



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA



ELO-322 Redes de Computadores I

Proyecto de Investigación:

“Telefonía Móvil de Tercera Generación”

Agosto de 2008

Kenneth Stuart R.
2330011-7

Resumen

Sin duda alguna, las Telecomunicaciones viven hoy en día un periodo de cambios tan importante como el que se produjera gracias a la invención del teléfono, radio o televisión. Si bien, buena parte de tales cambios se dan gracias a la creación de un nuevo sistema de comunicaciones (Internet), el cambio más sustancial se da en la posibilidad de acceder a cualquiera de estos servicios mediante sistemas inalámbricos, en los cuales, es esencial el contar con una adecuada tasa de transferencia. Tales tasas de transferencia se logran hoy en día gracias a la utilización de sistemas de telefonía móvil de Tercera Generación (3G), los cuales son capaces de implementar servicios que hace algunos años sólo podían ser soportados mediante enlaces fijos.

Sin embargo, hoy en día, el sistema de telefonía móvil va más allá de un sistema telefónico inalámbrico, pues, brinda además una serie de servicios como acceso a correo electrónico, mensajería instantánea, navegación web, etc. los cuales son posibles gracias a que se ha logrado transmitir no solo voz, sino además datos. A pesar de esto, nuevos servicios han sido incorporados, los cuales requieren de tasas de transmisión aun más altas.

Es aquí donde la aparición de los sistemas de telefonía móvil de Tercera Generación (3G) brindan su mayor utilidad, pues son los únicos capaces, hoy en día, de soportar servicios como video en tiempo real o mensajería electrónica multimedia, además de navegación web de “banda ancha”.

Analizaremos en el presente trabajo algunas de las tecnologías utilizadas en comunicaciones móviles 3G, en especial WCDMA y HSDPA, las cuales hicieron recientemente su aparición para usuarios tradicionales (antiguamente domiciliarios), otorgando la posibilidad de acceder en forma inalámbricas a tasas de transferencia de hasta 14 Mbps. Se presentarán además, las características de tales sistemas, además de los servicios que éstas pueden brindar. Se expondrá además la situación actual de nuestro país en cuanto a la utilización de dichas tecnologías.

Introducción

Es indudable que el sistema de comunicaciones inalámbrico que mayor penetración ha tenido, es el sistema de telefonía móvil celular. Tan solo basta ver lo que sucede en países como Italia, donde la penetración es superior al 90% e incluso nuestro propio país, donde se espera que, de seguir la actual tendencia, para el año 2013 la penetración alcance el 100%.

Son muchos los cambios, en muy poco tiempo, los que se han producido para lograr tal éxito: se pasó desde la generación análoga, la cual se encargó de dar el salto de telefonía tradicional a telefonía móvil (cuyo único objetivo era dar soporte a transmisiones de voz), a la generación digital, cuyo mayor éxito ha sido el lograr el descenso de los costos y por ende, el hacer accesible esta tecnología a buena parte de la población. En efecto, la 1ra y 2da generación de sistemas de comunicación móvil, tuvieron como objetivo primordial dar soporte a comunicaciones de voz, y aunque pueden ser usadas para transmitir datos a baja velocidad, no satisfacen los requerimientos de transmisión de grandes volúmenes de información a altas velocidades entre terminales, lo que resulta esencial para implementar servicios como acceso web de banda ancha, mensajería multimedia, además de transmisión de audio y video en tiempo real. Por otra parte, existe la necesidad de proporcionar capacidad de roaming internacional a usuarios de teléfonos móviles que actualmente pierden conexión o tienen que recurrir a complicados procedimientos cuando viajan a otros países, debido la variedad de normas móviles en uso en diferentes países.

Tales servicios plantean una serie de requisitos para su implementación, el mayor de éstos es sin duda, el lograr una adecuada tasa de transferencia con retardos soportables. Este requisito se logra tan solo, hace menos de 10 años, mediante la utilización de sistemas de telefonía móvil de Tercera Generación (3G), los cuales son capaces de transmitir datos a tasas que van desde algunos cientos de Kbps (EDGE) hasta 14,4 Mbps (HSDPA, teóricamente).

Breve reseña histórica de la telefonía celular:

La primera proposición de un bosquejo inicial de la telefonía celular, para sistemas móviles de alta densidad, fue hecha por la *American Telephone and Telegraph* (AT&T) en 1940. En 1968, AT&T llevó su propuesta de un sistema celular a la Federal Communications Commission (FCC), organismo regulador de las comunicaciones en los Estados Unidos.

El concepto original involucraba el uso de un grupo de frecuencias dentro de una misma "Celda", rehusando la frecuencia en la misma vecindad pero separándolas en espacio físico para permitir el re-uso con un bajo nivel de interferencia. El hardware necesario para implementar este tipo de sistemas no fue logrado hasta finales de los años setenta y para entonces, el concepto celular, es decir, el re-uso de frecuencia en Celdas, fue aceptado como una herramienta para la planificación de frecuencias.

Primera Generación:

En la primera generación de telefonía móvil celular se adoptó la técnica de acceso FDMA/FDD la cual utilizaba el Acceso Múltiple por División de Frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación entre dos equipos.

En Estados Unidos, a partir de 1981 comenzó a utilizarse el sistema AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), el cual ofrecía 666 canales divididos en 624 canales de voz y 42 canales de señalización, de 30 KHz cada uno.

Europa introduce en 1981 el sistema Nordic Mobile Telephone System o NMTS450 el cual empezó a operar en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega, en la banda de 450 MHz.

En 1985 Gran Bretaña, a partir de AMPS, adoptó el sistema TACS (*Total Access Communications System*), el cual contaba con 1000 canales de 25 KHz cada uno y operaba en la banda de 900 MHz.

En esta década también aparecen otros sistemas de primera generación como el NTT, estándar japonés, el C-Netz estándar Alemán y French Radiocom 2000 de Francia entre otros.

Tales tecnologías solo ofrecían servicios de voz tradicional, pero con inferior calidad de audio respecto a la telefonía fija.

Segunda Generación:

Con tantos estándares diferentes, los proveedores europeos sufrieron las consecuencias de una diversidad de normas incompatibles entre sí.

El reconocimiento de este problema fue un factor que impulsó el desarrollo del estándar GSM para las comunicaciones móviles. En 1982, cuando aparecieron los primeros servicios celulares comerciales, la CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*) tomó la iniciativa de poner en marcha un grupo de trabajo, llamado *Groupe Spécial Mobile* (GSM), encargado de especificar un sistema de comunicaciones móviles común para Europa en la banda de 900 MHz, banda que había sido reservada por la *World Administrative Radio Conference* en 1978. El GSM comenzó como una norma europea para unificar sistemas móviles digitales y fue diseñado para sustituir a más de diez sistemas analógicos en uso y que en la mayoría de los casos eran incompatibles entre sí. Después de unas pruebas de campo en Francia de 1986 y de la selección del método de acceso *Time Division Multiple Access* (TDMA) en 1987, 18 países firmaron en 1988 un acuerdo de intenciones. En este documento los países firmantes se comprometían a cumplir las especificaciones, a adoptar este estándar único y a poner en marcha un servicio comercial GSM, que ofrece seguimiento automático de los teléfonos móviles en su desplazamiento por todos los países. Conforme se desarrolló, GSM mantuvo el acrónimo, aunque en la actualidad signifique *Global System for Mobile communications*.

En Norteamérica, el objetivo principal de un nuevo estándar digital era aumentar la capacidad dentro de la banda de 800 MHz existente. Un prerequisite es que los teléfonos móviles debían funcionar con los canales de habla analógicos ya existentes y con los nuevos digitales (*Dual Mode*). A partir de esto se empleó el término Digital AMPS (D-AMPS) que define una interfaz digital con componentes heredados de AMPS. A causa de estos requisitos, fue natural el elegir un estándar TDMA de 30 KHz puesto que los sistemas analógicos existentes trabajan ya con esta anchura de canales.

A principios de la década de los 90, también aparece un nuevo estándar el cual utiliza el método de acceso CDMA (*Code Division Multiple Access*), que consiste en que todos usan la misma frecuencia al mismo tiempo separándose las conversaciones mediante códigos.

Estas tecnologías de segunda generación ofrecían las siguientes características:

- Mayor calidad de las transmisiones de voz
- Mayor capacidad de usuarios
- Mayor confiabilidad de las conversaciones
- La posibilidad de transmitir mensajes de texto
- Navegar por Internet mediante WAP (*Wireless Access Protocol*)

Tercera Generación:

A finales de los años ochenta, con el objetivo de valorar y especificar los requisitos de las normas celulares del futuro, para la prestación de servicios de datos y multimedia a alta velocidad, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), crea la IMT-2000 (*International Mobile Telecommunication-2000*), una norma para los sistemas de tercera generación que debería proporcionar acceso inalámbrico a la infraestructura de telecomunicaciones global por medio de los sistemas satelitales y terrestres.

Posteriormente, el Instituto Europeo de Telecomunicaciones (ETSI) propone la norma UMTS (*Universal Mobile telecommucation System*), mientras Estados Unidos propone la evolución de sistemas AMPS/IS-136 y CDMA/IS-95. Por otra parte, en Japón la Asociación de Industrias de la Radio y Radiodifusión (ARIB) también está trabajando en CDMA para la elaboración de normas de tercera generación.

Finalmente, de tales propuestas, se procedió al desarrollo de dos tecnologías de acceso para 3G: CDMA2000 Y UMTS. Sin embargo, la segunda es la más difundida, por ser la evolución natural de la tecnología GSM, presente en la gran mayoría de los sistemas de comunicaciones móviles en todo el mundo.

Requisitos para un sistema 3G

Mediante la IMT-2000, la ITU especifica los requisitos de todo sistema de comunicaciones móviles de tercera generación:

- Alta velocidad en transmisión de datos: hasta 144 Kbps para de datos móviles (vehicular); hasta 384 Kbps, velocidad de datos portátil (peatonal) y hasta 2 Mb/s, velocidad de datos fijos (terminal estático).
- Transmisión de datos simétrica y asimétrica.
- Servicios de conmutación de paquetes y en modo circuito, tales como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real.
- Calidad de voz comparable con la calidad ofrecida por sistemas alámbricos.
- Mayor capacidad y mejor eficiencia del espectro con respecto a los sistemas actuales.
- Incorporación de sistemas de segunda generación y posibilidad de coexistencia e interconexión con servicios móviles por satélite.
- Itinerancia internacional entre diferentes operadores (Roaming Internacional).

Arquitectura del Sistema

Una de las ideas generales del IMT-2000 es brindar servicios en cualquier parte del mundo a través del empleo de diversas tecnologías integradas en un solo sistema, ajustándose a diferentes entornos geográficos y densidades de tráfico. Por lo tanto, se ha establecido una estructura de capas de células, clasificándose en cuatro categorías, las cuales pueden funcionar simultáneamente dentro de una misma área geográfica.

- Megacélulas: tienen radios desde 100 hasta 500Km. Ofrecen amplia cobertura para zonas con baja capacidad de tráfico a través del uso de satélites no geoestacionarios. Soportan velocidades de estaciones móviles elevadas.
- Macrocélulas: tienen radios desde 1 hasta 35Km. Se emplean para ofrecer coberturas en lugares rurales, carreteras y poblaciones cercanas.
- Microcélulas: tienen radios desde 50 m hasta 1Km. Ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico.
- Picocélulas: tienen radios menores a 50m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores.

Ventajas y desventajas de IP en 3G

Ventajas

- IP basado en paquetes, pues solo pagas en función de la descarga lo que supone relativamente un menor costo. Aunque dependiendo del tipo de usuario también se podría calificar como desventaja.
- Más velocidad de acceso.
- UMTS, sumado al soporte de protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha.

Desventajas

- Cobertura limitada.
- No orientado a conexión. Cada uno de los paquetes pueden seguir rutas distintas entre el origen y el destino, por lo que pueden llegar desordenados o duplicados, lo cual ayuda a no saturar la red de datos.

Servicios soportados:

Los sistemas de tercera generación deben proveer soporte para aplicaciones como:

- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Apoyo para datos a alta velocidad para navegación web, entregar información como noticias, tráfico y finanzas por técnicas de empuje y acceso remoto inalámbrico a Internet e intranets.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, que incluye operaciones bancarias y compras móviles.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real como videoteléfono, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

Tecnologías de Acceso 3G

- **EDGE** (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)

Es un estándar 3G aprobado por la ITU, respaldado por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), el cual se puede desplegar en las bandas de frecuencia 800, 900, 1800 y 1900 MHz y puede servir como la vía a la tecnología UMTS (WCDMA).

Los operarios de TDMA pueden escoger desplegar una combinación de GSM, GPRS, EDGE y UMTS (WCDMA) en varias bandas dependiendo de la segmentación específica de sus clientes y las estrategias del espectro. Ofrece servicios de Internet Móvil con una velocidad en la transmisión de datos tres veces superior a la de GPRS. Soporta tasas de bits hasta 384 Kbps usando hasta 8 ranuras GSM.

- **WCDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access*)

Entre todas las tecnologías consideradas para la interfaz de aire de UMTS, ETSI eligió en enero de 1998 la tecnología WCDMA, una técnica de acceso múltiple por división de código que emplea canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz. pudiendo soportar varias conexiones simultáneas como puede ser una conexión a internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etc. Además, emplea estructuras de protocolos de red similares a la usada en GSM, por lo tanto tiene la capacidad de utilizar las redes ya existentes.

WCDMA ofrece flexibilidad en los servicios, combinando conmutación de paquetes y conmutación de circuitos en el mismo canal con un promedio de velocidad entre 8 Kbps hasta 2 Mbps; soporta además conectividad IP, permitiendo accesos más rápidos en Internet.

Los enlaces desde la red de acceso WCDMA y en el núcleo de red GSM utilizan el más reciente protocolo de transmisión ATM de mini-celdas, conocido como Capa de Adaptación ATM 2 (AAL2). Esta es la forma más eficiente de manejar paquetes de datos incrementando la capacidad de un estándar. Las líneas E1/T1 pueden manejar aproximadamente 300 conexiones de voz, comparado con 30 de las redes de hoy.

Para la interfaz de aire WCDMA, el ETSI, establece el uso de la técnica de duplexación, distribuidas según las bandas de frecuencia de la siguiente manera:

- WCDMA: FDD (*Frequency Division Duplexing*), para operación en bandas de frecuencia pares. El FDD, provee dos bandas distintas de frecuencias por cada usuario (1920MHz -1980 MHz / 2110 MHz - 2170 MHz). La banda delantera provee el tráfico desde la estación de base hacia el móvil y la banda reversa provee el tráfico desde el móvil hacia la base. Se utiliza en los enlaces cuya distancia respecto a la estación base es superior a 1 Km. Logrando tasas de transferencia de hasta 384 Kbps.

- TD/CDMA: TDD (*Time Division Duplexing*), para operación en bandas de frecuencia impares. El TDD utiliza tiempo en vez de frecuencia (1900MHz - 1925MHz / 2010MHz-2025MHz) para proveer tanto los enlaces delanteros como hacia atrás, provee dos ranuras de tiempo simplex en la misma frecuencia.

- **HSDPA** (*High Speed Downlink Packet Access*)

La tecnología HSDPA, conocida también como 3.5G, es la optimización de la tecnología espectral WCDMA, que consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información. Es además, la evolución de las tecnologías de tercera generación, y se considera el paso previo antes de cuarta generación (4G), la futura integración de redes. Por lo demás, es totalmente compatible con WCDMA y sus aplicaciones

Esencialmente esta tecnología provee velocidades altas en el canal de bajada, en teoría hasta 14.4 Mbps (y 20 Mbps con antenas MIMO, *multiple input multiple output*), superando altamente a los 384 kbps de UMTS, y aumentando así su eficiencia espectral, lo que permite brindar mejores tiempos de respuesta en aplicaciones en tiempo real como videoconferencia y juegos.

HSDPA realiza mejoras sobre los 5MHz de ancho de banda del canal de bajada de WCDMA usando una técnica diferente de modulación y codificación: modulación de amplitud en cuadratura 16QAM y codificación variable de errores. Implementa además un nuevo canal dentro de WCDMA llamado HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*), el canal es compartido entre todos los usuarios brindando altas velocidades de bajada, mejorando así también el uso del espectro.

El principal objetivo de HSDPA es el de conseguir un ancho de banda mayor. La compatibilidad es crítica, así que los diseñadores de HSDPA utilizaron una filosofía evolutiva. HSDPA básicamente es igual a la versión 99 de UMTS (R99), con la adición de una entidad de repetition/scheduling dentro del Nodo-B (estación base) que reside debajo de la capa de control de acceso al medio R99 (MAC). Las técnicas R99 se pueden soportar en una red HSDPA, puesto que los terminales móviles de HSDPA (llamados *User Equipment* o UE's) se diseñan para coexistir con R99 UE's.

Principio de Operación: El RNC (*Radio Network Controller*) encamina los paquetes de datos destinados para un UE particular al Nodo-B apropiado. El Nodo-B toma los paquetes de datos y programa su transmisión al terminal móvil emparejando la prioridad del usuario y el ambiente de funcionamiento estimado del canal con un esquema apropiadamente elegido de codificación y de modulación (es decir, el 16QAM).

El UE es responsable de reconocer la llegada de los paquetes de datos y de proporcionar al Nodo-B información sobre el canal, control de energía, etc. Una vez que envíe el paquete de datos al UE, el Nodo-B espera un ACK. Si no recibe uno dentro de un tiempo prescrito, asume que el paquete de datos fue perdido y lo retransmite.

Tecnologías 3G en Chile:

Fiel a su tradición en cuanto a adquisición de tecnologías de comunicaciones, nuestro país no ha quedado al margen de la incorporación de sistemas de telefonía móvil de tercera generación, por cuanto las 3 principales distribuidoras nacionales cuentan con redes 3G, aunque solo en las principales ciudades.

Algunos hitos importantes:

- Entel PCS lanzó comercialmente, el 13 de diciembre de 2006, la red 3G, siendo la primera compañía en Latinoamérica en ofrecer este servicio. Actualmente la nueva red 3.5G está disponible para toda la Región Metropolitana, casi la totalidad de la Región de Valparaíso y es la única que tiene cobertura en las 15 regiones del país llegando a todas de las capitales regionales y ciudades mayores de éstas.
- Claro Chile lanzó el 30 de Noviembre de 2007, pero a diferencia de Entel PCS, Claro lanzó el Servicio en las Regiones Metropolitana, Norte de la Sexta y Rancagua, y las principales localidades costeras de la Quinta Región.
- Movistar Chile lanzó en Diciembre de 2007 sus servicios de tercera generación, con cobertura en las principales ciudades entre las regiones de Arica y Parinacota y Los Lagos, pero cubriendo también pueblos menores de las varias regiones.

Conclusiones:

Sin duda alguna, estamos inmersos en una época de grandes cambios en cuanto a telecomunicaciones, en efecto, el boom de Internet y los adelantos en cuanto a sistemas inalámbricos han afectado de tal forma nuestras vidas, que para la inmensa mayoría de nosotros se hace necesario el contar día a día con tecnologías como las descritas en este trabajo.

Queda además de manifiesto la enorme evolución que en los últimos años han experimentado los sistemas de comunicaciones móviles, pasando de la casi inexistencia a principios de los 80's, a una penetración que, en países desarrollados, ronda el 90%.

Es también por todos conocido el espectacular desarrollo de estas tecnologías en cuanto al aumento de las tasas transmisión y la disminución en los retardos, lo cual ha sido posible gracias a la creación y mejoramiento de las tecnologías de acceso, como WCDMA y HSDPA, las cuales han hecho posible el acceder a una enorme gama de servicios, los cuales hace algunos años sólo eran posibles de soportar mediante enlaces fijos.

A pesar de todo lo señalado, el desarrollo de tales tecnologías no se detiene, existiendo ya avanzados estudios para implementar y estandarizar 3.9G (cuyas tasas de transmisión sería de cientos de Mbps) y 4G, la llamada "integración de redes".

Referencias Bibliografias

- Erik Dahlman, Bjorn Gudmundson, Mats Nilsson, and Johamn Skold, "UMTS and IMT-2000 Based on Wideband CDMA, "IEEE Communications Magazine.
- Apuntes del ramo ELO-343 Telefonía, profesor Walter Grote
- <http://www.e-technik.uni-kl.de/baier/Staff/Clos/ETC/SLIDES/WCDMA/sld003.htm>
- <http://www.ericsson.se/wireless/products/mobsys/3rdgen/subpages/3gcell/3gcell.shtml>
- <http://blog.pucp.edu.pe/blog/738/tag/HSDPA>
- <http://blog.pucp.edu.pe/blog/738/tag/GSM>
- <http://www.evolution3g.com/gps01.asp>
- <http://www.umtsworld.com/technology/hsdpa.htm>
- http://www.3gamericas.org/pdfs/rysavy_data_sept2004.pdf
- <http://es.wikipedia.org/wiki/3G>
- <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>
- http://www.qualcomm.com/media/pdf/QCOM_3G_Overview.pdf