

Telecomunicaciones

El ABC de la telefonía celular (primera parte)

Ha sido largo el camino que han tenido que recorrer los sistemas celulares para llegar a ser lo que conocemos actualmente.

Por Evelio Martínez Martínez

En 1971, la industria de la computación entró a una nueva era. Los microprocesadores —a pesar de su poco tamaño y su bajo consumo de potencia— eran capaces de realizar cualquier tipo de tarea, por compleja que ésta fuera. Por otro lado, la tecnología de circuitos integrados a gran escala logró reducir de forma importante el tamaño de los transreceptores móviles, haciendo posible que éstos cupieran en un automóvil. Todos estos avances ayudaron a desarrollar sistemas de telefonía móvil más avanzados, permitiendo el consumo masivo al reducir el costo y tamaño de los teléfonos celulares.

En enero de 1979, la FCC (Federal Communications Commission) de Estados Unidos (EUA) autorizó a la Compañía AT&T conducir el desarrollo de un sistema celular en el área de Chicago. Subsecuentemente, AT&T liberó el sistema celular conocido como AMPS (Advanced Mobile Phone System).

Por otro lado, la compañía ARTS (American Radio Telephone Service, Inc.) fue autorizada para operar en sistema celular en el área de Washington, D.C. y Baltimore. Estos sistemas mostraron la capacidad y la factibilidad de los sistemas de telefonía celular. Finalmente, en Octubre de 1983, se pone en operación el primer sistema comercial dentro de los EUA, en la ciudad de Chicago.

La asignación de la banda de 800 MHz

La decisión de la FCC para escoger la banda de 800 MHz para los sistemas celulares fue debida a limitaciones severas de espectro en las bandas de más baja frecuencia, ocupadas por otros servicios como la televisión, radio en frecuencia modulada (FM) y radiocomunicación móvil, entre otros. En 1974, la FCC asignó 40 MHz de espectro para el servicio de telefonía móvil, para un concesionario único por región de servicio. En 1980, la FCC reconsideró la estrategia de mercado único y estudió la posibilidad de dividir el espectro de 40 MHz en dos portadoras por área de servicio. La idea era eliminar la posibilidad de un monopolio y proporcionar las ventajas que acompañan a un ambiente de competencia. Entonces, estos 40 MHz se repartirían entre dos concesionarios, tocándole a cada uno un espectro de 20 MHz identificados como bloque A y bloque B, o mejor conocidos como bandas A y B.

El 24 de julio de 1986 se adicionaron 5 MHz a cada banda, correspondiéndole a cada concesionario un ancho de banda total de 25 MHz. Como cada canal tiene asignado 30 KHz, en total suman 832 canales por banda [Tabla 1.1]. Como se asignan 42 canales para señalización y control, el número de los destinados para voz se reduce a 790.

El 19 de Abril de 1989, la interfase de aire para este sistema fue estandarizada por organismos estadounidenses como la ANSI (American National Standards Institute), la EIA (Electronic Industry Association) y la TIA (Telecommunication Industry Association), quienes definieron el estándar “Especificación de compatibilidad estación tierra – estación móvil” ANSI/EIA/TIA-553-1989 para el sistema AMPS extendido o EAMPS, el cual se convirtió en el estándar americano y la base para los sistemas analógicos de telefonía celular europeos.

Debido a la saturación de las bandas de 800 MHz (servicio celular analógico), se han abierto otros intervalos de frecuencias para aplicaciones móviles de manera digital. La banda conocida como PCS (Personal Communication Services) se encuentra en el intervalo de 1850-1910/1930-1990 MHz. Otras bandas en 2.1 GHz y 2.5 GHz también son consideradas para aplicaciones futuras de aplicaciones inalámbricas.

Antecedentes de la telefonía celular en el mundo

Paralelamente, en otros países también se empiezan a desarrollar sistemas de telefonía inalámbrica. En Japón, por ejemplo, la NTT (Nippon Telegraph and Telephone Corp.) desarrolló un sistema de telefonía móvil similar al AMPS en la banda de los 800-900 MHz. El japonés fue el primer sistema celular comercial en el mundo al introducirse en 1979 en el área de Tokio. Este sistema permitía un total de 600 canales de 25 KHz.

En Inglaterra, en Junio de 1982, el gobierno anunció un sistema celular conocido como TACS (Total Access Communications System), el cual tenía un número total de mil canales (600 asignados y 400 reservados) con un ancho de banda de 25 KHz por canal. Cellnet y Vodafone son los dos competidores con el sistema TACS en el Reino Unido.

En los países escandinavos (Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia) en cooperación con Arabia Saudita y España, fue desarrollado un sistema conocido como NMT (Nordic Mobile Telephone). Este sistema celular opera en la banda de 450 MHz (base 463-467.5, móvil 543-457.5) con un ancho de banda total de 10 MHz con canales de 25 KHz.

Otros sistemas celulares fueron implementados en diversos países con características similares al sistema europeo y al americano. En resumen, los sistemas celulares más utilizados de esa época fueron el AMPS, TACS, NMT y NTT. Todos estos sistemas forman parte de la primer generación de la telefonía celular [Tabla 1.2].

Funcionamiento de un sistema celular

Un sistema celular, para su funcionamiento, está compuesto por los siguientes elementos:

- 1.- Unidades móviles (teléfonos) - Un teléfono móvil contiene una unidad de control, un transreceptor y un sistema de antena.
- 2.- Las celdas (radio bases) - La radio base provee la interfase entre el MTSO y las unidades móviles. Tiene una unidad de control, cabinas de radio, antenas, una planta generadora eléctrica y terminales de datos.
- 3.- EL MTSO (El Mobile Telephone Switching Office) - Es el conmutador central móvil, el procesador de llamadas y el conmutador de las celdas. Está interconectado con la oficina central de telefonía pública y controla el procesamiento, monitoreo y tarificación de llamadas.
- 4.- Las conexiones o enlaces - Los enlaces de radio y datos interconectan los tres subsistemas. Los de telefonía celular son sistemas de radio que involucran transmisión distribuida. Muchos usuarios pueden acceder al servicio en un área de

cobertura limitada, la cual está dividida en otras, pequeñas, conocidas como celdas. Cada celda tiene un transmisor/receptor fijo conocido como radio base. Un usuario debe comunicarse con la radio base para establecer una llamada, que puede ser de voz o de datos y la radio base se encarga de enrutarla hacia cualquier red terrestre (e.g. Red Telefónica Pública Conmutada [RTPC]) o hacia otro usuario dentro de la misma red celular.

Cada usuario de un sistema celular es también llamado un suscriptor. El enlace que se establece de la radio base a éste es referido como de bajada o de ida (downlink). El enlace del suscriptor hacia la estación base es conocido como de subida (uplink).

Los suscriptores celulares pueden ser estacionarios o móviles. Si es móvil, entonces la red celular debe ser capaz de manipular la situación en que éste se mueva de una celda a otra. A este evento se le conoce como transferencia entre celdas (handoff o handover).

Una red celular está compuesta por muchas celdas acomodadas geográficamente. Por lo regular, una radio base utilizará frecuencias diferentes para comunicarse con las demás radio bases en celdas vecinas. El factor de reuso de frecuencias permite que un número mínimo de éstas sean utilizadas en una red celular, asegurando la no-interferencia entre las celdas. Para fines de diseño, las celdas son representadas en forma hexagonal. Este tipo de representación frecuentemente da como resultado reuso en frecuencia en un factor de siete, el mínimo número de frecuencias necesarias para asegurar que las radio bases vecinas no tengan que ocupar las mismas frecuencias. La representación hexagonal es adecuada para el análisis preliminar de una red celular. En la realidad, diversos factores como el terreno, edificios, construcciones y densidad poblacional hacen que el área de cobertura de una radio base sea irregular.

Las técnicas de acceso múltiple

Una de las estrategias más importantes para aumentar el número de usuarios en un sistema celular radica, principalmente, en la técnica de acceso múltiple que este sistema emplee, la cual es un sistema inalámbrico que permite que varios usuarios puedan estar accediendo simultáneamente un canal o un grupo de frecuencias, lo que posibilita el uso eficiente del ancho de banda.

Existen tres técnicas para compartir un canal de Radio Frecuencia (RF) en un sistema celular:

- a) FDMA (Acceso Múltiple por División de frecuencias, Frequency Division Multiple Access).
- b) TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo, Time Division Multiple Access).
- c) CDMA (Acceso Múltiple por División de Código, Code Division Multiple Access)

FDMA

FDMA fue implementada en la banda de 800 MHz utilizando un ancho de banda de 30 KHz por canal. Subdivide el ancho de banda en frecuencias, cada una de las cuales puede ser usada por un usuario durante una llamada. Debido a la limitación en ancho de banda, esta técnica de acceso es muy ineficiente ya que se saturan los canales al aumentar el número de usuarios alrededor de una celda.

TDMA

Después de la introducción de FDMA, operadores celulares y fabricantes de equipo inalámbrico reconocieron las limitaciones de esta técnica de acceso analógica. Años más tarde aparecen los primeros sistemas celulares digitales basados en TDMA. Con el fin de continuar la compatibilidad con la asignación de espectro del sistema anterior ocupado por la tecnología AMPS, se desarrolla en Norteamérica a finales de los 80s un sistema conocido como DAMPS (Digital AMPS), también con 30 KHz de ancho de banda por canal.

Los sistemas celulares bajo TDMA utilizan el espectro de manera similar a los sistemas TDMA, con cada radio base ocupando una frecuencia distinta para transmitir y recibir. Sin embargo, cada una de estas dos bandas son divididas en tiempo (conocidas como ranuras de tiempo) para cada usuario en forma de round-robin.

CDMA

A mediados de los 80s, algunos investigadores vieron el potencial de una tecnología conocida como espectro disperso (spread spectrum) la cual era utilizada para aplicaciones militares, pero que también podría ser usada para telefonía celular. Esta tecnología de espectro disperso involucra la transformación de la información de banda angosta a una señal de banda amplia para transmisión, la cual puede ser vista como una manera de aumentar las capacidades de los sistemas TDMA que limitan el número de usuarios al número de ranuras de tiempo.

Al asignar diferentes códigos únicos a los usuarios, un sistema de acceso múltiple es posible. A este método de acceso múltiple se le conoce como CDMA.

En la segunda parte de este artículo hablaremos sobre las diversas generaciones de telefonía celular y sobre las tecnologías más importantes.