

# HITOS DE LA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR



## AUTOR

**Mónica Andrea Rico Martínez**

Ingeniera de Telecomunicaciones

MSC (C) Ingeniería, área Electrónica

Investigador Grupo Gnosis Avanzada en Ingeniería Telemática GAITA

Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del

Software CIDLIS

Universidad Industrial de Santander

mrico@cidlisuis.org

COLOMBIA

Fecha de Recepción del Artículo marzo 24 de 2006 Fecha de Aceptación del Artículo Abril 17 de 2006

Artículo Tipo 2

## RESUMEN.

*La telefonía móvil celular es una tecnología que marco una pauta dentro del contexto de la sociedad de la información y las comunicaciones, pues introdujo la telefonía a grandes distancias sin hilos, proporcionándoles a los usuarios movilidad en los dos extremos de la comunicación, además de ofrecer un ancho de banda amplio para el despliegue de servicios y ser redes fáciles de implementar, dado que no conllevan obras civiles grandes. En el mundo un tercio de la población posee celular, la cifra puede llegar a superar los 1500 millones de usuarios, la mayor parte de este crecimiento se localiza en los países en proceso de desarrollo, especialmente en África y Asia.*

*Asia posee el Mercado de telefonía móvil más grande del mundo. Esto demuestra el impacto de la telefonía móvil celular, que muy posiblemente es la tecnología mas usada en el mundo, debido en parte porque ofrece comunicación a personas que antes no tenían como lograrla y en muchas partes del mundo las conexiones de las redes fijas no ofrecen los servicios que ofrece la telefonía móvil celular, a pesar de tan alto crecimiento muchas personas que poseen un celular, desconocen como se realiza una llamada e incluso como funciona su celular. En este artículo mi propósito es plantear los aspectos fundamentales de la telefonía móvil. Poder comprender y describir principalmente en qué consiste la telefonía móvil celular y como se establece una llamada en una red móvil, además de explicar la evolución de esta tecnología.*

## PALABRAS CLAVES

Telefonía Móvil

Celulares

Redes

## ABSTRACT

The cellular telephony is a technology that make a guideline within the context of the society of the information and communications, because introduced the wireless telephony with great distances, providing to the users mobility in both

extremes of the communication, besides to offers an ample bandwidth for the unfold of services and to be easy implement networks, since they do not entail great civil works. In the world a third of the population has cellular, the number can exceed the 1500 million of users, most of this growth is located in underdeveloped countries, specially in Africa and Asia. Asia has the Market of cellular mobile telephony greater of the world. This demonstrates the impact of cellular mobile telephony, that is very possibly that be the most technology used in the world, because it offers communication to people whom before they did not have how to obtain it and in many parts of the world the connections of the fixed networks they

do not offer the services that offers the cellular mobile telephony, in spite of so high growth many people who have a cellular, do not know how a call is made and they even unknown how works their cellular. In this article my intention is write the fundamental aspects of the mobile telephony. Describe and understand mainly in what consists the cellular mobile telephony and how establish a call in a mobile network, besides to explain the evolution of this technology.

## KEYWORDS

Mobile Telephone  
Cellular  
Network

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablo de hitos me refiero a los hechos claves y fundamentales dentro de un ámbito o contexto [1], en este caso la telefonía móvil celular.

Es indiscutible hoy en día que la educación, la información, el desarrollo del conocimiento y la capacidad de innovación tecnológica son determinantes en los resultados económicos y beneficios sociales de una región o país. Por esta razón Colombia no puede hacer a un lado el desarrollo tecnológico, y los avances que se acrecientan día tras día.

Es importante saber a ciencia cierta qué es y como funcionan las cosas. En este caso, puedo asegurar y sin temor a equivocarme que muchas personas que poseen celular, no tienen ni la menor idea cómo se establece la comunicación, ni que componentes interactúan para permitir que la comunicación se lleve a cabo, además desconocen un poco la historia de la telefonía móvil celular.

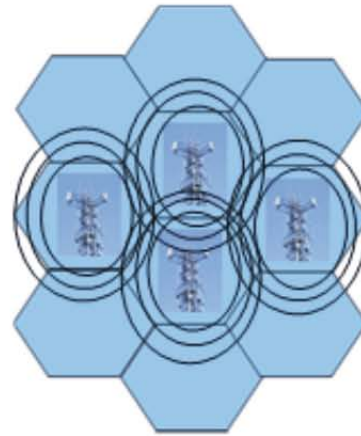
Este artículo pretende exponer qué es la telefonía móvil celular, en que consiste claramente e identificar cada uno de sus componentes, con el fin de que los lectores conozcan y se introduzcan en su contexto e historia.

### 1. ¿QUÉ ES? DEFINICIÓN DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR TMC

Comenzaré por explicarle al lector de una forma muy sencilla qué es y cómo funciona una red de telefonía móvil celular.

El concepto básico de Telefonía Móvil Celular (TMC) es muy sencillo: es una red que se compone de áreas, las cuáles a su vez se dividen en celdas (células) hexagonales que se encajan para poder formar un patrón de panal, como se muestra en la figura 1. Esta división permite la re-utilización de frecuencias a través del área o ciudad, permitiendo que muchas personas puedan acceder a una llamada telefónica simultáneamente.

**Figura 1. Cluster de una Red Móvil**



En cada área geográfica de una red de telefonía móvil celular, se distribuyen 666 canales de radio celular, esto significa que cada transceptor con un área envolvente tiene un subconjunto fijo de 666 canales de radio disponibles, basados en el flujo de tráfico anticipado.

Como se mencionó anteriormente, las áreas se componen de celdas; La forma de hexágono de cada celda, se debe a que la transmisión que proporciona es más efectiva que la de un patrón circular, dado a que elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes ( técnicamente elimina la interferencia cocanal). Una célula o celda, se define por tres características, tamaño físico, tamaño de población a la cual le va a proporcionar cobertura y patrones de tráfico, siendo estas dos últimas las más importantes. De acuerdo al tipo de celda varían de tamaño, pueden cubrir desde pocos metros hasta 64 kilómetros cuadrados o más. El radio mínimo esta determinado por limitaciones técnicas en los procesos de handoff y de instalación de equipamiento. Para dar mayor servicio se utilizan celdas de menor tamaño. El número de celdas por área lo define el operador y lo establece de acuerdo a los patrones de tráfico establecidos con anterioridad.

Existen diferentes tipos de celdas (Ver figura 2), debido a que la densidad de población en un país es muy variada. Estas se dividen en:

- **Macrocelas:** Son celdas grandes, para áreas con población dispersa.
- **Microcelas:** Estas celdas son usadas para áreas densamente pobladas.
- **Picoceladas:** Son las celdas de menor tamaño utilizadas para interiores
- **Celdas Selectivas:** Son celdas con una forma particular de cobertura.
- **Celdas Paraguas:** Son celdas que tienen el nivel de potencia aumentado, para reducir el número de handoff.



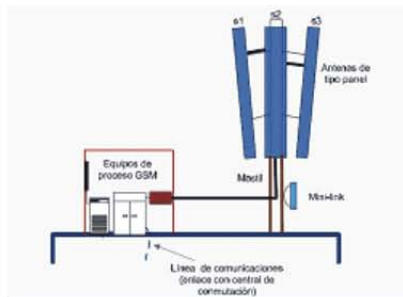
**Figura 2. Tipos de Celdas [2]**

## 2. COMPONENTES, EQUIPOS DE UNA RED DE TMC

Por otra parte en las celdas se encuentra un elemento muy importante, denominado estaciones base, las cuales consisten en una torre de antenas y una pequeña construcción donde se alberga el equipo de radio comunicaciones. Las antenas y casetas están conectadas mediante cable coaxial o fibra óptica.

Una Estación Base es el primer eslabón en la conexión entre un teléfono móvil y otro teléfono, ya sea fijo o móvil, estas sirven como un control central para todos los usuarios dentro de una célula. Entre sus funciones podemos encontrar que una BTS (Base Transceiver Station), puede servir como una estación retransmisora de alta potencia, dado a que las TM (Terminal Mobile) o teléfonos móviles transmiten a la estación base y la estación base emite esas transmisiones a una potencia mayor. Otra función es la de proporcionar cobertura para que desde cualquier punto se pueda establecer la llamada.

**Figura 3. Elementos de una estación base GSM [3] [4]**



Cada estación base está interconectada con la otra por medio de una red de radio con una frecuencia de 900-1900 MHz, (dependiendo del estándar que se emplee, los cuales se mencionarán más adelante) que comunica un conjunto de celdas; Así pues la red de radio se define por el conjunto de transmisores y receptores de radio frecuencia, ubicados en el centro físico de cada celda, los cuales transmiten ondas electromagnéticas de baja intensidad que hacen posible la comunicación.

Una vez comprendido qué es y cómo funciona una BTS, comenzaré por describir cada uno de los componentes que hacen posible las redes de telefonía móvil celular.

Las estaciones base están distribuidas sobre un área de cobertura del sistema, el conjunto de las BTS junto con la BSC (Base Station Controller) que las controla, se denomina BSS (Base Station Subsystem). El controlador de estaciones base (BSC), se introduce para eliminar complejidad de la BTS y es el que se encarga de las funciones de control de radio y concentración de tráfico.

En otras palabras, el BSC administra cada uno de los canales de radio en el sitio, supervisa llamadas, enciende y apaga el transceptor de radio, inyecta información a los canales de control y usuario y realiza pruebas de diagnóstico en el equipo de sitio de la celda.

El subsistema de estaciones base, opera bajo la dirección de un centro de conmutación móvil, que básicamente es un conmutador telefónico digital y es el corazón del sistema celular, éste agrupa a un conjunto de BSS, cubriendo una amplia zona geográfica y es similar a una central de conmutación de la red fija, pero con funcionalidades propias de la red móvil.

A éstos conmutadores se les conoce por diferentes nombres, dependiendo del fabricante y la configuración del sistema. En este artículo, lo denominaremos MSC (Mobile Switching Center) que es el nombre más común. Por ejemplo los laboratorios Bell lo denominaron MTSO (Mobile Telephone Switching Office), Motorola lo nombro EMX (Electronic Mobile Exchange); Ericsson lo denominó AEX, NEC lo nombró NEAX, y Novatel MMC (Master Mobile Center).

Entre las funciones del MSC, encontramos las siguientes:

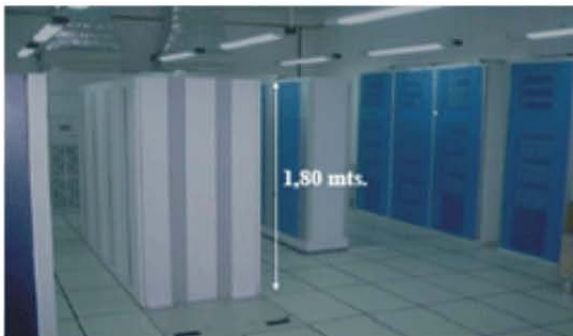
- Administración de Llamadas CM (Call Management). Es el encargado del Establecimiento, Liberación y Routing entre llamadas, es decir controla el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas.
- Interfaz con otras redes (PSTN, ISDN) Un MSC puede funcionar como GMSC, enrutando tráfico hacia otras redes como la red de telefonía pública conmutada (PSTN) o la Red digital de servicios Integrados (ISDN), Controla la conmutación entre la red telefónica pública y los BSC para todas las llamadas de alámbrica a móvil, móvil a alámbrica y móvil a móvil, acordando las instalaciones de transmisión de voz con líneas alámbricas y servicios de telefonía con líneas alámbricas convencionales.
- Administración de Movilidad MM (Mobility Management) Se encarga de administrar la localización, la

autenticación de las llamadas e identificación de los terminales móviles. Procesa información recibida de los BSC que contiene el estado de la unidad móvil e información de diagnóstico. Mantiene la información de acceso en el VLR(Virtual Local register) asociado.

- Administración de Radio RM (Radio Management) Gestiona los Handovers entre MSC, el Paging, señalización, supervisión, conmutación y distribución de los canales de RF.
- Información de Facturación Procesa la información y compilación de facturas

El conmutador electrónico se comunica con los BSC con por medio de un protocolo de comunicaciones. (Ver figura)

**Figura 4. MSC físico [5]**



Otro elemento que compone la red de telefonía móvil celular es el TRAU( Transcoder and Rate Adaption Unit) o Transcodificador y Unidad de adaptación de tasa de tráfico, cómo su nombre lo menciona su función es realizar la transcodificación entre la voz de la Ley A (PCM) a 64 Kbps y la voz RPE-LTP (Regular Pulse Excited coding with a Long Term Prediction) a 13 Kbps, de igual forma realiza la adaptación entre las tramas de datos del utilizadas en la red fija, y la parte radio.

EL TRAU puede estar situado en el BSS, pero en determinados casos se aloja en el propio MSC con el fin de minimizar costos de transmisión.

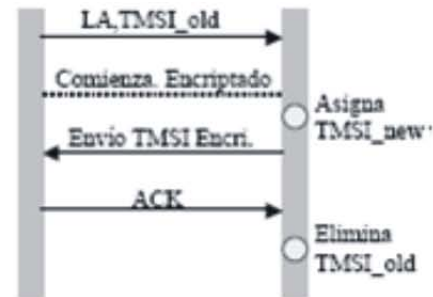
Un componente que mencioné anteriormente es el VLR (Virtual Local Register) Registro Local Virtual, que junto con el HLR (Home Local Register) Registro Local de área, registran toda la información tanto del terminal móvil como la estación base.

El VLR suele estar asociado a un MSC (par MSC/VLR). Su función es proporcionar un repositorio de datos de suscripción de los móviles que operan en un área de localización. Se denomina virtual debido a que los datos que se depositan están en constante actualización cada 24 horas.

Cuando un Terminal móvil entra en una red, o se mueve a un MSC/VLR dentro de la propia red, el MSC/VLR interroga al HLR

o al antiguo MSC/VLR, preguntándole los datos del terminal móvil. (Ver la figura para comprender mejor su funcionamiento).

**Figura 5. Funcionamiento del VLR [6]**



El VLR contiene la información de:

- IMSI (Internacional Mobile Subscriber Identity)
- MSISDN (Mobile Station International ISDN Number)
- TMSI (Temporal Mobile Subscriber Identity)
- Área de Localización donde el Terminal móvil está registrado
- Mobile Station Roaming Number
- Parámetros de Servicios Suplementarios
- Información de Autenticación

Por otra parte cada red debe tener al menos un HLR, que se sitúa normalmente en una instalación central, el HLR proporciona un repositorio central de datos de suscripción.

Generalmente, existe un código nacional, código de destino nacional y código de suscripción, los cuales se almacenan en el HLR.

El HLR contiene la siguiente información:

- Información de suscripción para facturación
- Información de Localización (MSC y VLR en que se encuentra el móvil)
- IMSI
- Información de suscripción a los diferentes teleservicios y servicios portadores
- Información de los servicios suplementarios
- Restricciones de servicios.
- Mobile Station International ISDN Number

Asociado al HLR, encontramos el AUC (Authentication Center) o Centro de Autenticación, éste contiene una base de datos que mantiene los datos de cada abonado móvil para permitir la identificación internacional de abonados móviles (IMSI), realizar la autenticación del abonado y cifrar la comunicación vía radio entre el móvil y la red.

Para realizar la autenticación y el cifrado, existen varias claves que se envían a la red de TMC vía HLR hasta el VLR. Estas claves son las siguientes:



- Clave de autenticación secreta Ki, que consta de 128 bits y esta directamente relacionada con el AUC y la SIM card del Terminal móvil.
- RAND. Número aleatorio de 128 bits generado por el AuC.
- SRES (Signed Response), Número de 32 bits generado a partir del Algoritmo A3 [7] con Ki y RAND como entradas.
- Kc Secuencia de 64 bits generada a partir del algoritmo A8 [7].

Por otra parte y ya casi terminando, encontramos el EIR (Equipment Identity Register), cuya función es servir como repositorio de datos que almacena los IMEI (International Mobile Station Equipment Identity) utilizados por el sistema GSM.

Este componente es muy importante dado que allí es donde se guardan las listas de los teléfonos que están legalmente en forma, los teléfonos robados y los fraudes que se producen en el mercado, estas listas se denominan de esta forma:

- La lista blanca, esta lista siempre debe reposar en el EIR, identifica a los equipos que están autorizados de recibir y realizar llamadas.
- La lista gris identifica a los equipos que pueden hacer y recibir llamadas, pero que pueden ser monitoreados para descubrir la identidad del usuario utilizando la información almacenada en la SIM.
- La lista negra identifica a los equipos que a los que se les impide conectarse a la red. Por lo tanto, no pueden realizar ni recibir llamadas.

Por último tenemos la MS (Mobile Station) o estación móvil, que se compone del Terminal o teléfono móvil (TM) y la SIM Card (Subscriber Identity Module). La mayoría de lectores, por obvias razones conocen los terminales o teléfonos y conocen la SIM card, sin embargo explicaré brevemente en que consiste cada uno de ellos.

Los terminales móviles, son dispositivos electrónicos con diferentes diseños y fabricantes, que poseen generalmente: un circuito integrado que es el cerebro del teléfono, una antena, una pantalla de cristal líquido (LCD), un teclado, un micrófono, una bocina, transceptor (trasmisor y receptor actúan simultáneamente) de radio, software (interfaz a usuario) y una batería, encargados de procesar millones de cálculos por segundo para comprimir y descomprimir el flujo de voz. Un aspecto importante que se debe resaltar de los terminales móviles es que la diferencia básicamente que existe entre ellos, radica fundamentalmente en la potencia que tienen que va desde los 20 vatios (generalmente instalados en vehículos o portátiles) hasta los 2 vatios de los terminales que posee una persona común.

La SIM Card, es una tarjeta inteligente que sirve para identificar las características del Terminal. Esta tarjeta se inserta en el interior del TM y permite al usuario acceder a todos los servicios que el operador tenga disponible, cabe

destacar que sin la tarjeta SIM el TM no sirve de nada por que no se puede hacer uso de la red. La SIM card, está protegida por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN o Personal Identification. Cada vez que se enciende el celular, este solicita el PIN. Una vez que se introduce el PIN en el celular, éste se coloca en busca de la red que esté disponible, tratando de validarse en ella, una vez que la red ha validado el Terminal, éste queda registrado en la celda que lo ha validado.

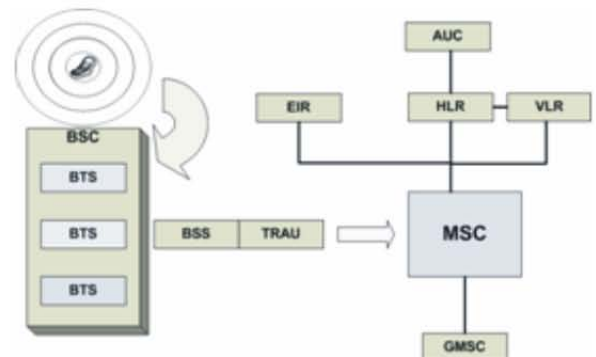
La mayor ventaja de las tarjetas SIM es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de Terminal y llevarse consigo la tarjeta SIM.

**Figura 6. Terminales Móviles**



En la siguiente figura, se muestra como se interconectan cada uno de los componentes de una red de telefonía móvil celular.

**Figura 7. Diagrama de bloques de los componentes de una red de TMC**



### 3. PROCESO DE UNA LLAMADA EN UNA RED DE TMC

Una vez comprendidas cada una de las funciones de los componentes de una red de telefonía móvil celular, me dedicare a exponer cómo se realiza una llamada en dichas redes.

El proceso de una llamada sobre una red de telefonía móvil



celular es similar al proceso en una red telefónica pública conmutada (PSTN). Para realizar una llamada en una red de telefonía móvil celular se necesitan básicamente dos canales de voz full duplex simultáneamente, denominados canal de usuario y canal de control.

En este artículo analizaremos tres casos de llamadas: de fijo a móvil, de móvil a fijo y de móvil a móvil, en todos los casos, el Terminal móvil, realiza una serie de procedimientos de arranque cuando se enciende, una vez finalizado estos procedimientos prueba la intensidad de la señal recibida en todos los canales de usuario prescritos, y sintoniza automáticamente el canal con la intensidad de la señal de recepción mas fuerte, de la misma forma se sincroniza para controlar la información transmitida por el BSC. Una vez establecida la comunicación el MT (Mobile Terminal) interpreta la información y continúa monitoreando el/los canal(es) de control, para asegurarse que está utilizando el mejor canal.

El procedimiento para realizar una llamada de fijo a móvil es el siguiente: EL abonado A que posee una línea en la RTPC (Red Telefónica Publica Conmutada), digita el número del Abonado B, la central de la RTPC se comunica con la MSC por medio del GMSC, el par MSC/VLR traslada los dígitos marcados y se comunica con el HLR para determinar si el Terminal Móvil a la cual se está llamando, está ocupado o desocupado. Si el Terminal Móvil, está disponible, el MSC/VLR se comunica con la estación móvil, está le envía una respuesta al MSC, diciéndole que efectivamente se encuentra disponible, entonces el MSC asigna un canal desocupado e instruye a la MS que se sintonice en ese canal. Una vez sintonizados, la MS envía una señal de verificación por medio del BSC, por otra parte el MSC envía tonos de progreso de llamada al Terminal móvil del abonado B, causando que éste suene, cuando recibe la indicación positiva que el Abonado B ha contestado el teléfono, se establece la conversación entre dos personas. Ver figura 8.

Por otra parte para realizar una llamada desde un Terminal móvil a un teléfono fijo, el proceso es al contrario, una vez el abonado marca el número en el Terminal móvil y oprime enviar(o la tecla snd), se transmiten estos dígitos junto con el número de identificación del suscriptor móvil al par MSC/VLR, éste interroga al HLR y si el número de identificación es válido, el conmutador enruta la llamada sobre una interconexión de

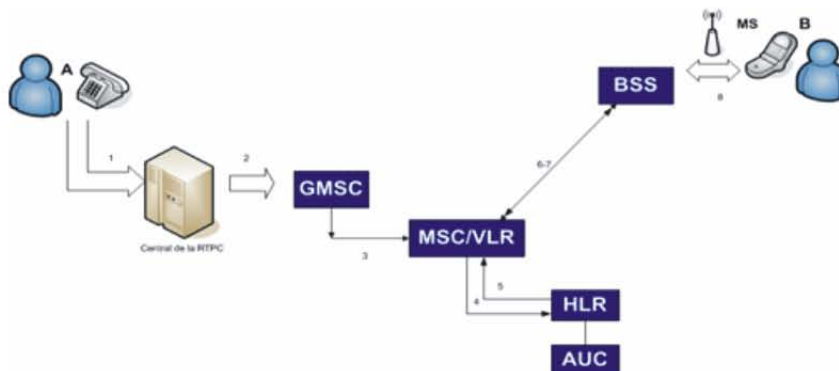
línea terminada a la red de telefonía pública conmutada. Usando el BSC, el MSC asigna un canal para que el Terminal móvil se sintonice, después que el MSC verifica que el Terminal móvil esta sintonizado en el canal asignado, el MSC envía al MT un tono de llamada en progreso el cual es escuchado por el Terminal móvil hasta que el abonado de la línea fija conteste y se pueda establecer la comunicación.

Para realizar una llamada de un móvil a otro móvil, el proceso es el siguiente, el abonado que llama realiza el mismo proceso, marca los números y oprime la tecla enviar o SND. El MSC recibe tanto el número de identificación del que llama como el número marcado, se comunica con el HLR y determina si ese Terminal móvil esta disponible para recibir llamadas.

El MSC envía una señal a todos los BSC, para revisar con cual estación base se puede establecer la comunicación, debido a que el canal puede estar en cualquier parte del área de servicio, una vez responda de manera positiva el BSC, el MSC asigna a los dos abonados un canal de usuario desocupado y les envía una señal pidiéndoles que se sintonicen en el canal, el transceptor de radio, que existe en el Terminal móvil utiliza un sintetizador de frecuencias para sintonizar cualquier canal del sistema celular asignado. Una vez sintonizados los dos abonados comienzan a recibir el tono de repique y timbre respectivamente, cuando el abonado B contesta, envía una señal al MSC, indicándole que ha contestado, y éste termina el tono de llamada progresiva, abriéndole paso a que comience la conversación entre las dos terminales.

En caso de que un abonado o usuario desee establecer una llamada y los canales de usuario están ocupados, el MSC envía una señal al Terminal móvil indicándole que la red está ocupada, que insita más tarde (En el teléfono aparece un mensaje de red ocupada). Por otra parte si se está llamando a un Terminal móvil y éste se encuentra ocupado, cuando existe el servicio de llamada en espera, el abonado B puede recibir la llamada que esta entrando y dejar en espera la que tenía en curso, en caso de que no exista el servicio, el que llama recibe una señal de usuario ocupado. Por otra parte, cuando el número al que se está marcando no es valido, el EIR envía al MSC una señal y éste a su vez envía un mensaje grabado o proporciona un aviso de que la llamada no pudo procesarse, por medio del canal de control al Terminal móvil.

Figura 8. Llamada de un fijo a un móvil





#### 4. EVOLUCIÓN DE TMC

En este aspecto los primeros en utilizar un sistema de radio móvil fueron los norteamericanos, quienes en 1921 utilizaron un sistema de radio móvil que operaba a una frecuencia cercana a los 2 MHz, así como la mayoría de los desarrollos en telecomunicaciones, éste no pudo ser la excepción y fue creado en el seno de la policía de Detroit, departamento de defensa de Estados Unidos.

En 1940, la comisión federal de comunicaciones FCC de Estados Unidos, otorgo nuevas licencias de frecuencias para este sistema y empezó a operar entre los 30 y 40 MHz, sin embargo, a esta frecuencia el sistema presentaba varias interferencias y mucho ruido, por lo tanto era poco útil.

Para esta época en Europa también surgió el primer sistema de telefonía móvil en Suecia, Estocolmo, Ericsson pionero en telefonía móvil, formuló un sistema con terminales móviles, que por su peso y tamaño elevado, sólo se podían instalar en vehículos, este sistema no era óptimo dado que consumía mucha batería.

En 1946, en St Louis (Missouri)[6], Estados Unidos, aparece el primer sistema de telefonía móvil comercial, utilizando seis canales de telefonía móvil de 60KHz a una frecuencia de 150MHz, en 1947 se estableció un sistema móvil público que cubría la autopista entre la ciudad de Nueva York y Boston, en un rango de frecuencia de 35 a 40 MHz.

Durante finales de los 40 y los 50, la FCC adicionó más canales en una frecuencia más alta (12 canales a una frecuencia de 450MHz) con el fin de solucionar los primeros inconvenientes que presentaba esta tecnología, por otra parte en Europa, la operadora sueca Teverket, instaló un sistema de prueba que entró en servicio en 1956 y que, a finales de los sesenta, tenía 125 abonados. Todos estos sistemas operaban en modo manual, es decir una operadora manejaba cada llamada, en 1964 gracias a los sistemas selectores de canales automáticos para telefonía móvil, permitió a los usuarios realizar directamente las llamadas.

A estos sistemas se les denominó Mobile Telephony System o sistemas de telefonía móvil, los que surgieron en los 60 se les llamó sistemas de telefonía móvil mejorado (IMTS), estos operaban en un área de 60Km a la redonda, cada canal puede asignarse a varios usuarios, pero sólo uno puede utilizarlo a la vez y si el canal preasignado está ocupado se debe esperar hasta que se desocupe, antes de hacer o recibir una llamada.

A principios de los años 70 surge el concepto de telefonía móvil celular, este sistema, corrige muchos de los problemas de los servicios de telefonía móvil de dos direcciones tradicionales, dado que utilizan el concepto de reutilización de frecuencia, para aumentar la capacidad del canal.

Los laboratorios BELL empezaron a trabajar en los 'sistemas celulares', dando lugar al concepto NMT (Nordiska Mobile Telphongruppen). En 1981 este servicio fue inaugurado en Arabia Saudita (servicio proporcionado por Ericsson) y Suecia a una frecuencia de 450 MHz, lo que se denominó NMT-450,

después se asignó una frecuencia mayor, 900 MHz (NMT-900). Debido a la falta de capacidad del NMT y al constante aumento de usuarios, se implantó el sistema TACS, con terminales de un menor tamaño, manejables y con precios al alcance de un público más amplio, aunque siempre privilegiado, este estándar utilizaba una banda de frecuencia de 15 MHz que abarca 600 canales con un espacio, entre canales, de 25 kHz.

Paralelo en Estados Unidos AT&T creó el servicio de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS). El sistema celular AMPS usa una banda de frecuencia de 20 MHz compuesta de 666 canales con espacios, entre canales de 30 kHz. Para las unidades móviles, el canal 1 tiene una frecuencia de transmisión de 825,03 MHz y el canal 666, en 889,98 MHz. Un espectro de frecuencias de 5 MHz adicional, se aumentó posteriormente a la banda de 20 MHz existente, lo cual incrementa el número total de canales disponibles a 832.

Estos sistemas hacen parte de lo que se conoce como primera generación [7] de la telefonía móvil celular, como se puede observar son sistemas análogos y su mayor problema era los costos elevados y la capacidad de transmisión de datos que alcanzaba muy difícilmente a superar tasas de bit de 4800 bit/s o 1200 bit/s.

A mediados de los años 80 y a principios de los 90 en el seno de la CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) un grupo de trabajo denominado GSM (Groupe Special Mobile), dio lugar a lo que se conoce como segunda generación de telefonía móvil celular[7] con el estándar GSM proporcionado por la ETSI (European Standards Telecommunications Institute), dicho estándar es uno de lo más utilizados hoy en día a nivel mundial (3 de cada 4 terminales móviles son de tecnología GSM) debido a motivos tanto tecnológicos como de mercado y organización. Se utiliza TDMA y CDMA como técnicas de acceso al medio, y todos los canales son digitales. La digitalización permitió, además de reducir los costos de fabricación, mejorar el número de comunicaciones que podían cursarse en un ancho de banda dado, GSM también incorpora servicios de datos como el tan conocido SMS (Servicio de mensajería corta o servicio de mensajes de texto), proporciona mayor capacidad y mayor cobertura. En 1994 llega a Colombia la Telefonía Móvil Celular, mediante dos operadores Celumovil y Comcel, utilizando TDMA, actualmente se está utilizando tecnología GSM/EDGE en la banda de 1800-1900MHz, a lo que se le conoce como 2.5 G (Generación 2.5).

A finales de siglo XXI también aparece la tercera generación con IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000), con el objetivo de superar las limitaciones de los sistemas móviles de segunda generación. Sus principales metas son:

- Reservar una porción de espectro común en todo el mundo, tanto para sistemas terrestres como de satélite.
- Usar terminales móviles de bolsillo, con capacidad de roaming mundial y capacidad para acceder a servicios multimedia.



- Maximizar la compatibilidad de las interfaces radio para poder operar en distintos entornos, como son vehículos, personas caminando, oficinas y sistemas de acceso fijo sin hilos (FWA). De esta forma poder utilizar una red común, para prestar servicios que hasta ahora han utilizado infraestructuras específicas.
- Alta velocidad de transmisión de datos, con capacidad para soportar tanto conmutación de circuitos como de paquetes, así como sistemas multimedia. Las capacidades mínimas especificadas son las siguientes:
  - Entorno de vehículos: 144 kbit/s.
  - Entorno pedestre: 384 kbit/s.
  - Entorno en interior de oficinas: 2.048 Mbit/s.
  - Entorno de satélite: 9,6 kbit/s.
- Capacidad de soportar servicios simétricos y asimétricos en todos los entornos de operación.
- Compatibilidad de servicios dentro de IMT- 2000 y con la red fija.
- Favorecer la normalización de un entorno de creación de servicios que pueda ser utilizado por los operadores para definir sus propios servicios.
- Eficiencia espectral, flexibilidad en el uso y reducción de costes, como resultado de la utilización de nuevas tecnologías.

En la familia de IMT 2000 encontramos los siguientes estándares: UMTS FDD y TDD-, cdma2000 y UWC-136. Operan en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz, que incluyen 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la componente de satélite. Con la tercera generación aparecen nuevos terminales, nuevos sistemas operativos, nuevas aplicaciones y nuevas oportunidades de negocio.

Finalmente aparece la cuarta generación, uno de los aspectos más importantes de esta generación es que no trata de desarrollar un nuevo sistema, adicional a los ya existentes, sino más bien buscar soluciones de red que, combinadas con soluciones ya disponibles o disponibles a corto plazo, puedan lograr una red integrada de comunicaciones o lo que se ha venido denominando Convergencia de las tecnologías de comunicaciones existentes.

## 5. CONCLUSIONES

Muchas veces tenemos las cosas a nuestro alcance pero nunca nos preguntamos cómo funcionan. Este artículo permite aclarar muchas de las dudas que una persona común puede tener acerca de las redes de telefonía móvil celular. Proporciona una amplia visión de que elementos intervienen en una llamada telefónica, qué es y cómo se compone una red de telefonía móvil celular, además de un poco de historia de las redes móviles, con el fin de que los lectores conozcan y sea transparente lo que sucede detrás de sus terminales móviles y como fue el proceso para su creación.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Real Academia de la Lengua Española. Diccionario de la Lengua Española. Vigésima segunda Edición. Online. <http://www.rae.es>
- [2] Adell Hernani José Antonio y otros. El acceso de radio celular. Las Comunicaciones Móviles. Las Telecomunicaciones de Nueva Generación. Madrid: Telefónica Móvil, División de Relaciones Corporativas y Comunicación. 2004
- [3] Ferrer David. Redes de Telefonía Móvil. Jornadas de Localret. Barcelona. Diciembre 2004
- [4] Vodafone Comunicaciones. Online. <http://www.vodafone.es/responsabilidad>
- [5] Overview Telefonía Celular GSM/GPRS. Curso Práctico.
- [6] Gavilan Javier. Evolución de los Sistemas Móviles Conceptos Básicos GSM. Introducción al GSM. España: Curso Enero 2000.
- [7] Taller de Criptografía. Online. <http://www.ugr.es/~aquiran/cripto/informes/info026.htm>
- [8] Guerrero Fabio, Vejarano Gustavo Adolfo, Moreno Parra Javier. Introducción A Los Sistemas De Comunicaciones Móviles Modernos. Área de Telecomunicaciones EIEEE Universidad del Valle.
- [9] Kircher Michael. Caso Práctico Red UMTS. España: 2001.
- [10] Comunicaciones Móviles e Inalámbricas en Magazin Gaptel. Red.es. Madrid España Septiembre 2005.