilizando infraestructura de las BTS (ERBs), antenas y equipamientos de transmisión y recepción.

Banda de frecuencia(MHz)	Radio de celda (Km)	Área de celda (Km ²)
450	48.9	7,521
850	29.4	2,712
1900	13.3	553
2100	10	312

Fig. 21. Tamaños de celdas dependiendo de la frecuencia de transmisión.

El uso de la banda de 450MHz tiene muchos beneficios económicos y sociales, ya que tiene la característica de propagación de la señal, especialmente cuando se compara con tecnologías que usan bandas de frecuencias más altas. La utilización de esta banda beneficiara a los operadores que podrán cubrir grandes áreas geográficas con ventajas en términos de costos de infraestructura, operativos y otros costos asociados.

EVDO soporta servicios simétricos sensibles al retardo como son aplicaciones de voz y servicios asimétricos no sensibles al retardo como son la navegación WEB.

Las velocidades de datos estandarizadas son:

- Enlace descendente: 2.457,6 kbps (Rendimiento de 500-700 Kbps).
- Enlace ascendente: 153,6 kbps (Rendimiento de 70-90 Kbps).
- Transmisión asimétrica para el manejo de aplicaciones basadas en internet.

Terminal y la estación base negocian la máxima velocidad a transmitir por el canal descendente, que es la máxima velocidad que el Terminal es capaz de soportar. La capacidad de transmitir a diferentes velocidades depende de las características del enlace de radio.

Una característica distintiva del sistema es la ausencia del control de potencia en el enlace descendente. La estación base siempre transmite la máxima potencia, de modo que en una buena cobertura se pueden recibir las altas velocidades especificadas. Para evitar interferencias, cada usuario recibe una ráfaga de datos correspondientes a un intervalo de tiempo determinado que el sistema le asigna. Al mismo tiempo tiene en cuenta el tiempo transcurrido desde que atendió a un usuario la última vez, para permitir acceso a otros usuarios más alejados de la emplazamiento. Por el contrario del enlace ascendente si lleva un control rápido de potencia a 600 Hz.

3.3.1. Arquitectura de red EV-DO.

Al ser un sistema dedicado al tráfico de paquetes, esta arquitectura de red no contempla la estructura de circuito correspondiente a servicios de voz.

Los elementos de red son:

- BTS (Base Transceiver Station): La radio estación base, al igual que las arquitecturas anteriores se encarga proporcionar la cobertura y comunicarse directamente con el móvil.
- BSC: controladores de radio base. Al cambiarse el móvil de un área de cobertura a otra cambia de BTS, la BSC controla los handoffs manteniendo las sesiones de datos, además de controlar la conexión de cada Terminal manteniendo la tasa de errores bajo un umbral aceptable.

- PDSN: es el elemento que hace la interface de red de acceso Wireless con Internet, además de establecer las sesiones de usuario. La funcionalidad básica es actuar como Network Access Server (NAS) para establecer las sesiones de usuario con protocolo PPP (Point to Point Protocol).
- PCF: controladora de las funciones de paquete, es responsable de administrar la interface entre las BCS con las PDSN, selección de PDSN, acompañar todos los temporizadores de inactividad de usuarios, y suplir esa información a la BSC.

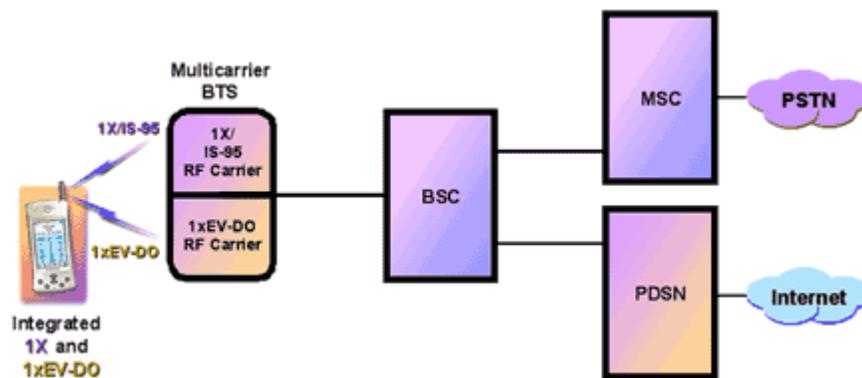


Fig. 22. Arquitectura de red EVDO.

3.3.2. Protocolo IP.

El sistema usa el protocolo IP como transporte, soportando así todas las aplicaciones y protocolos que sean compatibles con IP. Utiliza servidores comunes de Internet incluyendo los siguientes:

- Servidor RADIUS: utilizado para autenticar y autorizar el dispositivo y también recibir paquetes con información de tarificación.
- Servidor DNS, utilizado para correlacionar nombres de dominios a sus direcciones IP.
- Servidor DHCP: puede ser usados para designar direcciones IP para el usuario. Al establecer una sesión de datos para un Terminal, el PDSN solicita al servidor DHCP una nueva dirección IP para aquel Terminal.

El Terminal EV-DO, puede recibir dirección IP privada o pública, esta definición queda a cargo de la designación de direcciones de la operadora.

3.3.3. Interface aérea.

La principal meta en el desarrollo de EVDO, es sacar el máximo de provecho al espectro para soportar servicios de datos sin preocuparse de los servicios de voz.

- Enlace directo: En este enlace (BTS al Móvil), EV-DO ocupa TDM en su portadora, lo que hace que la BTS transmita a un solo usuario cada vez con toda la potencia, debido a la rápida conmutación entre usuarios activos (~1.6ms), la característica TDM es imposible de detectar, incluso con aplicaciones en tiempo real. lo que maximiza las tasas observadas por el usuario.

Las Modulaciones modulaciones que ocupa en este enlace son QPSK, 8PSK y 16 QAM.

De esta forma los recursos son compartidos en el tiempo entre usuarios, sin embargo al contrario de TDMA, no existen ubicaciones fijas de spot para cada usuario. Todos los paquetes son transmitidos con una identificación al destinatario del paquete. La portadora es dividida en slots de 1,67 ms y un conjunto de 16 slots completan un cuadro EV-DO.

En este enlace EDVO utiliza técnicas semejantes a las que utiliza HSDPA en cuanto a los procedimientos de control en la transmisión de datos, como son:

- Hybrid ARQ, proceso que se emplea para limitar la retransmisión de paquetes de datos.
 - Higher Modulation Schemes (Esquemas de modulación más alta: 16QAM)
 - Scheduling, algoritmo de asignación que aprovecha la diversidad de los usuarios sirviendo primero a los usuarios que se encuentran en mejor condición de RF.
- Enlace Reverso: El enlace reverso (del móvil hacia BTS) tiene bastante similitud con el cdma2000 1xRTT. La transmisión de paquetes ocurre sólo en la duración del cuadro de 26.67 ms. Procedimientos comunes al cdmaOne y cdma2000 1x como control de potencia y *soft-handoff* también se aplican al enlace reverso del 1xEV-DO. Las tasas de datos pueden ser de 9.6, 19.2, 38.4, 76.8 ó 153.6 kbps.

La modulación que ocupa en este enlace es BPSK.

3.4. 1xEV-DO – Rev. A.-

Incorpora mejoras en el Uplink en un mismo canal de 1,25Mhz. El tráfico de datos para un usuario en entorno de alta movilidad, debe ser al menos:

- Entre 2,4 y 3,1 Mbps en enlace descendente.
- 1,8 Mbps en enlace ascendente.
- Ambos simultáneamente.

Cuando el sistema este cargado con mucho tráfico, la velocidad media que se asegura a un usuario con alta movilidad es de 600Kbps en ambos sentidos. En el caso de baja movilidad en interiores y exteriores, la velocidad pico del enlace ascendente llega a 2Mbps.

Las características de esta tecnología son:

- Reutiliza la infraestructura existente, en especial las antenas.
- Utilizado una portadora de radio de 1.25 MHz en las mismas bandas de espectro
- Requiere cambios mínimos en los terminales, así como en la compatibilidad e interoperabilidad con el resto de los sistemas cdma 2000 e IS-95.
- En Uplink utiliza esquemas de modulación más altos: La Revisión A introduce los esquemas de modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Key) y 8-PSK (Eight Phase Shift Key) en el enlace inverso. Previamente, el enlace inverso sólo usaba BPSK (Binary Phase Shift Key).
- HARQ en ambos enlaces.

La migración de una red de acceso (RAN) de IS-95 a 1X y EV-DO (todas las revisiones) es casi tan simple como insertar una nueva tarjeta de canal en una estación base previamente desplegada. Esto es muy convincente para los operadores que no quieren desplegar y mantener una RAN completamente nueva y separada.

3.5. 1xEV-DO – Rev. B.

La característica principal de EVDO Rev. B es que incorpora la utilización de 3 portadoras de 1,25MHz con lo cual obtiene mayores velocidades de transmisión de datos, lo que permite una mayor entrega de contenido, incluso para las aplicaciones más exigentes. Un despliegue de dos o tres carrier, básicamente, aumenta el pico y el promedio de velocidad de transmisión de datos de hasta dos o tres veces

mayor que la de un solo carrier. La relativa mejora de los resultados pueden ser representados en las comparaciones a continuación.

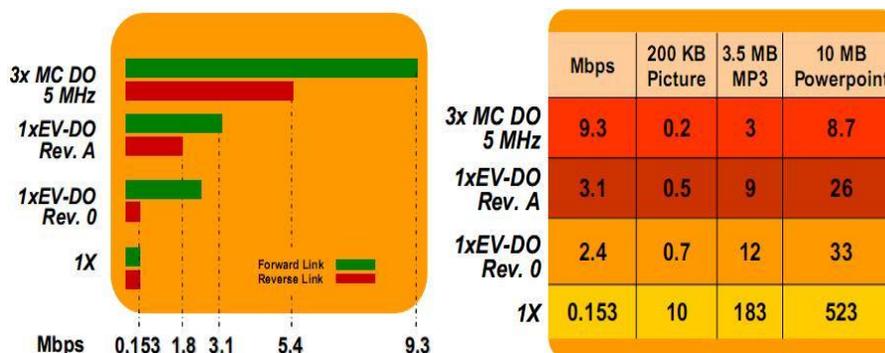


Fig. 23. Características de Throughput de la red EVDO Rev. B.

Al elegir este enfoque, el operador puede combinar de dos a tres portadoras de la Revisión A para crear una solución de Revisión B que soporte hasta 9.3 Mbps (14.7 Mbps con 64-QAM) y, a la vez, usar cada portadora para brindar servicios de Revisión A y Release 0 mediante tres portadoras de 1.25 MHz; hay que notar que un sistema basado en 64-QAM requeriría una mejora del hardware. Se preserva la compatibilidad directa y hacia atrás en el nivel de la infraestructura.

La Revisión B requiere nuevos dispositivos móviles con múltiples vías de transmisión y/o recepción para lograr tasas de datos más altas. Sin embargo, los dispositivos móviles de Revisión A y Release 0 aún serían totalmente compatibles con la nueva revisión mientras que los dispositivos móviles de la Revisión B también funcionarían en una red de Revisión A o Release 0. Desde la perspectiva del dispositivo móvil, la compatibilidad directa o hacia atrás se preserva.

3.6. 1xEV-DO – Rev. C.

Las características exactas de la Revisión C aún se están analizando; sin embargo, hay grandes probabilidades de que esta revisión incluya el uso de tecnologías de antenas inteligentes (SDMA o MIMO). Además, se está estudiando el tema de combinar físicamente las portadoras para crear anchos de banda de canal que excedan los 1.25 MHz. En tal escenario, sería posible un súper canal de 5 MHz, 10 MHz o, incluso, de 20 MHz. La Revisión C también podría ser la primera oportunidad para un uso más agresivo de OFDM en 3GPP2. Dependiendo de los análisis de ingeniería, OFDM podría limitarse al enlace directo y CDMA continuaría usándose en el enlace inverso o podría usarse en forma bidireccional.

Aún no se ha tomado una decisión. Sin embargo, la Revisión C y lo que siga impulsarán a CDMA2000 y EV-DO a ingresar en la próxima década

3.7. Estado actual de la tecnología.

Las principales zonas en donde se ha establecido la tecnología son: en Asia, principalmente Corea y Japón; En EE.UU y en Latinoamérica.

EVDO, como se mencionó en la arquitectura de red con los nuevos elementos, es una mejora dirigida y enfocada a priorizar los datos hacia el usuario. El detalle es que no es compatible con 1xRTT, y por tanto con la tecnología CDMA (IS-95).

A lo anterior, cabe destacar que la implementación de esta red no está dirigida solo a operadoras de CDMA. Ya que operadoras fijas y pequeñas empresas podrían optar por esta tecnología para ofrecer servicio de datos.

Mundialmente CDMA2000, tiene presencia con 281 operadores en 107 países, los que dan el servicio a 418 millones suscriptores. Las redes EVDO ocupan 85 de las 281 redes implantadas.

En la siguiente figura, se esquematiza las características de esta rama evolutiva.

CDMA2000 1X (Portadora de 1.25 MHz)		CDMA2000 1xEV-DO Rel 0 (Portadora de 1.25 MHz)		CDMA2000 1xEV-DO Rev. A (Portadora de 1.25 MHz)		CDMA2000 1xEV-DO Rev. B (Portadora de 5 MHz)	
Máximo	153 kbps (DL) 153 kbps (UL)	Máximo	2.4 Mbps (DL) 153 kbps (UL)	Máximo	3.1 Mbps (DL) 1.8 Mbps (UL)	Máximo	9.3 Mbps (DL) 5.4 Mbps (UL)
Promedio para el Usuario	60 - 100 kbps (DL) 70 - 90 kbps (UL)	Promedio para el Usuario	300 - 700 kbps (DL) 70 - 90 kbps (UL)	Promedio para el Usuario	600 - 1400 kbps (DL) 500 - 800 kbps (UL)	Promedio para el Usuario	1.8 - 4.2 Mbps (DL) 1.5 - 2.4 Mbps (UL)

Fig. 24. Características de throughput de la familia tecnológica CDMA.

Fuentes:

- *“Análisis técnico y económico de de la implantación de redes móviles de tercera generación en Chile”.*
- *La evolución de 3G: Llevando CDMA2000 a la próxima década, Preparado por: Michael W. Thelander.*

CAPITULO IV. WIMAX MÓVIL (IEEE 802.16e)

El estándar IEEE 802.16 fue creado para ser una solución MAN inalámbrica, y fue diseñado como una solución para exteriores desde el principio. IEEE 802.16 está diseñado para operar en un tamaño de celda típico de 7 a 10 kilómetros y puede manejar distancias de hasta 50 kilómetros.

La familia 802.16 contempla una serie de mejoras, que se han ido graduando de la siguiente forma.

- 802.16, 10-66 GHz con modulación QAM.
- 802.16a, 2 – 11GHz, con OFDM y OFDMA.
- 802.16 b y c, interoperabilidad y especificación de certificaciones
- 802.16d, Añade 2 – 11 GHz, a la especificación de Interoperabilidad.
- 802.16 2004, Remplaza a 802.16 a, b , c y d,
- 802.16e, Movilidad.

4.1. Wimax.

WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad mundial mediante accesos por microondas) es el nombre que se le dio al estándar 802.16 que describe la "Interfaz Aérea para Sistemas Fijos de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha".

WiMAX es un concepto parecido a WiFi pero cualitativamente diferente como veremos por sus características, no sólo por conseguir mayores coberturas y anchos de banda. WiFi, comprendida en la familia de estándares 802.11, fue diseñada para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con capacidad sin línea de vista (NLOS, por sus siglas en inglés) de muy pocos metros. En un principio se diseñó para ofrecer "conexiones Ethernet inalámbricas" y después para garantizar la interoperabilidad entre productos 802.11 de diferentes fabricantes. WiMAX, por el contrario, fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel público. Puede entregar todos los niveles de servicio necesarios para un Carrier dependiendo del

contrato con el suscriptor, distintos servicios paquetizados como IP y Voz sobre IP (VoIP), así como servicios conmutados (TDM), E1s/T1s, voz tradicional (Clase-5), interconexiones ATM y Frame Relay.

Para que Wimax entre a la competencia con los servicios de banda ancha para telefonía celular se ha madurado el estándar naciendo 802.16e.

4.2. WiBro: IEEE 802.16e

IEEE 802.16e es un estándar diseñado para ofrecer una característica clave de la que carece el 802.16-2004: portabilidad y, con el tiempo, movilidad a toda escala. Este estándar requiere una nueva solución de hardware/software ya que no es compatible con el anterior 802.16-2004, lo cual no es necesariamente algo bueno para los operadores que están planeando desplegar el 802.16-2004 y luego ascender al 802.16e.

El IEEE802.16e, es decir, el mobile WiMAX, es capaz de conmutar y hacer roaming. La tecnología OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access –Acceso de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Escalable) asigna diferentes subcanales a los diferentes abonados y soporta el acceso simultáneo a Internet de muchos abonados. En condiciones de visada indirecta, el mobile WiMAX opera en un rango de frecuencias inferiores a 6GHz. Los operadores que utilizan el 802.16e para realizar networking podrán brindar servicios fijos y nómades así como también servicios tanto para laptops como para teléfonos móviles. El foro WiMAX aún debe definir un rango de frecuencia para el 802.16e, pero la experiencia de aplicación indica que 2.3 ó 2.5GHz representan las opciones más posibles.

Al igual que GSM/UMTS, WiMAX no es una sola tecnología sino una familia de tecnologías interoperables. A diferencia de GSM/UMTS, las redes de WiMAX móvil no tienen compatibilidad con tecnologías anteriores.

WiMAX móvil emplea muchos de los mecanismos que utiliza HSPA para maximizar la velocidad de transmisión (throughput) y la eficiencia espectral, entre ellos modulación de alto orden, codificación eficiente, modulación y codificación adaptativas, y Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ). La principal diferencia con HSDPA consiste en que WiMAX utiliza OFDMA. OFDM brinda una ventaja potencial de implementación para canales de radio amplios (por ejemplo, de 20 MHz). En radiocanales de 5 a 10 MHz, no existen pruebas que indiquen que WiMAX móvil tendrá alguna ventaja significativa de performance en el downlink.

4.3. Tres tecnologías clave para Mobile WiMAX.

El estándar Mobile WiMAX, IEEE 802.16e permite que los usuarios utilicen un terminal para recibir servicios de banda ancha inalámbrica en cualquier momento y en cualquier lugar. Tres tecnologías clave - OFDMA, MIMO y AAS – facilitan los índices de rendimiento mejorado de WiMAX en tres áreas: Velocidad, resultados y capacidad. Los operadores pueden brindar a los usuarios servicios que requieren un mayor ancho de banda y QoS, como por ejemplo streaming media, VoIP, videoconferencia y juegos interactivos.

4.3.1. OFDMA.

OFDMA se encuentra en la capa física de las capas inalámbricas de nueva generación. Basada en OFDM, OFDMA permite que muchos abonados accedan asignándole a cada uno un cierto número de subcarriers. También introduce la tecnología TDMA que asigna diferentes segmentos de tiempo a diferentes grupos de usuario. Todos los subcarriers OFDMA se dividen en diversos grupos de subcarriers en dominios de frecuencia, cada uno de los cuales se denomina subcanal. Un usuario puede ocupar uno o más subcanales. En ámbitos temporales, muchos equipos de usuario en un segmento de tiempo dado pueden transmitir datos simultáneamente a través de diferentes subcanales. Asimismo, el OFDMA presenta un mecanismo de asignación flexible que hace posible asignar subcarriers dinámicamente dependiendo del tráfico, mientras distintos modos de modulación y potencias de transmisión son aplicados en diferentes subcarriers lo que resulta en niveles más altos de utilización de espectro.

4.3.2. MIMO

MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output) presenta múltiples antenas tanto en los extremos de transmisión como de recepción con el fin de obtener altas tasas de datos y una calidad de transmisión mejorada.

En el core de MIMO, existe procesamiento de señal de tiempo y espacio. Específicamente, la distribución de múltiples antenas combina los ámbitos temporales y espaciales para el procesamiento de la señal. MIMO utiliza la tecnología de codificación de tiempo y espacio, términos de código de diseño de ambos ámbitos y transmite streams de bit de información de modo simultáneo de antenas múltiples cuando utiliza la naturaleza ortogonal de la secuencia de transmisión de antenas para obtener ganancias.

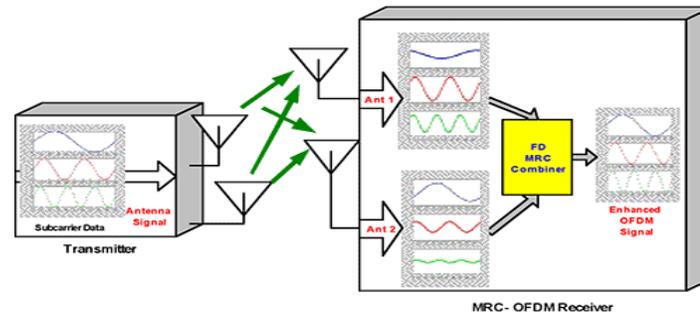


Fig. 25. Transmisor y receptor MIMO.

4.3.3. AAS (Adaptive Antenna System)

Los sistemas de antenas adaptativas tienen la propiedad de poder dirigir el lóbulo principal a una dirección en particular (centrar la potencia de transmisión en un objetivo), lo cual significa que durante la transmisión, la señal puede ser dirigida a la dirección requerida del receptor, así como una antena direccional. El proceso anteriormente descrito es conocido como beamforming. Recíprocamente durante la recepción, el AAS se puede dirigir de tal modo que ilumine solamente la dirección desde la cual viene la señal deseada. También poseen la propiedad de supresión de interferencias co-canal de otros elementos de la red.

El beamforming es logrado mediante la modificación electrónica de la fase de cada antena del arreglo. Con ello se logra cambiar la forma del pattern de radiación del conjunto, entregando mayor intensidad de radiación en la dirección deseada y por ende directividad.

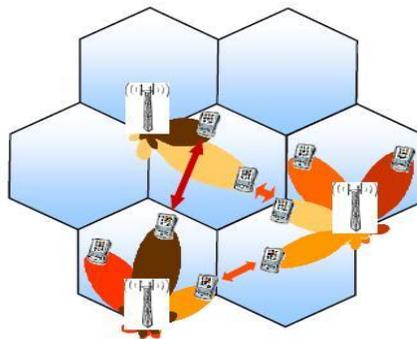


Fig. 26. Beamforming

4.4. WiMAX frente a los sistemas 3G.

WiMAX móvil emplea muchos de los mecanismos que utiliza HSPA para maximizar la velocidad de transmisión (throughput) y la eficiencia espectral, entre ellos modulación de alto orden, codificación eficiente, modulación y codificación adaptativas, y Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ). La principal diferencia con HSDPA consiste en que WiMAX utiliza OFDMA. OFDM brinda una ventaja potencial de implementación para canales de radio amplios (por ejemplo, de 20 MHz). En radiocanales de 5 a 10 MHz, no existen pruebas que indiquen que WiMAX móvil tendrá alguna ventaja significativa de performance en el downlink.

WiMAX está intentando desafiar a las tecnologías inalámbricas existentes al prometer mayores capacidades y eficiencias que los enfoques alternativos tales como HSPA. Pero a medida que WiMAX, especialmente WiMAX móvil, se acerca a ser una realidad, los proveedores continúan optimizando HSPA, y las ventajas reales de WiMAX dejan de ser evidentes. Cualquier ventaja potencial ciertamente no justifica el reemplazo de los sistemas de 3G por WiMAX. En cambio, WiMAX ha resultado de gran atractivo para los países en desarrollo, como alternativa a la implantación de líneas fijas.

Comparando Wimax con HSDPA se pueden mostrar distintas bases de comparación entre las que están el mercado, los números de usuarios y características de las redes.

- Mercado de HSDPA.

- Aspecto Positivo.

El hecho que tiene una fuerte base evolutiva y un mercado ya establecido, hace que la mayoría de los operadores se estén comprometiendo con este camino migratorio, esto les beneficia en que hay una amplia cobertura del sistema, gran cantidad y variedad de dispositivos con velocidades de transmisión más que aceptables.

- Aspecto Negativo.

Desde el lanzamiento de HSDPA, ha habido un aumento de los equipos con esta tecnología, pero no tanto la cantidad de usuarios activos a servicio de datos, los usuario de HSDPA siguen siendo fuertes consumidores del servicio de voz. A lo anterior se suma que los equipos aun son costoso y que HSDPA sigue sin resolver el problema de ofrecer nuevos servicios de datos, simplemente mejora e acceso en cuanto a la velocidad.

Por más que la voz sea un Commodity, es u servicio básico y fundamental , para lo cual HSDPA tiene robustez para la oferta de servicio de voz y datos, dada la infraestructura del legado GSM que le garantiza cobertura.

➤ Números HSDPA

- Se esperan 40 millones de usuarios a fines del año 2008, y se estima según UMTS Forum, que para el año 2012 haya 1.000 millones de usuarios activos del servicio.
- 151 redes comerciales en 72 países.

- Mercado Wimax móvil.

➤ Aspecto Positivo.

- Nueva tecnología con lanzamiento a fines del año 2007, para lo cual ha tenido el apoyo de grandes operadores (Telecom Italia, Telmex, Entel, etc.) y fabricantes (Nokia, Motorola, Samsung, etc.).
- Es una tecnología que permite cubrir zonas con poca o cero penetraciones de infraestructura fija.
- Velocidades de transmisión aceptable, 2Mbps en bajada de datos.

➤ Aspecto Negativo.

- La migración de una red fija a una móvil no será fácil, lo más probable es que se vea a nuevos operadores lanzando la versión móvil y aquellos que ya tenían la versión fija mantengan esas redes como modelo de negocio.
- Poca variedad de terminales, por lo que sus precios aun son elevados
- No hay un ambiente de multivendedor.
- Dificultad para acceder al servicio de roaming: interoperabilidad, pocos operadores, limitada cobertura.
- La oferta de Wimax móvil difícilmente podrá igualar la oferta de HSDPA en los próximos 5 años.

➤ Números Wimax

- 196 redes comerciales a fines del año 2007.
- 22 redes en Latinoamérica, la mayoría con la versión fija.
- Se estima que en condiciones favorables al año 2012 haya 80 millones de usuarios Wimax móvil a nivel mundial.
- Bandas de frecuencias entre ambas tecnologías.

Hay bandas establecidas para cada tecnología, es difícil competir sin cuadrar espectro a su tecnología correspondiente. Los precios dispares en las subastas de las bandas dan un valor potencial de negocio, ya que los precios de Wimax son relativamente mas bajos que los precios de las bandas 3G, lo relativos está en que cada país dispone y otorga restricciones de servicio en las bandas, mientras que en otros hay libertad.

WiMAX móvil	HSDPA
2,5 GHz	850 MHz
3,5 GHz	900 MHz
Posible uso en 700 MHz	1700 MHz
	1800 MHz
	1900 MHz
	2100 MHz

Fig. 27. Bandas de frecuencias entre ambas tecnologías.

La gran robustez del legado GSM le da a HSDPA un mayor mercado ya que entrega operadores comprometidos con este desarrollo, le brinda una amplia variedad de dispositivos y cobertura.

Wimax móvil ocupa un espacio importante en los mercados emergentes para cubrir zonas con poca o cero infraestructura o en ellos donde haya baja densidad de redes de telecomunicaciones.

No se puede hablar de competencia entre estas dos tecnologías, ya que están en realidades distintas y aplican en operadores dispares: HSDPA para operadores celulares y Wimax para operadores fijo (con excepciones a esta regla).

Ref.: TELESEMANA

CAPITULO V. ESPECTATIVAS EVOLUTIVAS A 4G

La adopción de tecnologías IP en distintos sectores de la economía como las telecomunicaciones, los medios de difusión y los sistemas de información fortalecen la convergencia de estos medios. Se espera que en el futuro, las actuales fronteras entre las distintas infraestructuras de servicios vayan desapareciendo. Como en el caso de las redes de telecomunicaciones, donde la convergencia fijo-móvil se empieza a constatar, siendo IMS el catalizador para dicha integración. En pocos años, la distinción entre operadores móviles y fijos será confusa o habrá desaparecido.

Lo primero de todo es que, y contrariamente a 3G, no hay estándares concretos que especifiquen qué son los servicios 4G, la red o la tecnología que está detrás de este concepto. Aunque los analistas creen que no tardarán en llegar, lo cierto es que a día de hoy 4G aún sigue siendo más un concepto de marketing que una realidad. Por el momento la 4G es una colección de tecnologías y protocolos, no sólo un único estándar, para permitir el máximo de rendimiento de procesamiento de la red inalámbrica más adecuada en cada momento.

Debido a que la 3G tiene relativamente poco tiempo en el mercado, es muy probable que no veamos la 4G hasta que haya sido costeable el dinero invertido en la 3G y 3.5G. Uno de los objetivos principales de esta tecnología es poder transmitir entre 20 Mbps y 1 Gbps (1000 Mbps).

La creciente implantación de redes de acceso para comunicaciones móviles, tiene como principal objetivo, aumentar la capacidad de conectividad de los usuarios. Las características de la conectividad serán distintas según las tecnologías de la red de acceso. Una de las particularidades de que se esperan para 4G es la capacidad que tenga el usuario de elegir el mejor acceso en cualquier momento. Esta facultad de estar siempre conectado de la mejor manera posible dependerá de las innovaciones tecnológicas en el terminal, los servicios, los sistemas de acceso y lo más esencial, la integración de estos.

¿Con que servicios en la actualidad se aprovechan las capacidades de banda ancha inalámbricas?

Desde el principio del celular las llamadas de voz han sido el servicio más ocupado por los clientes y ahora se encuentran entre otros: SMS, la conexión a internet, mensajería multimedia, el video llamado, Mobile Tv, radio, GPS, etc. Pero la tecnología que está detrás del servicio que ocupa el cliente si ha tenido un rápido crecimiento, ya que se han alcanzado velocidades de conexión muy superiores a las de hace unos pocos años, como son los 14Mbps del HSDPA.

Para poder entender las características de las redes actuales y la esperada mejora hacia 4G, se comparan las tecnologías en las principales aplicaciones y mejoras tanto para el usuario como para el operador.

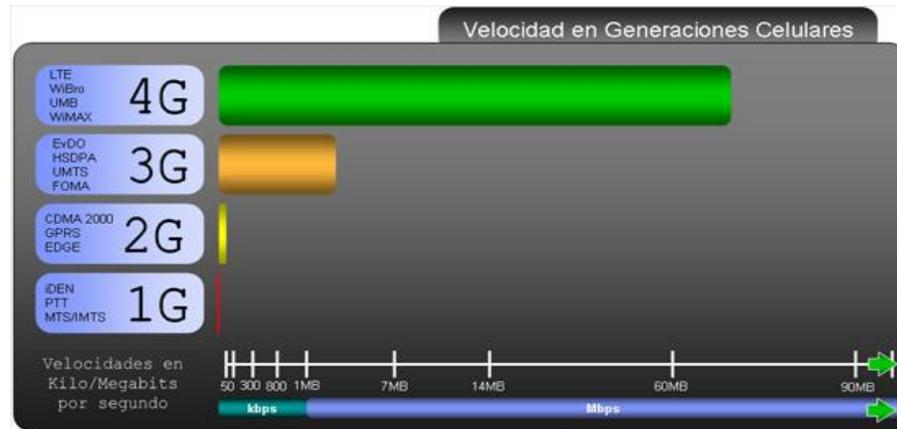


Fig. 28. Comparación del aumento de velocidad en las distintas generaciones.

5.1. Mejoramiento de la eficiencia espectral.

El aumento del número de usuario trae consigo el aumento de tráfico. En principio el problema se puede resolver colocando más portadoras en las BS. Sin embargo, llega un momento en que esto no es posible porque la cantidad de espectro destinado a comunicaciones móviles es limitado. La forma de mejorar la capacidad del sistema es colocar más BS y que transmitan con una potencia más baja de forma que puedan reutilizarse las frecuencias a distancias menores. Pero este proceso es muy caro pues exige nuevas ubicaciones, equipos, licencias, arrendamientos, etc. por lo tanto para evolucionar este aspecto se trabaja en sistemas que manejen un mayor número de usuarios por MHz, es decir que mejore la eficiencia espectral.

La eficiencia espectral se calcula como el cociente entre la tasa de bits o la velocidad de información ($R = B \text{ bits/s}$) y el ancho de banda necesario para su envío, B (Hz): $\eta = R/B$ (bps/hz).

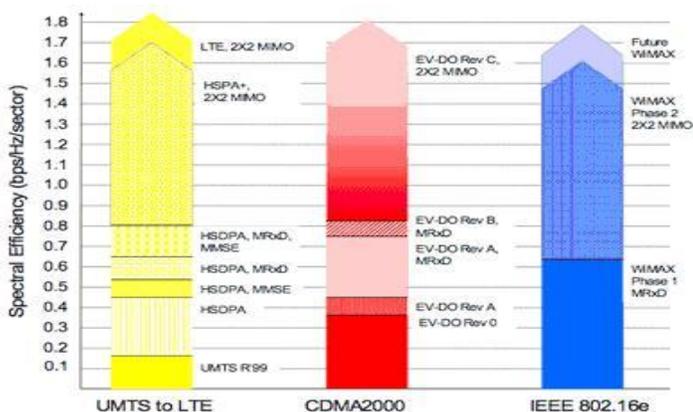


Fig. 29. Las tecnologías inalámbricas luchan por mejorar la eficiencia espectral.

Ref.: 3G Americas

En la anterior figura se puede apreciar que las tres tecnologías proyectadas a futuro tendrán una eficiencia espectral casi igual, cercana a 2 bps/Hz, esto dependiente de la velocidad de transmisión de cada una y el ancho de banda con que se trabaje. En comparación con la eficiencia en que trabajan los actuales sistemas se puede apreciar un significativo aumento de este indicador, con lo cual se prevé que estos sistemas permitirán ajustar el espectro para poder aplicar sus servicios.

5.2. Mercado y Servicios.

En la actual sociedad mundial se pueden apreciar dos tendencias que impulsan un buen futuro para la 4G, estas son la tendencia social y la tendencia tecnológica.

Desde el punto de vista social, el aumento de población en los próximos años se prevé considerable en los países en vías de desarrollo, por lo que el aspecto laboral también se verá aumentado y las redes como internet que dan acceso a muchísima información son y serán aún más necesarias para contenidos laborales, culturales.

En el aspecto tecnológico cabe destacar: El desarrollo de la nanotecnología que permite el uso de procesadores cada vez más pequeños y de mayor capacidad, la expansión de las comunicaciones móviles y las tecnología de radio que cada vez permiten enviar más información en el mismo periodo de tiempo lo que aumenta de forma considerable la velocidad de transmisión de datos.

A nivel mundial la penetración de telefonía móvil llega al 50%, llegando a los 3.500 millones de clientes (a 26 años después de del lanzamiento al mercado del primer teléfono móvil), de los cuales el 87.58 % millones utilizan GSM.



Fig. 30. Mercado inalámbrico mundial.

Ref.: 3Gamericas

Hoy en día, las empresas se encuentran con una dicotomía de mercados, los mercados maduros en los países desarrollados, y los mercados emergentes, donde la aún baja penetración de la tecnología potencia grandes oportunidades. En los primeros la demanda es menor en cuanto a cantidad y mayor en cuanto a calidad y sofisticación. En estos el usuario está dispuesto a asumir un precio mayor. Por el contrario, en los mercados emergentes, aún cuando el número de usuarios potenciales (que no disponen de un dispositivo determinado) es mayor, la barrera precio implica que el beneficio por usuario será menor. El éxito de las empresas en un futuro próximo se fundamentará en conseguir el balance adecuado en la atención a ambos mercados.

Para que los operadores puedan clasificar sus mercados, se basan en un indicador llamado ARPU (de Average Revenue Per User, ingresos medios por usuario), que es la media o promedio de ingresos por usuario que obtiene, en un periodo de tiempo, una compañía de servicios con amplia base de usuarios. Se calcula dividiendo el total de ingresos obtenidos en el periodo de tiempo, por el total de usuarios activos de la empresa.

En la siguiente tabla, se muestra el valor del indicador ARPU por continente, el valor para latino América es de 1.84 \$US, comparado con el valor de Europa o el de EEUU/Canadá, se puede apreciar que este es un mercado en desarrollo, por lo cual los despliegues tecnológicos en esta región son menores.

Region	Data as % of revenue	Data ARPU (monthly, USD)
Africa	6.62	0.93
Americas	13.02	1.84
Asia Pacific	24.57	4.74
Europe: Eastern	15.70	2.45
Europe: Western	21.13	7.92
Middle East	8.21	1.73
USA/Canada	19.76	10.48

Tabla 2. ARPU en distintas regiones mundiales.

5.3. Evolución de los servicios de telefonía móvil.

Para analizar los servicios actuales de telefonía móvil es necesario considerar los siguientes factores, latencia, velocidad de transmisión y capacidad.

En la siguiente figura se puede apreciar los cambios en latencia de las tecnologías que evolucionan de GSM.

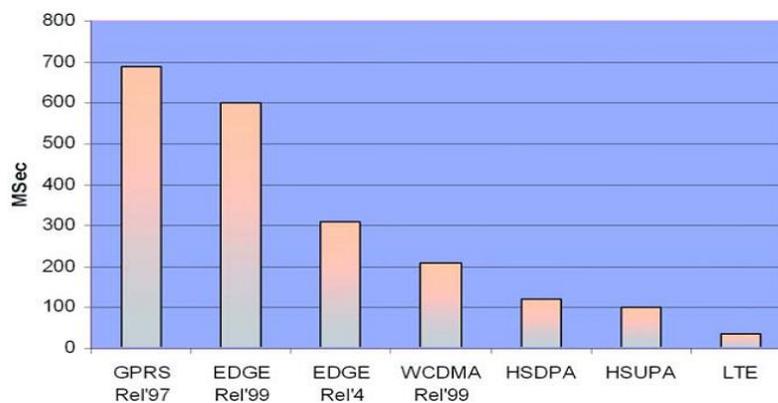


Fig. 31. Latencia en la evolución de GSM.

Hay una importante disminución en los tiempos de latencia de las tecnologías, lo que permite que los servicios en que este parámetro es básico (como la VoIP) se hagan posible o aumenta su calidad valiosamente.

La capacidad y la velocidad de datos también permiten que nuevos servicios sean prestados con mejor calidad, como son el video, la navegación más rápida y la descarga de datos de mayor peso, son posibles gracias a las nuevas capacidades de manejar el acceso de radio y los equipos móviles.

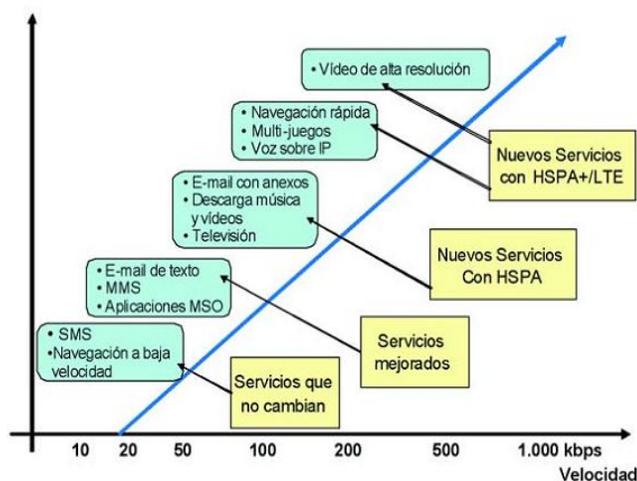


Fig. 32. Evolución de los servicios de telefonía móvil según la tecnología.

Ref: *Beyond 3G*.

Con respecto a los servicios que vendrán en la próxima generación se puede adelantar que los actuales serán mejorados de forma significativa y permitirá otros no disponibles en 3G.

Cada vez los servicios 3G como televisión en los móviles, video llamada, video a través de internet como youtube, entre otros, van a demandar mayor calidad y aunque en nuestro país aun no se ha definido un estándar de Televisión Digital, en Japón ya están diseñando los dispositivos móviles para recepción de programas en Alta Definición (HD).

La computación móvil, cada vez más las tecnologías pensadas para telefonía móvil pueden ser utilizadas para dar conectividad a PCs o Notebooks, 3G ya está prestando este servicio con modem HSPA USB. Lo cual con 4G se pretende mejorar ya que agregaría la conexión a mayor velocidad y en movimiento, con lo que uno podría estar conectado en un vehículo en movimiento a 100Km/hrs.

La intención de 4G es ser un sistema basado en IP, es decir que haya una convergencia entre redes fijas e inalámbricas, accediendo a la misma velocidad tanto a exteriores como a interiores manteniendo una conexión estable. Con esto cada equipo tendría su propia dirección Ip, claro que con Ip V6.

En cualquier caso, los analistas del mercado coinciden en que no hay un “killer application” para 4G a día de hoy. Si se alcanzan las velocidades que se prometen con 4G, los usuarios podrán participar, en tiempo real, en videoconferencias mientras caminan por la calle o acceder a aplicaciones que necesiten mucho ancho de banda.

No obstante, la verdadera joya de 4G será la posibilidad de dar prioridad a la hora de asignar el tráfico profesional, ofreciendo a los clientes diferentes clases de servicio.

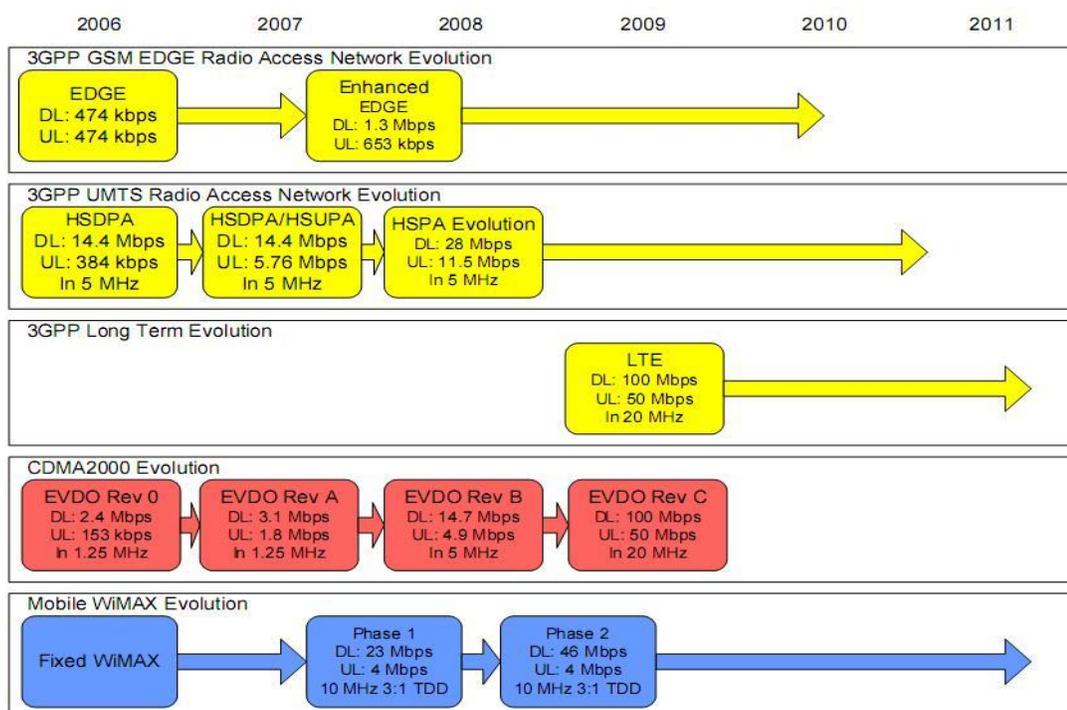


Fig. 33. Diagrama en donde se compara las características de velocidad

5.4. La Banda Ancha.

La necesidad de estar conectado y de la mejor forma posible crea una nueva exigencia, como ejemplo podemos ver la evolución del servicio ADSL a 128kbps y ahora es inconcebible acceder al servicio por menos de 1M. Lo mismo sucederá con los servicios de banda ancha inalámbricos, en donde se esperan entregar altas velocidades de conexión, lo que llevaría a la necesidad de alto tráfico de información. Aunque la capacidad de alta velocidad y gran ancho de banda existe en estructuras cableadas, esa experiencia en este momento es muy distinta que en un dispositivo móvil en comparación con la red celular. Es una experiencia mucho más lenta, degradante y por lo general frustrante, no necesariamente porque el dispositivo móvil sea inferior a una PC cableada, sino porque la red no fue creada para prestar un servicio de banda ancha y lo que se ha hecho es acomodar el sistema al servicio.

El siguiente paso es agregar movilidad a la alta velocidad de datos, el usuario no tendrá que buscar un lugar con conexión física o un acces point, sino que el hecho de tener el equipo encendido en cualquier lugar trae consigo la conexión a alta velocidad. Lo cual le hará optar por este servicio, esto, los operadores y fabricantes lo tienen asumido como una nueva fuente de ingresos y crecimiento económico.

La banda ancha inalámbrica comenzó el año 2003 con UMTS, pero las velocidades de acceso todavía no son altas. El cuello de botella de 3G es el acceso de radio, que aunque se ha mejorado todavía es una sombra de los servicios ADSL. Este es uno de los principales objetivos de la implementación de 4G, no para ser competencia de ADSL, sino que para haya una integración de la banda ancha fija y móvil.

5.5. Directrices del sistema.

Los sistemas de comunicación y los sistemas de nueva generación, se pueden considerar como series de redes caracterizadas por diferentes tecnologías y protocolos de acceso. De hecho, entre dos usuarios finales se puede establecer una comunicación a través de una multiplicidad de tecnologías de acceso como por ejemplo la wireless/móvil, la satelital, la fibra óptica o los sistemas de comunicación por cable. Cada vez más, llega a ser verdad que estas infraestructuras tienen un elemento común: el Protocolo Internet (IP). Además cabe destacar que últimamente hay una atención creciente al concepto de estar "siempre conectado" y "estar "siempre conectado de la mejor manera" (always on, always best connected).

La 4G pretende mejorar y crear nuevos servicios al usuario final, esto implica un plan de mejoramiento en rendimiento, unificar los sistemas y brindar una mayor QoS, esto quiere decir, que el

usuario tendría una conexión constante a la red a un nivel estable, permitiéndole movilidad y cambiar de tecnologías de acceso en el trayecto sin que sea notorio.

Las directrices de 4G son los puntos en los que están enfocados los objetivos anteriores, entre los cuales está: Toda la información va a ser basada en IPv6, integración con otros sistemas y una capa de servicios común.

Toda la información va a ser a través de la conmutación de paquetes utilizando el protocolo IPv6, dejando de lado la conmutación de circuitos (que fuera la base de las primeras generaciones) lo que traerá una mayor reserva de recursos y aumenta la calidad al usuario. Se prevé que para el año 2010 ya se acabe el direccionamiento de la IPv4 y comience la sexta versión del protocolo, lo que en cierto modo podría ser una fecha de inicio con las nuevas tecnologías de acceso inalámbrica.

Con la integración se pretende que todas las tecnologías tengan acceso a los servicios 4G, así podrán convivir redes de acceso IEEE 802.11, 16, 3GPP, 3GPP2 y redes de acceso fijo. En este punto, LTE es pionero al tener un el núcleo de red (SAE) que se abre a otras redes de acceso no 3GPP.

La última directriz es la capa de aplicación o servicios. Conocido como IP multimedia subsistema (IMS), IP Multimedia Subsystem (IMS) es una arquitectura para la oferta de servicios Web a través de redes móviles, fijas y de cable operadores, donde el protocolo de Internet será la fuerza dominante. Esta arquitectura es un proyecto iniciado por el grupo 3GPP y fue creada básicamente para eliminar la barrera entre tecnologías tradicionales utilizadas en las telecomunicaciones y las tecnologías empleadas en internet. La importancia para los operadores es la simplificación en la arquitectura de red a la hora de acomodar nuevos servicios, así como la hora de crearlos y lanzarlos al mercado.

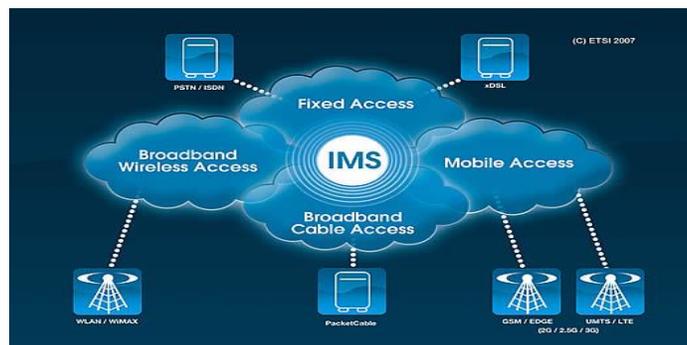


Fig. 34. IP Multimedia Subsystem (IMS)

5.6. Elementos funcionales de una red 4G.

En un escenario 4G aparecen diferentes tecnologías de acceso, las cuales serán complementarias de manera que todas puedan coexistir y, en función de sus necesidades, el cliente podrá optar por alguna de ellas, entre las cuales están: UMTS, CDMA 2000, IEEE 802.11, 802.16 y Ethernet entre otras.

En la siguiente figura se representan los elementos funcionales que compondrán una red 4G.

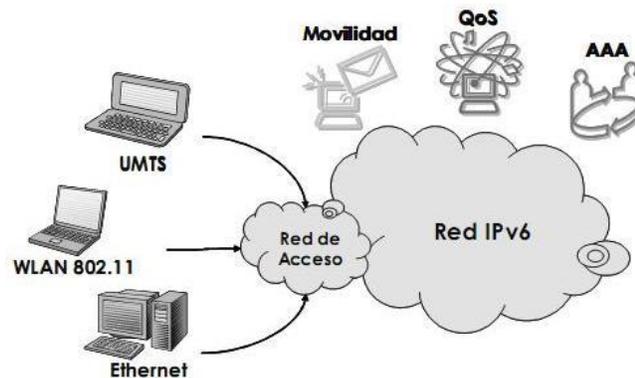


Fig. 35. Arquitectura de red de 4G

Los elementos más representativos de esta red son la calidad de servicio (QoS), Autenticación autorización y contabilidad (AAAC) y la movilidad.

- **QoS:** La tecnología IP tal como se concibió originalmente, no ofrece ningún tipo de garantías de Calidad de Servicio. Sin embargo, existen servicios, entre ellos el telefónico, con rigurosos requisitos de retardo y variación del retardo (jitter), lo que hace necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en este protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios. Para esto, el modelo se basa en el uso de un elemento encargado de la gestión de calidad de servicio, un QoS Broker, que es el corazón del sistema de prestación de calidad de servicio en el entorno, la función que cumple es que toma las decisiones relativas al control de admisión y realiza las funciones de configuración de los dispositivos de la red (como Routers de acceso y los AAAC).
- **AAAC:** Las nuevas redes deberán contar con un sistema de autenticación y autorización para ofrecer formas seguras de identificación y acceso de usuarios. En este sentido el sistema AAA está encargado de comprobar identidad de los usuarios, de controlar los servicios que se usan y facturarles por ello. Estos sistemas utilizan las redes IP para para transportar la información de señalización necesaria.

- **Movilidad:** Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios que, utilizando el mismo o distinto Terminal, se conecten a la red mediante distintas redes de acceso (WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.) operadas por distintas entidades. Esto requiere mecanismos que soporten traspasos (handovers) entre subredes bajo igual o distinta tecnología (traspaso horizontal y vertical) de forma eficiente, teniendo como elemento común el transporte IP. La base del soporte de movilidad en redes IP(v6) es el protocolo Mobile IP(v6).

Ref.: Soporte de QoS en Redes de 4ª Generación.

5.7. Tecnologías de radio.

En el presente las tecnologías HSPA, son basadas en mejoras a las tecnologías de radio UMTS, con lo cual se obtienen mejoras de velocidad tanto para bajar como para subir información. Las tecnologías que predominen el mercado en un plazo superior a 5 años, son las basadas en OFDM y MIMO, dejando ya para aplicaciones muy particulares el WCDMA y las TDMA. Con respecto a OFDM, es utilizado en estos momentos por Wimax y está considerado para la evolución del GSM como es LTE. Mientras tanto hay que sacarle provecho a la inversión hecha para las tecnologías 3G que en algunos países como Chile, está con implementaciones recientes.

MIMO es una técnica que emplea múltiples antenas de transmisión y recepción para mejorar la interfaz aire. Utiliza codificación espacio-tiempo que mejora la diversidad en recepción. MIMO puede combinarse con la técnica beamforming descrita en el capítulo anterior, para mejorar el número de usuarios que cada antena puede dar servicio. Esta técnica cambia haces de señal según la posición exacta del usuario, la combinación puede llegar a ofrecer hasta 7 veces más capacidad que un sistema convencional.

OFDM se basa en la técnica de multiplexación por frecuencia, en donde las frecuencias y modulaciones en cada canal son ortogonales entre sí, de manera que se minimiza la interferencia. Esta técnica constituye una tecnología de acceso desplegada en gran variedad de de aplicaciones inalámbricas y fijas como: la difusión de Video (DVB), Wimax y ADSL.

Otra característica común que se está utilizando y que provee como imprescindible para 4G son la modulación y codificación adaptativa AMC, el planificador rápido Fast Scheduling y el HARQ que es un mecanismo de retransmisión de mensajes en caso de error, que en estos momentos son utilizados por las

tecnologías HSPA, Wimax móvil y EVDO. Con el fin de obtener el mejor rendimiento en la red. Estas técnicas

En resumen, con el actual despliegue de 3G en el mercado, se está trabajando en la próxima generación que permitirá solventar las deficiencias en el actual sistema, con el objeto de dar más comodidad al usuario, integrar los sistemas y ocupar mejor los recursos de radio.

5.8. Próximos desarrollos.

En la actualidad las redes de mayor despliegue y que dominan el mercado, tienen su influencia en el continente Europeo, Asiático y Americano. En Europa el desarrollo se basa principalmente de las tecnologías que evolucionan de GSM, mientras que en EEUU la tecnología predominante es cdma2000 y sus derivados tecnológicos. En Asia en cambio se ha optado por desplegar estas dos tecnologías de acceso masivamente.

La red 3.5G está tomando el mercado en este momento. Si hablamos de HSPA, en el mundo hay 185 redes comerciales en todos los continentes. De las cuales 34 contienen HSUPA y el resto es solo HSDPA. Algunos operadores implementan HSUPA solo con actualización de software, mientras otros lo intentan hacer con actualización de hardware, por esto es más lento cambiar el lanzamiento de HSUPA.

En Diciembre de este año se estarán lanzando las primeras redes HSPA+ con 64 QAM para alcanzar hasta 21Mbps. Al mismo tiempo se estará lanzando MIMO con lo que se podrán alcanzar velocidades de 28Mbps, a mediados del próximo año se estaría lanzando la combinación entre 64 QAM y MIMO con lo cual se alcanzarían velocidades de 42 Mbps. Con lo cual se aprecia que no se espera un cambio brusco en las tecnologías a 4G, MIMO está de a poco trabajando con las modulaciones más altas hasta que se pueda implementar con OFDM se podría comenzar a hablar de 4G.

Para este año también se espera el lanzamiento del Release 8, el cual traerá las especificaciones técnicas y requerimientos de la nueva generación, con esto queda estandarizada la normativa que regirá los próximos desarrollos. Incluye la especificación de LTE y la primera versión del núcleo de red. Se prevé que las primeras pruebas comerciales se realicen en torno al año 2009 iniciando su puesta en servicio. Con esto las primeras entregas comerciales podrían estar en el segundo semestre del año 2010.

Se pretende que a partir del año 2010 con el lanzamiento de IPv6, se comience el desarrollo de la 4G, que traerá consigo muchas características nombradas y otras adicionales que se irán implementando

en el camino. El pronóstico, es que esta tecnología tendrá funcionalidad por los próximos 10 años, obviamente con mejoras progresivas en el tiempo.

	Lanzamiento	Velocidad Teórica - Máx.		Velocidad promedio		Acceso de Radio	Modulación	
		Downlink	Uplink	Downlink	Uplink			
GSM	EDGE	2003	384kbps	118.4kbps	100/130 kbps	70 kbps	TDMA	8-PSK y GMSK
	EDGE Evolution	2009	1Mbps	500 kbps	*	*	TDMA	QPSK, 16 y 36 QAM
	UMTS	2001	2 Mbps	384 kbps	128-240 kbps	128-240 kbps	WCDMA	QPSK (dl) - BPSK (ul)
	HSDPA	2006	14,4Mbps	384kbps	1Mbps	200kbps	WCDMA	QPSK y 16 QAM
	HSUPA	2007	14,4 Mbps	5,76 Mbps	7,2 Mbps	1,4 Mbps	WCDMA	QPSK - BPSK
	HSPA +	2009	42Mbps	11Mbps	*	*	WCDMA	QPSK, 16QAM, y 64QAM
LTE	2010	100Mbps	50Mbps	*	*	OFDM	QPSK, 16QAM, y 64QAM	
CDMA	CDMA2000	2001	153 kbps	153 kbps	60-100 kbps	70-90 kbps	CDMA	QPSK (dl) - BPSK (ul)
	EV-DO Rev 0	2002	2.4 Mbps	153 kbps	300 - 700 kbps	70-90 kbps	CDMA y TDMA	16 QAM (dl) - BPSK (ul)
	EV-DO Rev A	2007	3.1 Mbps	1.8 Mbps	600 -1400 kbps	500 - 800 kbps	CDMA y TDMA	QPSK, 8-PSK, 16-QAM (dl) - BPSK (ul)
	EV-DO Rev B	2009	9.3 Mbps	5.3 Mbps	1.8 - 4.2 Mbps	1.5 - 2.4 Mbps	CDMA y TDMA	QPSK, 8-PSK, 16-QAM
	EV-DO Rev C	2010	10 Mbps	5 Mbps	*	*	CDMA, TDM, OFDM y OFDMA	QPSK, 16QAM, y 64QAM
IEEE 802.16e	Wimax móvil	2008	32 Mbps	4 Mbps	1 - 2 Mbps	1M -500 kbps	OFDMA y SOFDMA	QPSK, 16 QAM, 64 QAM (dl) - QPSK, 16 QAM (ul)

Fig. 36. Descripción técnica de los actuales sistemas y sus evoluciones.

Ref: Elaboracion propia

5.9. Situación actual en Chile.

Hoy en día es difícil imaginar una vida cotidiana sin internet de banda ancha, esto es porque nos permite acceso a mucha información de diversas fuentes y variados servicios, como son; comunicarse por correo electrónico, Chat o VoIP; transmitir información en múltiples formatos; compartir textos, audios e imágenes; hacer transacciones comerciales en línea; realizar trámites y cumplir obligaciones legales como pagar imposiciones o declarar impuestos, y un gran etcétera. Cada día surgen nuevas aplicaciones y contenidos, y su desarrollo se hace más veloz. Partiendo de esto, no sirve cualquier tipo de servicio, generalmente se requiere una tarifa plana de banda ancha que nos garantice operatividad, estabilidad y capacidad suficiente para aguantar el tráfico generado por todos los empleados de la oficina sin que el simple hecho de enviar un informe se convierta en una larga y triste espera.

En nuestro país, la SUBTEL maneja estadísticas de la cantidad de tráfico de cada empresa y las tecnologías utilizadas para proveer el servicio de BA. Las principales compañías que operan actualmente en el mercado de la provisión de Internet en Chile son Telefónica CTC y VTR (sobre el 80% del mercado). La primera opera con tecnología ADSL que se monta sobre la red de telefonía fija, y la segunda utiliza tecnología con cable modem que requiere de las redes de televisión por cable.

En el segmento de conexiones inalámbricas, tres compañías tienen licencias para ofrecer Wimax: Telmex, VTR y Entel Will. La primera es la que tiene la mayor participación en este mercado. El Acceso Móvil, por su parte, las tres grandes empresas de telecomunicaciones móviles: Claro Chile S.A. Telefónica Móviles Chile S.A. y Entel PCS Telecomunicaciones S.A. - Entel Telefonía Móvil S.A. han implementado en sus redes la actualización a una red 3.5G, pasando de una red GPRS/EDGE a una red HSDPA, para no quedar fuera del camino evolutivo poder prestar servicios más competitivos al cliente.

En un principio el servicio de conectividad 3G, se comercializó a dispositivos portátiles como Notebooks o PCs de escritorio, en los cuales se instala un pequeño modem que permite la conexión inalámbrica a una velocidad 700Kbps en Download y de 64Kbps en Upload.



a) Modem Tarjeta PCMCIA

b) Modem USB HSDPA

c) Modem USB HSPA

Fig. 37. Modem para PCs

En cuanto a el servicio a teléfonos móviles, las compañías actualmente están prestando el servicio a equipos de ultima generación como los iPhone 3G o el Black Blackberry Bold 3.5G



a) Black Blackberry Bold 3.5G b) iPhone 3G

Fig. 38. Equipos móviles última generación

Entel ofrece el servicio teléfonos con tecnología HSDPA, los cuales funcionan con un chip llamado “DataSuperChip 3.5G” (el cual tiene un costo de aproximado de 8US), sin este dispositivo el teléfono solo funciona con GPRS y EDGE.

Si el móvil se encuentra en una zona en donde no hay cobertura 3G el dispositivo se mantiene conectado pero a la red EDGE o a la red GPRS, pero con velocidades bastantes menores. Al encontrarse bajo cobertura EDGE accede a velocidades promedio de descarga de 30 – 120 Kbps. Al salir de cobertura EDGE, cuenta con velocidades promedio de descarga de 30 – 60 Kbps pues se accede automáticamente a la cobertura GPRS del lugar.

Según la SUBTEL, en enero de 2008 había 1.411.928 conexiones dedicadas en todo Chile: 94% fijas alámbricas, 5% móviles y 1% fijas inalámbricas. Desagregando las conexiones fijas alámbricas entre DSL y Cable-Modem, tenemos las siguientes participaciones de las principales tecnologías.

Tipo	Número de Conexiones	Participación
ADSL	792.106	56,1%
Cable-Modem	523.226	37,1%
Acceso Móvil	68.438	4,8%
Fijo inalámbrico	17.993	1,3%
Otros fijo alámbrico	10.165	0,7%
Total	1.411.928	100,0%

Fig. 39. Conexiones dedicadas según tipo de tecnología (enero 2008)

Al igual que en el resto del mundo, las conexiones fijas alámbricas son las que dominan el mercado, pero cabe destacar el considerable trepamiento de la tecnología 3G que irrumpió recién el año pasado y ya cuenta con casi el 5% del mercado.

A fines de febrero de 2008, las compañías que ofrecen conexión de banda ancha e internet, anunciaron un aumento considerable de velocidad a sus clientes de forma gratuita y automática triplicando su anterior capacidad. Esto refleja claramente la intensidad de la competencia entre los proveedores y a la vez un escudo frente a los nuevos lanzamientos con tecnologías inalámbricas 3G, que prometen servicios con velocidades cercanas a 1M en su primera fase, pero con altas expectativas de rápida evolución en el desarrollo de redes y equipos a una nueva generación.

Chile siempre se ha mantenido actualizado con las últimas tecnologías para comunicaciones móviles y en algunos aspectos ha sido pionero en Latinoamérica. Por esto en muchos estudios se toma este país como referente de análisis.

La participación en el mercado de estas tres empresas de telefonía móvil en el país, es la que aparece en el siguiente cuadro.

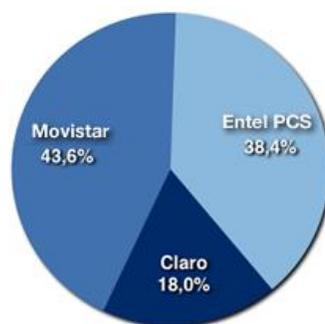


Fig. 40. Participación de mercado empresas de Telefonía Móvil

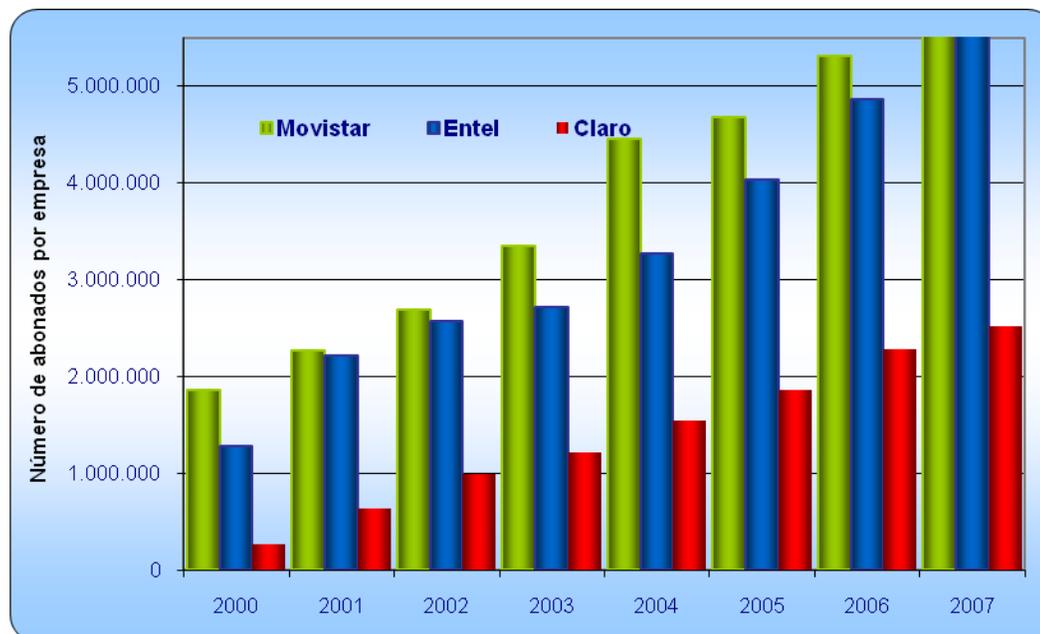


Fig. 41. Evolución del número de abonados por empresa.

La competencia entre las empresas del servicio móvil en nuestro país, muestra un constante crecimiento en las tres compañías, de las cuales es Entel la que ha tenido un mayor crecimiento en los últimos años, esto se debe principalmente a que mantiene sus redes en constante innovación y actualización a los cambios evolutivos del sector, esto le permite captar una mayor cartera de clientes tanto particulares como empresariales. Con respecto a las otras dos compañías, se han visto obligadas a actualizar sus redes para mantener su cartera y atraer nuevos clientes.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de este documento muestra en parte el estado actual y avances tecnológicos de las redes de telefonía móvil. El dinamismo tecnológico en esta área, hace prácticamente imposible comprender a cabalidad cada tecnología y hacer una certera proyección de lo que habría en unos años más. Por este motivo, el desarrollo corresponde a un compendio de lo que cada directriz tecnológica ofrece actualmente al mercado y su convergencia a una nueva generación.

La creciente importancia de internet y sus aplicaciones, la evolución a una economía basada en el conocimiento y el cambio tecnológico, han provocado un cambio en los requerimientos de los servicios y la forma de llevarlos al cliente. Estas nuevas tecnologías aumentan el ancho de banda y con ello la velocidad de transmisión de datos, lo cual trae una disminución de los costos, nuevas aplicaciones y necesidades de comunicaciones de organizaciones y personas.

Las redes que han tenido un mayor despliegue a nivel mundial, son las que muestran un trabajo de proyección más concreto, en el cual se espera que todas tengan un punto de convergencia común que permitirá mejorar los servicios actuales y crear nuevos según este desarrollo avance. Para esto, LTE es el trabajo que cumple con una mayor ventaja hacia la nueva generación, cuando se normalice como estándar a través del Release 8, según agenda del 3GPP para este año.

El punto más atractivo de la 4G es la integración de las redes, con lo que desaparecería la frontera entre una red y otra, esto beneficia a los usuarios ya que tendrán una conexión *always on*, sin notar que en su movilidad cambia constantemente de tecnologías de acceso, adoptando la que le brinda mayor QoS en el momento. Con esto, el usuario tendrá servicios en cualquier sitio a cualquier hora y se espera que a un costo accesible que permita un camino progresivo a estas tecnologías.

La actual senda tecnológica contempla a HSDPA, HSUPA y dos técnicas de radio que revolucionarán las prestaciones de movilidad como son MIMO y OFDM, las cuales están incluidas en LTE y Wimax.

El aumento en el tráfico IP y las nuevas características de radio permiten mayores velocidades de transmisión de datos en las redes móviles, lo cual ha motivado una reingeniería del núcleo de las redes móviles existentes. A esta necesidad, SAE es la respuesta por parte del grupo 3GPP, que pretende que esta nueva arquitectura domine el mercado por los próximos 10 años, la cual tendrá una introducción en el mercado lo más suave posible.

Ante el acelerado avance de cada tecnología, el camino hacia una nueva generación de telefonía móvil, supone un importante cambio en los hábitos del consumidor. En este contexto, hablar de 4G es un tanto aventurado. Si bien los esfuerzos tecnológicos posibilitan altas transferencias de datos, lo cierto es que el trabajo de innovación no termina en los laboratorios, sino que en las ventas finales, es muy probable que 4G no podamos verla implantada hasta que las investigaciones y gastos hechos para desarrollar la 3G sean rentables, es el usuario quién determinará los plazos en la migración, por lo tanto, aunque la 4G ya está a la vuelta de la esquina, tendremos que esperar al menos un par de años más.

Esta tesis, permite tener una visión de los rápidos cambios tecnológicos que ha sufrido este sector, con lo cual prepara al lector a las nuevas ofertas del mercado y las técnicas involucradas detrás de cada servicio. El punto de la proyección tecnológica, se irá comprobando a medida que pase el tiempo y nos lleguen nuevas ofertas con precios más bajos y servicios que antes no teníamos.

BIBLIOGRAFIA.

Las fuentes en las que referí el desarrollo del tema, corresponde a artículos revisados en sitios web, papers y Tesis:

Artículos y Papers

- [1] José Cantos Muñoz y Mar Pacheco Pasamontes. *“Caracterización y optimización del acceso a Internet a través de UMTS y HSPDA”*. Tesis, Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 8-16. Noviembre 2007.
- [2] Sebastián Cortez, *“Comparación de los standars CDMA para sistemas de comunicaciones móviles de tercera Generación”* Tesis, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, pp. 26-31. 2005
- [3] Ítalo Mazzei Haase. *“Estudio relativo a la introducción de nuevas bandas para 3G”*. Análisis para el Fortalecimiento del Marco Regulatorio del Sector de Telecomunicaciones, pp. 12-21, Diciembre 2004
- [4] José Pastor, Daniel Torres y Blanca Seguro. *“Beyond 3G”*, pp. 47-65. Abril – Mayo 2007
- [5] Miguel Ángel Fernández, *“UMTS - LTE Rumbo a la Nueva Generación de Telefonía Móvil”* Dpto. de instrumentación de Rhode & Schwarz España.
- [6] *“UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction”* Dpto. de instrumentación de Rhode & Schwarz España, Marzo 2007.
- [7] Oscar Avellaneda, *“Normas de acceso inalámbrico para NGN”*, Diciembre 2006.
- [8] *“EDVO Rev A And B: Wireless Broadband for de Masses”* Qualcomm Incorporated, pp. 3-20. December 2007.
- [9] Telefónica Móviles España. *“Evolución de las redes de datos hacia la banda ancha móvil”*
- [10] *“Towards Global Mobile Broadband – Standardising the future of mobile communications with LTE”* White paper from the UMTS Forum. pp. 2-8. February 2008.
- [11] Jorge Quiroz C y Alfredo Barriga C, *“Situación de Chile en Materia de Precios de la Banda Ancha”* Informe elaborado para la Fundación País Digital, Mayo 2008.

- [12] Subsecretaria de Telecomunicaciones, “*Servicios móviles de tercera generación*”. Actualización del Marco Regulatorio y Evolución Sector Telecomunicaciones. pp 3-13. Diciembre 2005.
- [13] Subsecretaria de Telecomunicaciones, “*Abonados Móviles*” Información Estadística. 27 Junio 2008
- [14] Rafael A. Junquera, “*Oportunidades y desafíos de las redes EVDO en Latinoamérica*” Estudio de Mercado, Agosto 2006.
- [15] Michael W. Thelander. “*La evolución de 3G: Llevando CDMA2000 a la próxima década*”. Octubre 2005.
- [16] Peter Rysavy. “*EDGE, HSPA, LTE, La ventaja de la banda ancha móvil*”, Septiembre 2008.
- [17] Jim Zyren “*Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer*” pp. 2-22. Julio 2007
- [18] 3G Americas. “*UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA AND SAE/LTE*”. pp. 8-15. December 2007.
- [19] Michael W. Thelander, “*Wimax, oportunidades y desafíos en un mundo inalámbrico*”. Julio 2005.

Páginas Web.

- [20] 3G Americas. www.3gamericas.com,
- [21] CDMA Development Group. www.cdg.org.
- [22] 3G today. www.3gtoday.com
- [23] GSM World. <http://www.gsmworld.com>.
- [24] Foro UMTS. www.umts-forum.org.
- [25] Telesemana. www.telesemana.com
- [26] Huawei. www.huawei.com
- [27] 3GPP. www.3gpp.org
- [28] Rysavy Research. <http://www.rysavy.com/>

ANEXO A.

Sistemas MIMO.

La sigla “MIMO” es un acrónimo para múltiple-input, múltiple-output, y se utiliza para hacer referencia a cualquier sistema inalámbrico con múltiples antenas en el transmisor y el receptor.

En el transmisor, se pueden utilizar múltiples antenas para mitigar los efectos de pérdida de intensidad a través de la diversidad de transmisión y para incrementar el. El transmisor envía diferentes cadenas de datos por cada antena. Mientras que las múltiples vías impiden otros sistemas de radio, MIMO de hecho aprovecha estas múltiples vías, basándose en señales que viajan por distintas vías de comunicación. Esto conduce a la operación efectiva de múltiples vías de datos de cierto modo en paralelo y, a través de una decodificación apropiada, con una ganancia multiplicativa de throughput.

Hay 3 principales categorías tecnológicas de MIMO para la transmisión de datos:

- **Beamforming:** Es la combinación de las señales transmitidas/recibida desde/hacia los terminales. Esta combinación de señales provoca un haz formado hacia la dirección principal de energía recibida (en la dirección del usuario). Esta técnica es muy beneficiosa en entornos en los cuales las recepciones por multicamino son limitadas y la hace especialmente recomendada para cobertura marco-celular. En el caso particular de nuestra antena, es posible generar varios haces independientes (uno por sub-canal).
- **Spatial multiplexing (multiplexación espacial):** Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales transmitidas desde distintas antenas. Si estas señales llegan con la suficiente separación en el tiempo a el receptor este es capaz de distinguir las creando así múltiples canales en anchos de banda mínimos. Esta es una muy buena técnica para aumentar la tasa de transmisión, sobre todo en entornos hostiles a nivel de relación señal ruido. Únicamente esta limitado por el número de antenas disponibles tanto en receptor como en transmisor. No requiere el conocimiento previo del canal en el transmisor o receptor. Para este tipo de transmisiones es obligatoria una configuración de antenas MIMO.
- **Diversidad de código:** Son una serie de técnicas que se emplean en medios en los que por alguna razón solo se puede emplear un único canal, codificando la transmisión mediante espaciado en el tiempo y la diversidad de señales disponibles dando lugar a el código espacio-tiempo. La emisión

desde varias antenas basándose en principios de ortogonalidad es aprovechada para aumentar la diversidad de la señal.

OFDM y OFDMA.

El Multiplexado por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM) y el Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA) son dos variantes distintas de la misma interfaz inalámbrica aérea de banda ancha que a menudo se confunden entre sí. OFDMA es una forma de OFDM, que es la tecnología subyacente.

Ambas interfaces funcionan mediante la separación de una única señal en sub-portadoras o, en otras palabras, mediante la división de una señal sumamente veloz en numerosas señales lentas. Esta división optimiza el acceso móvil, ya que los subcanales luego pueden transmitir datos sin estar sujetos a la misma intensidad de distorsión multirayectoria que enfrenta la transmisión de una sola portadora. Las numerosas subportadoras luego se reúnen en el receptor y se recombinan para formar una transmisión de alta velocidad.

Esta modulación se caracteriza por dividir la señal de banda ancha en un número de señales de banda reducida. En una modulación FDM, convencional, los canales adyacentes se encuentran muy separados usando una banda de guarda. Para que los canales se puedan translapar, se debe reducir la interferencia entre los subcanales adyacentes, por lo que se requiere la ortogonalidad. Que dos frecuencias sean ortogonales, significa que ellas son armónicas, es decir, que las frecuencias siguientes son múltiplos de la original.

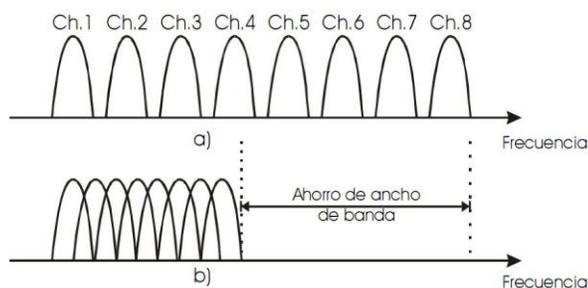


Fig. 42. a) Técnica multiportadora convencional, b) Modulación con portadora ortogonal

Esta técnica de propagación utiliza 256 Portadoras, de las cuales 192 subportadoras de datos, 8 subportadoras pilotos y 56 nulas.

Las subportadoras son datos modulados usando:

- BPSK (BiPhase Shift Keying): Es una forma de desplazamiento de fase, en la cual dos bits se modulan inmediatamente, seleccionando uno de cuatro grados posibles de los desplazamientos de fase del portador 0, 90, 180, 270 grados.
- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases, 45, 135, 225, y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo. Una de sus principales ventajas es que ofrece la misma eficiencia de potencia, utilizando la mitad de ancho de banda.
- 16-QAM.- Es una modulación digital en la que se tienen 4 fases y 4 amplitudes, de esta manera es como se tiene 16 símbolos.
- 64-QAM.- Al igual que la 16-QAM, esta es una modulación digital en la que se tienen 4 fases y en este caso 16 amplitudes. De esta manera es como se obtienen 64 símbolos.

Esta es una técnica de espectro expandido que incrementa la eficiencia de la comunicación de datos al aumentar la velocidad de transmisión de los datos debido a que hay más portadoras para modular. Además, se reducen enormemente los problemas de la cancelación de señal multitrayectoria y la interferencia espectral al modular selectivamente las portadoras "libres" o ignorar a las portadoras con elevado número de errores de tasa de bits.

OFDMA:

Es un sistema múltiple de acceso para los sistemas OFDM. En OFDM todas las portadoras son transmitidas en paralelo con la misma amplitud, OFDMA tiene diferentes tipos de portadoras las cuales tienen diferentes funciones.

- Subportadoras de datos: Son las subportadoras que llevan los datos
- Subportadoras piloto: son las encargadas de la sincronización
- Subportadoras nulas: Usadas para la banda de guardas.

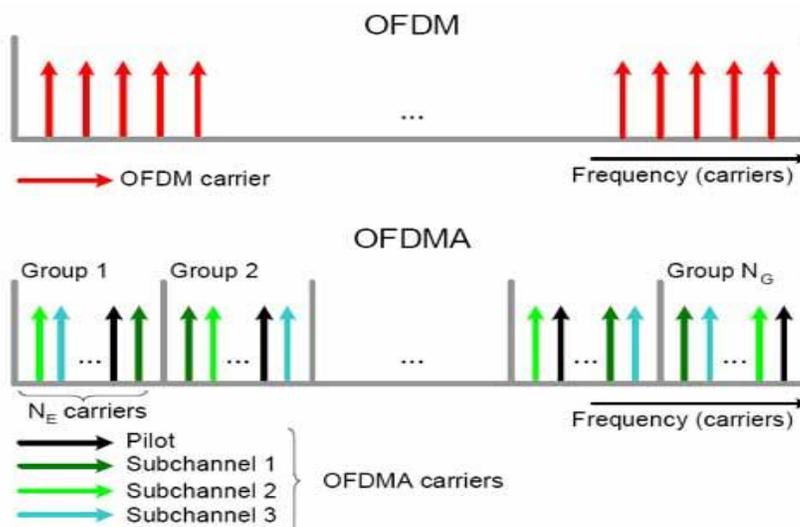


Fig. 43. Estructura de subportadoras OFDMA.

OFDMA divide las portadoras activas (pilotos y de datos) en grupos los cuales se denominan subcanales. La subcanalización en el uplink proporciona prestaciones adicionales. En OFDM el CPE transmite usando todo el espacio de las portadoras de una vez. OFDMA soporta multiple access, donde cada usuario transmite sólo por el subcanal asignado.

En la Figura se muestra la diferencia, en OFDM los usuarios transmiten separado sólo por tiempo en cambio en OFDMA por tiempo y subcanales, lo que permite acomodar varios usuarios en el mismo canal al mismo tiempo.

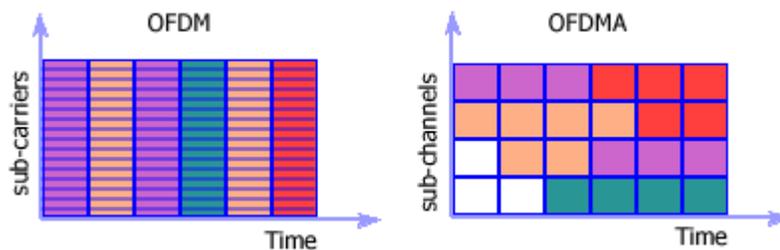


Fig. 44. Subcanalización en OFDMA.

Modulación adaptativa:

La modulación adaptativa permite a los sistemas ajustar el sistema de modulación dependiendo de la condición de relación señal/ruido (SNR) del enlace de radio. Cuando el enlace de radio tiene alta calidad, es usado el esquema de modulación más alto, dando al sistema mayor capacidad. Durante la transmisión, y dependiendo de los efectos multicamino de la señal, el sistema puede cambiarse a un esquema de modulación menor para mantener la calidad de conexión y estabilidad del enlace. Esta característica permite al sistema superar los efectos multicamino (fading). La característica clave de la modulación adaptativa es que esta incrementa el rango sobre el cual puede ser usado un esquema de modulación superior, como situación opuesta a tener un esquema fijo diseñado para la condición de peor caso.

Se observa que para localizaciones cercanas al emisor, la modulación 64QAM de mayor calidad es la utilizada (SNR es mayor), sin embargo a medida que el receptor se aleja de la estación base la calidad de la señal se va deteriorando y se opta por utilizar una señal, de modulación más robusta pero menos potente, como es la modulación BPSK.

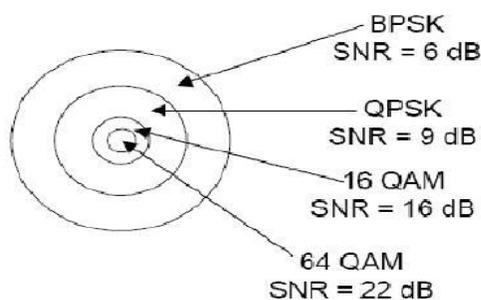


Fig. 45. Modulación Adaptativa.

ANEXO B.

- 1xEV-DO:** cdma2000 1x Evolution - Data Optimized. Variante del estándar cdma2000 optimizada para la transmisión de datos a alta velocidad.
- 1xRTT:** One Time Radio Transmission Technology. Variante del estándar de comunicaciones móviles celulares cdma2000.
- 2G:** Segunda generación de comunicaciones móviles. La principal diferencia respecto de la primera generación fue la digitalización completa de la red.
- 3G:** Tercera generación de comunicaciones móviles. Denominación genérica para referirse a las redes móviles digitales posteriores a los primeros sistemas digitales. Generalmente engloba las redes consideradas bajo el paraguas del IMT-2000, aun que el término 3G es anterior.
- 3GPP:** Third Generation Partnership Project. Iniciativa para el desarrollo del estándar UMTS de sistema de comunicaciones móviles de tercera
- 3GPP2:** Third Generation Partnership Project 2. Proyecto colaborativo dedicado a la estandarización de la tercera generación de comunicaciones móviles, siguiendo el estándar cdma2000, de forma paralela al 3GPP, que sigue el estándar UMTS
- 4G:** Cuarta generación de comunicaciones móviles. Se usa de forma genérica para referirse a los conjuntos de conceptos e ideas que avanzan más allá de los definidos en los estándares de la 3G.
- AAA:** Authentication, Authorization and Accounting. Autenticación, autorización y contabilidad.
- AAC:** Advanced Audio Coding. Codificación avanzada de audio.
- All-IP:** Todo IP. Modelo de red basado exclusivamente en el uso del protocolo IP.
- ARPU:** Average Revenue Per User. Ingresos medios por usuario.
- B3G:** Beyond 3G. Más allá de la 3G. Denominación de las tecnologías y redes móviles posteriores a las de tercera generación. Ver también 4G.
- CDG:** CDMA Development Group. Organismo para la promoción de los estándares basados en CDMA.
- CDMA:** Code Division Multiple Access. Acceso múltiple por división en código.
- cdmaOne:** Conjunto de especificaciones de un sistema de comunicaciones móviles 2G basadas en los estándares TIA/EIA IS-95 CDMA.

- CS:** Circuit Switched. Conmutación de circuitos, como oposición a la conmutación de paquetes.
- DS-CDMA:** Direct Sequence-Code Division Multiple Access. Variante de la técnica de comunicaciones CDMA basada en ensanchamiento por secuencia directa (ver DSSS).
- DSSS:** Direct Sequence Spread Spectrum. Técnica de espectro ensanchado con expansión del código mediante secuencia directa.
- EDGE:** Enhanced Data rates for GSM Evolution. Tecnología que mejora el estándar GSM mediante el uso de codificaciones más avanzadas para el incremento de las tasas binarias, fundamentalmente para servicios de datos, utilizando modulación 8PSK. Se considera un punto intermedio entre las tecnologías GSM/GPRS y UMTS.
- ETSI:** European Telecommunication Standards Institute. Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones
- FDD:** Frequency Division Duplex. Técnica de duplexado por división en frecuencia. Es la empleada en el estándar WCDMA FD-CDMA.
- FDMA:** Frequency Division Multiple Access. Acceso múltiple por división en frecuencia.
- FFT:** Fast Fourier Transform. Transformada rápida de Fourier.
- FOMA:** Freedom of Mobile multimedia Access. Servicio de comunicaciones móviles de tercera generación del operador japonés NTT DoCoMo. Se basa en la tecnología WCDMA, aunque tiene algunas diferencias es parecida a la utilizada por el estándar UMTS.
- GERAN:** GSM-EDGE Radio Access Network. Red de acceso radio de segunda generación definida por ETSI.
- GGSN:** Gateway GPRS Support Node. Nodo pasarela de soporte GPRS. Pasarela GPRS hacia las redes externas de paquetes.
- GPRS:** General Packet Radio Service. Servicio radio genérico de datos por paquetes. Evolución del estándar GSM para la provisión de datos en modo paquete en la interfaz radio.
- GSM:** Global System for Mobile communications. Sistema global de comunicaciones móviles. Las siglas inicialmente se referían al grupo encargado de su definición y estandarización (Groupe Spéciale Mobile, en francés).
- HSDPA:** High Speed Downlink Packet Access. Variante de UMTS (a partir de la Release 5) que introduce un nuevo canal descendente de datos, compartido y de alta velocidad, para mejorar las prestaciones de los servicios de datos.
- HSUPA:** High Speed Uplink Packet Access. Variante del HSDPA que introduce un Nuevo canal ascendente de datos

- Hybrid-ARQ:** ARQ híbrido. Esquema para retransmisiones selectivas implementado en UMTS HSDPA.
- IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos.
- IMS:** IP Multimedia Subsystem. Subsistema IP multimedia. Según 3GPP, a partir de la Release 5 de los estándares de UMTS, IMS es el plano de control de los servicios IP multimedia.
- IMT:** International Mobile Telecommunications. Nombre dado por ITU al conjunto de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación. También conocido como IMT-2000.
- IPSec:** IP Security protocol. Conjunto de protocolos para implementar seguridad y capacidades de autenticación en redes IP
- IPv4:** IP versión 4. Versión actualmente desplegada del protocolo IP en la gran mayoría de las redes del mundo
- IPv6:** IP versión 6. También conocida como IPng (new generation), es la evolución del protocolo IPv4. El objetivo de la evolución es permitir el crecimiento de las redes IP, tanto en volumen de tráfico como en número de nodos conectados.
- ITU:** International Telecommunication Union. Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- LTE:** Long Term Evolution: Evolucion a largo plazo, camino evolutivo de GSM a 4G.
- MIMO:** Multiple Input Multiple Output. Sistema de múltiples entradas y múltiples salidas. Se refiere comúnmente a los sistemas de antenas con gestión inteligente de trayectos múltiples.
- Mobile IP:** Conjunto de protocolos definido por el IETF para soportar la movilidad de los terminales en las redes de datos IP, haciéndola transparente a las capas superiores.
- MS:** Mobile Station. Estación móvil.
- MSC:** Mobile Switching Center. Central de conmutación móvil.
- Multicast:** Técnica de direccionamiento en las redes IP que permite la distribución de contenidos a múltiples destinos a partir de un único flujo origen.
- NGN:** Next Generation Network. Redes de nueva generación.
- OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Multiplexado por división ortogonal en frecuencia.
- PCF:** Packet Control Function. En las redes IS95 es el nodo encargado de coordinar la transferencia de paquetes de datos entre la estación base y la red externa de paquetes (a través del nodo PDSN).

PCS:	Personal Communication Services. Servicios de comunicaciones personales.
PDN:	Packet Data Network. Red de datos por paquetes.
PDSN:	Packet Data Serving Node. En las redes IS95 es el nodo pasarela entre la red móvil y la red externa de paquetes.
PHS:	Personal Handyphone System. Tecnología inalámbrica digital desarrollada en Japón a finales de los años ochenta como método de acceso inalámbrico a la red telefónica básica.
PHY:	Physical Layer . Capa física
PS:	Packet Switched. Conmutación de paquetes, como oposición a la conmutación de circuitos (CS).
QoS:	Quality of Service. Calidad de Servicio. Término genérico para definir el conjunto de parámetros que definen el tipo y la calidad del servicio proporcionado.
RADIUS:	Remote Authentication Dial-In User Service. Servicio de autenticación remota para usuarios de acceso telefónico.
RNC:	Radio Network Controller. Controlador de red radio. Nodo de la red de acceso UMTS encargado de controlar las estaciones base (Nodos B).
RNS:	Radio Network System. Equivalente en UMTS al BSS de las redes GSM. Comprende un controlador radio (RNS) y todos los Nodos B que dependen de él.
SGSN:	Serving GPRS Support Node. Nodo servidor de soporte GPRS. Nodo para el control de la red GPRS
SMS:	Short Message Service. Servicio de mensajes cortos. Servicio de intercambio de mensajes cortos en las redes móviles.
TCP/IP:	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Conjunto de protocolos para la transmisión de datos en modo paquete en el mundo Internet.
TDM:	Time Division Multiplexing. Multiplexación por división en el tiempo.
TDMA:	Time Division Multiple Access. Acceso múltiple por división en el tiempo.
TIA:	Telecommunications Industry Association: Asociación norteamericana sin ánimo de lucro dedicada a la promoción de las telecomunicaciones, así como al desarrollo de estándares que contribuyan a dicho fin.
TSL:	Timeslot. Intervalo de tiempo en una trama TDM.
TTI:	Transmission Time Interval. Intervalo de tiempo de transmisión. Es el intervalo de tiempo existente en la recepción de los TBS (Transport Block Set), que es equivalente a la

periodicidad con la que un TBS se transfiere por parte de la capa física en la interfaz radio.

- UE:** User Equipment. Equipo de usuario
- UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones. Acrónimo en castellano de la ITU
- UIT-D:** Grupo perteneciente a la UIT que se encarga de los aspectos de “Desarrollo” de las telecomunicaciones.
- UIT-R:** Grupo perteneciente a la UIT que se encarga de la estandarización de los aspectos de “Radiocomunicaciones”.
- UIT-T:** Grupo perteneciente a la UIT que se encarga de la normalización de los aspectos de “Telecomunicaciones”.
- UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System. Sistema de telecomunicaciones móviles universales. Término utilizado en el marco europeo para las comunicaciones móviles de tercera generación.
- UTRA FDD:** UMTS Terrestrial Radio Access FDD. Red de acceso en la variante FDD del UMTS.
- UTRA TDD:** UMTS Terrestrial Radio Access TDD. Red de acceso en la variante TDD del UMTS.
- UTRAN:** UMTS Terrestrial Radio Access Network. Red de acceso radio terrestre UMTS.
- VLR:** Visitor Location Register. Nodo encargado del registro de los usuarios visitantes en una red GSM.
- VoIP:** Voz sobre IP. Tecnología de transmisión de voz a través de redes IP.
- VPN:** Virtual Private Network. Red privada virtual.
- WCDMA:** Wideband CDMA. CDMA de banda ancha. Es la tecnología utilizada en el estándar UMTS
- WiMAX:** Tecnología para el bucle de usuario inalámbrico de banda ancha basada en el estándar IEEE 802.16. Sello de compatibilidad con las pruebas de certificación en interoperabilidad de dicha tecnología.