

Evolución de los sistemas de telefonía móvil: Principales retos y tendencias en las próximas generaciones.

Sergio Velázquez Sereno
José Alfredo Bermudez Sosa
Mario Alberto García Torrea

Referencia de este artículo [?].

Abstracto

Las telecomunicaciones móviles han sufrido muchos cambios debido a la necesidad de incremento en la capacidad de dichos sistemas al incorporarse servicios que cada vez tienen mayores requisitos.

En un principio, las necesidades de comunicaciones generalmente contemplaban servicios de voz así, una solución inmediata podría estar basada en sistemas analógicos tal y como sugirieron los primeros sistemas de comunicación móvil; posteriormente, al considerarse las ventajas de los sistemas digitales como por ejemplo: el aumento de capacidad de los sistemas de segunda generación implementaron técnicas digitales utilizando el estándar GSM. Sin embargo, ambos modelos se encontraban orientados al tráfico de voz y la segunda generación comenzó a buscar medios por el cual ofrecer otros servicios orientados a la transmisión de datos a alta velocidad. Al presentarse el boom de los servicios orientados a Internet, la necesidad de transferencias de datos a una mayor velocidad en conjunto con los servicios tradicionales representan los principales puntos a considerar al definir los modelos de comunicaciones en las siguientes generaciones de telefonía celular.

En este artículo haremos una breve reseña de las generaciones de los sistemas de telefonía móvil, dando un mayor enfoque a la cuarta generación y a tendencias futuras.

Introducción

Las telecomunicaciones móviles forman cada vez mayor parte en nuestra vida cotidiana. Es más común encontrarse con que la movilidad en los dispositivos, es un factor importante en las tendencias tecnológicas y más aún en sus prestaciones de telecomunicaciones. Hoy en día, los precios de los dispositivos portátiles como asistentes personales digitales (PDA) ó laptops son un poco más accesibles e incorporan módulos de comunicaciones para acceder a Internet en cualquier punto de acceso disponible. Sin embargo aunque la cantidad de puntos de acceso incrementan continuamente, dichos dispositivos todavía no están al alcance de todos, y las necesidades de comunicaciones son cubiertas por dispositivos móviles con menores capacidades como los teléfonos celulares.

Los equipos de telefonía celular han ido incorporando diversas características lo cual ha desplazado un poco su objetivo principal convirtiéndolos en dispositivos con capacidades multimedia, pues incorporan cámaras digitales y de video, conexiones inalámbricas de corto alcance como Bluetooth; nos permiten enviar mensajes de texto y mensajes multimedia, revisar nuestro correo electrónico, y nos permiten acceder a páginas de Internet. Así pues no se encuentran muy lejos los días en los que será más común tener videoconferencias con una muy buena calidad en dispositivos portátiles y que además los servicios orientados a Internet, sean completamente accesibles desde esos dispositivos. Sin embargo todas las capacidades de esos equipos deben estar soportados por el sistema de comunicaciones para así realmente poder explotar todas sus características.

La complejidad de dichos sistemas no sólo se presenta en cómo dar soporte a los servicios de voz y datos, si no también en la capacidad de usuarios que dichos sistemas puedan soportar, y ofrecer una calidad del servicio (QoS) óptima dependiendo del servicio utilizado.

Generaciones de sistemas de comunicaciones móviles

Los primeros sistemas de comunicaciones móviles eran aquellas basadas en radiocomunicaciones, como las utilizadas en el servicio por radio instalado en los vehículos de policías y dispositivos de comunicaciones por radio que posteriormente fueron añadidos a la red pública de telefonía; esos sistemas de comunicaciones forman parte de la denominada generación 0 (**0G**). A finales de los 60's se comienza a desarrollar el concepto de telefonía celular en los laboratorios Bell.

La primera generación de sistemas de comunicaciones móviles (**1G**) surge en la década de 1980 con el establecimiento del primer sistema celular en países escandinavos, y posteriormente el establecimiento del *sistema de telefonía móvil avanzada* **AMPS** en Estados Unidos. Estos sistemas de primera generación estaban basados en tecnologías analógicas utilizando el método de *acceso múltiple por división de frecuencias* **FDMA**.

La capacidad de los sistemas de comunicaciones se ve reflejada en la cantidad de usuarios que pueden utilizar el recurso de comunicaciones al mismo tiempo, así pues en un lugar con una gran cantidad de usuarios podemos tener un determinado número de usuarios utilizando el recurso al mismo tiempo mientras los demás usuarios pueden encontrarse en lista de espera.

Utilizando un modelo de acceso basado en división de frecuencias, la reutilización de las frecuencias es una de las más grandes mejoras de eficiencia en ancho de banda en los sistemas de radio telefonía. Así una región es dividida en 7 celdas, como se muestra en la figura 1, lo cual permite que los usuarios de una determinada celda trabajen en una cierta frecuencia provocando una interferencia mínima a las celdas vecinas.

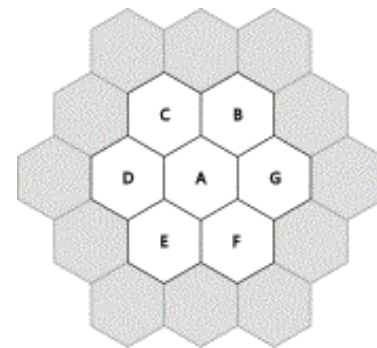


Imagen 1: Configuración de 7 celdas

La asignación de frecuencias en Estados Unidos para un sistema **AMPS** está en el rango de 869 MHz a 894 Mhz para canales de transmisión de las radiobases (o recepción de los dispositivos móviles), denominados canales de bajada; y 824 MHz a 849 Mhz para los canales de recepción de las radiobases (o transmisión de los dispositivos móviles), denominados canales de subida.

Un canal utiliza 30 kHz de ancho de banda, entonces un canal dúplex utiliza 60 kHz, y los canales se encuentran separados por 45 MHz. El cálculo de la capacidad de un sistema **FDMA** se presenta en [1] y para un sistema **CDMA** se presenta en [3].

Los dispositivos en la primera generación eran muy susceptibles a clonación, pues manejaban un identificador llamado **NAM** (numbering assignation module) que era transmitido al iniciar una llamada y podía ser capturado utilizando equipo especializado y ser utilizado en otro equipo. En los sistemas **2G**, la seguridad fue un punto importante a considerar, así el problema se redujo, aunado a que el costo de los servicios disminuyeron considerablemente, lo que hacían estas prácticas poco rentables.

La primera generación presenta una gran deficiencia al basarse en modelos analógicos, pues es ineficiente su uso del espectro, además los sistemas digitales proveen de ventajas que los ubican como una mejor opción.

El uso de sistemas digitales nos permite también utilizar una menor cantidad de potencia para transmitir las señales, así pues las baterías son más pequeñas y los equipos también. El manejo de codificadores de voz, permiten utilizar señales digitales, permitiendo comprimirlas y mejorar la multiplexión.

Es así como, dadas las ventajas (y desventajas) de los sistemas digitales, la segunda generación de telefonía celular (**2G**) ofrece características orientadas no sólo al tráfico de voz si no también comienzan a proveerse ciertos servicios de datos.

Las técnicas de acceso al medio utilizadas en la segunda generación, fueron **TDMA** utilizada en el *sistema global para comunicaciones móviles* (**GSM**) y posteriormente es implementada **CDMA** en el *estándar interino 95* (**IS-95**).

Si bien en la segunda generación se incorporaron servicios de datos de baja velocidad utilizando el mecanismo de transmisión de datos de **GSM** denominado **CSD**, posteriormente se implementaron

mejoras a éste bajo **HSCSD** y posteriormente surgieron implementaciones o mejoras basadas en los estándares de segunda generación que permiten transferencia de datos a mayores velocidades. Una de esas implementaciones es el *servicio general de paquetes por radio* **GPRS** con el cual se hace posible el soporte para los servicios de *mensajes cortos* **SMS**, *mensajes multimedia* **MMS**, **WAP** y acceso a Internet. Conforme hubo revisiones y mejoras a los sistemas **2G**, fueron tendiendo a características que serían necesarias en la implementación de sistemas que soportaran una mayor tasa de transferencia de datos. Así **2G** fue evolucionando a un estado **2.5G** con la implementación de **GPRS** y a **2.75G** con la incorporación de **EDGE**, el cual permite tasas de transmisión mayores a los proporcionados por **GPRS**.

IS-95, implementa los requisitos establecidos para la segunda generación utilizando tecnologías **CDMA**, así ofrece una capacidad hasta 5 veces mayor que los sistemas **GSM** entre otras características.

También **IS-95** es conocido como **CDMAOne**, y en la segunda revisión se establece **IS-95B** en una etapa **2.5G**.

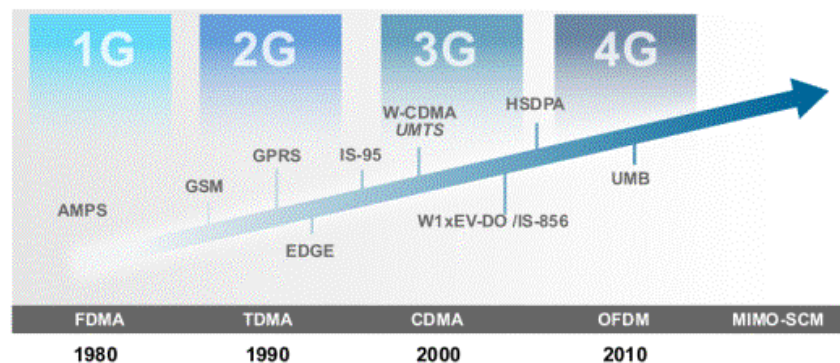


Imagen 1: Principales tecnologías utilizadas en cada una de las generaciones de sistemas de telefonía móvil (fuente: [Error! No se encuentra el origen de la referencia.])

La tercera generación de telefonía móvil **3G** tiene como requisitos proveer de mayores tasas de transferencias de datos a usuarios móviles, lo cual puede compararlo con **IEEE 802.11**, sin embargo mientras que las **WLAN** están orientadas a dispositivos de corto alcance y poca movilidad, **3G** y las siguientes generaciones buscan proveer de características similares de transferencia de datos en redes de telefonía celular de mayor alcance. El primer sistema **3G** fue introducido en el 2001 en Japón por la compañía NTT DoCoMo.

La familia de estándares **3G**, conocida como Telecomunicaciones Móviles Internacionales **IMT-2000**, busca dar soporte a un amplio rango de servicios multimedia, desde orientados a voz y de baja tasa de transferencia de datos, a servicios de altas tasas de transferencia de datos de hasta 144 Kbps en entornos móviles vehiculares, 384 Kbps en entornos exteriores a interiores y 2 Mbps en entornos interiores y picoceldas. Provee cobertura de servicios en la banda de 2 Ghz con un esquema de *acceso múltiple por división de código* **CDMA**, y puede proveer tanto servicios orientados a paquetes como de "interrupción de circuitos". Más aún, el desarrollo del protocolo de *acceso a paquetes de enlace de bajada de alta velocidad* **HSDPA**, permite transferencias a más de 2 Mbps. Los sistemas **HSDPA** están considerados como sistemas **IMT-2000** mejorados, lo cual los hace parte de los sistemas **3.5G**.

En la actualidad comienzan a ser incorporados módulos HSDPA de fábrica en computadoras portátiles, lo cual les permite disponer de una conexión a Internet de banda ancha en toda el área de cobertura.

Hacia la cuarta generación

Las redes inalámbricas locales **W-LAN**, tales como las **IEEE.802.11a**, **HIPE LAN/2** y **MMAC**, se basan en técnicas **OFDM** y proveen tasas de transmisión de datos de hasta 5.4 Mbps en la banda de 5Ghz. Fueron diseñadas para comunicación entre computadoras en interiores, aunque pueden soportar transmisión en tiempo real de audio y video, y permite cierta movilidad a los usuarios [2].

Si bien está previsto que hasta el 2010 serán implementados los primeros sistemas **4G**, también se espera que **IMT-2000** presente varias mejoras que permitan ampliar sus capacidades extendiendo en

óptimas condiciones de tráfico y señal, la tasa de transferencia en hasta 30 Mbps. En los sistemas 4G se busca que en entornos de alta movilidad pueda proveerse una tasa de 100 Mbps y hasta 1 Gbps en entornos de baja velocidad como acceso inalámbrico local.

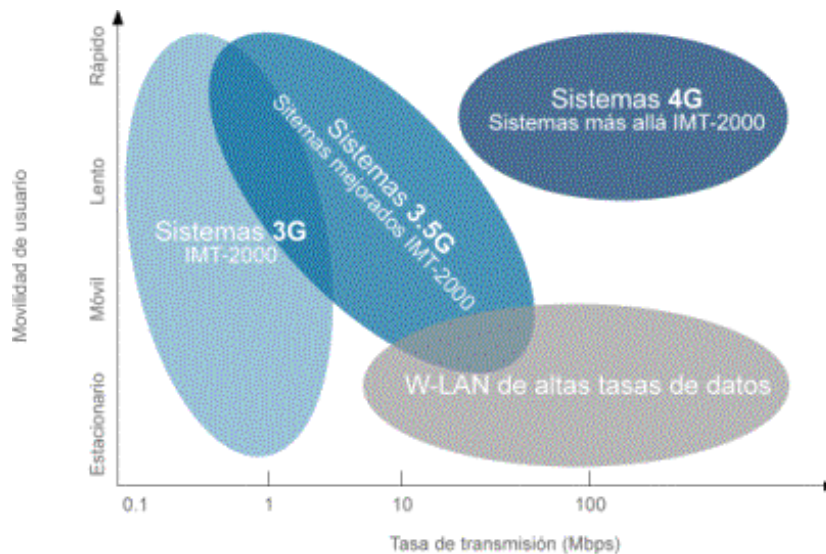


Imagen 1: Tendencias en los sistemas de comunicaciones actuales y futuros
(fuente: [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.])

Para poder obtener esos requisitos de altas tasas de datos, será necesario espectro adicional y también se prevé que incremente la relación entre los sistemas de comunicaciones y acceso por radio y redes inalámbricas personales PAN, LAN y acceso a redes inalámbricas fijas.

Los criterios de movilidad pueden expresarse como de baja movilidad para usuarios con velocidades menores a 3 km/h, movilidad media para velocidades limitadas como las de automóviles en las ciudades, aproximadamente de 50 a 60 km/h y alta movilidad —en autopistas y trenes de alta velocidad— mayores a 60 km/h. Así pues el grado de movilidad está vinculado al tamaño de la celda del sistema celular, así como también a la capacidad del mismo.

Diferentes esquemas de acceso complementarios formarán parte de los sistemas de futuras generaciones, con el fin de formar redes heterogéneas que permitan que nuevos componentes de acceso puedan ser añadidos cuando se requieran, asegurando así la escalabilidad de dichos sistemas.

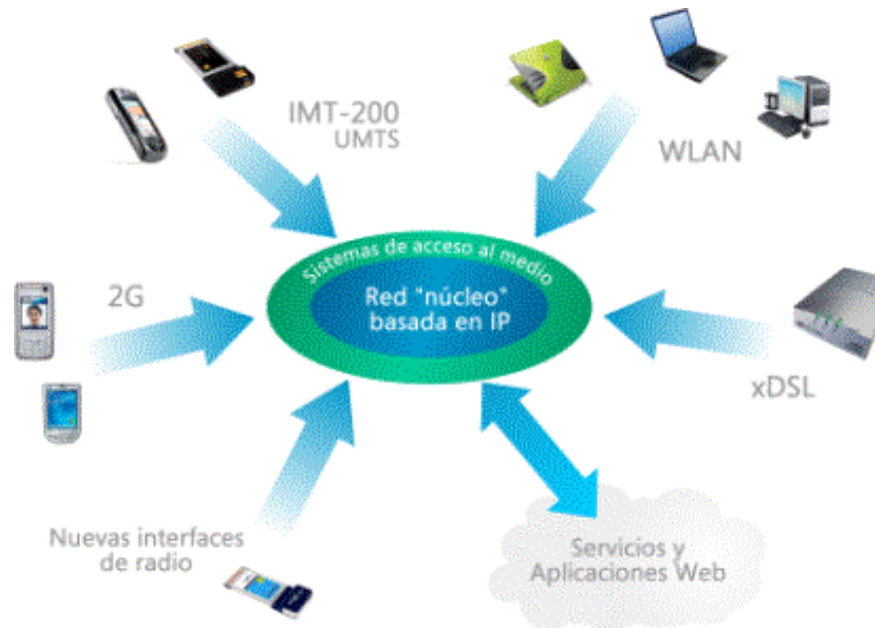


Imagen 1 (fuente: [Error! No se encuentra el origen de la referencia.])

Dichos sistemas de acceso pueden contemplar nuevos componentes e interfaces de radio y podrían tener asignadas otras bandas de frecuencia, sin embargo estos sistemas estarán conectados a una red IP, lo cual a alto nivel, promueve la cooperación e interacción entre distintos sistemas de comunicaciones.

Técnicas de múltiples portadoras

En el establecimiento de la segunda generación, se consideraron dos técnicas de acceso, **TDMA** y **CDMA**. Finalmente el esquema **TDMA** fue el seleccionado como el estándar. Posteriormente en la tercera generación nuevamente fueron consideradas dos técnicas: **CDMA**, el cual fue adoptado finalmente; y una técnica basada en **OFDM** denominada **BDMA**.

En el establecimiento de la cuarta generación, **OFDM** es el candidato principal, pues presenta las siguientes ventajas:

- Al utilizar técnicas de múltiples portadoras, se puede combatir el desvanecimiento selectivo de frecuencias en comunicaciones móviles. Lo cual las hace atractivas para transmisiones a altas velocidades.
- Existen una gran cantidad de investigaciones y desarrollos para **WLAN** de altas velocidades, lo cual demuestra la madurez del esquema **OFDM**.
- Al combinarse **OFDM** con **CDMA** — como por ejemplo en **MC-CDMA** —, pueden mantenerse la robustez contra el desvanecimiento selectivo y la alta escalabilidad.

Conclusiones

Las próximas generaciones de telefonía celular tendrán como objetivos principales proveer de altas velocidades de transferencia de datos, integración de esos sistemas a redes heterogéneas con lo cual podrán ofrecer más servicios. Lo cual expresa también una necesidad de incorporar aplicaciones en los dispositivos que puedan utilizar dichos servicios.

Sin embargo también es importante considerar para el diseño de dichos sistemas sus capacidades, y establecer criterios de QoS que permitan un uso adecuado y eficiente de los recursos.

Podemos ver que hay una gran cantidad de trabajo tanto para el área de telecomunicaciones como para los desarrolladores de equipos y de aplicaciones para los mismos, además del desarrollo de aplicaciones

que permitan su uso no solo en dispositivos con grandes capacidades, como computadoras; también para dispositivos móviles, lo cual nos muestra un panorama de desarrollo orientado a dispositivos móviles.

Lista de acrónimos

AMPS	Advanced Mobile Phone System
BDMA	Band Division Multiple Access
CDMA	Code Division Multiple Access
CSD	Circuit Switched Data
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GSM	Global Systems for Mobile Communications
HIPE LAN	High-Performance Radio LAN
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
IS	Interim Standard
MC-CDMA	Multicarrier Code Division Multiple Access
MIMO-SCM	Multiple input multiple output - single carrier modulation
MMAC	Multimedia Mobile Access Communication
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
QoS	Quality of Service
TDMA	Time Division Multiple Access
WAP	Wireless Application Protocol

Referencias

- [1] SKLAR, Bernard. Digital Communications: Fundamentals and Applications
- [2] HARA, Shinsuke et al. Multicarrier techniques for 4G mobile communications
- [3] GILHOUSEN, Klein S. et al. On the Capacity of a Cellular CDMA System. CDMA Development Group
<http://www.cdg.org/>