

Unidad III: Comunicaciones móviles 4G, 5G

Ing. Deysi Inca Balseca



Contenido

Redes móviles de Telecomunicación

- Redes celulares de telefonía móvil
- Principio de sectorización
- Métodos de acceso
- Principios de reconexión automática

Redes móviles GSM

- Arquitectura GSM
- Estructura y funcionalidad del terminal móvil
- Transmisión de datos GPRS en GSM
- Transmisión de datos EDGE en GSM

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)

- Asignación de frecuencias UMTS
- WCDMA
- Arquitectura de red
- HSDPA y HSUPA

Long Term Evolution (Advanced) - LTE(-A)

- Arquitectura de red
- Nivel físico LTE/LTE-A
- Transmisión con múltiples antenas
- Agregación de portadoras
- Femtoceldas

Redes 5G

- Tecnología 5G
- Arquitectura 5G
- Estaciones base y equipos terminales
- Espectro electromagnético
- Requerimientos técnicos y marco legal

Aplicaciones y servicios

- Marco regulatorio internacional para 5G
- Internet móvil



Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)



Características

- El Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal (UMTS – Universal Mobile Telecommunications System) es la implementación Europea del concepto mundial de comunicaciones móviles IMT-2000.
- Aprovechando la excelencia en la tecnología de banda ancha celular, terrestre y satelital, UMTS garantiza el acceso a servicios abarcando desde la simple telefonía vocal hasta servicios multimedia inalámbricos de alta velocidad y calidad, independientemente de la ubicación física de los usuarios.
- Lleva la información directamente a los usuarios y les proveerá de acceso a nuevos servicios y aplicaciones. Ofrecerá comunicaciones móviles personales independientemente de la ubicación, red o terminal utilizados.
- Además de mejorar mucho la cobertura geográfica, UMTS provee transmisión de datos a altas velocidades que transformará totalmente el uso dado a los terminales móviles hasta ahora.



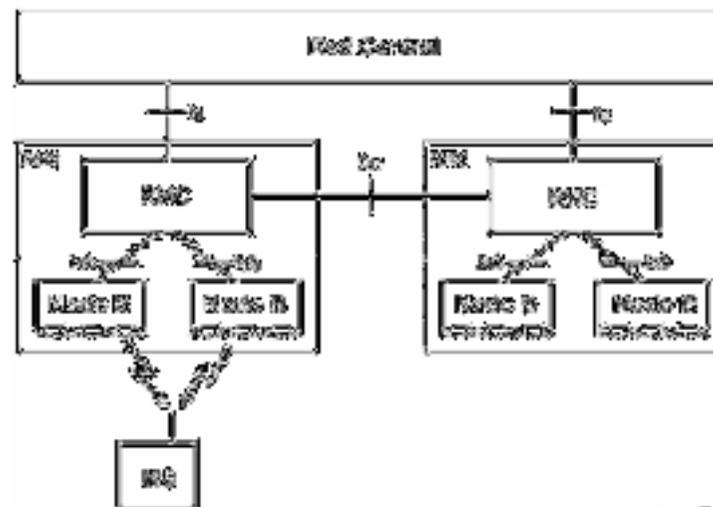
Características

- Las especificaciones UMTS en sí están siendo desarrollado por la 3GPP (Third Generation Partnership Project), que es un fusión entre varios SDOs: ETSI (Europa), Association of Radio Industries and Business/Telecommunication Technology Committee (ARIB/TTC) (Japón), American National Standards Institute (ANSI) T-1 (EE.UU.), Telecommunications Technology Association (TTA) (Corea del Sur) y Chinese Wireless Telecommunication Standard (CWTS) (China).
- UMTS debe ser capaz de proporcionar audio, texto, video y gráficos directamente a la gente, y brindarles acceso a la próxima generación de servicios de información. Por lo tanto UMTS busca:
 - Permitir a los usuarios el acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, incluyendo muchos que hoy en día no están definidos, así como de altas velocidades de transferencia de datos.
 - Implementar el uso de terminales pequeños, fáciles de usar y de bajo costo con tiempos de conversación o standby grandes.
 - Permitir un modo eficiente de utilizar los recursos de las redes (particularmente el espectro radial).



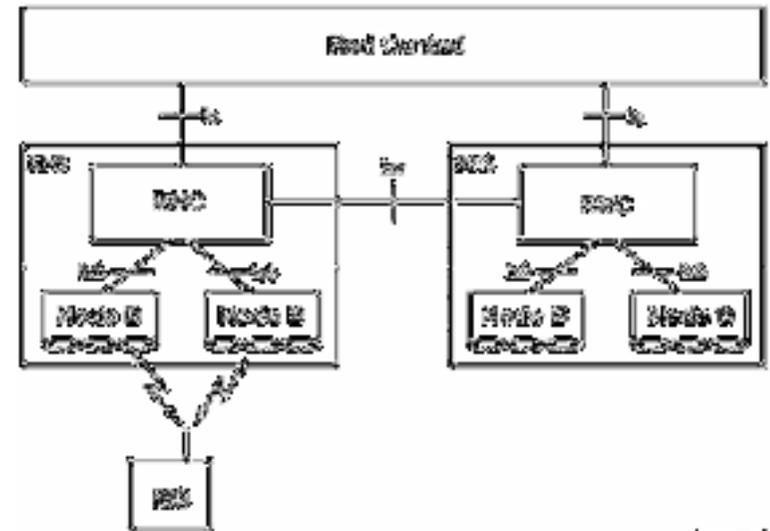
Arquitectura

- UMTS utiliza la misma red central de GSM pero con una interfaz de radio completamente diferente. La nueva red de radio se llama UTRAN que significa UMTS Terrestrial Radio Access Network, ésta se conecta por medio de la interfaz Iu a la red central de GPRS. La interfaz Iu sirve para conectar al controlador de la red de radio (Radio Network Controller) con la red central CN (Core Network) de GSM.



Arquitectura

- La interfaz lu hacia el dominio de la conmutación de paquetes de la red central es llamada lu-PS, en el caso de la conmutación de circuitos se le conoce como lu-CS. Existe otro tipo de lu que es la lu-BC que es para el broadcast.
- La unidad móvil se conecta mediante la interfaz Uu (2Mbps mediante la técnica de acceso múltiple W-CDMA) al Nodo B que es el equivalente al BTS en GSM, la interfaz Uu es la parte más importante del cambio, dicha interfaz será explicada ampliamente más adelante.
- Varios Nodos B son controlados por un solo Controlador de la Red de Radio a través de la interfaz Iub.
- Los diferentes RNC se conectan al CN (**Network Controller**) por medio de la interfaz lu. La conmutación de paquetes se da por medio de la interfaz lu-PS y la conmutación de circuitos por medio de la lu-CS.
- Además, se utiliza otra interfaz llamada Iur que funciona para interconectar dos RNC para así disminuir el trabajo del CN.



Arquitectura

- **RNC (Radio Network Controller)**
- Con el Controlador de la Red de Radio UMTS cuenta con un administrador de recursos autónomo para descentralizar el tráfico, éste se encarga de handover suave.
- El RNC junto con sus respectivos nodos b forman un Subsistema de la Red de Radio. Para el handover suave se mantiene una comunicación con varios Nodos B y esto aunado con el uso de un Receptor Rake que da la micro diversidad necesaria para eliminar el desvanecimiento de la señal.
- La mayor función de un RNC es la conexión de un portador de radio con su relación Iu. Para mantener la conexión entre el CN y la unidad móvil aun cuando ésta se encuentra en movimiento el RNC necesita una red de conmutación para las señales de banda ancha.
- Adicionalmente en el RNC se encuentran el Administrador de recursos de radio y el control de UTRAN. El administrador de recursos se encuentra a cargo de la estabilidad de la conexión y es responsable de dar el QoS requerido.



Arquitectura

- Adicionalmente en el RNC se encuentran el Administrador de recursos de radio y el control de UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network.).
- El administrador de recursos se encuentra a cargo de la estabilidad de la conexión y es responsable de dar el QoS requerido.
- Las mayores funciones del administrador de recursos son las siguientes:
 - Control de handover para movilidad del usuario.
 - Control de potencia para minimizar la interferencia
 - Control de acceso.
 - Manejo de códigos de spreading en el enlace de bajada



Arquitectura

- En el caso del control de UTRAN las principales funciones son las siguientes:
 - Difusión de información del sistema para notificar acerca de las condiciones individuales de las células.
 - Control de acceso aleatorio para evitar congestiones.
 - Funciones de seguridad de UTRAN.
 - Administración de la movilidad en modo conectado.
 - Manejo de bases de datos para la unidad móvil e información específica de células



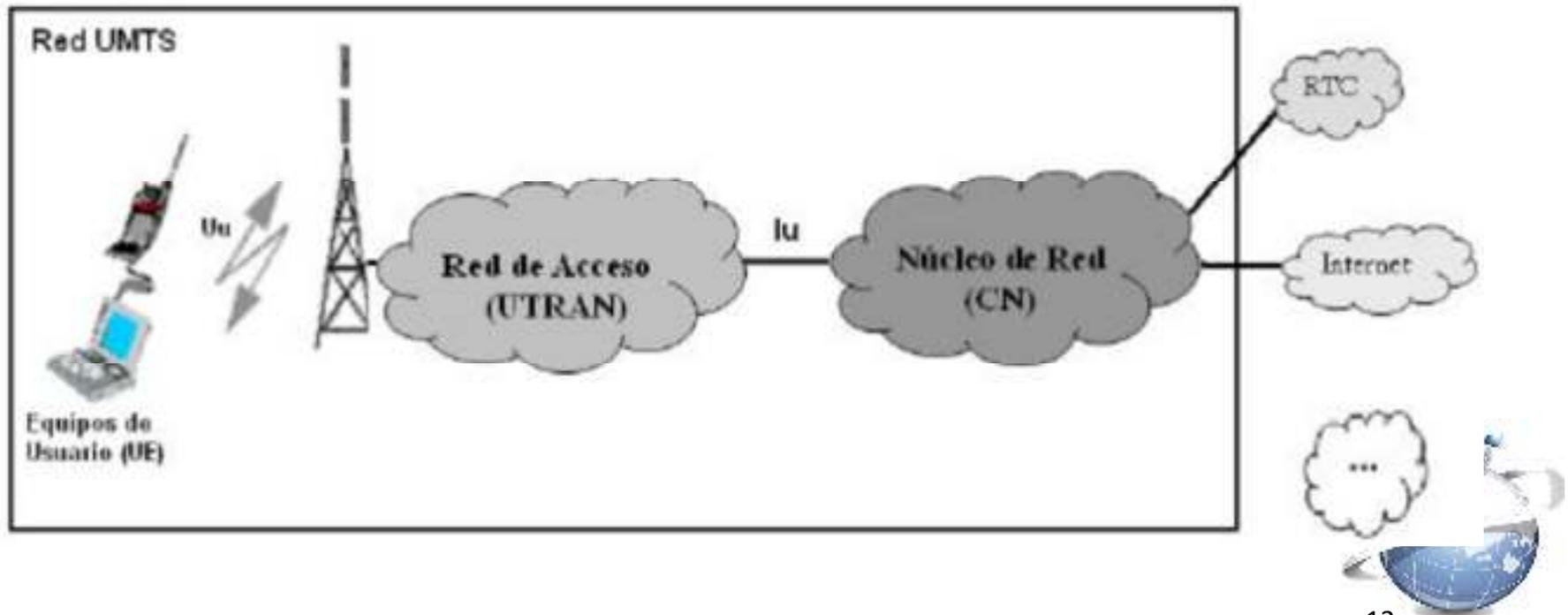
Arquitectura

- Con objeto de permitir escenarios de comunicación con interlocutores de otras redes (operadores fijos, otras redes móviles, Internet, etc), tanto si el usuario accede a través de su red propia (“home”) o la de otro operador (itinerancia o “roaming”), dentro del CN se distinguen tres dominios:
 - **Red de Servicio, SN (Service Network):** representa la red a la que está accediendo el usuario en un momento dado, pudiendo ser la red propia, o en el caso de “roaming” la red visitada.
 - **Red Propia, HN (Home Network):** es la red del operador al que el usuario está abonado. En el caso de “roaming”, la red visitada debe contactar con la red propia del usuario para diversos aspectos (por ejemplo, para temas de autenticación y tarificación).
 - **Red de tránsito, TN (Transit Network):** es la red destino donde se encuentra el interlocutor con el que desea comunicarse el usuario



Arquitectura

- Una visión simplificada de la arquitectura de una red UMTS estaría compuesta por tres partes fundamentales: los equipos de usuario, la red de acceso y el núcleo de red.
- Los equipos de usuario acceden a la red a través de la interfaz radio (Uu), que en UMTS está basada en tecnología WCDMA.
- El modelo asume el empleo de la interfaz radio terrestre (UTRA, UMTS Terrestrial Radio Access), basada en el despliegue de estaciones base terrenas.
- Bajo esta modalidad, la red de acceso recibe la denominación UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)



Arquitectura

- La red de acceso UTRAN se encarga de transportar el tráfico de usuario (voz, datos, señalización móvil- red) hasta el núcleo de red, con el que se comunica a través de la interfaz **Iu**. Al tratarse de un sistema de comunicaciones móviles, el usuario no dispone de recursos de transmisión asignados de manera estática en la UTRAN.
- En consecuencia, ésta se encarga también de gestionar la asignación dinámica de dichos recursos cada vez que el móvil utiliza la red.
- En el CN se encuentran los recursos de conmutación y transmisión necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, que puede pertenecer a la misma red UMTS o a una red externa (otras redes telefónicas, Internet, etc).
- El CN contiene también funciones relativas a la gestión de los abonados: identidades, claves de autenticación, parámetros de suscripción, etc.



Arquitectura

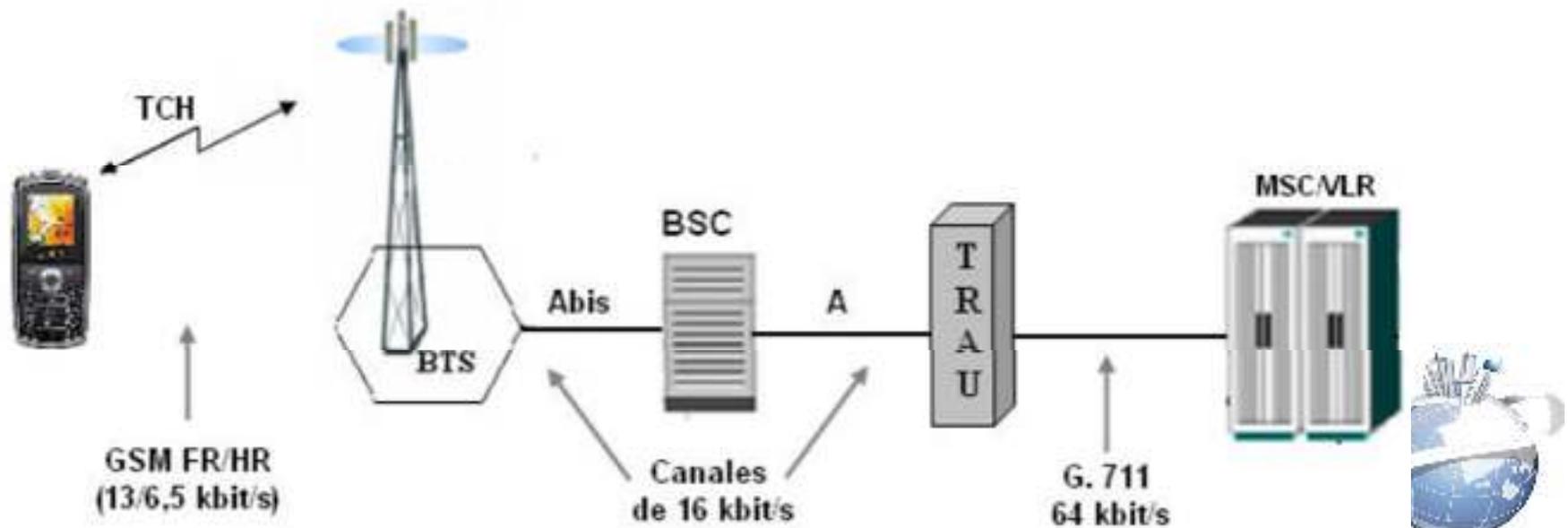
EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA GSM/GPRS A UMTS

- La arquitectura de UMTS definida en la primera fase de normalización que se llevó a cabo denominada **Release99**, se plantea como una evolución de las redes GSM/GPRS.
- El objetivo fundamental de esta primera tanda de especificaciones del 3GPP es proporcionar las bases para el despliegue de los primeros sistemas UMTS.
- Es por ello que gran parte del esfuerzo se dedica a la definición de una red de acceso (UTRAN) más flexible y con mayor capacidad que en GSM/GPRS.
- Las modificaciones en el núcleo de red quedan en un segundo plano, pudiéndose considerar como una versión mejorada del subsistema de conmutación de las redes GSM/GPRS.



Arquitectura

- La asignación de canales radio a los móviles se lleva a cabo en las BSC, cada una de las cuales puede manejar varias BTS. En consecuencia, los BSC actúan también como concentradores de tráfico.
- Los BSC se comunican con las BTS a través del interfaz Abis, y con el subsistema de conmutación vía la interfaz A. Normalmente ambas interfaces están basadas en sistemas primarios de 2048 kbit/s (E1), con uno o más canales de 64 kbit/s de señalización y el resto para tráfico de usuario (voz o datos). Con objeto de aprovechar la capacidad de estos últimos, cada canal de 64 kbit/s se divide en cuatro, lo que le permite soportar cuatro conversaciones (o sesiones de datos en modo circuito).
- El trayecto que sigue la voz desde el móvil hasta el núcleo de red, incluida la transcodificación entre los códecs GSM (13 kbit/s) y G.711 (64 kbit/s) que se efectúa en la TRAU (TRANscoder Unit)



Arquitectura

- Concretando, las principales diferencias entre GSM y UMTS son:
- El empleo de una nueva técnica de acceso múltiple: Acceso Múltiple por
- División de Código en Banda Ancha (W-CDMA). Esta tecnología requiere incorporar un sistema de control de potencia para limitar la interferencia entre
- Nodos B pertenecientes a una misma RNC. Con W-CDMA no hay que llevar a cabo planificación de frecuencias ya que los usuarios son diferenciados por códigos. Como dos celdas adyacentes pueden utilizar la misma portadora, es posible conectar simultáneamente un equipo de usuario a dos Nodos B para beneficiarse de la diversidad de los trayectos. W-CDMA permite la transferencia entre celdas.
- La evolución del entorno de tráfico hacia un sistema global que ofrece al usuario una gran variedad de servicios y de aplicaciones, sujetos al cumplimiento de unas restricciones de calidad (QoS) en función del contrato adquirido con la compañía operadora.
- Incorporación del Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) como método de transporte en la Red de Transmisión de Acceso. Como consecuencia del entorno de servicio múltiple, los enlaces entre los elementos de red deben ser “conductos” que soporten caudales variables de bits y distintos niveles de QoS



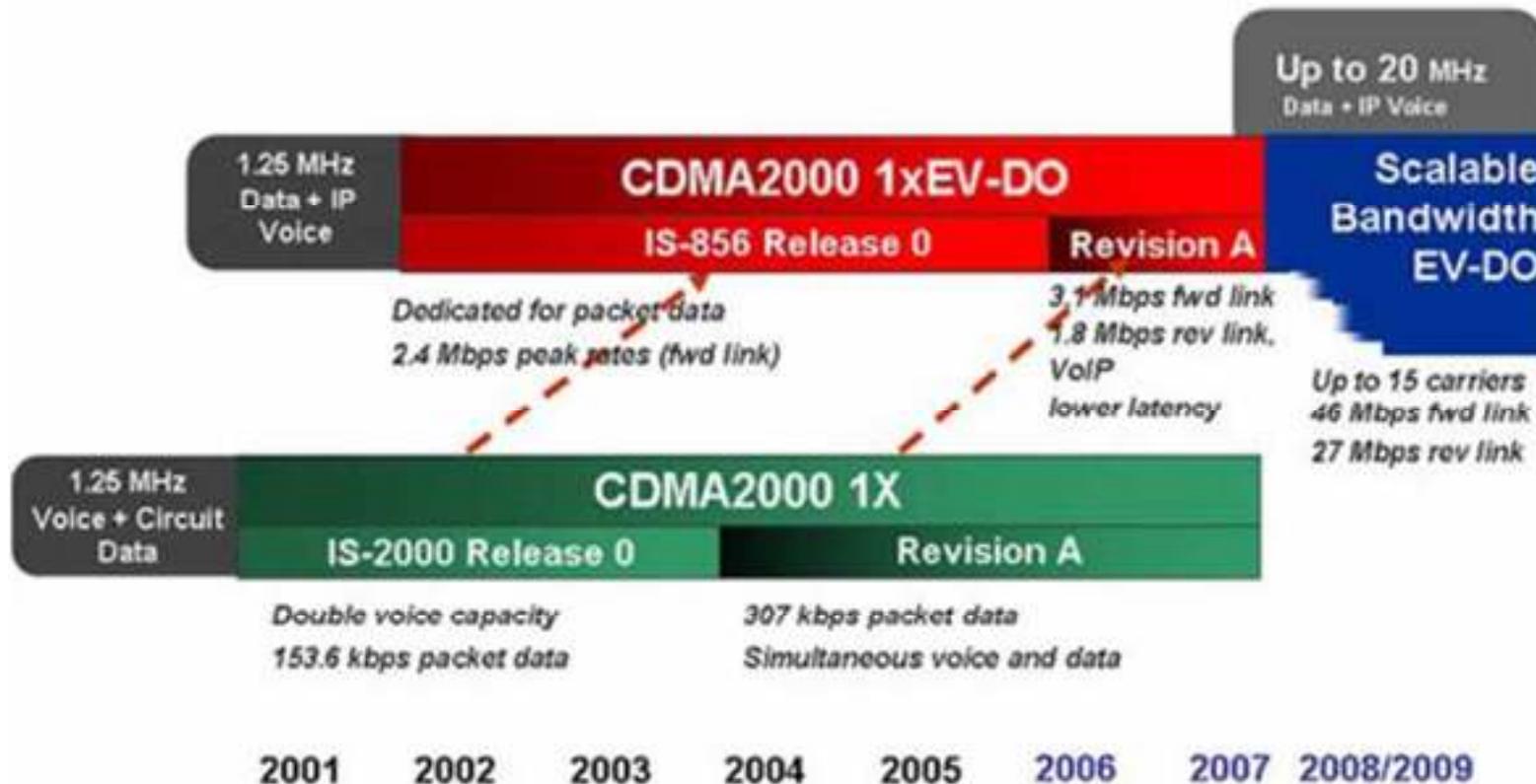
CDMA 2000 EVDO

- Es la evolución de CDMA2000 1x y utiliza una única portadora. EVDO significa: Evolution Data Optimized o Evolution Data Only. Es compatible con los sistemas CDMAone y CDMA2000 1xRTT al utilizar una o varias portadoras de 1.25 MHz y un chip rate de 1.2288 Mchip/s.
- Existen varias revisiones o mejoras a la tecnología EVDO. En la Rev. 0 alcanza velocidades de hasta 2.4 Mbps en downlink y mantiene los 153 Kbps en uplink.
 - EVDO Rev. A soporta VoIP (voz sobre IP) y reduce la latencia. Además la velocidad máxima para downlink es de 3.1 Mbps y para uplink alcanza hasta 1.8 Mbps.
 - EV-DO Rev. B fue publicada en mayo 2006. Es un sistema Multi portadora. Se introduce la modulación 64-QAM. Con la utilización de 15 portadoras y un ancho de banda de 20 Mhz se alcanza velocidades de 73.5 Mbps en DL y 27 Mbps en UL1. Actualmente se encuentra en desarrollo la Rev. C que incluirá técnicas como OFDM y MIMO.



CDMA 2000 EVDO

- Existe otro desarrollo conocido como EVDV: Evolution Data and Voice, que permite velocidades de 3.1 Mbps en DL y 1.8 Mbps en UL. La diferencia con EVDO es que en EVDV se puede transmitir voz y datos en la misma portadora. Sin embargo, el desarrollo de esta tecnología fue detenido en 2005 por Qualcomm debido a la falta de interés en implementarlo por parte de operadores celulares.



WCDMA

- Wideband CDMA es el nombre de la técnica de acceso utilizada por varios estándares 3G. Se le llama de banda ancha porque la portadora es de 5 MHz en lugar de 1.25 MHz. La técnica utilizada para dispersar el espectro es direct sequence (DS-SS-SS) (DS-SS-SS).
- La velocidad de chip es de 3.84 Mcps. Se pueden alcanzar velocidades de hasta 2 Mbps. En promedio se tiene una velocidad de 384 Kbps en DL y 64 Kbps en UL.
- Puede operar con los dos modos de duplexión FDD y TDD. Sin embargo, no son compatibles entre sí. Cuando se utiliza TDD se combina TDMA junto con CDMA (TD-SS-SS).
- Existen dos estándares que utilizan WCDMA como técnica de acceso y FDD en el duplexado. El primero en aparecer comercialmente fue el estándar japonés FOMA, sin embargo el de mayor implementación ha sido el estándar europeo UMTS. Los dos estándares son compatibles entre sí. Una diferencia entre ellos es que FOMA divide el tiempo en 16 time slots mientras que UMTS en 15.



WCDMA

- Por su parte, a las técnicas de acceso que utilizan WCDMA y TDD se les conoce como UMTS TDD, en lugar de llamar WCDMA a la técnica de acceso lo más común es decir que el interfaz aire es TD-CDMA. Utiliza también un ancho de banda de 5 MHz y un chip rate de 3.84 Mcps, sin embargo también existe la opción de 10 MHz y chip rate de 7.68 Mcps.
- Actualmente se ha implementado en 17 países¹. Al igual que en FDD no se necesita sincronización con las radio bases.
- También es posible tener sincronización con las radio bases, esta técnica se conoce como TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA). En China por ejemplo se implementó TD-SCDMA como tecnología 3G. El ancho de banda utilizado es de 1.66 Mhz y un chip rate de 1.28 Mcps.



WCDMA

Banda (MHz)	Downlink (Mhz)	Uplink (MHz)
2100	2110 – 2170	1920 – 1980
1900	1930 – 1990	1850 – 1910
1800	1805 – 1880	1710 – 1785
1700	2110 – 2155	1710 – 1755
850	869 – 894	824 – 849
850	875 – 885	830 – 840
2600	2620 – 2690	2500 – 2570
900	925 – 960	880 – 915
1800	1845 – 1880	1750 – 1785
1700	2110 – 2170	1710 – 1770

Banda (MHz)	DL/UL (Mhz)
1900	1900 – 1920
2100	2010 – 2025
1800	1850 – 1910
1900	1930 – 1990
1900	1910 – 1930
2600	2570 – 2620

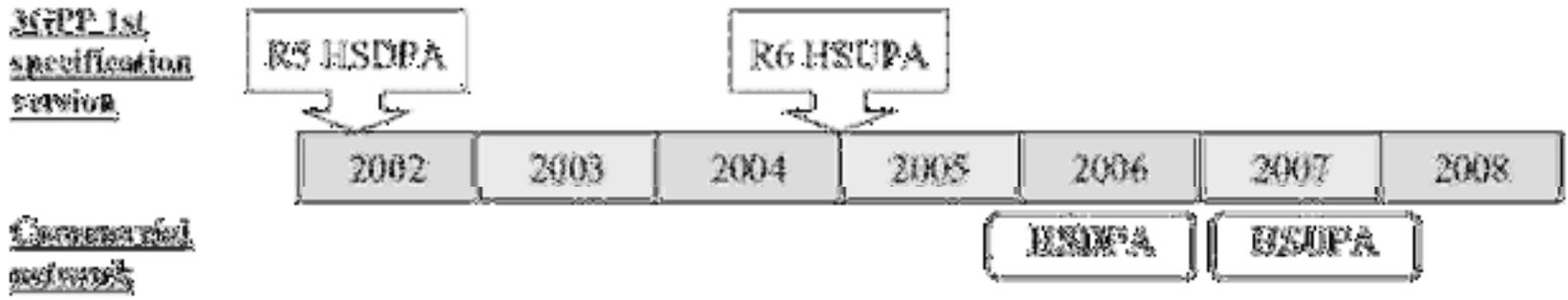


HSPA (High Speed Packet Access)

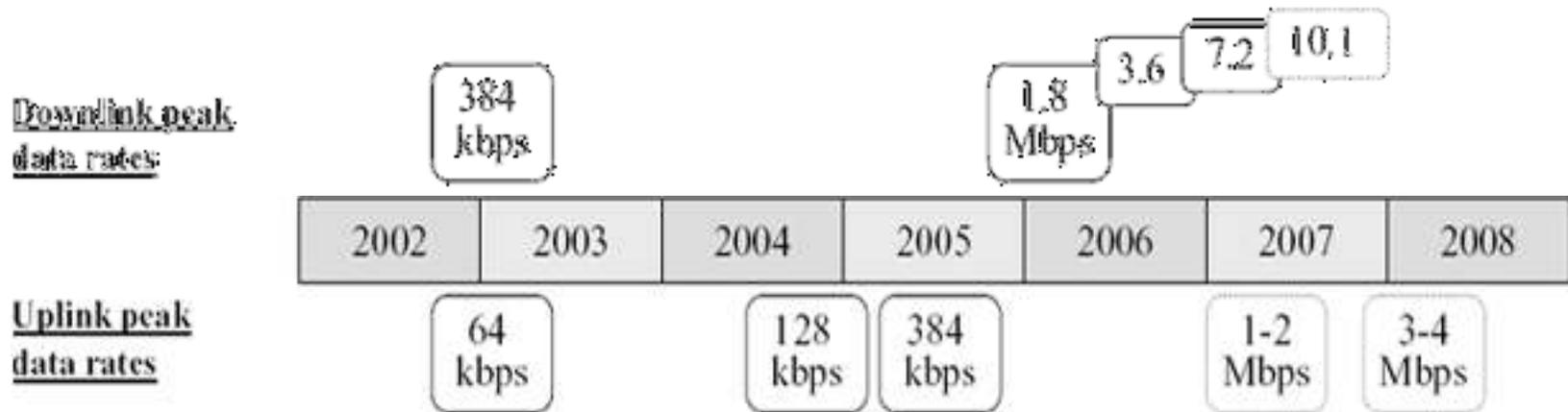
- High Speed Packet Access se conoce como una tecnología 3.5G y abarca las técnicas HSDPA y HSUPA utilizadas para la mejora de datos para los sistemas que utilizan WCDMA como interfaz aire.
- Puede ser implementada parcialmente, es decir solo HSDPA para mejorar la transmisión en downlink. Pero también es común implementar en conjunto con HSUPA para mejorar el rendimiento en uplink. HSPA puede operar en los dos modos TDD y FDD.
- Con HSDPA se alcanza velocidades de 14.4 Mbps (hasta 20 Mbps en sistemas MIMO). Se utiliza 16 QAM y QPSK en la modulación mientras que en WCDMA se utiliza solo QPSK1. Con HSUPA se alcanza un máximo de 5.7 Mbps. Se utiliza QPSK para la modulación.
- HSDPA fue estandarizado con el Rel. 5 publicado por la 3GPP en 2002 mientras que HSUPA en el Rel. 6 publicado en 2004. Sin embargo, los esfuerzos por lograr mayores velocidades continúan con la elaboración del Rel. 7 el cual se conoce como HSPA+ o Evolved HSPA que soportará velocidades de 48 Mbps en DL y 11 Mbps en UL.



HSPA (High Speed Packet Access)



Estandarización e implementación de HSPA

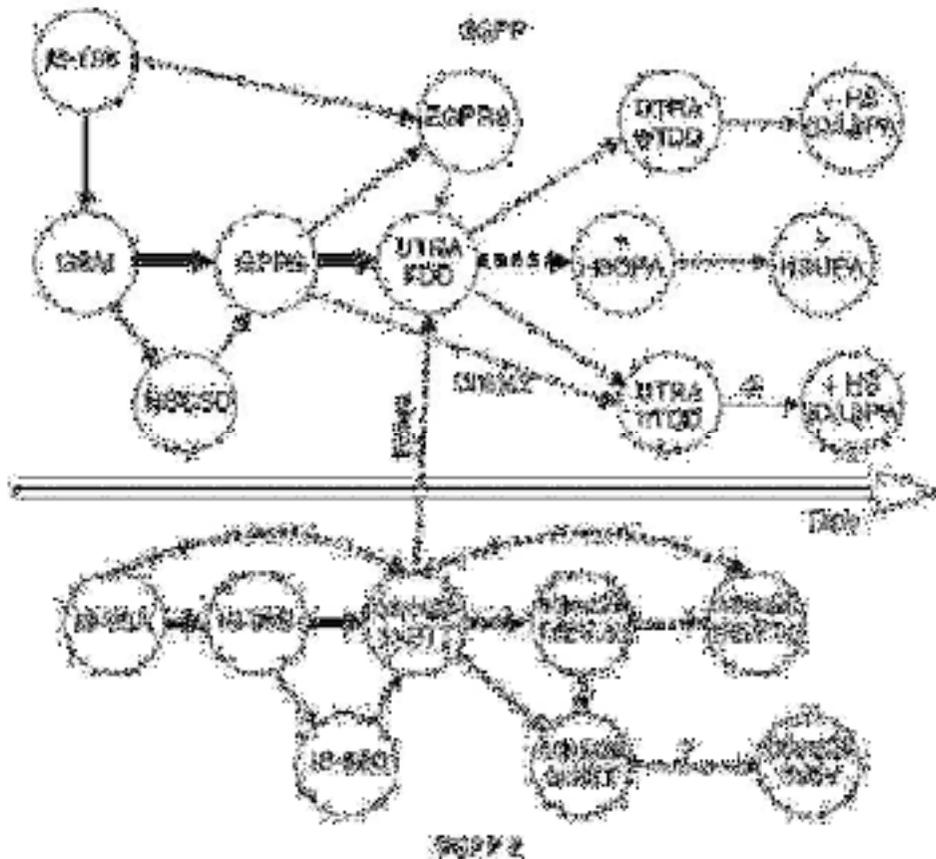


Evolución de la velocidad de transmisión desde WDMA hasta HSUPA



HSPA (High Speed Packet Access)

- La evolución de los sistemas celulares han seguido básicamente dos caminos: uno el de GSM y otro el de CDMA. Estandarizados por la 3GPP y 3GPP2 respectivamente.



Comparación

Parámetro	EDGE		EVDO			WCDMA		HSPA	
	EDGE	Evolved	Rel 0	Rel A	Rel B	UMTS	TDD	HSDPA	HSUPA
Ancho banda MHz	0.2	0.2	1.25	1.25	5 20	5	5 10	5	5
Modulación DL	GSMK/ 8PSK	QPSK 16/32QAM	8/QPSK 16QAM	8/QPSK 16QAM	64QAM	QPSK	16 QAM	QPSK 16QAM	QPSK
Modulación UL	GSMK/ 8PSK	QPSK 16/32QAM	BPSK	BPSK	64QAM	OQPSK	16 QAM	QPSK	QPSK
Técnica acceso	TDMA	TDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA TDMA	CDMA	CDMA
Tipo de dispersión	No	No	Direct Sequence	Direct Sequence	Multi Carrier	Direct Sequence	Direct Sequence	Direct Sequence	Direct Sequence
Duplexión	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	TDD	FDD TDD	FDD TDD
Velocidad DL (Mbps)	0.474	1.9	2.4	3.1	73.5	0.384	16	14.4	14.4
Velocidad UL (Mbps)	0.474	0.947	0.153	1.8	27	0.384	16	0.384	5.76



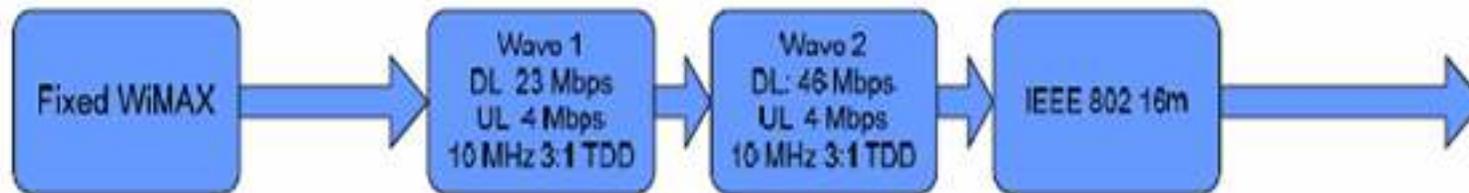
WiMax

- Las siglas WiMax corresponden a Worldwide Interoperability for Microwave Access y es el nombre comercial del estandar 802.16 de la IEEE. La versión fija se conoce como 802.16d aunque el nombre oficial es 802.16-2004, mientras que la versión móvil se la llama 802.16e aunque su nombre oficial es 802.16-2005. La futura versión 802.16m es la que se consideraría como pre-4G. Sin embargo, en octubre de 2007 la ITU clasificó a WiMax como tecnología 3G.
- Utiliza como técnica de acceso OFDMA y SOFDMA (Scalable OFMD). Otra técnica utilizada es MIMO. Opera en las bandas de 2.5 GHz y 3.5 GHz, aunque también puede hacerlo en la banda de 5 GHz que no es licenciada. Para la duplexión puede utilizar TDD o FDD. Para el estándar 802.16d la velocidad máxima es de 72 Mbps (la velocidad es compartida entre el número de usuarios). La cobertura máxima con línea de vista es de 50 km y sin línea de vista es de 15 *km*.



WiMax

- Por su parte el estándar 802.16e soporta una movilidad de 120 km/h, utiliza ancho de banda variables desde 1.25 MHz hasta 20 MHz. Utiliza modulación QPSK, 16-QAM y 64-QAM en DL y QPSK, 16-QAM en UL. Para la duplexión el modo seleccionado es TDD.



- WiBro es la versión Coreana de WiMax, opera en 2.3 GHz y utiliza un ancho de banda de 8.75 MHz y soporta una movilidad de hasta 60 km/h. WiMax por su parte puede ser implementada en diferentes bandas y utilizar anchos de banda variables. Es destacado que WiMax tiene mejor eficiencia espectral que otras tecnologías.
- Además de WiMax otras tecnologías inalámbricas de datos son: iBurst (802.20 que utiliza HC-SDMA1) con una velocidad de 64 Mbps e HIPERMAN (que utiliza OFDM) con una velocidad de 57 Mbps.



CUARTA GENERACIÓN (4G)



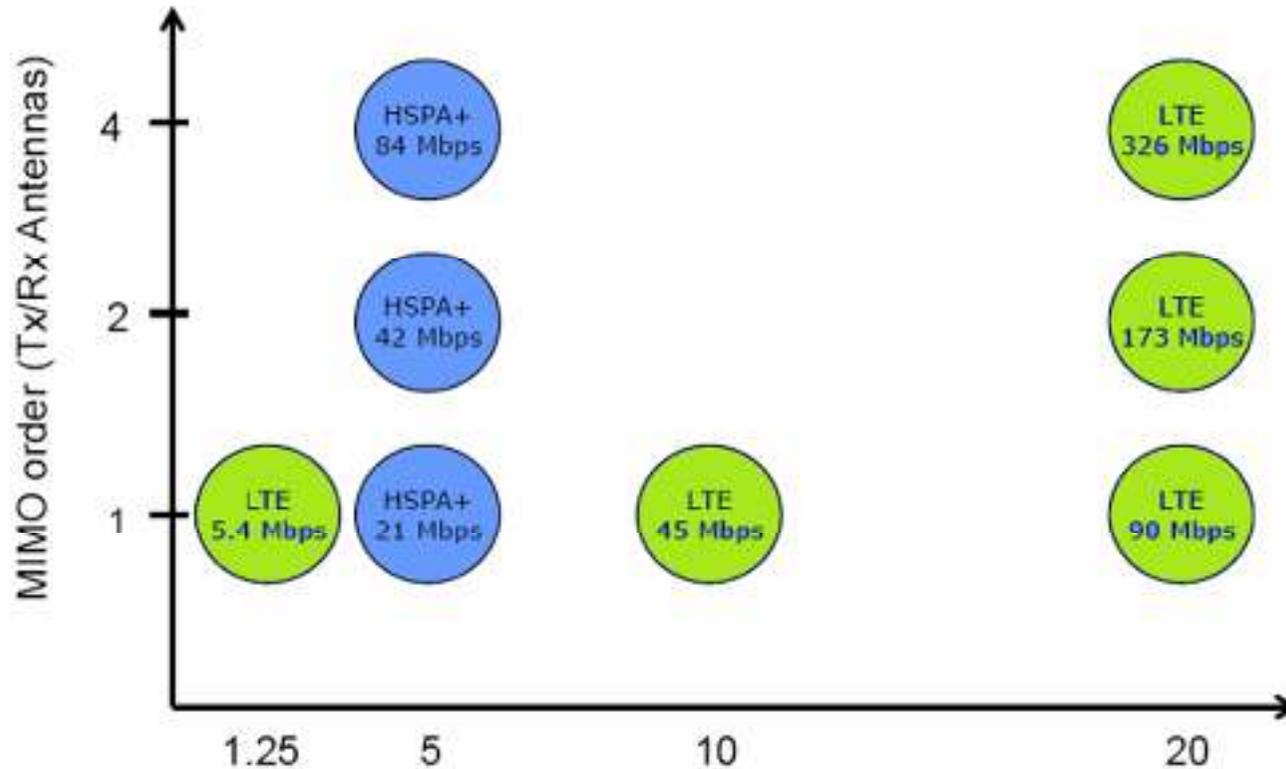
Introducción

- La International Telecommunication Union (ITU) es el organismo internacional encargado de producir una definición oficial de lo que será la cuarta generación de la telefonía celular. Un trabajo similar fue realizado años atrás por este mismo organismo al definir los requerimientos de la tercera generación, las tecnologías que cumplieron con ese requerimiento forman parte de la familia IMT-2000. Ahora las tecnologías de 4G serán parte de la familia IMT-Advanced.
- Entre algunos de los posibles requerimientos que las tecnologías deberán cumplir están: velocidades de hasta 100 Mbps con alta movilidad y 1 Gbps a baja movilidad, comunicación totalmente IP (por ejemplo una arquitectura IMS2 en el CN), compatibilidad entre las diferentes tecnologías, esquemas de modulación de alto nivel y métodos de acceso más complejos, handoff entre redes heterogéneas y roaming mundial.
- Algunas tecnologías aparecen en el escenario como posibles candidatas, sin embargo lo más apropiado es llamarlas por el momento Pre-4G, entre ellas tenemos: LTE y UMB.



LTE (Long Term Evolución)

- Es la siguiente evolución de las redes UMTS/HSPA hacia 4G. Esta tecnología es estandarizada por la 3GPP y será presentada inicialmente en 2008 en el Rel. 7 y después incluirá mejoras en el Rel. 8.



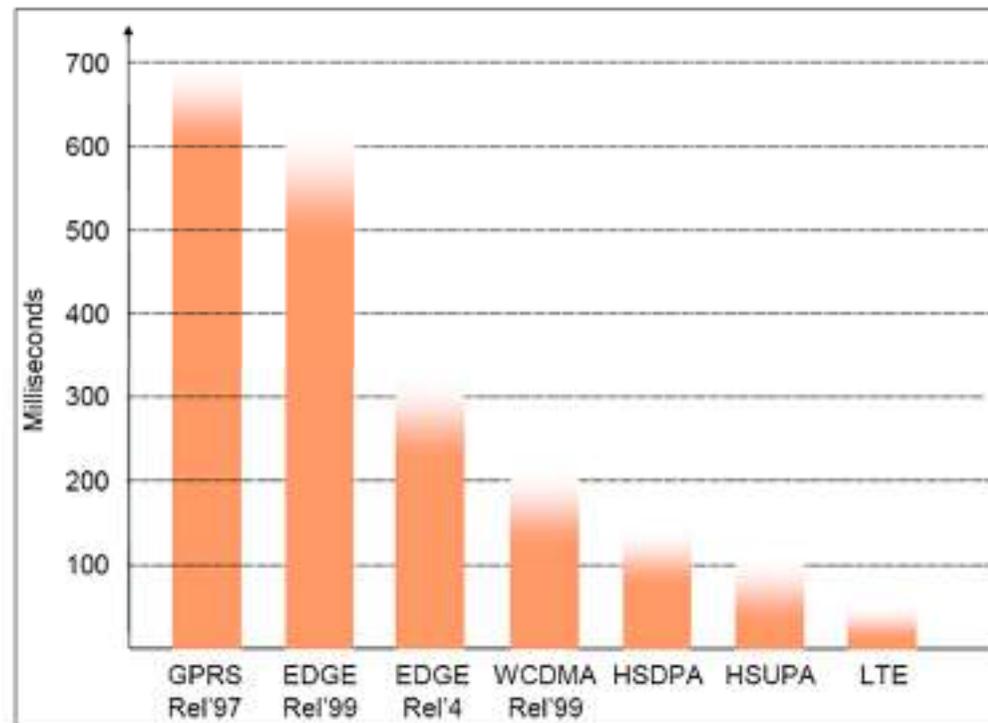
LTE (Long Term Evolución)

- Los aspectos más importantes son un nuevo método de acceso: OFDMA para DL y SC-FDMA en UL, sin embargo se mantiene la compatibilidad con WCDMA. También se incorpora el uso de MIMO en los dispositivos. Es una tecnología totalmente IP, basada en IMS como parte de la arquitectura en el Core Network. LTE está diseñado para operar con varios anchos de banda desde 1.25 MHz hasta 20 MHz.



LTE (Long Term Evolución)

- Puede operar en los dos modos FDD y TDD, alcanzando velocidades de hasta 326 Mbps en DL y 86.4 en UL para un ancho de 20 MHz y con una configuración 4x4 en las antenas. Se reduce la latencia a 10 ms y se mejora la eficiencia espectral. Utiliza esquemas de modulación elevados como 16 y 64 QAM.



UMB (Ultra Mobile Broadband)

- Es la evolución hacia 4G de la familia CDMA2000. Es estandarizado por el grupo 3GPP2 y publicado en este año 2007. También es una tecnología totalmente IP y con movilidad completa.
- Utiliza OFDMA como método de acceso y también utiliza MIMO en los receptores. Puede alcanzar una velocidad de 288 Mbps en donwlink y 75 Mbps en uplink utilizando una configuración de antenas de 4x4 y con un ancho de 20 MHz. El ancho de banda es variable desde 1.25 Mhz hasta 20 Mhz igual que LTE. Para la duplexión utiliza el modo FDD.
- También se reduce la latencia a 14.3 msec para soportar VoIP. Las bandas en las que puede operar esta tecnología son: 450, 700, 850, 1700, 1900, 1700/2100, 1900/2100 y 2500 MHz.

