

Teléfonos Celulares:

Funcionamiento, Diagrama en Bloques Problemas Comunes

Los teléfonos celulares se han multiplicado en los últimos tiempos como consecuencia de la gran oferta existente y por los servicios que prestan. Un mismo teléfono puede ser "desbloqueado" para que funcione con el servicio prestado por diferentes compañías y así asignarle un número de usuario determinado. Además, existen diferentes prestaciones referentes a la programación del aparato a las cuales no tienen accesos los usuarios. En esta nota brindaremos detalles de lo mencionado, aclarando que estos conocimientos se dan a los efectos de formar e informar a los técnicos en el funcionamiento y la reparación de los teléfonos celulares.

No nos hacemos responsables del mal uso que se le pueda dar a esta información aclarando que el desbloqueo de un aparato sin la debida autorización está penado por la Ley.



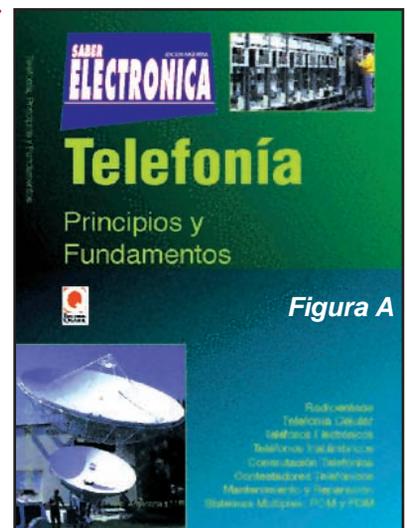
Autor: Ing. Horacio Daniel Vallejo
e-mail: hvquark@ar.inter.net

Telefonía Celular

En la década del 70 comenzó a emplearse el sistema IMTS en los Estados Unidos de Norte América, que permitía la comunicación entre abonados movilizadas a bordo de diferentes automóviles, quienes también podían establecer comunicación entre abonados fijos de la red telefónica convencional (con tendido de cables).

Para una mejor definición ITMS significa "Sistema de Telefonía Móvil Mejorado" y es bastante similar al

sistema de telefonía celular que hoy es ampliamente utilizado tanto en nuestro país como en el resto del mundo. En el libro "Telefonía" (figura A), se expone este tema detalladamente, razón por la cual con la clave: celular191 Ud. puede obtener de nuestra web un capítulo completo de dicho libro que habla sobre Telefonía Celular. También le comentamos que por ser lector de esta edición, si llama en Argentina al teléfono (011) 4301-8804 y menciona la clave que recién hemos dado, puede adquirir este texto con un 30% de descuento.



Cómo Funciona

Damos a continuación algunos términos básicos referentes a la telefonía móvil:

Trunking

Se llama "trunking" a un conjunto de varios canales combinados, que ofrece automáticamente la estación móvil de cualquier canal que esté libre, para que origine o reciba llamadas. Con esta técnica se aprovechó mucho mejor el espectro de frecuencias y así aumentó la eficiencia del tráfico telefónico. El sistema funcionó bien en la década del setenta, tras la construcción de sintetizadores de frecuencia que sintonizaban varias frecuencias al mismo tiempo.

SMC: Sistema Móvil Celular

La solución para todos los problemas presentados en el sistema móvil convencional residen en la creación estructural de las celdas, que contienen transceptores que operan en potencia baja, en que poseen frecuencias distintas y consiguen capturar la señal de un abonado que esté dentro de su radio de acción. Surgió entonces el SMC (Sistema Móvil Celular), en el que son distribuidas celdas que contienen, cada una, un equipo de radio transmisor/receptor denominado EBRF (Estación Base de Radiofrecuencia).

Celdas

Una celda es una área determinada que recibe la cobertura de una EBRF y que mantiene la calidad de transmisión y recepción dentro de los estándares establecidos por el siste-

ma. Para entender mejor el tema, imaginemos que el terreno que rodea la antena de la EBRF es todo plano y que no hay obstáculo alguno, el área abarcada por el transmisor será circular. Sin embargo, en la práctica, no es así, porque tenemos edificios, desniveles, árboles, etc. y la situación se presenta diferente. Aparecen regiones donde la EM (Estación Móvil) no consigue captar la señal proveniente de la EBRF, llamadas Regiones de Sombra.

Como representación gráfica se adoptó el formato de un hexágono y los hexágonos agrupados uno al lado del otro tal como podemos observar en la figura 1.

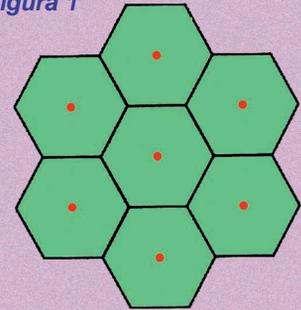
Existen celdas sectorizadas en las cuales, las antenas se montan de tal forma que tengan 3 sectores de actuación, o sea, la torre posee 3 grupos de antenas, cada una cubre 120 grados. De esta forma, un grupo de antenas será responsable por el primer grupo de canales, otro lo será por el segundo y el último por el tercer grupo de canales, queda la EBRF como responsable por 3 sectores. Pero no siempre funciona de esa forma, puede ocurrir que se quiera cubrir solamente una determinada área, ahí se utilizará, por ejemplo, un solo sector. Para cubrir una ciudad, por ejemplo, se aglomeran varias celdas.

Cluster

La cantidad total de los canales que la banda de frecuencias requiere se distribuye entre varias celdas.

A ese aglomerado de celdas se le da el nombre de cluster, que puede

Figura 1



ser de distintos tipos o patrones de reutilización, a saber: $K = 3$, $K = 4$, $K = 7$ (figura 2), etc.

Hand-off

Término usado cuando el canal de voz de una EM es desviado hacia otro canal, mientras dura el movimiento de esa EM, efecto controlado por la CCC. Esto ocurre en el momento en que hay degradación en la señal enviada por la EM a EBRF, en las siguientes situaciones:

1 - Cuando la EM sale de los límites de la celda/sector, o la señal queda debajo de la CCC, como constantemente está midiendo esa señal, conmuta la EM hacia otro canal perteneciente a la nueva celda/sector, con niveles más altos para la comunicación.

2 - Cuando hay degradación en la RSR (Relación Señal/Ruido); o sea: el ruido continuo en el canal de voz es mayor que la señal de referencia emitida.

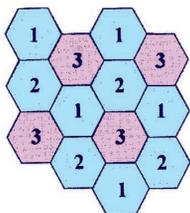
Roaming

Término que significa desplazarse e indica la utilización de una llamada telefónica celular móvil, en una CCC que no es la original del abonado celular móvil.

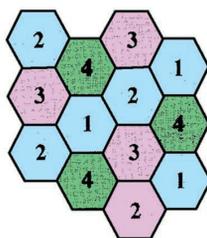
En otras palabras, es cuando un abonado móvil utiliza una CCC que no es la propia, en la que está debidamente registrado para efectuar y para recibir una llamada telefónica.

Es como si el abonado alquila-

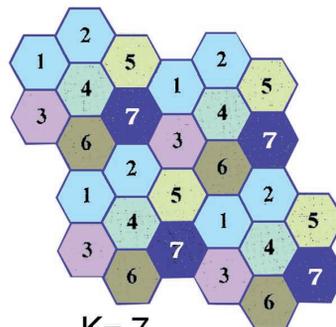
Figura 2



$K = 3$



$K = 4$



$K = 7$

El Sistema Celular

ra un canal de la CCC visitada y se lo llama "visitante". La CCC visitada recibirá el anuncio de llegada del visitante a través del roaming automático; es decir: el aparato celular manda una señal hacia la CCC de alquiler y ésta le devuelve, a través del canal de control, la identificación del área visitada y en el display del ROAM aparece el mensaje. Ya reconocido el visitante, al solicitar o recibir una llamada, la CCC visitada entra en contacto con la CCC de registro del abonado y obtiene su archivo de abonado, que contiene informaciones personales, como ESN (Electronic Serial Number), el número de serie del aparato celular, que fue grabado por el fabricante, la categoría del abonado, etc. Ese reconocimiento se hace con el número telefónico del visitante, y las dos CCC son conectadas mediante un canal apropiado para el intercambio de informaciones.

El Sistema Móvil Celular

Un sistema móvil celular (SMC) básicamente está formado por 3 partes:

- 1) Estación Base de Radiofrecuencia (EBRF),
- 2) Central de Conmutación y Control (CCC) y
- 3) Estación Móvil (EM)

La EBRF es una interfaz entre la CCC y las EMs; sus funciones básicas son:

- Para datos: convierte la señalización propietaria que la une a CCC en el protocolo AMPS entre EBRF y EMs.

- Para voz: convierte las señales digitalizadas de voz que transitan en los enlaces entre CCC y EBRF, en señales analógicas para la transmisión FM entre EBRF y EMs.

- Para supervisión de canal de radio: *monitorea los canales de voz en conversación para comparar la intensidad RF de la señal y la RSR de la señal de voz, que indica a la CCC cuando los valores medidos están fuera de las especificaciones, para que ésta aplique los procedimientos de Handoff.*

En la figura 3 se puede observar un diagrama en bloques de los principales componentes de una red de telefonía celular.

* **El Mobile Switching Center (MSC)** Es quien realiza las funciones telefónicas en la red. Controla las llamadas de y hacia otros sistemas telefónicos y de datos tales como la red de telefonía fija (PSTN), la red de servicio integrados (ISDN). Es quien coordina la comunicación entre los Media Gateways.

Cuando se intenta establecer una llamada hacia un teléfono celular, un MSC actúa como GATEWAY-MSC. El GATEWAY-MSC

* **El Radio Network Controller (RNC)** Maneja todas las funciones

relacionadas con las ondas de radio del sistema, es quien asigna los canales de radio y quien se encarga de que la llamada siga establecida aunque el teléfono se cambie de celda.

* **El Base Transceiver Station (BTS)** Es la Interface de radio, aquí residen las antenas de comunicación. El rango de cobertura de las antenas es comúnmente llamado celda. En un BTS generalmente se montan 3 celdas.

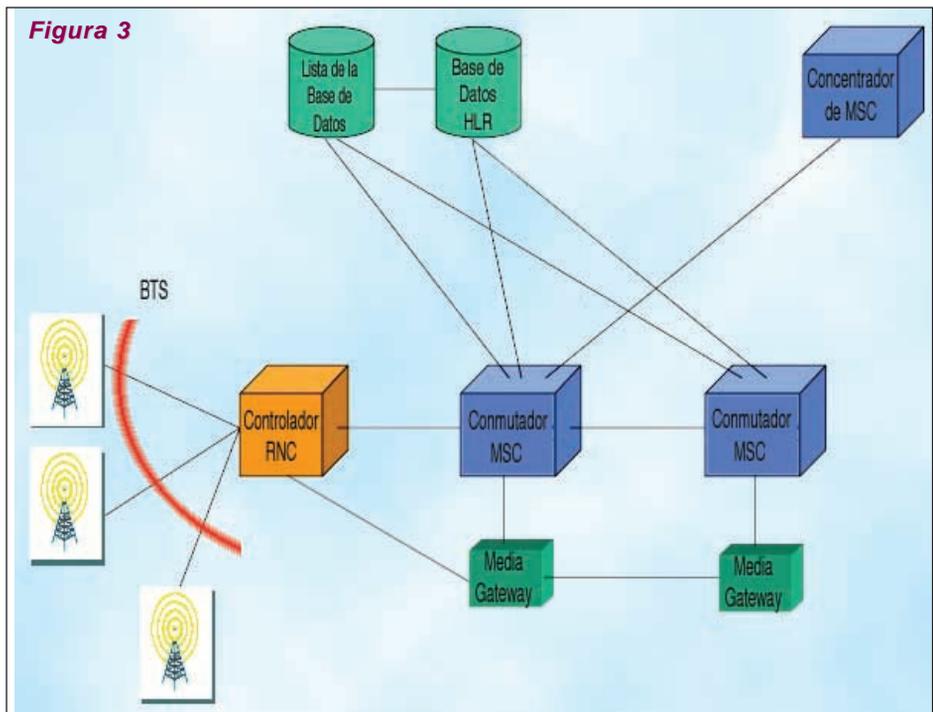
* **El Home Location Register (HLR)** Es una base de datos centralizada donde se almacenan y se manejan las subscripciones de los teléfonos de la red. Aquí se almacena la información referente al suscriptor hasta que su suscripción es cancelada. Dentro de los datos almacenados aquí se encuentran:

La identidad del suscriptor.

La Última localización del suscriptor.

Los servicios a los cuales tiene acceso.

* **El Media Gateway** Es quien administra y conecta los recursos para



Cómo se Hace una Llamada

medios de comunicación. existen Media Gateway para Voz, Datos y Video. Las conexiones son requeridas y liberadas por el MSC.

Cómo Sabe la Red la Ubicación de un Móvil

Las celdas siempre transmiten la identificación de cada teléfono (figura 4) de manera tal que en la medida que el teléfono se mueve, éste es identificado por la celda que corresponde a la zona de ubicación (figura 5).

La identificación del teléfono por



Figura 4



Figura 5

una celda se hace a través de un controlador de Radio Enlace (RMC) y por el correspondiente Switch (MSC) (figura 6).

Dicho de otra manera, cuando el

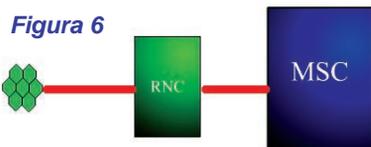


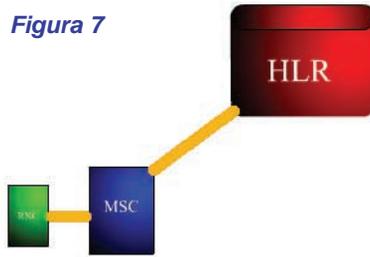
Figura 6

teléfono entra en zona de cobertura de una celda, se piden los datos del suscriptor a la base de datos HLR a

través de un RMC y de un MSC (figura 7).

Cuando la base de datos recono-

Figura 7

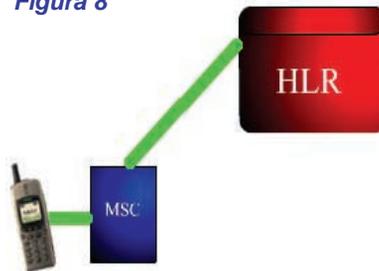


ce la identificación del móvil, de inmediato le da de baja a la última ubicación que tenía en memoria y fija los datos de la nueva ubicación. Luego, el HLR manda al swicht MSC los datos del abonado (servicios contratados, tipos de controladores, crédito disponible, etc.) de manera tal que ahora el teléfono está en condiciones de realizar llamadas desde una nueva ubicación (bajo el control de una nueva celda).

Establecimiento de una Llamada

Cuando se recibe una solicitud de llamada a un móvil, los datos se envían a un swicht "concentrador" llamado Gateway MSC. Este concentrador va buscar a la base de datos (HLR) toda la información del teléfono al que se está llamando (figura 8) para saber la posición del celular buscado. Como el HLR tiene infor-

Figura 8

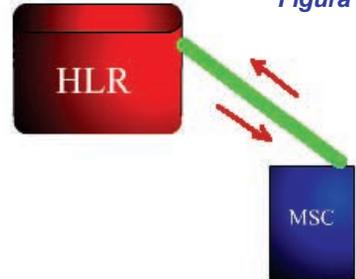


mación de todos los celulares, le pide a otro swicht (MSC) que proporcione un enrutamiento temporal para esta-

blecer la comunicación en base a los datos almacenados (sobre la posición tanto del móvil, que llama como del teléfono buscado, figura 9).

De esta manera se encuentra al

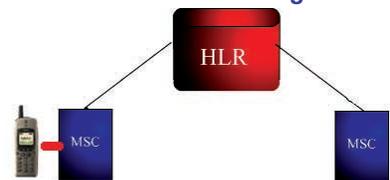
Figura 9



MSC que tiene el enlace del teléfono buscado y, por medio del HLR se establece una comunicación entre el MSC que pide la comunicación y el MSC del teléfono al que se está llamando. (figura 10).

Tenga en cuenta que aquí han in-

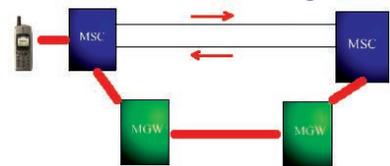
Figura 10



tervenido dos tipos de MSC, por un lado el Gateway MSC que es el que tiene los datos de los teléfonos y por otro lado un Media Gateway que es el que dice qué tipo de enrutamiento se realiza, es decir, si es un canal de datos, de voz, de video, etc. (figura 11).

Es decir que, una vez que se en-

Figura 11



contraron todos los datos de los dos teléfonos, el Gateway MSC selecciona un Media Gateway específico (de

Cómo se Hace una Llamada

voz, datos o video) y enruta la llamada mediante un enlace temporal.

Al recibir la llamada, el MSC envía al celular llamado la señal de alerta para que sepa que es requerida una comunicación (figura 12) por medio de un RNC.

Una vez que el celular responde,

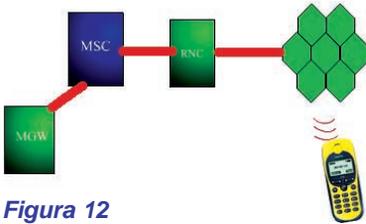


Figura 12

se establece la comunicación a través de un canal de radio (figura 13)

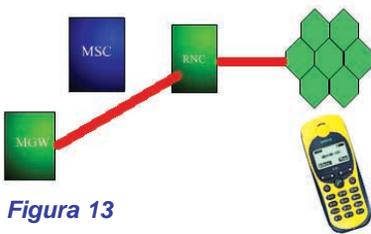


Figura 13

Teléfonos Celulares

Nota de Redacción: Tanto en Internet como en el CD N° 6 de la enciclopedia: "Teoría, Servicio y Montajes" Ud. puede encontrar información adicional sobre el funcionamiento de la telefonía celular como de otros aspectos que hacen a las comunicaciones telefónicas. Si desea obtener gratuitamente esta información desde Internet, debe dirigirse a nuestra web: www.webelectronica.com.ar, luego debe hacer click en el ícono password e ingresar la clave: **telef24**.

Aclaramos que la presente información sobre teléfonos celulares se ha realizado en base a bibliografía escrita por Juan Francisco Zabala Chávez (zabala52@infosel.com, del original: <http://eya.swin.net>).

Poder hablar mientras se viaja siempre ha sido un lujo codiciado pa-

ra muchos usuarios, la comunicación portátil ofrecía conveniencia y eficiencia.

La comunicación móvil ha existido por espacio de 60 años en la forma de tecnología de radio, finalmente se ideó un equipo de radiotelefonía que permitirá enlazarse en forma directa mediante radio con la RTPC desde radiotéfonos que se encontraban en automóviles.

La tecnología de radiotelefonía estaba limitada por dos factores muy importantes:

En primer lugar solo hay un número limitado de canales en la RF (gama de frecuencias), la banda normal de telefonía podía dar servicio hasta 2000 canales.

En segundo lugar la radiotelefonía era un servicio centralizado, uno se suscribía a un servicio local y sólo se recibía servicio de ese proveedor, el alcance estaba limitado por las instalaciones del radioproveedor.

La compañía estadounidense de telefonía y telegrafía (AT&T) fue la primera que se dedicó al rediseño de la telefonía móvil desarrollando el servicio avanzado de telefonía móvil (o AMPS) hoy conocido simplemente como sistema celular.

Estructura Celular

En vez de establecer una sola trayectoria de comunicación de alta potencia entre dos puntos, el sistema celular divide una región geográfica en áreas relativamente pequeñas (celdas).

Cada celda cuenta con una estación que está equipada con un sistema de radio de baja potencia y equipo controlado por computadora para enlazar cada celda con una oficina móvil de conmutación telefónica (OMCT) centralizada.

Los usuarios finales no se comunican directamente con la OMCT sino con su estación de celda más cercana, posteriormente cada estación de celda se comunica con la OMCT regional. De esta manera se puede crear una red de muchas estaciones de radio independientes en un área muy grande.

Funcionamiento del Teléfono Celular

Los teléfonos celulares pueden descomponerse en tres módulos bien definidos como se muestra en la figura 14, que son: el módulo de radio (RF = radio frecuencia), el módulo de audio (AF audiofrecuencias) y el módulo lógico de control (CPU).

Módulo de RF

El módulo de RF tiene a su cargo todas las señales que entran o salen del teléfono celular, como se muestra en la figura 15.

El circuito receptor de RF filtra y demodula las señales recibidas. La salida del módulo de RF se aplica al módulo de AF. A diferencia de los radiorreceptores tradicionales en los

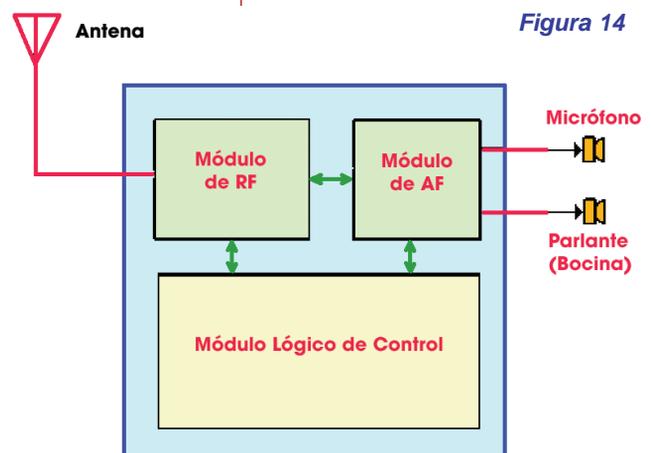
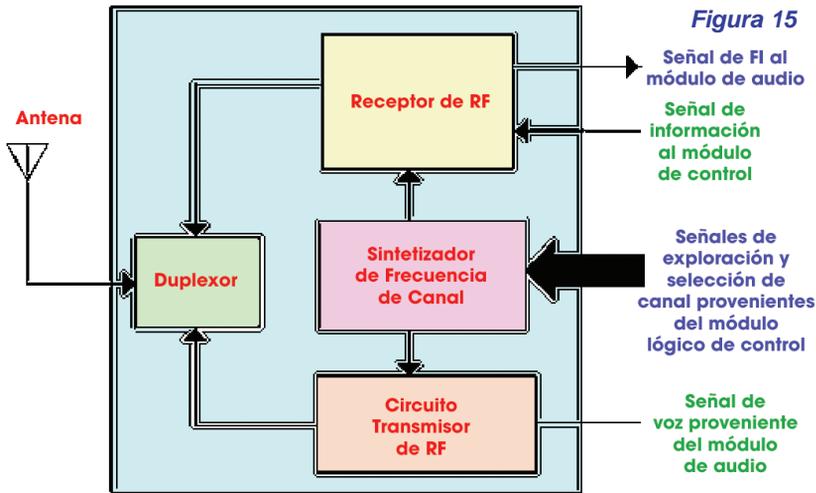


Figura 14

Diagrama en Bloques



que se usa sintonización manual para definir el canal deseado, el teléfono celular usa un circuito sintetizador de frecuencia de precisión que puede ajustarse a cualquiera de los 666 canales celulares asignados. El canal seleccionado en un momento dado está determinado por el módulo lógico de control. Conforme su teléfono celular se mueve de una celda a otra, las frecuencias de transmisión y recepción se cambian tomando en cuenta los canales disponibles de la nueva celda. Las instrucciones que indican qué frecuencias cambiar son recibidas como señales de información y son procesadas por un módem en el módulo lógico de control del teléfono celular.

Las señales de voz provienen del módulo de AF y las señales de información provenientes de la unidad lógica de control se envían al circuito transmisor de RF que las coloca sobre la portadora de RF apropiada, las filtra, las amplifica y las aplica a la antena. La frecuencia portadora de RF está determinada por la celda par-

ticular en que se encuentre.

El circuito sintetizador de frecuencia de canal por lo general consta de un oscilador de base que trabaja conjuntamente con un sintetizador de frecuencia de recepción y un oscilador de frecuencia de transmisión. El sintetizador de frecuencia de recepción recibe una señal digital de control de módulo lógico de control y produce un voltaje proporcional a la frecuencia deseada. Un oscilador controlado por voltaje, o Vco, convierte el voltaje proporcional en la señal del oscilador. El circuito de portadora de transmisión es similar. Las señales digitales de control del módulo lógico de control establecen un voltaje que es proporcional a la frecuencia deseada. El voltaje proporcional excita a un Vco que produce la frecuencia del oscilador.

Módulo de AF

El módulo de AF es responsable de la conversión de las señales de FI (frecuencia intermedia) provenientes del módulo de RF en señales de voz que se puedan oír en el receptor del teléfono celular, como se muestra en la figura 16.

Generalmente se incluye un segundo elemento receptor para producir señales de advertencia, tales como las señales de llamada. Los tonos de DTMF y la voz provenientes de un micrófono se filtran, se mezclan y se aplican al módulo de RF para ser modulados, junto con las señales de control provenientes de un módem en el módulo lógico de control.

Una porción de la voz transmitida regresa al receptor como tono local. Las funciones de transmisión y recepción de AF están bajo control directo del módulo lógico de control.

Módulo lógico de control

Como puede verse en el diagrama a bloques de la figura 17, el módulo lógico de control es base de un teléfono celular.

El módulo lógico de control tiene una estructura similar a la de una computadora personal. La CPU principal controla el teléfono celular con base en un conjunto de instrucciones permanentes (su programa) grabadas en una memoria permanente (ROM). Se incluye una memoria temporal (RAM) que almacena variables tales como el canal de uso, el valor

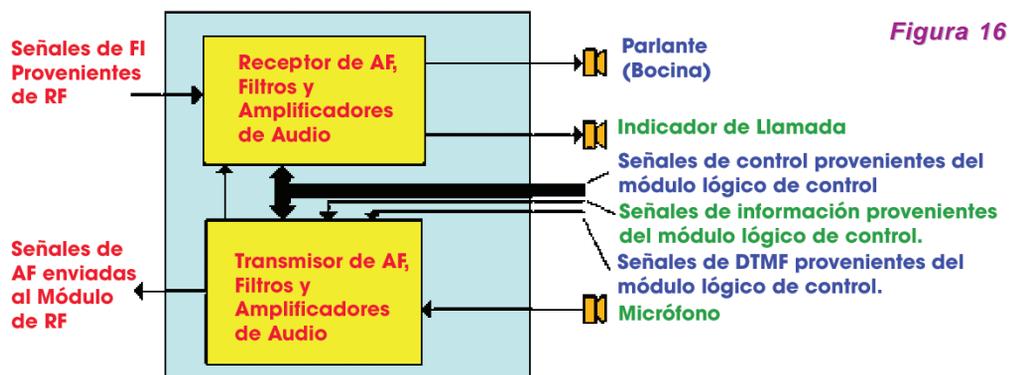


Diagrama en Bloques

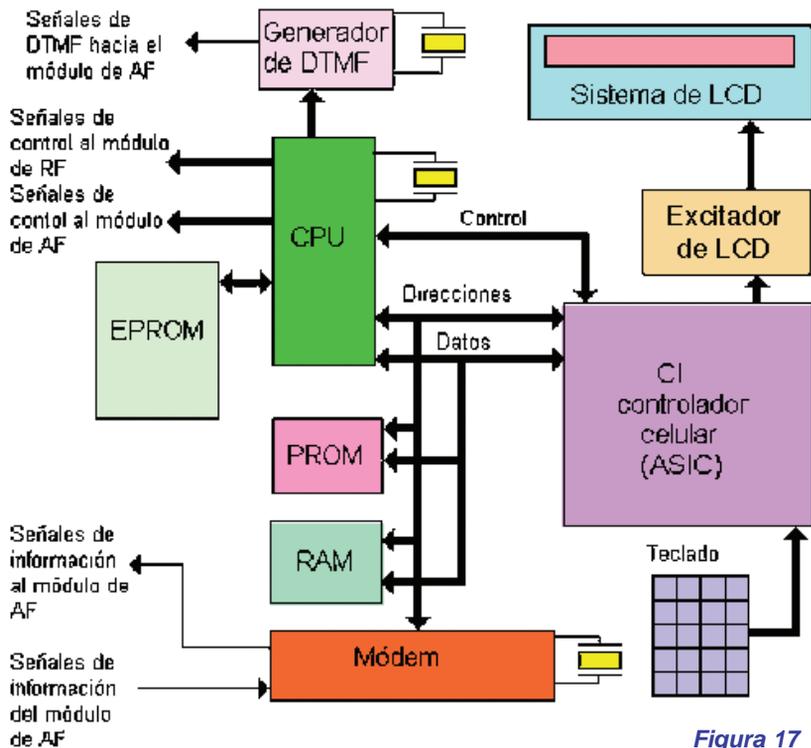


Figura 17

seleccionado de potencia del transmisor, etc, así como los resultados de cualquier comparación lógica u operación matemática requeridos cuando el programa del teléfono no esté corriendo.

Se usa una memoria borrable (EPROM) para almacenar información que es exclusiva de cada teléfono, tal como el número asignado al teléfono celular. A este tipo de memoria algunas veces se le denomina MAN, o módulo de asignación de número. La CPU tiene el control directo de los módulos AF y de RF, así como el generador de DTMF.

Puesto que un teléfono celular es una parte activa de la red celular, debe estar en contacto constante con la red. Además de las señales de voz y de DTMF, el teléfono celular debe transmitir y recibir información de la estación de celda en uso. Un CI de módem se usa para añadir información a la señal transmitida e interpretar las órdenes e información provenientes de la red celular.

La CPU también se hace cargo del funcionamiento del CI del contro-

lador celular. El controlador celular generalmente es un ASIC sofisticado que es responsable de interconexión con el sistema de presentación visual y de teclado del teléfono celular. El controlador celular realiza los ajustes de los sintetizadores de frecuencia de transmisión y recepción en el módulo de RF.