



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

“AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA TELEFONÍA CELULAR”

**MONOGRAFÍA QUE PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES PRESENTA:**

GERARDO LEÓN JUÁREZ

ASESOR: ING. OMAR SAMPERIO VÁSQUEZ

PACHUCA DE SOTO HIDALGO

2007

AGRADECIMIENTOS

A dios por llenarme de bendiciones y darme la dicha de tener una familia maravillosa.

A mi madre Gregoria Juárez Reyes y a mi padre Abel León Estrada, por llenarme de amor, cariño y su apoyo incondicional, por enseñarme el camino de la rectitud y los buenos valores, y sobre todo por ser los principales autores de este sueño por todo esto y más mi eterno agradecimiento.

A mi hermano Eduardo León Juárez por que sin saberlo fue un aliciente que siempre me impulsó a concluir mi licenciatura.

A mi hermana Rosalva León Juárez y su esposo el Ing. Manuel Julián Maraño por que en los momentos que he necesitado su apoyo han estado ahí para brindármelo sin condiciones.

A mis sobrinos Jesús Manuel Julián León y Maria Fernanda Julián León por que con la inocencia característica de los niños han llenado mi vida de momentos de alegría y diversión.

A Lulú, Osvaldo, Luís Rey, Sonia, Ana, Jorge, Luís Antonio, Mayra, Alejandra, Alicia, Ing. Alejandra rivera, Sofía, Jahen que me han enseñado que el lazo más fuerte que une a las personas es la amistad.

A mi asesor el Ing. Omar Samperio Vásquez por su colaboración para la realización del presente trabajo.

A mis sinodales que han utilizado parte de su tiempo para revisar y enriquecer este trabajo.

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| OBJETIVOS | 1 |
| Objetivo general. | 1 |
| Objetivos específicos. | 1 |
| | |
| CAPÍTULO 1 TELEFONÍA. | 2 |
| 1.1 Introducción. | 2 |
| 1.2 Historia del teléfono. | 3 |
| 1.3 Principio de funcionamiento del teléfono. | 6 |
| 1.4 Red telefónica. | 9 |
| | |
| CAPÍTULO 2 TELEFONÍA INALÁMBRICA. | 14 |
| | |
| 2.1 ¿Qué es el sistema inalámbrico? | 14 |
| 2.1.1 Características más relevantes de un sistema inalámbrico. | 15 |
| 2.2 Radio celular. | 18 |
| 2.3 Historia de la telefonía celular. | 22 |
| 2.4 Como funciona un teléfono celular. | 26 |
| 2.5 Procesamiento de la llamada. | 34 |
| 2.6 Distribución de la frecuencia. | 36 |
| | |
| CAPÍTULO 3 MÉTODOS DE ACCESO CELULAR. | 38 |
| 3.1 Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). | 38 |
| 3.2 Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). | 40 |
| 3.3 Acceso múltiple por división de código (CDMA). | 44 |
| 3.3.1 Acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA). | 49 |
| 3.4 Acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA). | 52 |
| | |
| CAPÍTULO 4 GENERACIONES DE TELEFONÍA CELULAR. | 55 |
| 4.1 Primera generación. | 55 |
| 4.1.1 Sistema de telefonía móvil avanzada (AMPS). | 59 |
| 4.2 Segunda generación. | 63 |
| 4.2.1 Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM). | 66 |
| 4.3 Generación 2.5G. | 80 |
| 4.3.1 Servicio general de paquetes de radio (GPRS). | 81 |
| 4.4 Tercera generación. | 88 |
| 4.4.1 Sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS). | 94 |
| | |
| CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES. | 100 |
| | |
| GLOSARIO. | 103 |
| | |
| ACRÓNIMOS. | 106 |
| | |
| CITAS. | 107 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA. | 108 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---------|----|
| Tabla 1 | 56 |
| Tabla 2 | 93 |
| Tabla 3 | 93 |

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

Mostrar la evolución de la telefonía celular, y las necesidades que propiciaron el surgimiento de la telefónica celular, dar un panorama general de su funcionamiento y las aplicaciones que ofrece al los usuarios de teléfonos celulares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer el por que del nacimiento de a telefonía celular.
- Describir el funcionamiento de los sistemas de telefonía celular
- Describir como a evolucionado la telefonía celular
- Analizar los servicios que ofrece a los usuarios.

CAPÍTULO TELEFONÍA.

1.1 INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy, el teléfono se ha convertido prácticamente en un instrumento indispensable para nuestras vidas. Realizamos parte de nuestras compras por teléfono, consultamos a un médico, obtenemos información, programamos reuniones, etc. todo por teléfono. A pesar de desconocer el porque de su funcionamiento, sin darnos cuenta, hemos llegado a considerar que el teléfono forma parte de nuestro entorno o quizás de nosotros mismos, telefonar significa hablar con alguien.

En 1878, dos años después de la invención del teléfono, Alexander Graham Bell estableció en una carta dirigida a un grupo de capitalistas londinense en la cual se describía el sistema telefónico por conmutación y añadía “Creo que en el futuro los cables unirán las centrales principales de la compañía telefónica de diferentes ciudades, de modo que un hombre en cualquier lugar del país podrá comunicarse mediante la palabra hablada con cualquier otra parte” [1]

Los primeros teléfonos transmitían una señal a la vez con un solo conductor de retorno por tierra (la tierra hacía de segundo conductor), hoy en día, miles de conversaciones se transmiten simultáneamente a través de fibras ópticas.

La consecución de un servicio telefónico universal es un reto tecnológico único, a aquellos que lo han hecho posible han intentado toda clase de nuevas tecnologías, es un sistema estable y fiable, un sistema lo suficientemente estandarizado y automatizado como para que un abonado pulsando botones, pueda hacer sonar un teléfono en tierra lejanas y establecer así una conversación.

Las tecnologías inalámbricas han tenido mucho auge y desarrollo en estos últimos años. Una de las que ha tenido un gran desarrollo es la telefonía celular. En las comunicaciones móviles, en las que emisor o receptor están en movimiento, la movilidad de los extremos de la comunicación excluye casi por completo la utilización de cables para alcanzar dichos extremos. Por tanto utiliza básicamente la comunicación vía radio. Esta se convierte en una de las mayores ventajas de la comunicación vía radio: la movilidad de los extremos de la conexión. Otras bondades de las redes inalámbricas son el ancho de banda que proporcionan. Desde sus inicios a finales de los 70's ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios; las hace sentir más seguras y las hace más productivas.

A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para la voz, la tecnología celular de hoy es capaz de brindar otro tipo de servicios, como datos, audio y video con algunas limitaciones. Sin embargo, la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho de banda

1.2 HISTORIA DEL TELÉFONO

Si se considera que la función de la telefonía es hacer audible el sonido, ante todo la palabra hablada a largas distancias, se debe recordar como uno de los pioneros a Robert Hook, quien ya en 1667 describía cómo un hilo muy tenso podía transmitir sonido por distancias bastante largas. Los intentos fueron muchos, pero sería el progreso del electromagnetismo durante el siglo XIX el que asentaría las bases para el uso práctico de la telefonía. A principios de 1800, investigadores de muchos países estudiaban los fenómenos eléctricos y magnéticos. El danés Hans Christian Órsted descubrió el 21 de julio de 1820 que una corriente eléctrica podía influir sobre una aguja magnética y, en una carta, dio a conocer su sensacional descubrimiento a los científicos

y académicos de todo el mundo: existía una relación entre la corriente eléctrica y la potencia. Había nacido el electromagnetismo ^[2]. A finales de la década de 1830 se había logrado un nivel técnico aceptable para el nuevo sistema de telecomunicación, que se llamó genéricamente Telégrafo Morse en homenaje a quien creó en 1838 el alfabeto telegráfico: el norteamericano Samuel P.B. Morse.

En 1854 el inventor francés Charles Bourseul planteó la posibilidad de utilizar las vibraciones causadas por la voz sobre un disco flexible o diafragma con el fin de activar y desactivar un circuito eléctrico y producir unas vibraciones similares en un diafragma situado en un lugar remoto que reproduciría el sonido original. Algunos años más tarde, el físico alemán Johann Philip Reis inventó un instrumento que transmitía notas musicales pero no era capaz de reproducir la voz humana. El sistema de Reis se basaba en la conjunción de membranas, electrodos y una corriente alterna ^[3].

En 1877, tras haber descubierto que para transmitir la voz sólo se podía utilizar corriente continua, el inventor norteamericano Alexander Graham Bell construyó el primer teléfono capaz de transmitir y recibir voz humana con toda su calidad y su timbre ^[4]. El conjunto básico del invento de Bell estaba formado por un emisor, un receptor y un único cable de conexión. El emisor y el receptor eran idénticos y contenían un diafragma metálico flexible y un imán con forma de herradura dentro de una bobina. Las ondas sonoras que incidían sobre el diafragma lo hacían vibrar dentro del campo del imán. Esta vibración inducía una corriente eléctrica en la bobina que variaba según las vibraciones del diafragma. La corriente viajaba por el cable hasta el receptor, donde generaba fluctuaciones de la intensidad del campo magnético de éste, haciendo que su diafragma vibrase y reprodujese el sonido original.

En los receptores de los teléfonos modernos, el imán es plano como una moneda y el campo magnético que actúa sobre el diafragma de hierro es de mayor intensidad y homogeneidad. Los transmisores modernos llevan un diafragma muy fino montado debajo de una rejilla perforada. En el centro del diafragma hay un pequeño receptáculo relleno de gránulos de carbono. Las ondas sonoras que atraviesan la rejilla provocan un vaivén del receptáculo. En el movimiento descendente los gránulos quedan compactados y producen un aumento de la corriente que circula por el transmisor.

El 9 de julio de 1877 Graham Bell fundaba la Bell Telephone Company, ese mismo año la Western Union Telegraph Company creaba su propia compañía de teléfonos, encargando a Edison el desarrollo de un modelo alternativo al de Bell. El receptor de Edison amplificaba considerablemente respecto del modelo de Bell la recepción y difusión de la voz. En 1879 la patente de Bell fue reconocida por los tribunales de justicia como la única válida, quedando la Bell Telephone Company como la empresa autorizada a explotar dicha innovación tecnológica

[5]

En la figura 1.2.1 se presenta la evolución de los equipos telefónicos.

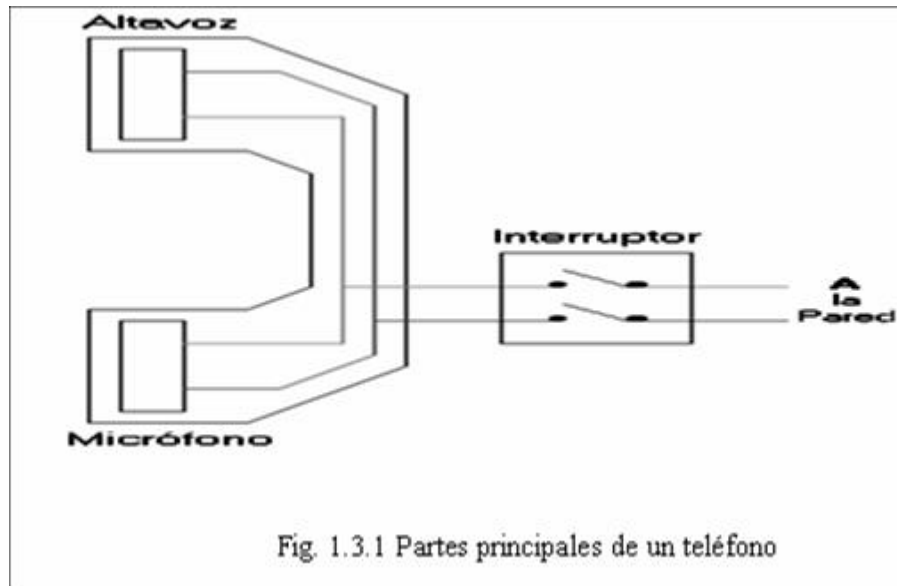


Fig. 1.2.1 Evolución de los equipos telefónicos

1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TELÉFONO.

Definitivamente, el teléfono que usted posee es uno de los aparatos más sorprendentes jamás creados. Si usted desea hablar con alguien, todo lo que tiene que hacer es levantar el teléfono y marcar unos cuantos dígitos. Instantáneamente, se contacta a esa persona y tienen una conversación. La red telefónica se extiende mundialmente, así que prácticamente usted puede ubicar a cualquier persona en el planeta. Cuando usted hace una comparación con hace muchos años, cuando pudo tomar semanas hacer llegar un mensaje escrito a alguien, se da cuenta de cuán maravilloso es este invento.

Sorpresivamente, un teléfono es uno de los aparatos más simples que usted tiene en su casa. Es tan simple debido a que el tipo de conexión no ha cambiado mucho a pesar de los años. Si usted tiene un teléfono viejo, puede conectarlo y funcionará. El teléfono más simple tendrá más o menos esta apariencia que se muestra en la figura 1.3.1.



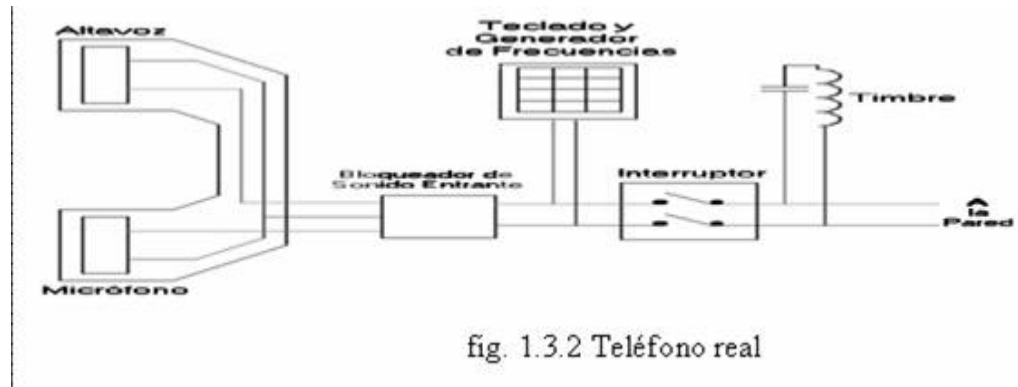
Como puede observar en la fig. 1.3.1, tiene tres partes principales y estas son:

Un Interruptor para conectar y desconectar al teléfono de la red. Se activa cuando usted "levanta el teléfono".

- Un Altavoz
- Un Micrófono.

El único problema con el teléfono anterior es que usted oirá su voz por el Altavoz. La mayoría de gente encuentra esto molesto, así que cualquier teléfono "de verdad" posee un aparato para bloquear el sonido entrante (su voz). Un teléfono también incluye un timbre y un teclado

generador de frecuencias de sonido para poder marcar los números (telefónicos). Un teléfono "De verdad", sería algo como se muestra en la fig. 1.3.2.



Si pudiera regresar a los días de los interruptores manuales, podría entender mejor cómo funciona el gran sistema telefónico. En esos días, existía un par de cables de cobre que iban de cada casa a una central en el medio de la ciudad. El operador de interruptores se sentaba frente a un tablero con una conexión para cada par de cables que entraban a la central. Cada interruptor tenía encima una pequeña luz. Una gran batería proporcionaba corriente por medio de una resistencia para cada par de cables, cuando alguien contestaba el teléfono, el interruptor completaría el circuito y dejaría que la corriente fluyera por los cables entre la casa y la central, esto haría que se encendiera la luz encima de la conexión para esa persona en el tablero, el operador entonces conectaría su teléfono (el del operador) con el de la persona que llama y le pregunta con quien desea hablar. El operador envía una señal de timbre hacia el receptor y se esperaría a que la otra persona contestara. Una vez que el receptor conteste, el operador conecta a las dos personas.

En un sistema telefónico moderno, el operador ha sido reemplazado por un interruptor electrónico. Cuando se levanta el teléfono, el interruptor "se da cuenta" de la completación de un circuito y ejecuta un tono de marcado para saber que es posible llamar. El sonido del tono de marcado es simplemente una combinación de un tono de 350 y 440 Hertz ^[6].

Es cuando usted marca un número utilizando el teclado numérico. Los diferentes sonidos de marcación están constituidos por pares de otros tonos, tal como se muestra en la figura 1.3.3.

| | | | |
|--------|---------|---------|---------|
| | 1209 Hz | 1336 Hz | 1477 Hz |
| 697 Hz | 1 | 2 | 3 |
| 770 Hz | 4 | 5 | 6 |
| 852 Hz | 7 | 8 | 9 |
| 941 Hz | * | 0 | # |

Fig. 1.3.3 Tonos de marcación

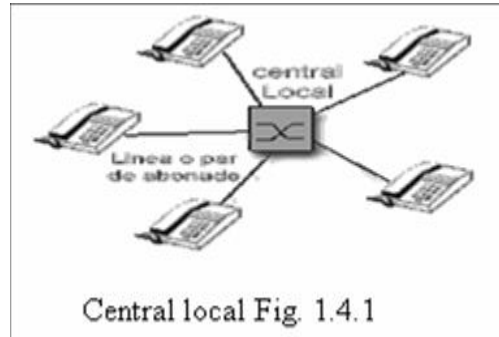
Si el número está ocupado, se escucha una señal de ocupado de 480 y 620 Hertz, con un ciclo de 1/2 de segundo de duración y 1/2 de segundo entre uno y otro.

1.4 RED TELEFÓNICA

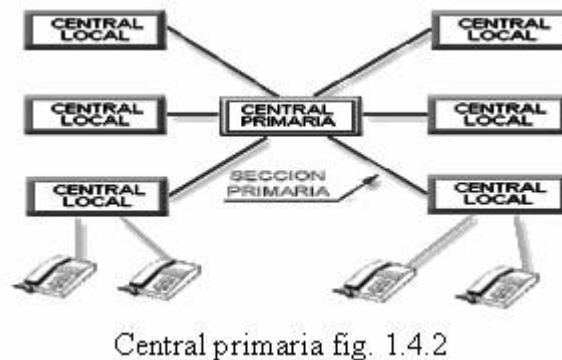
La Red telefónica comienza en su casa. Un par de cables de cobre provenientes de una pequeña caja de un poste a otra pequeña caja en su casa, la red telefónica es la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene. Permite establecer una llamada entre dos usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática, prácticamente instantánea. Este es el ejemplo más importante de una red con conmutación de circuitos.

Existe una jerarquía entre las diferentes centrales que le permite a cada una de ellas enrutar las llamadas de acuerdo con los tráficos que se presenten. La central telefónica aparece, pues, como el punto donde se reúnen las conexiones de todos los aparatos telefónicos de una

determinada área, que se denomina "área local" ó "área de central". La central que efectúa únicamente la misión de conectar abonados entre sí se denomina central local Ver Fig. 1.4.1

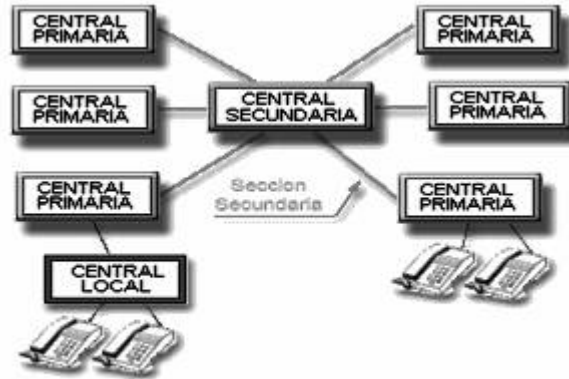


Si las centrales locales no estuvieran conectadas entre sí, solamente podrían comunicarse telefónicamente aquellos abonados pertenecientes a la misma área local. Es necesario conectar entre si las centrales locales, es necesaria la existencia de una central de rango superior a la local, que conecte entre si las centrales locales esta central se denomina central primaria, función primordial de estas centrales es conectar entre si las centrales locales, ver Fig. 1.4.2



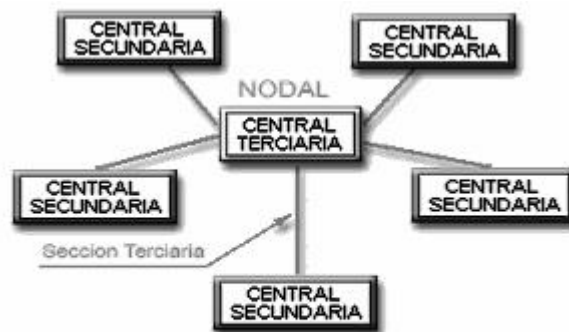
Como los abonados de distintas áreas primarias han de tener también la posibilidad de comunicarse, deben interconectarse entre sí las centrales primarias. Por tanto, es necesaria la existencia de una central de mayor categoría, que conecte entre sí las centrales primarias. Esta

central se denomina central secundaria, la función de la central secundaria es la de conectar centrales primarias entre sí, cursando llamadas de tránsito, Fig. .1.4.3



Central secundaria fig. 1.4.3

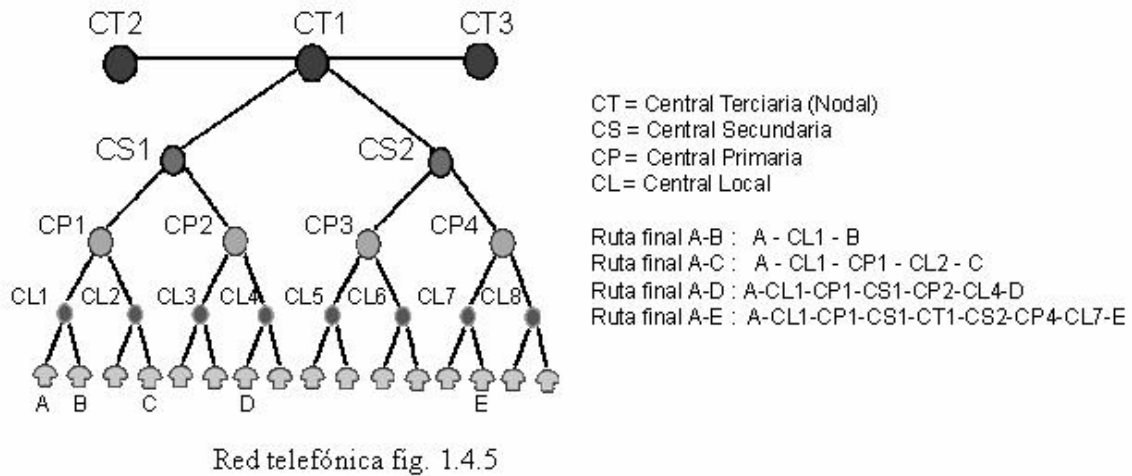
Para comunicar entre sí los abonados de distintas áreas secundarias, de nuevo hay que recurrir a una central de rango superior, Dicha central es la TERCIARIA o NODAL (puesto que constituye un nodo de la red telefónica), Fig. 1.4.4



Central terciaria o nodal fig. 1.4.4

Podemos definir la red jerárquica como el conjunto de estaciones de abonado y centrales automáticas unidas entre sí, de manera que cada una de ellas depende de una y de sólo una de

categoría inmediatamente superior, estando las centrales de máxima categoría (nodales o terciarias), unidas todas entre sí, Fig. 1.4.5



Cada central realiza las siguientes funciones básicas:

1. Cuando un abonado levanta el auricular de su aparato telefónico, la central lo identifica y le envía una "invitación a marcar".
2. La central espera a recibir el número seleccionado, para a su vez, escoger una ruta del usuario fuente al destino.
3. Si la línea de abonado del usuario destino está ocupada, la central lo detecta y le envía al usuario fuente una señal ("tono de ocupado").

4. Si la línea del usuario destino no está ocupada, la central a la cual está conectado genera una señal para indicarle al destino la presencia de una llamada.
5. Al contestar la llamada el usuario destino, se suspende la generación de dichas señales.
6. Al concluir la conversación, las centrales deben desconectar la llamada y poner los canales a la disposición de otro usuario, a partir de ese momento.
7. Al concluir la llamada se debe contabilizar su costo para su facturación, para ser cobrado al usuario que la inició.

Las centrales modernas: están basadas en sistemas totalmente digitales, lo cual contribuye a que se puedan ofrecer al usuario servicios tan sencillos como conferencias de voz, transmisión de datos y videoconferencias; y tan rudimentarios como dar de alta la línea de un nuevo usuario, indicar el número que llama, transferir llamadas a otro número telefónico, etc. La clave para explotar el potencial de la infraestructura digital está, por una parte, en el hardware, y por la otra en el software, cada día de mayor importancia. Entre los servicios nuevos, que gracias a la digitalización de las centrales han podido ofrecerse al público, se encuentran las llamadas de larga distancia sin costo para el que las inicia (en México LADA 800), las llamadas con abono al que las recibe y diversos tipos de señalización como la presencia de un tono que avisa a los interlocutores la llegada de otra llamada durante su conversación^[7].

CAPÍTULO 2 TELEFONÍA INALÁMBRICA

2.1 ¿QUÉ ES UN SISTEMA INALÁMBRICO?

Si nos remontamos en la historia, encontramos que las comunicaciones inalámbricas comenzaron con:

- La postulación de las ondas electromagnéticas por James Cleck Maxwell durante el año de 1860 en Inglaterra.
- La demostración de la existencia de estas ondas por Heinrich Rudolf Hertz en 1880 en Inglaterra.
- La invención del telégrafo inalámbrico por Guglielmo Marconi.

Durante 1890 eminentes científicos como Jagdish Chandra Bose de India, Oliver Lodge en Inglaterra y Augusto Righi de la Universidad de Bologna, se encargaron del estudio de los fundamentos naturales de las ondas electromagnéticas. En 1896 la primera patente de comunicaciones inalámbricas fue concedida a Guglielmo Marconi en el Reino Unido. En 1980 comienza la era celular. Diferentes desarrollos y nuevas tecnologías tomaron lugar durante los años de 1990 al 2000 ^[8].

Un sistema Inalámbrico es una nueva tecnología que permite conectar computadoras a distancia. Funciona con tarjetas inalámbricas con un TX/RX interno a 2.4 GHz mientras que la interfaz de software es del tipo ethernet, con una dirección física diferente para cada tarjeta en el mundo. Normalmente la potencia de transmisión es de 10-20 mW hasta 100mW.

La tecnología inalámbrica permite crear una pequeña LAN/WAN con un punto de acceso central (incluso con acceso a Internet) y dar acceso a cualquiera por aire. Imagina una red que puede conectar a toda la gente de un país, compartiendo archivos, aplicaciones de audio, de vídeo con un amplio ancho de banda (como una red de cable). Todo lo que puedes hacer (que ya está funcionando en algunos países) usando tarjetas inalámbricas y puntos de acceso.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES DE UN SISTEMA INALÁMBRICO

Cobertura: La cobertura del sistema se refiere a las zonas geográficas en las que se va a prestar el servicio, la tecnología más apropiada es aquella que permita una máxima cobertura con un mínimo de estaciones base, manteniendo los parámetros de calidad exigidos por las necesidades de los usuarios. La tendencia en cuanto a cobertura de la red es permitir al usuario acceso a los servicios en cualquier lugar, ya sea local, regional, nacional e incluso mundial, lo que exige acuerdos de interconexión entre diferentes operadoras para extender el servicio a otras áreas de influencia diferentes a las áreas donde cada red ha sido diseñada.

Capacidad: Se refiere a la cantidad de usuarios que se pueden atender simultáneamente. Es un factor de elevada relevancia, pues del adecuado dimensionamiento de la capacidad del sistema, según demanda de servicio, depende la calidad del servicio que se preste al usuario.

Diseño de las celdas: La estructura de las redes inalámbricas se diseña teniendo presente la necesidad de superar los obstáculos y manejar las características propias de la radio propagación. Disponer de un radio enlace directo para cada suscriptor, predecir las características de la señal en zonas urbanas donde la densidad de suscriptores es alta y las edificaciones tienen gran influencia en la propagación, son factores que establecen limitaciones fundamentales en el

diseño y ejecución de los sistemas inalámbricos orientados a las necesidades personales y empresariales. Los mecanismos que gobiernan la radio propagación son complejos y diversos, y generalmente se atribuyen a fenómenos que sufren las ondas electromagnéticas en su transporte, tales como reflexión, difracción, dispersión y en general pérdidas de propagación. Los requerimientos para reducir el efecto de estos fenómenos en las comunicaciones son definidos de diversas maneras dependiendo de la tecnología utilizada. Según la capacidad y cobertura requeridas en el área de influencia de las redes, su diseño implicará la utilización de celdas de diferentes radios y las antenas de las estaciones base presentarán diferentes alturas y potencias de transmisión. De allí surgen las definiciones de sistemas macrocelulares, microcelulares y picocelulares.

Las macroceldas son los modelos de comunicación más comunes para operación celular. El rango de cubrimiento de éstas se encuentra entre 1 y 30 kilómetros ^[9], por lo que son utilizadas principalmente para el manejo del tráfico originado por usuarios que se encuentran en movimiento a gran velocidad, disminuyendo de esta forma el número de handoff y aumentando de esta manera la calidad del servicio al reducir la probabilidad de caída de llamadas.

El uso de microceldas (con rango de cubrimiento entre 100 y 1000 metros) ^[10] incrementa la capacidad de la red, ya que permite hacer un mayor manejo de tráfico y hace posible la utilización de potencias de transmisión muy bajas. Desde el punto de vista del operador, esto se traduce en ventajas adicionales como una mejor cobertura, bajos costos de la red por suscriptor y mayor eficiencia en la operación del sistema. Los requerimientos claves del sistema microcelular incluyen la coexistencia e interoperabilidad con los sistemas ya instalados, necesitándose un desarrollo mínimo de ingeniería para su diseño.

Al reducir mucho más el tamaño de las celdas, se logran las picoceldas (cobrimiento menor a 100 metros) ^[11]. Como se sabe, una reducción en el tamaño de una celda implica un aumento en su capacidad (manejo de tráfico), por lo que las picoceldas se utilizan para brindar cobertura en las zonas identificadas como de muy alto tráfico, tales como centros de negocios o centros comerciales, donde los usuarios tienen un patrón de comportamiento de baja movilidad y se encuentran en un ambiente cerrado.

Manejo del Handoff (manos libres): El handoff es el proceso de pasar una llamada de un canal de voz en una celda a un nuevo canal en otra celda o en la misma, a medida que el usuario se mueve a través de la red. El manejo de estas transiciones es un factor vital para garantizar la continuidad de las comunicaciones tanto de voz como de imágenes y datos, caso en el que es muy crítica la pérdida de información.

Movilidad: En la nueva generación de sistemas de telefonía celular digital, se involucra tanto la movilidad personal como la movilidad del terminal. La movilidad personal se refiere a la posibilidad de que el usuario tenga acceso a los servicios en cualquier terminal (alámbrico o inalámbrico) sobre la base de un número único personal y a la capacidad de la red para proveer esos servicios de acuerdo con el perfil de servicio del usuario. Por otro lado, la movilidad del terminal es la capacidad de un terminal inalámbrico de tener acceso a servicios de telecomunicaciones desde diferentes sitios mientras está en movimiento, y también la capacidad de la red para identificar, localizar y seguir ese terminal.

Calidad: los parámetros a tener en cuenta para establecer las diferencias entre un sistema u otro, se refiere a la medida de calidad del servicio prestado. Las consideraciones que un usuario debe tener en cuenta a la hora de suscribirse a un servicio de telefonía móvil tienen que ver con el precio y las características de operación del dispositivo portátil, la disponibilidad de una variedad de servicios, la duración de la batería, la cobertura geográfica y la posibilidad de disfrutar el

servicio en áreas diferentes a la que está inscrito, así como una confiable calidad de transmisión de voz y datos. Por otra parte, la calidad es un factor de especial atención desde el punto de vista de los operadores, pues es conveniente lograr la rentabilidad de sus negocios paralelamente a la satisfacción de sus clientes, al dimensionar óptimamente las redes con la adecuada relación costo/beneficio, reducir los costos de operación y mantenimiento, utilizar eficientemente el espectro radioeléctrico, y disponer de mecanismos que permitan mejorar la operación del sistema de acuerdo con los nuevos avances tecnológicos que surjan.

Flexibilidad y compatibilidad: Debido a la interacción con redes de diferente tipo que debe soportar una red con cubrimiento global, ésta debe suministrar las interfaces adecuadas para la interoperabilidad, y poseer elevados niveles de gestión que permitan realizar cambios en su estructura inicial sin causar traumatismos en el funcionamiento

Costos de Infraestructura: Los costos de infraestructura se reflejan principalmente en el precio entre las estaciones base, ya que el manejo de una tecnología u otra en las mismas, no son un factor diferenciador. Lo deseable es que el dimensionamiento de la red minimice el número de celdas, la cantidad de equipos en general y sus costos de operación y mantenimiento.

2.2 RADIO CELULAR.

El concepto básico de radio celular es muy sencillo: cada área se divide en celdas (células) hexagonales que encajan juntas para poder formar un patrón de panal. Se eligió la forma de hexágono porque proporciona la transmisión más efectiva aproximada a, un patrón circular, mientras elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes. Una célula se define por su tamaño físico y, lo más importante, por el tamaño de su población y patrones de tráfico.

El número de células por sistema lo define el proveedor y lo establece de acuerdo a los patrones de tráfico anticipados. Cada área geográfica del servicio móvil se distribuye en 666 canales de radio celular ^[12].

La red de radio se define por un conjunto de transceptores de radio frecuencia, ubicados en el centro físico de cada célula. Las ubicaciones de estos transceptores de radio frecuencia se llaman Estaciones Base. Una estación base sirve como un control central para todos los usuarios dentro de esa célula. Las unidades móviles se comunican directamente con la estación base, la cual sirve como una estación retransmisora de alta potencia. Las unidades móviles transmiten a la estación base y la estación base emite esas transmisiones a una potencia mayor. La estación base puede mejorar la calidad de la transmisión, pero no pueden incrementar la capacidad de canales dentro del ancho de banda fijo de la red. Debido a que las estaciones están distribuidas sobre un área de cobertura del sistema y se administran, también se controlan por un controlador de sitio de células computarizado que maneja un control del sitio de célula y funciones de conmutación. El conmutador se llama Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil (MTSO). La radio celular utiliza varios transceptores con potencia moderada en un área de servicio relativamente ancha, al contrario de MTS, el cual usa un transceptor de alta potencia en una elevación alta. La función de la estación base es una interfaz entre los teléfonos móviles celulares y el MTSO.

La función de MTSO es controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas, lo cual incluye señalización, supervisión, conmutación y distribución de los canales de RF. El MTS, también proporciona una administración centralizada y el mantenimiento crítico para toda la red e interfaces con la Red de Telefonía Pública Conmutada. (PTSN), asimismo, acordar las instalaciones de transmisión de voz con líneas alámbricas y servicios de telefonía con líneas alámbricas convencionales.

Cada área geográfica o célula generalmente puede acomodar hasta 70 diferentes canales de usuario simultáneamente. Dentro de una célula, cada canal puede soportar sólo un usuario de telefonía móvil a la vez. Los canales están asignados de manera dinámica y dedicada a un solo usuario, por la duración de la llamada, y cualquier usuario puede ser asignado a cualquier canal de usuario. Esto se llama rehusó de frecuencia, y permite que un sistema de telefonía celular, en un área sencilla, maneje considerablemente mas de los 666 canales disponibles. Por lo tanto, la radio celular hace un uso más eficiente del espectro de frecuencias disponibles, que un servicio MTS tradicional.

Conforme se aleja un teléfono de un transceptor, en el centro de una célula, la intensidad de la señal recibida comienza a disminuir. La máxima potencia de salida de un transceptor celular es de 35 dBm (3 W) y puede ajustarse a incrementos reductores de 4 dB hasta 7.8 dBm (0.7 W) ^[13]. La potencia de salida de las unidades móviles se controla por la estación base, por la transmisión de comandos up/down, lo cual depende de la intensidad de la señal que esté recibiendo actualmente. Cuando la intensidad de la señal disminuye, por debajo de un nivel umbral predeterminado, el centro de conmutación electrónico localiza la célula en el panel que está recibiendo la señal más fuerte de la unidad y transfiere de la unidad móvil al transceptor en la nueva célula. La transferencia incluye convertir la llamada a una frecuencia disponible dentro del subconjunto de canales distribuidos en la nueva célula. Esta transferencia se llama entrega y es completamente transparente al usuario (el cliente no sabe que su servicio ha sido conmutado). La transferencia toma aproximadamente 0.2 Seg. Lo cual es imperceptible a los usuarios de teléfono de voz. Sin embargo, un retardo de ese orden puede ser destructivo en una transferencia de datos.

Los seis componentes principales de un sistema de radio celular son:

1. Centro de Conmutación Electrónico.

2. Controlador de Sitio de Célula.
3. Transceptores de Radio.
4. Interconexiones del Sistema
5. Unidades de Telefonía Móvil
6. Protocolo de Comunicaciones

Centro de Conmutación Electrónico: El Centro de Conmutación Electrónico es un conmutador telefónico digital y es el corazón del sistema celular. El conmutador realiza dos funciones Esenciales: (1) controla la conmutación entre la red telefónica pública y los sitios de células para todas las llamadas de alámbrica a móvil, móvil a alámbrica y móvil a móvil; y (2) procesa información recibida de los controladores de sitio de célula que contiene el estado de la unidad móvil, información de diagnóstico y compilación de facturas.

Controlador de Sitio de Célula: Cada célula contiene un controlador de sitio de célula que opera bajo la dirección del centro de conmutación. El controlador de sitio de célula 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 célula.

Transceptores de Radio: Los Transceptores de Radio utilizados para la radio celular son FM de banda angosta, con una frecuencia de audio de 300 Hz a 3 KHz y una desviación de frecuencias de +/- 12 KHz para una modulación al 100 %.^[14] Cada célula contiene un transmisor y dos receptores de radio sintonizados a la misma frecuencia. Se selecciona a cualquier receptor de radio que detecte la señal más fuerte.

Interconexiones del Sistema: Las líneas telefónicas terminadas a cuatro hilos se utilizan para conectar los centros de conmutación a cada uno de los sitios de la célula. Existe un circuito

troncal de cuatro hilos asignado para cada uno de los canales del usuario de la célula. Además, debe haber por lo menos un circuito a cuatro hilos para conectar el conmutador a un controlador de sitio de célula como canal de control.

Unidades de Telefonía Móvil: Las Unidades de Telefonía Móvil y portátiles son básicamente la misma cosa. La única diferencia es que las unidades portátiles tienen una potencia de salida más baja y una antena menos eficiente. Cada unidad de teléfono móvil consiste de una unidad de control, un transceptor de radio, una unidad lógica y una antena móvil. La unidad de control alberga todas las interfaces de usuario, incluyendo un auricular. El transceptor de radio utiliza un sintetizador de frecuencias para sintonizar cualquier canal del sistema celular asignado. La unidad lógica interrumpe las acciones del suscriptor y los comandos del sistema y maneja al transceptor y las unidades de control

Protocolo de Comunicaciones: El último componente del sistema celular es el Protocolo de Comunicaciones que gobierna la manera en que una llamada telefónica es establecida. Los protocolos celulares difieren entre países. En estados Unidos se utiliza el estándar del Servicio de Telefonía Avanzado (AMPS), mientras que en Canadá se utiliza el sistema AURORA 80B. Cada país europeo tiene su propio estándar. El Sistema de Comunicaciones de Acceso Total (TACS) se usa en el Reino Unido; NMT o sistema nórdico en los países escandinavos; RC2000 en Francia; NETZ C-450 en Alemania; y NTT es el estándar japonés para la telefonía celular.

2.3 HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR.

La comunicación inalámbrica tiene sus raíces en la invención del radio por Nikolai Tesla en la década de 1880 (formalmente presentado en 1894 por un joven italiano llamado Guglielmo Marconi). En la época predecesora a los teléfonos celulares, la gente que realmente necesitaba

comunicación móvil tenía que confiar en el uso de radio-teléfonos en sus autos. En el sistema radio-telefónico, existía sólo una antena central por cada ciudad, y probablemente 25 canales disponibles en la torre. La radio móvil fue usada desde 1921, cuando el Departamento de Policía de Detroit utilizó un sistema de radio móvil que operaba a una frecuencia cercana a 2 MHz. En 1940, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) dispuso nuevas frecuencias para la radio móvil en la banda de frecuencia de 30 a 40 MHz ^[15]. AT&T introdujo el primer servicio telefónico móvil en los Estados Unidos el 17 de junio de 1946 en San Luís Missouri. El sistema operaba con 6 canales en la banda de 150 MHz con un espacio entre canales de 60 KHz y una antena muy potente. Este sistema se utilizó para interconectar usuarios móviles (usualmente autos) con la red telefónica pública, permitiendo así, llamadas entre estaciones fijas y usuarios móviles. Un año después, el servicio telefónico móvil se ofreció en más de 25 ciudades de los EE.UU. y unos 44,000 usuarios en total aunque por desgracia había 22,000 más en una lista de espera de cinco años. Estos sistemas telefónicos móviles se basaban en una transmisión de Frecuencia Modulada (FM). La mayoría de estos sistemas utilizaban un solo transmisor muy poderoso para proveer cobertura a más de 80 Km. desde la base. Los canales telefónicos móviles de FM evolucionaron a 120 KHz del espectro para transmitir la voz con un ancho de banda de 3 KHz ^[16]. La demanda para el servicio de telefonía móvil creció rápidamente. Es increíble que a pesar de la demanda hayan pasado más de 30 años para cubrir las necesidades de telefonía móvil. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello, la calidad del servicio era terrible, las probabilidades de bloqueo eran del 65% o más altas. La inutilidad del teléfono móvil disminuyó la frecuencia de su uso ya que los usuarios encontraron que era mejor prevenir no hablando en horas picos. En 1949, la FCC (la FCC es la comisión federal de comunicaciones, que es el organismo que regula las comunicaciones en los EE.UU.) dispuso más canales y la mitad se los dio a la compañía Bell System y la otra mitad a compañías independientes como la RCC (Radio Common Carriers), con la intención de crear la competencia y evitar los monopolios. Fue a mediados de los 50 cuando se creó el primer equipo para viajar en

auto de menor tamaño. Esto sucedió en Estocolmo, en las oficinas centrales de Ericsson pero no fue sino 10 años después cuando los transistores redujeron en peso, tamaño y potencia para poder introducirlos al mercado. En 1956, la Bell System comenzó a dar servicio en los 450 MHz, que era una nueva banda para tener una mayor capacidad. En 1958, la Richmond Radiotelephone Co. mejoró su sistema de marcado conectando rápidamente las llamadas de móvil a móvil. A mediados de los 60's el Sistema Bell introdujo el Servicio Telefónico Móvil Mejorado (IMTS por sus siglas en inglés) con características mejoradas. Las mejoras en el diseño del transmisor y del receptor permitieron una reducción en el ancho de banda del canal de FM de 25-30 KHz. A finales de los 60's y principios de los 70's el trabajo comenzó con los primeros sistemas de telefonía celular. Las frecuencias no eran reutilizadas en células adyacentes para evitar la interferencia en estos primeros sistemas celulares. En enero 1969 la Bell System aplicó por primera vez el rehusó de frecuencias en un servicio comercial para teléfonos públicos de la línea del tren de N.Y. a Washington, D.C. Para desarrollar este sistema se utilizaron 6 canales en la banda de 450 MHz en nueve zonas a lo largo de una ruta de 380 km. Se debe reconocer que la primera generación de radio celular analógico no fue una nueva tecnología pero si una nueva idea el de reorganizar la tecnología existente IMTS a gran escala. Mientras que las comunicaciones de voz utilizaron el mismo FM analógico que se había estado usando desde la II Guerra Mundial, dos mejoras importantes hicieron el concepto celular realidad. A principios de los 70's se inventó el microprocesador; aunque los algoritmos complejos de control se implantaban en lógica con cables, el microprocesador hizo más fácil la vida de todos. La segunda mejora fue en el uso de un enlace de control digital entre el teléfono móvil y la estación base. No fue sino hasta marzo de 1977 cuando la FCC aprobó que Bell probara un sistema celular en Chicago. En 1978, en EE.UU. comenzó a operar el Servicio Telefónico Móvil Avanzado o Advanced Mobile Phone Service AMPS. En ese año, 10 células cubrían 355000 Km. cuadradas en el área de Chicago, operando en las nuevas frecuencias en la banda de 800 MHz. Esta red utilizaba circuitos integrados LS, una computadora dedicada y un sistema de conmutación, lo que probó que los sistemas celulares

podían funcionar. El desarrollo de AMPS fue muy rápido, un sistema comenzó a operar en mayo de 1978 en Arabia Saudita, otro en Tokio en diciembre de 1979 y el primero en nuestro país en 1981. Entonces, surgió por parte de la FCC otro requisito de competencia. Un proveedor de servicio celular tenía que coexistir con la Bell System en el mismo mercado (Bandas A y B). Entonces Ameritech entró en Chicago el 12 de octubre de 1983. AT&T desarrolló un modelo junto con Motorola conocido como Dyna-TACS o TACS que significa Total Access Communications System, el cual se puso en marcha en Baltimore y en Washington D.C. por la compañía Cellular one el 16 de diciembre de 1983. Otro estándar que surgió fue el de AURORA-400 en Canadá en febrero de 1983 utilizando equipo de GTE y NovAtel. Este sistema llamado descentralizado opera en los 420 MHz y utilizaba 86 células, funcionando mejor en áreas rurales por su poca capacidad pero cobertura amplia. En Europa, el sistema celular Telefonía Móvil Nórdico o Nordic Mobile Telephone System NMT450 inició operaciones en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en el rango de 450 MHz. En 1985 la Gran Bretaña empezó a usar TACS en la banda de 900 MHz. Más tarde, Alemania Occidental implementó C-Netz, Los franceses Radiocom 2000, y los Italianos RTMI/RTMS. Todos ellos ayudaron a que hubiera nueve sistemas incompatibles, a diferencia de los EE.UU. que no sufrían de este problema. Desde aquí se pensó en un plan para crear un sistema digital único para Europa. Para ejemplificar el desarrollo del mercado, la industria celular creció de menos de 204,000 suscriptores en 1985 a 1, 600,000 en 1988 en EE.UU. A finales de los 80's el interés emergió hacia los sistemas celulares de tipo digital, donde ambos, la voz y el control fueran digitales. El uso de tecnología digital para reproducción de discos compactos popularizó la calidad del audio digital. La idea de eliminar el ruido y proveer el habla clara hasta los límites de cada área de servicio fueron atractivos para los ingenieros y usuarios comunes. En 1990, el sistema celular en EE.UU. agregó una nueva característica, el tráfico de la voz se convirtió en digital. Para 1991, el servicio celular digital comenzó a emerger reduciendo el costo de las comunicaciones inalámbricas y mejorando la capacidad de manejar llamadas de los sistemas celulares analógicos. En 1989 surge GSM primero

conocido como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Lo más destacado de él es que unifica los sistemas europeos. En 1994, Qualcomm, Inc. propuso un escenario de espectro esparcido para incrementar la capacidad. Construido en conocimientos anteriores, el Code Division Multiple Access CDMA o Acceso Múltiple por División de Código, sería en todos sus elementos digital, además de que prometía de 10 a 20 veces mayor capacidad. En estos días más de la mitad de los teléfonos en el mundo operaban de acuerdo a los estándares de AMPS, y en su inicio más humilde nadie pensó que sería el que conviviría con TDMA o CDMA para obtener sistemas duales con tecnología analógica y digital. El 14 de enero de 1997, la FCC abrió un nuevo grupo de frecuencias inalámbricas que permitiría el desarrollo de las tecnologías como CDMA: la banda de 1900.

2.4 CÓMO FUNCIONA UN TELÉFONO CELULAR.

Existen grandes ventajas -con un teléfono celular usted puede hablar con cualquier persona en el planeta desde donde desee-. ¿Pero se ha preguntado alguna vez cómo funciona un teléfono celular? En este capítulo se hablara a cerca de la tecnología detrás de los teléfonos celulares. Antes de la invención de las células, las personas usaban radioteléfonos que transmitían para una antena central en cada ciudad con 25 canales disponibles

Una de las cosas más interesantes acerca de los teléfonos celulares es que en realidad son unos Radios -unos radios extremadamente sofisticados, pero son radios al fin y al cabo- Los teléfonos celulares tienen adentro transmisores de bajo poder. Una buena forma de entender la sofisticación de un teléfono celular es compararlo con un radio de onda corta (OC) o con un walkie-talkie. Un radio OC es un aparato simple. Este permite que dos personas se comuniquen utilizando la misma frecuencia, así que sólo una persona puede hablar al tiempo. Un teléfono celular es un dispositivo dual, esto quiere decir que utiliza una frecuencia para hablar, y una segunda aparte para escuchar. Un radio OC tiene 40 canales. Un teléfono celular puede utilizar

1664 canales. Estos teléfonos también operan con "células" Cada celda generalmente tiene un tamaño de 26 kilómetros cuadrados y pueden alternar a medida que el teléfono es desplazado. Las células le dan a los teléfonos un rango increíble. Un walkie-talkie puede transmitir hasta quizás una milla. Una radio OC, debido a que tiene un poder mucho más alto, puede transmitir hasta 5 millas. Alguien que utiliza un teléfono celular, puede manejar a través de toda la ciudad y mantener la conversación todo el tiempo. Las células son las que dan a los teléfonos celulares un gran rango ^[17]. En las figuras 2.4.1 se ilustra el ejemplo de un radio simple, en la figura 2.4.2 se ilustra el ejemplo de un radio dual.

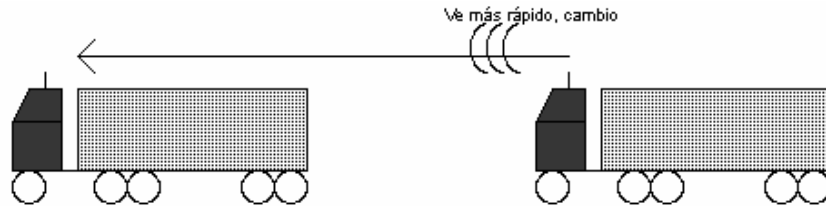


Fig. 2.4.1. En un radio simple, ambos transmisores utilizan la misma frecuencia. Sólo uno puede hablar al tiempo.

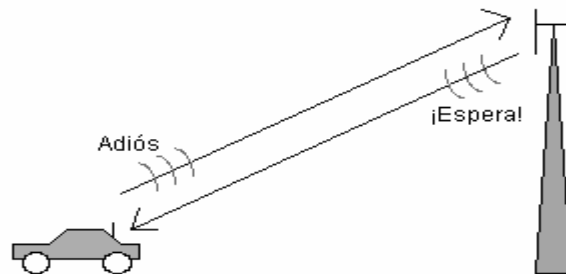


Fig. 2.4.2. En un radio dual, los dos transmisores utilizan diferentes frecuencias, así que dos personas pueden hablar al mismo tiempo. Los teléfonos celulares son duales.

El teléfono celular estándar llamado AMPS (Advanced Mobile Phone System, o sistema de telefonía móvil avanzada) fue aprobado y usado por primera vez en Chicago en 1983. El estándar estableció un rango de frecuencias entre los 824 Megahertz y los 894 para teléfonos análogos. Para enfrentar la competencia y mantener los precios bajos, este estándar estableció el concepto de dos portadores en cada mercado, conocidos como portadores *A* y *B*. A cada portador se le da 832 frecuencias de voz, cada una con una amplitud de 30 Kiloherztz. Un par de frecuencias (una para enviar y otra para recibir) son usadas para proveer un canal dual por teléfono. Las frecuencias de transmisión y recepción de cada canal de voz están separadas por 45 Megahertz. Cada portador también tiene 21 canales de datos para usar en otras actividades. La genialidad del teléfono celular reside en que una ciudad puede ser dividida en pequeñas "células", que permiten extender la frecuencia por toda una ciudad. Esto es lo que permite que millones de personas compren teléfonos celulares sin tener problemas. He aquí como funciona. Se puede dividir un área (como una ciudad) en células. Cada célula es típicamente de un tamaño de 10 millas cuadradas ^[18]. Las células se imaginan como unos hexágonos en un campo hexagonal grande, como se muestra en la Fig. 2.4.1:

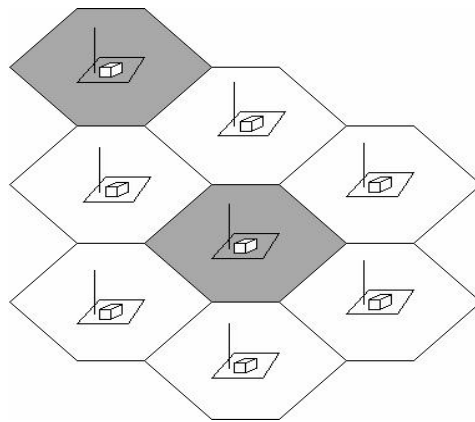


Fig. 2.4.1 Debido a que los teléfonos celulares y las estaciones base utilizan transmisores de bajo poder, las mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en células no adyacentes

Cada célula tiene una estación base que consta de una torre y un pequeño edificio en donde se tiene el equipo de radio. Cada célula utiliza un séptimo de los 416 canales duales de voz.

Entonces, cada célula tiene más o menos 59 canales disponibles. En otras palabras, con una célula pueden hablar 59 personas al mismo tiempo.

Los teléfonos celulares poseen unos transmisores de bajo poder dentro de ellos. Muchos teléfonos celulares tienen 2 fuerzas de señal: 0.6 Watts y 3 Watts (como comparación, la mayoría de los radios de onda corta transmiten a 5 Watts)^[19]. La estación base también transmite a bajo poder. Los transmisores de bajo poder tienen 2 ventajas:

1. El consumo de energía del teléfono, que normalmente opera con baterías, es relativamente bajo. Esto significa que bajo poder requiere Baterías pequeñas, y esto hace posible que existan teléfonos que caben en la mano.
2. Las transmisiones de las estaciones base y de los teléfonos no alcanzan una distancia más allá de la célula. Es por esto que en cada celda se pueden utilizar las 59 frecuencias. Las mismas frecuencias pueden ser rehusadas por toda la zona.

La tecnología celular requiere un gran número de estaciones base para ciudades de cualquier tamaño. Una ciudad típica grande puede tener cientos de torres emisoras. Cada portador en cada ciudad tiene una oficina central llamada MTSO. Esta oficina maneja todas las conexiones telefónicas y estaciones base de la región. Digamos que usted tiene un celular, lo enciende, y alguien trata de llamarle. La MTSO recibe la llamada, y trata de encontrarlo. Desde los primeros sistemas la MTSO lo encontraba activando su teléfono en cada célula de la región hasta que su teléfono respondiera. Entonces la estación base y el teléfono decidirán cuál de los 59 canales en su teléfono celular usará. Ahora estará conectado a la estación base y puede empezar a hablar y escuchar. A medida que usted se mueva en la célula, la estación base notará que la fuerza de su señal disminuye. Entretanto, la estación base de la célula hacia la que se está moviendo (que está escuchando la señal) será capaz de notar que la señal se hace más fuerte. Las dos estaciones base

se coordinan a sí mismas a través del MTSO, y en algún punto su teléfono obtiene una señal que le indica que cambie de frecuencia. Este cambio hace que su teléfono mude su señal a otra célula.

En sistemas modernos los teléfonos esperan una señal de identificación del sistema (IDS) del canal de control cuando se encienden. El teléfono también transmite una propuesta de registro y la red mantiene unos datos acerca de su ubicación en una base de datos (de esta forma es que la MTSO sabe en que célula se encuentra si quiere timbrar su teléfono). A medida que se mueve entre células, el teléfono detecta los cambios en la señal, los registra y compara para con los de la nueva célula cuando cambia de canal. Si el teléfono no puede hallar canales para escuchar se sabe que está fuera de rango y muestra un mensaje de "sin servicio". La última tendencia son los teléfonos celulares digitales. Utilizan la misma tecnología radial (en diferentes bandas de frecuencia -por ejemplo, los teléfonos PC's utilizan frecuencias entre los 1.85 y 1.99 Gigahertz-) pero comprimen su voz en unos y ceros. Esta compresión permite que entre 3 y 10 llamadas telefónicas ocupen el espacio de una simple voz análoga ^[20].

Tipos de celdas: La densidad de población en un país es muy variada, por lo tanto se hace necesario usar distintos tipos de celdas:

Macroceldas: Son celdas grandes, para áreas con población dispersa.

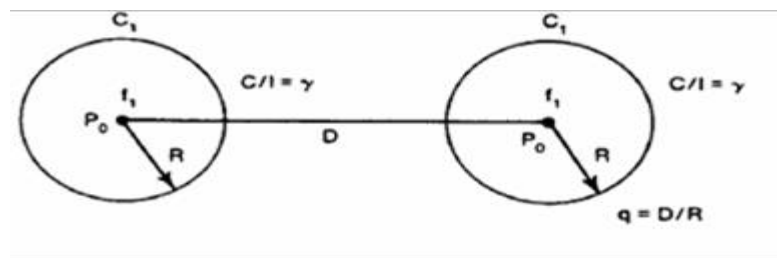
Microceldas: Estas celdas son usadas para áreas densamente pobladas. Dividiendo las zonas en pequeñas áreas, el número de canales disponibles aumenta y por lo tanto la capacidad de las celdas. El nivel de potencia de los transmisores usados en estas celdas es menor, reduciendo la posibilidad de interferencia entre celdas vecinas.

Celdas Selectivas: No siempre es de utilidad definir celdas con una cobertura de 360 grados. En algunos casos, celdas con una forma particular de cobertura son necesarias. Un ejemplo típico de

celdas selectivas son las ubicadas a la entrada de un túnel donde la cobertura de 360 grados no es necesaria. En ese caso se usa una celda selectiva con una cobertura de 120 grados.

Celdas Paraguas: Un camino, tipo autopista, puede cruzar pequeñas celdas produciendo así un gran número de *handoffs* entre diferentes celdas vecinas. El nivel de potencia dentro de una celda umbrella es aumentado en comparación con la potencia usada en una microcelda. Cuando la velocidad del móvil es muy alta, el móviles manejado por la celda paraguas. El móvil estará luego en la misma celda, reduciendo así la cantidad de *handoffs* realizados en la red. Las características de propagación del móvil ayudan a visualizar y detectar la elevada velocidad.

Reutilización de Frecuencias un canal de radio en particular, $F1$, es usado en una zona geográfica llamada celda, CI , con un radio de cobertura R . Este mismo canal puede ser usado en otra celda con el mismo radio de cobertura a una distancia D de separación (ver figura 2.4.2).



Reutilización de frecuencias Fig. 2.4.2

Por lo anteriormente expuesto, el concepto de re-uso de frecuencias (frequency reuse) se refiere al uso de las mismas frecuencias portadoras para cubrir distintas áreas separadas por una distancia suficientemente grande para evitar interferencia co-canal. En lugar de cubrir un área desde un único sitio de transmisión con alta potencia y alta elevación, el proveedor de servicios puede subdividir el área en sub-áreas, zonas, células o celdas en donde cada una un transmisor de menor potencia.

Transferencia de llamadas entre celdas-handoff

Cuando se deteriora la calidad de transmisión durante una llamada en progreso, se realiza un cambio automático de estación base. La conmutación de una llamada en progreso de una estación base a otra se conoce como *handoff*. Básicamente el handoff es requerido en dos situaciones en las cuales la estación base recibe señales débiles desde la unidad móvil:

1. Cuando el móvil llega al límite de la celda, en donde el nivel de señal cae por debajo de un límite aceptable en un ambiente con ruido limitado.
2. Cuando la unidad móvil entra dentro de alguno de los pozos de intensidad de señal que se encuentran dentro de la celda, como se muestra en la figura 2.4.4.

Este procedimiento es esencial, ya que de no existir en cualquiera de las situaciones mencionadas anteriormente la comunicación se perdería, por lo que el usuario debería restablecerla manualmente re-discando.

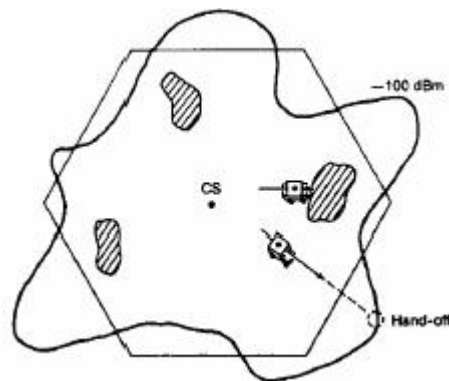


Fig.2.4.4 hand off

Para poder implementar este mecanismo, durante una llamada en progreso el equipo del canal de voz en la estación base está supervisando continuamente la calidad de la radio transmisión. Se pueden efectuar los siguientes chequeos:

- Intensidad de la señal de radio frecuencia

- Relación portadora / interferencia en la señal de supervisión de audio (SAT) y su retardo.

Mientras menor sea el tamaño de la celda mayor será la cantidad promedio de *handoffs*.

El número de *handoff* por llamada es relativo al tamaño de la celda. De diversas simulaciones de señales se puede arribar a:

0 – 2 *handoff* por llamada en una celda de 16 a 24 Km.

1 – 2 *handoff* por llamada en una celda de 3,2 a 8 Km.

3 – 4 *handoff* por llamada en una celda de 1,6 a 3,2 Km.

Roaming:

En los sistemas modernos, el teléfono móvil recibe una Identificación del Sistema del operador cuando se enciende. Si, en ese momento, el teléfono móvil detecta que la Identificación del Sistema no es la de su operador, es porque está en roaming, o sea, está usando los servicios prestados por otro operador, un sistema que permite usar el mismo teléfono móvil en diferentes países. Cuando es encendido, el móvil también transmite un pedido de registro. A partir de ahí, la red se mantendrá el contacto y tendrá siempre presente en que célula está el teléfono móvil y no tendrá problemas en encontrarlo en caso de recibir una llamada. A medida que el teléfono pasa de una célula para otra, la red hará un registro. Si el móvil descubre que no está registrado, es porque está fuera del alcance de la red y dirá que «No tiene red».

2.5 PROCESAMIENTO DE LA LLAMADA.

Una llamada telefónica sobre una red celular requiere del uso de dos canales de voz full duplex simultáneamente, uno se llama canal de usuario y el otro el canal de control. La estación base transmite y recibe, y se llama canal de control directo y canal de voz directo, y la unidad móvil transmite y recibe con el control y los canales de voz diversos. La conclusión de una llamada dentro de un sistema de radio celular es muy similar a la de telefonía pública conmutada. Cuando una unidad móvil se enciende, realiza una serie de procedimientos de arranque y después prueba la intensidad de la señal recibida en todos los canales de usuario prescritos. La unidad automáticamente se sintoniza al canal con la intensidad de la señal de recepción más fuerte y se sincroniza para controlar la información transmitida por el controlador de sitio de célula. La unidad móvil interpreta la información y continúa monitoreando el/los canal(es) de control. La unidad móvil automáticamente rastrea periódicamente para asegurarse que está utilizando el mejor canal de control. Dentro de un sistema celular, las llamadas se pueden realizar entre una línea compartida y un teléfono móvil o entre dos teléfonos móviles.

Llamada de móvil a línea: Un suscriptor móvil que desea llamar a una línea compartida, primero introduce el número llamado en la memoria de la unidad, usando los botones de tono o de pulso en la unidad del teléfono. El suscriptor, entonces oprime la tecla para enviar, la cual transmite el número marcado, así como el número de identificación del suscriptor móvil al conmutador. Si el número de identificación es válido, el conmutador enruta la llamada sobre una interconexión de línea terminada a la red de telefonía pública, lo cual termina la conexión a la línea compartida. Usando el controlador de sitio de célula, el conmutador asigna a la unidad móvil que sintonice ese canal. Después de que el conmutador reverifica que la unidad móvil está sintonizada al canal asignado, el suscriptor móvil recibe un tono de llamada en progreso, audible,

del conmutador. Después que la persona a la que se llamó levanta el teléfono, el conmutador termina los tonos de llamada en progreso y la conversación puede comenzar.

Llamada de línea a móvil: El centro de conmutación de un sistema celular recibe una llamada de una línea compartida a través de una línea interconectada dedicada, desde la red telefónica pública conmutada. El conmutador traslada los dígitos marcados y determina si la unidad móvil, a la cual la llamada está destinada, está colgada o descolgada (ocupada). Si la unidad móvil está disponible, el conmutador vocea al suscriptor móvil. Siguiendo una respuesta de voiceo de la unidad móvil, el conmutador asigna un canal desocupado e instruye a la unidad móvil que se sintonice en ese canal. La unidad móvil envía una verificación de la sintonización del canal por medio del controlador en el de sitio de célula y después envía un tono de progreso de llamada al teléfono móvil del suscriptor, causando que éste suene. El conmutador termina los tonos de progreso, cuando recibe la indicación positiva del suscriptor.

Llamada de móvil a móvil: Para originar una llamada a otra unidad móvil, el que llama introduce el número marcado en la memoria de la unidad, por medio del teclado en el dispositivo de teléfono y después oprime la tecla enviar. El conmutador recibe el número de identificación del que llama y el número marcado y después determina si la unidad llamada está libre para recibir una llamada. El conmutador envía un comando de voiceo a todos los controladores de sitio de célula y el que es llamado (el canal puede estar en cualquier parte del área de servicio) recibe un llamado. Después de un voiceo positivo del que fue llamado, el conmutador asigna a cada uno, un canal de usuario desocupado y les instruye que se sintonicen a su canal respectivo. Entonces el teléfono del que se está llamando suena. Cuando el sistema recibe una noticia de que el que fue llamado ha contestado el teléfono, el conmutador termina el tono de llamada progresiva y la conversación puede comenzar entre las dos unidades.

Si un suscriptor móvil desea iniciar una llamada y los canales de usuario están ocupados, el conmutador envía un comando de reintento instruyendo al suscriptor que vuelva a intentar la llamada por medio de una célula vecina. Si el sistema no puede distribuir un canal de usuario por medio de la célula vecina, el conmutador transmite un mensaje de intercepción a la unidad móvil que esta llamando por medio del canal de control. Cada vez que esta llamando a un suscriptor móvil que está ocupado, el que llama recibe una señal de ocupado. Además, si el número que se está marcando no es válido, el sistema envía un mensaje grabado por medio del canal de control o proporciona un aviso de que la llamada no puede procesarse.

2.6 DISTRIBUCIÓN DE LA FRECUENCIA.

En 1980, la FCC decidió dar una licencia de dos portadoras comunes por área de servicio. La idea era eliminar la posibilidad de un monopolio y proporcionar las ventajas que generalmente acompañan un ambiente competitivo. Subsecuentemente, surgieron dos sistemas de distribución de frecuencia, cada uno con su propio grupo de canales, sistema A y sistema B, para compartir el espectro de la frecuencia distribuida. El sistema A se definió para las compañías inalámbricas y el sistema B se definió para las compañías con líneas alámbricas ^[21]. En la fig. 2.6.1 se muestra esta distribución.

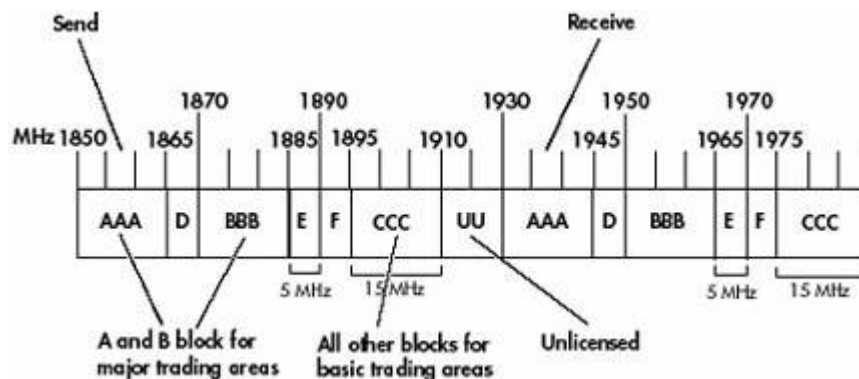


Fig.2.6.1 canales A y B

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. El estándar celular TACS utiliza una banda de frecuencia de 15 MHz que abarca 600 canales con un espacio, entre canales, de 25 KHz. La frecuencia de transmisión para el canal 1, es 890.0125 MHz y de 904.9875 MHz, para el canal 600. Los espectros de canales de AMPS y TACS se dividen en dos grupos básicos. Un conjunto de canales se dedica para el intercambio de información de control entre unidades móviles y el sitio de célula, y tienen el término de canales de control. El segundo grupo, con el término de canales de voz o usuario, consiste de los canales restantes y se usa para conversaciones reales. Como el sistema AMPS, los receptores TACS operan a 45 MHz, arriba de la frecuencia de transmisión. Por lo tanto, para las unidades móviles, el canal 1 recibe en 935.0125 MHz y el canal 600, en 959.9875 MHz ^[22]. Como se muestra en la fig.2.6.2

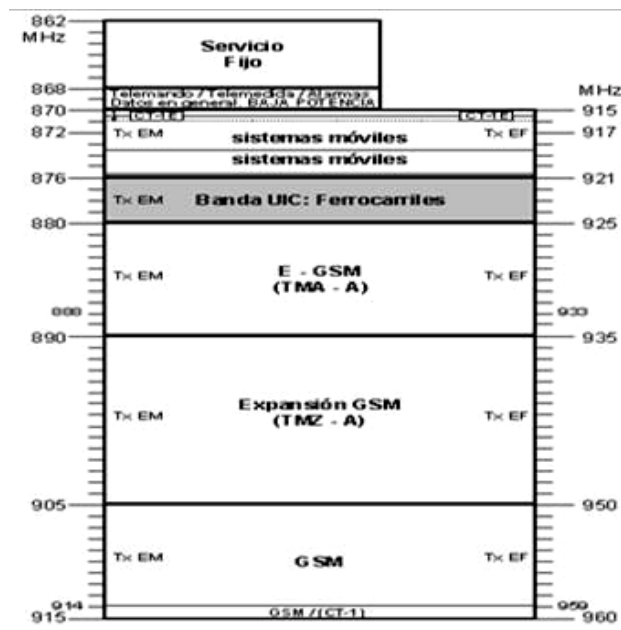


Fig.2.6.2 distribución de frecuencias

CAPITULO 3 MÉTODOS DE ACCESO CELULAR**3.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA).**

En este caso cada usuario tiene un canal de frecuencia asignado para la comunicación, mientras ésta dure. Este canal puede estar permanentemente asignado o puede ser usado transitoriamente por el usuario, (como en la telefonía celular analógica AMPS).

FDMA asigna un solo canal a un usuario a la vez como se muestra en la figura 3.1.1 Si la trayectoria de transmisión deteriora, el regulador cambia el sistema a otro canal. Aunque técnico es simple poner en ejecución, FDMA es derrochador de anchura de banda: el canal se asigna a una sola conversación si o no alguien está hablando. Por otra parte, no puede manejar formas alternas de datos, solamente transmisiones de voz.

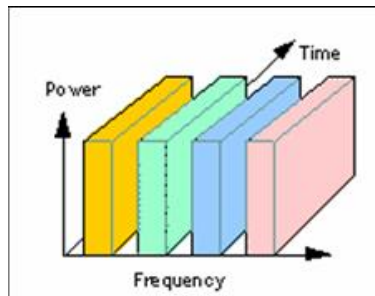


Figure 3.1.1 FDMA

El esquema es relativamente fácil de desarrollar y sencillo de administrar, cuando hay pocos usuarios. Las desventajas son muchas: el sistema es relativamente rígido y cada equipo de estar provisto de las componentes necesarias para usar la frecuencia disponible. No es muy eficiente cuando el número de usuarios es elevado, por lo cual se usa exclusivamente en los sistemas celulares de 1a generación. Tampoco se adapta muy bien a la transmisión de datos.

CARACTERÍSTICAS

Es posible utilizar el FDMA cuando el ancho de banda útil del medio de transmisión supera el ancho de banda requerido por las señales a transmitir.

Hay simultaneidad en la transmisión de señales porque cada una de ellas se modula con una frecuencia portadora diferente, tal que estas frecuencias están suficientemente separadas para que no se solapen significativamente las señales, figura 3.1.2 muestra la división de canales en fdma.

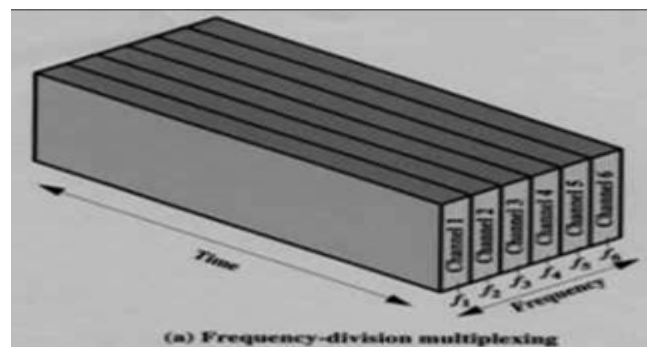


Fig. 3.1.2 división de canales en fdma.

La señal compuesta transmitida a través del medio es analógica.

Las señales de entrada siempre deben ser moduladas, para trasladarlas a la banda de frecuencia apropiada.

Si la señal de entrada es digital, se debe pasar a través de un modem para convertirla en analógica y posteriormente modularla.

Los canales son asignados de acuerdo a la demanda.

Normalmente FDMA se combina con multiplexing FDD.

Los canales sin uso no pueden utilizarse por otros para aumentar el BW.

BW de FDMA es de 30 KHz ^[23].

3.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDMA).

TDMA (también conocido como D-AMPS) es una tecnología para transmisión digital de señales de radio, por ejemplo, entre un teléfono móvil y una estación radió base. EN TDMA la banda de frecuencia es dividida en cierto número de canales los cuales son almacenados en unidades de tiempo, de tal forma que varias llamadas pueden compartir un sólo canal sin interferir con algún otro canal. TDMA está basado en el estándar IS-136, TDMA es la plataforma ideal para los servicios PCS (Personal Communication Services).

El servicio TDMA fue iniciado en 1992 TDMA subdivide cada uno de los canales de 30 Kh de AMPS en 3 canales full-rate de TDMA cada uno tiene la capacidad de soporte de una llamada de voz, así TDMA podrá prever de 3 a 6 veces más la capacidad del canal de tráfico de AMPS.

Cómo TDMA Trabaja: TDMA confía en el hecho de que se ha convertido a digital la señal audio; es decir, dividido en un número de paquetes milisegundo-largos. Asigna un solo canal de frecuencia por un tiempo corto y después se mueve a otro canal.

Las muestras digitales de un solo transmisor ocupan diversas ranuras de tiempo como se muestra en al Fig.3.2.1

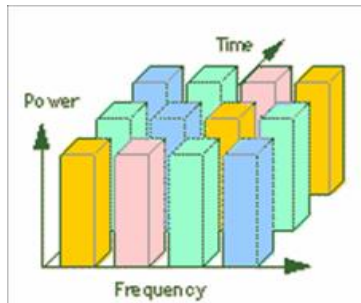


Fig 3.2.1 TDMA

La técnica del acceso usada en TDMA tiene tres usuarios el compartir de una frecuencia portadora 30-kHz. TDMA es también la técnica del acceso usada en el estándar digital europeo, el G/M, y el estándar digital japonés, celular digital personal (PDC). La razón de elegir TDMA para todos estos estándares es que permite algunas características vitales para la operación de sistema en un ambiente celular o de las PC avanzado. TDMA es una técnica disponible, bien-probada en la operación comercial en muchos sistemas. Para ilustrar el proceso, considere la situación siguiente. La Fig.3.2.2 demuestra cuatro conversaciones diferentes, el ocurrir simultáneo de las conversaciones.



Fig 3.2.2 cuatro conversaciones—cuatro

Un solo canal puede llevar las cuatro conversaciones si cada conversación se divide en fragmentos relativamente cortos, se asigna una ranura de tiempo, y se transmite en explosiones

sincronizadas como en la Fig.3.2.3 Después de que la conversación en el time-slot cuatro se transmita, se repite el proceso.



Fig 3.2.3 cuatro conversaciones—un canal

Las ventajas de TDMA Además de aumentar la eficacia de la transmisión, TDMA ofrece a un número de otro excedente de las ventajas tecnologías celulares estándares. Puede ser adaptado fácilmente a la transmisión de datos así como la comunicación de voz. TDMA ofrece la capacidad de llevar índices de datos de 64 kbps a 120 Mbps (extensible en múltiplos de 64 kbps). Esto permite a operadores ofrecer personal comunicación-como servicios incluyendo fax, datos del voiceband, y servicios de mensaje cortos (SMSs) así como usos anchura de banda-intensivos tales como multimedia y videoconferencia. Semejante de las técnicas del separar-espectro las cuales puede sufrir de interferencia entre los usuarios todas las quién están en la misma banda de frecuencia y transmitir en el mismo tiempo, la tecnología de TDMA, que separa a usuarios en tiempo, se asegura de que no experimenten interferencia de otras transmisiones simultáneas. TDMA también provee al usuario vida de la batería y tiempo extendidos de la charla. Las instalaciones de TDMA ofrecen ahorros substanciales en el equipo, el espacio, y el mantenimiento de la base-estación, un factor importante mientras que los tamaños de célula crecen siempre más pequeños. TDMA es la tecnología más rentable para aumentar un sistema análogo a digital. Debido a su compatibilidad inherente con los sistemas análogos de FDMA, TDMA permite compatibilidad del servicio con el uso de los microteléfonos del dual-modo. La banda dual 800/1900 megaciclo ofrece las ventajas competitivas siguientes: Los usos y los servicios idénticos se proporcionan a los suscriptores que funcionan en ambas bandas. Los portadores pueden utilizar el mismo interruptor para 800- y los servicios 1900-MHz. El intertrabajar entre 800- y las redes

1900-MHz a través de los teléfonos de dual-band/dual-mode. Usando dual-modo, los teléfonos dual-band, suscriptores en un canal de TDMA 1.900 pueden dar de ambos to/from un canal de TDMA en 800 megaciclos así como to/from que los amperios análogos acanalán.

Desventajas de TDMA: una de las desventajas de TDMA es que cada usuario tiene una ranura de tiempo predefinida. Sin embargo, no asignan los usuarios que vagan a partir de una célula a otra una ranura de tiempo. Así, si todas las ranuras de tiempo en la célula siguiente se ocupan. Asimismo, si todas las ranuras de tiempo en la célula en la cual un usuario sucede estar adentro se ocupan ya, un usuario no recibirá señal para marcar. Otro problema con TDMA es que está sujeto a la distorsión multidireccional. Una señal que venía de una torre a un microteléfono pudo venir de varias direcciones. Puede ser que se haya despedido de varios diversos edificios antes de llegar que puede causar interferencia. Como se muestra en la Fig. 3.2.4

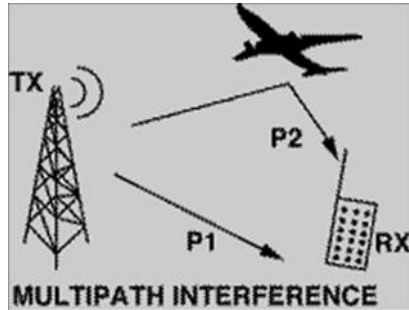


Fig. 3.2.4 distorsión multidireccional.

Una forma de conseguir la disminución de esta interferencia es poner un límite de tiempo en el sistema. El sistema será diseñado para recibir, para tratar, y para procesar una señal dentro de cierto límite de tiempo. Después del límite de tiempo ha expirado, el sistema no hace caso de señales. La sensibilidad del sistema depende de cómo procesa lejos las frecuencias multidireccionales. Incluso en milésimos de segundos, estas señales multidireccionales causan

problemas. Todas las arquitecturas celulares, si microcell- o macrocell-basado, tienen un sistema único de problemas de la propagación. Macrocells es afectado particularmente por el fenómeno multidireccional de la pérdida-uno de la señal que ocurre generalmente en las franjas de la célula donde la reflexión y la refracción pueden debilitar o cancelar una señal.

3.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA).

Es una técnica que emplea una serie de códigos especiales para proporcionar múltiples canales de comunicación dentro de un solo segmento dedicado del espectro electromagnético. "Code Division Multiple Access" (CDMA) es la tecnología digital inalámbrica que ha abierto la puerta a una nueva generación de productos y servicios de comunicación inalámbrica. Utilizando codificación digital y técnicas de frecuencias de radio de espectro amplio (RF), CDMA provee una mejor calidad de voz y más privacidad, capacidad y flexibilidad que otras tecnologías inalámbricas.

El CDMA permite que cada estación transmita en el espectro completo de frecuencia todo el tiempo. Las transmisiones múltiples simultáneas se separan usando la teoría de codificación. En CDMA las señales pueden ser recibidas en presencia de niveles muy altos de interferencia. Aunque el límite práctico depende de las condiciones del canal, la recepción puede tener lugar en presencia de señales interferentes 18 dB por encima del nivel de la señal deseada. Debido a esta característica, los canales disponibles se pueden reutilizar en todos los sectores de todas las celdas. La mitad de la interferencia total provendrá de la propia celda y la otra mitad provendrá de las celdas adyacentes, encontrándose todas ellas operando en la misma frecuencia. CDMA utiliza una velocidad básica de 9600 bits/s en cada canal de comunicación. Esta velocidad es incrementada hasta los 1,2288 Mb/s que se emplean para transmitir la señal por el canal de radio. La señal es transmitida utilizando QPSK. Estos 9600 bits/s empleados por este sistema incluyen tanto la

transmisión de la voz codificada como la señalización y la codificación para corrección de errores.

Para comprenderlo de mejor manera consideremos una fiesta de acceso a un canal. En un cuarto grande, muchas parejas de personas están conversando. TDM es cuando toda la gente está en el centro del cuarto, pero se turnan para hablar, primero uno, luego otro. FDM es cuando la gente se junta en grupos ampliamente dispersos, llevando cada grupo su propia conversación al mismo tiempo que los demás, pero independientemente. CDMA es cuando todos están en el centro del salón hablando al mismo tiempo, pero hablando cada pareja un lenguaje distinto. La pareja de franco-parlantes sólo se concentra en el francés, rechazando todo lo demás como ruido. Por tanto, la clave de CDMA es ser capaz de extraer la señal deseada mientras se rechaza todo lo demás como ruido aleatorio. En CDMA, cada tiempo de bit se subdivide en m intervalos cortos llamados chips. Comúnmente hay 64 o 128 chips por bit, pero en el ejemplo dado a continuación usaremos por sencillez 8 chips/bit.

A cada estación se asigna un código único de m bits, o secuencia de chips. Para transmitir un bit 1 , una estación envía su secuencia de chips; para transmitir un bit 0 , envía el complemento a 1 de su secuencia de chips. No se permiten otros patrones. Por tanto, para $m=8$, si la estación A tiene asignada la secuencia de chips 00011011 , envía un bit transmitiendo 00011011 , y un bit 0 enviando 11100100 . El aumento en la cantidad de información a ser enviada de bits/seg a chips/seg sólo puede lograrse si el ancho de banda disponible se incrementa por un factor de m , haciendo de CDMA una forma de comunicación de espectro amplio (suponiendo que no hay cambios en la técnica de modulación ni de codificación). Si tenemos una banda de 1 MHz disponible para 100 estaciones, con FDM cada una tendría 10 KHz. y podría enviar a 10 kbps (suponiendo 1 bit por Hz). Con CDMA, cada estación usa la totalidad del 1 MHz ^[24], por lo que la razón de chips es de 1 megachip por segundo. Con menos de 100 chips por bit, el ancho de banda

efectivo por estación es mayor para CDMA que para FDM y se resuelve también el problema de reparto del canal.

En principio, y desde el punto de vista de ocupación del espectro radioeléctrico, un nuevo usuario siempre puede ser aceptado por un sistema CDMA con una ligera degradación de la calidad de la comunicación para todos los demás usuarios. En un sistema CDMA ideal sin ruido, la capacidad (es decir el número de estaciones) puede hacerse arbitrariamente grande, de la misma manera que puede hacerse arbitrariamente grande la capacidad de un canal NyquistX sin ruido usando más y más bits por muestra. En la práctica, las limitaciones físicas reducen considerablemente la capacidad. Primero se ha supuesto que todos los chips están sincronizados en el tiempo. En realidad esto es imposible.

Lo que puede hacerse es que el transmisor y el receptor se sincronicen pidiendo al transmisor que envíe una secuencia de chips conocidas, de longitud suficiente, a la que se pueda enganchar el receptor. Todas las demás transmisiones no sincronizadas son vistas entonces como ruido aleatorio. Cuanto mayor es la secuencia de chips, mayor es la probabilidad de detectarla correctamente en presencia de ruido. Si se desea seguridad extra, la secuencia de bits puede usar un código de corrección de errores. Las secuencias de chips nunca utilizan códigos de corrección de errores.

Un supuesto implícito es que los niveles de potencia de todas las estaciones son iguales, según lo percibe el receptor. CDMA se usa comúnmente para sistemas inalámbricos con estación base fija y muchas estaciones móviles a distancias variables de ella. Los niveles de potencia recibidos en la estación base dependen de la distancia a la que se encuentren los transmisores. La estación móvil transmite a la estación base en un nivel de potencia inverso al que recibe de la estación base, por lo que una estación móvil que recibe una señal débil de la base usará más

potencia que una que recibe una señal fuerte. La estación base también puede dar ordenes explícitas a las estaciones móviles para que aumenten o disminuyan su potencia de transmisión. CDMA intenta que todas las señales lleguen con la misma potencia usando dos formas de control: bucle abierto o bucle cerrado. La primera se emplea para cuando la señal recibida por el móvil es alta reducirla y si es baja aumentarla. La segunda de las formas consiste en una realimentación activa desde la estación base indicando al móvil que aumente o disminuya la frecuencia.

Sin embargo, el CDMA tiene tres desventajas principales:

- Primero, la capacidad de un canal CDMA ante la presencia de ruido y de estaciones descoordinadas es típicamente menor de lo que se puede lograr con TDM.
- Segundo, con 128 chips/bit (que es un valor común), aunque la tasa de bits no sea alta, la tasa de chips si lo es, necesitándose un transmisor rápido.
- Tercero pocos ingenieros entienden realmente el CDMA, lo que generalmente no aumenta la probabilidad de que lo usen, aun si es el mejor método para una aplicación en particular. No obstante, el CDMA ha sido usado por los cuerpos armados durante décadas, y ahora se está volviendo más común en aplicaciones comerciales.

Ventajas y beneficios del CDMA

- **Información paquetizada:** las redes basadas en CDMA están construidas con protocolos basados en IP (Internet protocol). En otro tipo de redes, añadir equipo que soporte paquetes de datos y requiera también equipo terminal que lo soporte. El estándar

cdmaOne ya incorpora en sus terminales los protocolos TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet) y PPP (Protocolo punto a punto).

- **Seguridad y privacidad:** la técnica de espectro extendido se utiliza bastante en aplicaciones militares, donde la seguridad de las conversaciones y protección de los datos son cuestiones importantísimas. En un ambiente de negocios también son vitales los aspectos de seguridad y privacidad. Diseñado con alrededor de 4.4 miles de millones de códigos, CDMA virtualmente elimina la clonación de dispositivos y es muy difícil capturar y descifrar una señal.
- **Control del nivel de potencia:** el control de la potencia es otro beneficio de los sistemas de CDMA. Empleando técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc., CDMA supera el problema de la potencia con una serie de ciclos de retroalimentación. Con un control automático de la ganancia en las terminales y una supervisión constante del nivel de señal a ruido y tasas de error en la radio base, picos en el nivel de potencia son regulados con un complejo de circuitos electrónicos que ajusta la potencia a una razón de 800 veces en un segundo. Esto repercute en el ajuste dinámico del tamaño de las celdas.
- **Bajo consumo de potencia y baterías mas duraderas en las terminales:** debido al sistema de retroalimentación de CDMA que mantiene la potencia al mas bajo nivel permisible, las terminales consumen menos potencia y son mas pequeñas, además de que las baterías de CDMA duran mas tiempo que las de TDMA.
- **Amplia cobertura con pocas celdas:** la señal de espectro extendido de CDMA provee gran cobertura en la industria inalámbrica, por lo que permite a los carriers la instalación

de menos celdas para cubrir un área más extensa. Pocas celdas significan para los carriers mucho ahorro en infraestructura de radio-bases.

- **Pocas llamadas Caídas:** la transferencia de celdas (handoff) de CDMA, método para transferir llamadas entre celdas, reduce inteligentemente el riesgo de interrumpirlas durante una transferencia. El proceso conocido como transferencia suave o transparente (soft handoff) entre celdas conduce a pocas llamadas caídas, ya que dos o tres celdas siempre monitorean la llamada. La transferencia entre celdas es transparente a los usuarios debido a que como, estos utilizan el mismo espectro, es más fácil moverse de una celda a otra sin que el suscriptor lo advierta.
- **Ancho de banda en demanda:** el canal de 1.25 MHz de CDMA provee un recurso común a las terminales en un sistema de acuerdo con sus propias necesidades, como voz, fax datos u otras aplicaciones. En un tiempo dado, la porción de este ancho de banda que no utilice una terminal estará disponible para otro usuario. Debido a que CDMA utiliza una porción grande de espectro repartida entre varios usuarios, provee flexibilidad en el ancho de banda para permitir servicios en demanda. Bajo TDMA, donde los canales son fijos y pequeños, esto no es posible. En forma general esta comprobado que CDMA es de tres a seis veces mas eficiente en ancho de banda que TDMA ^[25].

3.3.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO DE BANDA ANCHA (WCDMA).

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha), es la tecnología de interfaz de aire en la que se basa la UMTS

(Universal Mobile Telecommunication System), el cual es un estándar europeo de Tercera Generación (3G) para los sistemas inalámbricos.

La tecnología WCDMA está altamente optimizada para comunicaciones de alta calidad de voz y comunicaciones multimedia, como pueden ser las videoconferencias. También es posible acceder a diferentes servicios en un solo terminal, por ejemplo, podemos estar realizando una videoconferencia y al mismo tiempo estar haciendo una descarga de archivos muy grande, etc.

Puede soportar completamente varias conexiones simultáneas como puede ser una conexión a internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etc.

Aspectos Técnicos de WCDMA:

- 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.
- Utiliza muy eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda, la cual requiere de 2 a 5 MHz por cada capa, lo que quiere decir que una red necesitará de 2 a 15 MHz, en un espectro común de banda de 2GHz.
- Los terminales WCDMA son menos difíciles de fabricar, debido a que requieren muy poca señal de procesamiento, ayudando a mantener bajo costos en los terminales.
- WCDMA soporta conectividad IP permitiendo accesos más rápidos en Internet. La natural sinergia entre las comunicaciones móviles y el acceso a Internet, ha estimulado que estas sean integradas. La tecnología fundamental sobre la cual trabaja IP es Conmutación de Paquetes

- 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. Esta es la forma más eficiente de manejar paquetes de datos incrementando la capacidad de un estándar.
- El nuevo estándar W-CDMA utiliza canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz y hace una utilización muy eficiente del espectro radioeléctrico consiguiendo alcanzar un flujo de datos de hasta 2 Mb/s en áreas locales, que queda reducido a 384 kb/s en áreas de gran extensión, un valor aún muy superior a los 9,6 Kbps actuales que se alcanzan en GSM ^[26].

Características técnicas de la interfaz de radio WCDMA:

- Tasa básica de chip de 4.096 Mcps con espaciado de portadora desde 4.4 a 5 MHz dependiendo del escenario o situación.
- Espaciado múltiple de la portadora de 200 KHz para la capacidad de la Segunda Generación (2G).
- Más altas tasa de chip con 8.192 y 16.384 Mcps
- Tasa variable de esparcimiento para ambas direcciones.
- Bajas y medias tasas de bit con un código simple.
- Altas tasas de bit con soluciones multicódigo.
- Detección coherente en ambos enlaces: hacia arriba y hacia abajo.
- Longitud de la trama de 10 milisegundos (ms) ^[27].
- Operación asíncrona.
- Códigos cortos de esparcimiento y dispersación con códigos opcionales largos en el up link.

- Esparcimiento híbrido (factor variable de esparcimiento más multicódigo) para soportar transmisión a tasa variable.
- Soporte flexible para servicios de tasa variable.
- Separación de datos en la capa 1 y control en diferentes canales físicos
- Tasa de información explícita.
- Rápido control de energía para ambos enlaces: hacia arriba y hacia abajo.

Esta original forma de modulación tiene numerosas ventajas:

- Altas velocidades de transmisión de hasta 2 Mbps, al usar todo el espectro.
- Alta seguridad y confidencialidad debido a la utilización de técnicas que permiten acercarse a la capacidad máxima del canal.(Como por ejemplo: codificadores convolucionales)
- Acceso múltiple de eficacia máxima mientras no coincidan las secuencias de saltos.
- Alta resistencia a las interferencias.
- Posibilidad de trabajar con dos antenas simultáneamente debido a que siempre se usa todo el espectro y lo importante es la secuencia de salto, lo que facilita el handover (proceso de traspaso de la señal de una antena a otra), donde GSM falla mucho.

3.4 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN ORTOGONAL DE FRECUENCIA (OFDMA).

OFDM requiere menos ancho de banda para el mismo número de canales o de usuarios que FDMA, Típicamente, el número de portadoras en OFDM está en el orden de varios miles de portadoras...

Aplicaciones:

OFDM ha sido escogido para los siguientes estándares de comunicación (con pocos nodos y mucha información ó portadoras por nodo) por ser muy robusta ante ambientes con multicamino:

- HiperLan2 (High performance LAN) – 802.11a (Capa Física) para velocidades de transmisión de entre 6 y 54Mbps en la banda de 5Ghz.
- 802.16b - Estándar para redes metropolitanas – MAN
- DAB - Digital Audio Broadcast
- DVB-T - Estándar de Alta definición de TV
- Modems DSL (ADSL, HDSL, VDSL)

DSSS se usa para muchos nodos con poca información y se ha adoptado en:

- IS-95 (Celular Digital 1G)
- 802.11 y 802.11b estándares LAN en 2.45Ghz para 1, 2,5.5 y 11 Mbps.

Ortogonalidad:

- Las portadoras tienen una separación de frecuencias común que corresponde al inverso del período activo del símbolo, el tiempo en el cual se demodula la señal en el receptor

- Esta decisión de espaciamiento de frecuencia es la que asegura la ortogonalidad de las portadoras - pues el demodulador de una portadora “no ve” la modulación de las otras portadoras, y no hay crosstalk entre portadoras a pesar de no haber filtrado explícito entre las mismas y que comparten el mismo espectro. La sincronización de frecuencia es crucial...

Características:

- OFDM separa el espectro existente entre varias subportadoras. Si el ancho de banda del espectro es B , cada subportadora se le asigna B/N , pero la diferencia es que puede haber ya no N (como en FDMA) sino $2N-1$ subportadoras, en el mismo espectro. La separación en subportadoras se hace con la ayuda de la transformada FFT y su inversa, IFFT.
- La estructura de un sistema OFDM, donde el tren de datos se codifica con códigos de bloqueó códigos convolucionales (en cuyo caso se llama a veces COFDM), después se modula con PSK ó QAM el tren codificado de datos de entrada, se le transforma de frecuencia a tiempo con un bloque IFFT, se le agrega un prefijo cíclico que sirve para mantener la ortogonalidad de las frecuencias, y se le pasa por un filtro D/A para transmitir la señal $Sa(t)$ por el canal.

CAPÍTULO 4 GENERACIONES DE TELEFONÍA CELULAR

4.1 PRIMERA GENERACIÓN (1G).

En 1971 se propuso el concepto de celular como un avanzado sistema de comunicación móvil. Esta intrigante idea proponía el reemplazo de las estaciones bases ubicadas en el centro de la ciudad por múltiples copias de tales estaciones de menor potencia distribuidas a lo largo del área de cobertura.

Los primeros sistemas que alcanzan un desarrollo comercial significativo aparecen en los años ochenta: En Europa los sistemas NMT-450 y en EE.UU., el sistema AMPS- “American Mobile Phone System” adaptado en Europa como TACS “Total Access Communication System” empiezan ofreciendo un servicio que tiene, desde el punto de vista de usuario, las características del servicio actual:

1. Posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema.
2. Continuidad de la comunicación al pasar del radio de acción de una estación de base al de la estación contigua

Esta primera generación de telefonía móvil hizo su aparición en 1979, y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad, la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad [basadas en FDMA, “Frequency Divison Multiple Access” y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS “Advanced Mobile Phone System” ^[28].

El siguiente cuadro muestra algunos sistemas de telefonía celular empleados durante la primera generación:

| Sistema | País | No. de Canales | Espaciado (Khz.) |
|---------------|--------------|----------------|------------------|
| AMPS | EE.UU. | 832 | 30 |
| C-450 | Alemania | 573 | 10 |
| ETACS | Reino Unido | 1240 | 25 |
| JTACS | Japón | 800 | 12.5 |
| NMT-900 | Escandinavia | 1999 | 12.5 |
| NMT-450 | Escandinavia | 180 | 25 |
| NTT | Japón | 2400 | 6.25 |
| Radiocom-2000 | Francia | 560 | 12.5 |
| RTMS | Italia | 200 | 25 |
| TACS | Reino Unido | 1000 | 125 |

Tabla 1. Sistemas de telefonía celular 1G

AMPS: Desarrollado por los Laboratorios Bell AT&T. Funciona en la banda de los 800 MHz.

EAMPS: “Extended AMPS” (AMPS extendido). Aumenta la capacidad del AMPS.

NAMPS: “Narrowband AMPS” (AMPS de banda estrecha). Desarrollado por Motorola a partir del EAMPS, siendo un sistema a medio camino entre el analógico y el digital.

C-450: Sistema sudafricano ahora conocido por “Motorphone System 512”.

C-Netz: Antiguo sistema que funcionaba en la banda de 450 MHz usado en Alemania y Austria.

Comvik: Otra víctima de la estandarización con la llegada del GSM, nació en Suecia en 1981 fue discontinuado en 1996.

NMT 450: “Nordic Mobile Telephones” Sistema Nórdico de Telefonía Móvil, desarrollado por Nokia y Ericsson para entornos nórdicos, funcionaba a 450 MHz: También se implantó en España, durante los '80, por la operadora MoviLine.

NMT 900: El sistema NMT “Nordic Mobile Telephony” surgió en los países escandinavos en 1981, es ideal para cubrir la mayor extensión de terreno con la menor inversión. Esta versión NMT 900 permite un mayor número de canales. Heredero del anterior, empleaba la banda de 900 MHz, para permitir mayor capacidad y terminales más pequeñas.

NMT-F: Versión francesa del anterior.

NTT: “Nippon Telegraph & Telephone”. Desarrollado por la empresa telefónica japonesa, ha sido el estándar analógico en esta zona. Apareció una versión de alta capacidad llamada HICAP.

RC2000: Radiocom. 2000. Sistema francés que entró en funcionamiento a finales de 1985.

TACS: “Total Access Communications System”. Se desarrolló en Inglaterra el año 1985 por parte de Motorola, operando en la banda de 900 MHz. El sistema TACS 900 adaptado, deriva del sistema analógico AMPS americano desarrollado por los laboratorios Bell y comercializado en EE.UU. en 1984. Con este sistema se obtiene una mejor calidad del servicio, Además precisa de equipos más pequeños y baratos.

El sistema TACS (Total Access Communications System) 900 conocido como TMA 900, es del mismo tipo que el anterior, analógico multicanalizado en frecuencia, pero diferente por utilizar una tecnología mucho más avanzada y barata, dando mejor calidad de audio, así como una mejor conmutación al pasar de una a otra célula, ya que la señalización se realiza fuera de banda, al contrario que NMT, que lo hace dentro de ella,

resultando casi imperceptible el ruido para el usuario, sin embargo sus estaciones base cubren un intervalo menor. Emplea la banda de frecuencia de los 900 MHz y cada MHz se divide en 40 semicanales de 25 KHz., por lo que resulta extremadamente útil, por su gran disponibilidad de canales, para cubrir áreas urbanas. Dispone de 1320 canales duplex, de los que 21 se dedican exclusivamente a control (señal digital) y el resto para voz (señal analógica).

ITACS: “International TACS”. Versión mejorada del TACS con un sistema de control mejorado.

ETACS: “Extended TACS”. Sustituto del TACS.

JTACS: “Japan TACS”. Es una versión del TACS desarrollada especialmente para Japón.

IETACS: “International ETACS”. Una variación menor del ETACS, que aporta más flexibilidad.

NTACS: “Narrowband TACS”, TACS de banda estrecha. Triplica la capacidad del ETACS sin pérdida de calidad de la señal.

Calculo de dimensionamiento en sistemas de 1ra generación.

En los sistemas de “trunking” se efectúa el dimensionamiento en función del grado de servicio (GOS), definido como producto de la probabilidad de espera por la probabilidad de que el tiempo de espera supere un valor dado. Generalmente este valor es la duración media de la llamada.

Para los sistemas públicos celulares que trabajan en régimen de llamadas perdidas, el procedimiento es similar, en principio al que se aplica en las redes de telecomunicaciones convencionales. Ahora bien deben considerarse algunos efectos propios de la movilidad de las terminales como son:

- Acortamiento de la duración media de la llamada percibida desde la estación base, pues algunos móviles abandonarán la celda en el curso de la llamada.
- Aumento de la tasa efectiva de llamadas entrantes para los móviles que acceden a la celda con una llamada en curso.
- Interrupción forzada y prematura de algunas llamadas cuando, al efectuarse la transferencia a una celda vecina, no hay en ésta canales libres.

Por lo que, la metodología que puede seguirse para el dimensionamiento, según una estrategia de asignación fija de los recursos, en la cual se asigna de modo permanente un juego de canales a cada celda, el cual repite al cabo de la distancia de reutilización. Puede aumentarse el número de móviles o reducirse la tasa global de bloqueo, haciendo uso de una estrategia de asignación dinámica, en virtud de la cual una celda con todos sus radio canales ocupados puede pedir prestadas una o más frecuencias a alguna de sus células vecinas con el fin de satisfacer una petición de comunicación en su ámbito.

4.1.1 SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL AVANZADA (AMPS).

En la figura 4.1.1.1 se muestra la arquitectura AMPS:

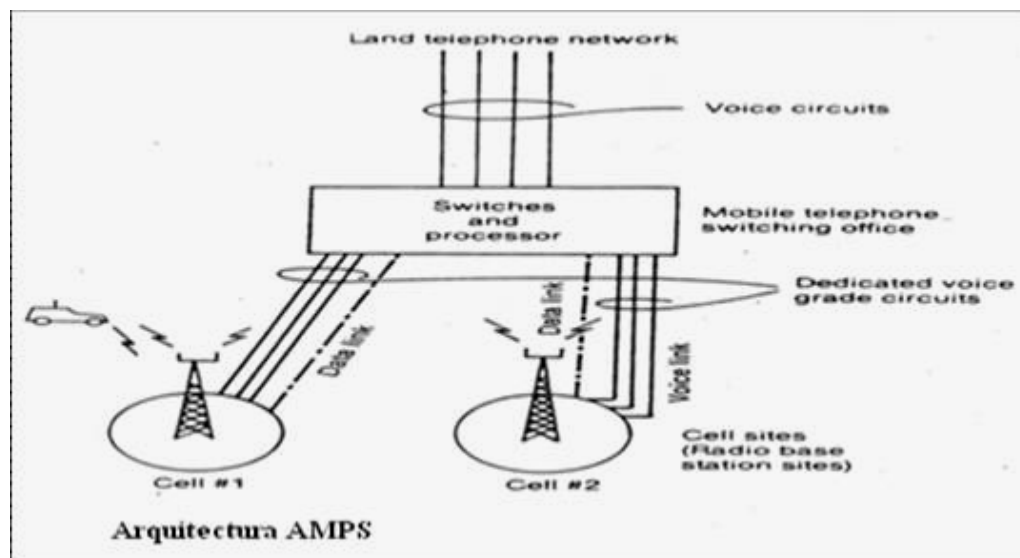


Fig. 4.1.1.1 arquitecturas AMPS

En la arquitectura AMPS se puede diferenciar tres componentes principales: estación base, estación móvil y centro de conmutación para la telefonía móvil.

Centro de conmutación (MSC): El MSC constituye el interfaz entre el sistema de radio y el sistema de telefonía pública. Todas las llamadas desde y hacia el usuario móvil son conmutadas desde la MSC además de proveer de todas las funciones de señalización necesarias. El MSC está

vinculado a las estaciones base mediante un grupo de líneas de voces y dos o más líneas de datos, por los cuales intercambian información para el procesado de llamadas. Además se encarga también de la tasación de la llamada indicando día n° llamado y tiempo. En resumidas cuentas las funciones más importantes del centro de conmutación móvil son:

- Establecer llamadas
- Asignar canales
- Termina llamadas
- Interconecta con la red publica
- Tarifa

Estación base: en la figura 4.1.1.2 se muestran los componentes principales de le estación base.

Los componentes de la estación base son:



Fig. 4.1.1.2 componentes de la estación base

- Interfaz de Radio: Medio para la señal entre el MSC y la BS
- Grupo de canales de radio que a su vez está formado por varios componentes:
 1. Unidad de canal: empleadas para cursar una única llamada telefónica por vez
 2. Transmisores receptores

3. Receptor de intensidad del canal:
4. Oscilador de referencia
5. Probador de canal
6. Unidad de monitoreo de potencia
7. Sistema de antena
8. Unidad de control: constituye la parte inteligente de la unida de canal. La unidad de control no maneja las señales de voz
9. Unidad de canal de respaldo: La célula es incapaz de proporcionar cualquier servicio cuando su canal de control no está en operación
Siempre que un canal de control llega a caer en falla, un canal de voz predefinido se encarga automáticamente de las funciones del canal de control.

Estación móvil: La unidad móvil, o estación móvil (MS), es el equipo de abonado, que tiene un receptor y un transmisor así como una unidad lógica para la señalización con la estación base.

Parámetros de un sistema AMPS

Los principales parámetros de un sistema AMPS son:

- Tolerancia en la ubicación de la estación base: Este nivel decrece gradualmente a medida que la tolerancia de la posición se incrementa de 0 a $\frac{1}{4}$ del radio de la celda, pero decrecienta rápidamente más allá de este punto de quiebre. Por lo tanto la tolerancia fue determinada en $\frac{1}{4}$ del radio de la celda.
- Radio máximo de la celda
- Radio mínimo de la celda: Esta definido en una milla (1.6 Km.), el limite lo dan la instalación correcta de las estaciones base y el proceso de hand-off, transferencia de llamadas entre celdas.
- Tasa de reuso co-canal: D/R tiene impacto tanto en la calidad como en la capacidad del sistema.

Interfaces del sistema

Los dos interfaces de la tecnología AMPS son los que a continuación se describen:

- Interfaz de red: El sistema AMPS esta diseñado para atender al usuario dentro de una determinada área (ALM: área local móvil o Área de servicio Móvil MSA). Cuando el usuario esta dentro de esa área se le llama home mobile y cuando esta fuera visitante o roamer. El usuario móvil tendrá un número telefónico, asignado según un plan de numeración estándar, con el fin de poder acceder a la red. El mismo habilita al sistema para conectarse con la red a través del uso de técnicas de señalización.
- Interfaz de usuario: La información de start up (digital) lleva la identificación del usuario llamante así como los dígitos pregrabados del abonado llamado. La mejor ventaja del

prellamado es que no se ocupan los canales de radio hasta no enviar los datos mediante la tecla send.

4.2 SEGUNDA GENERACIÓN (2G).

Las redes de 2G presentaron una mayor capacidad con respecto a los de la primera. Gracias a las técnicas de división por código o tiempo, fue posible dividir un canal de frecuencia para ser utilizado simultáneamente por varios usuarios. La estructura de las células también se modificó: el área de cobertura se dividió en macro, micro y pico células, lo cual aumenta la capacidad de los sistemas

La segunda generación 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital, se buscaba también terminar definitivamente con la clonación de señales, El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad ^[29]. Las tecnologías predominantes son:

- GSM Sistema Global para Comunicaciones Móviles. “Global System for Mobile Communications”,
- IS-136 conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136. Éstos dos primeros basados en TDMA
- IS-95 basado en CDMA Acceso múltiple por división de código “Code Division Multiple Access”.
- PDC Comunicaciones Digitales Personales “Personal Digital Communications”.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS (Servicio de Mensajes Cortos “Short Message Service”). La mayoría de los protocolos de segunda generación ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a éstos como PCS (Servicios de Comunicaciones Personales “Personal Communications Services”).

La principal ventaja de los teléfonos de segunda generación sobre sus predecesores analógicos son su gran capacidad y menor necesidad de carga de batería. En otras palabras, ellos satisfacen a los usuarios asignando una frecuencia consumiendo menos potencia, al requerirse menos energía y potencia, los teléfonos móviles se vuelven más pequeños y cómodos.

Con la tecnología digital TDMA, el usuario utiliza todo el ancho de banda del canal de frecuencia asignado para él, lo que permite, ahora sí, incrementar la oferta del servicio a un número mayor de clientes.

Un servicio adicional que verdaderamente hizo muy eficiente y atractivo el uso de la telefonía celular de segunda generación, sea con tecnología CDMA o con TDMA, fue la ampliación de la cobertura del “Roaming.” Mientras que en la primera generación, los usuarios que se trasladaban a otra ciudad tenían que tramitar otro número telefónico y se les asignaba temporalmente otro aparato para poder hacer sus llamadas. Con la segunda generación se logró la interoperabilidad de las empresas telefónicas, las empresas hablaban un lenguaje común para que los celulares, independientemente del lugar de origen y contrato, pudieran interconectarse y establecer el intercambio de señal: el Roaming Global.

Una tendencia mundial, si bien no generalizada, consiste en que todas las líneas telefónicas de celulares trabajen bajo los mismos estándares y tecnologías a fin de que independientemente de la ciudad o el país donde se encuentre el cliente, pueda continuar con su servicio. Cuando un usuario se encuentra en otro país, al iniciar el marcado del número telefónico, un canal de comunicación paralelo integrado al aparato y a la línea empieza a buscar una empresa que le pueda dar el servicio y antes de que el usuario marque “send” y se realice la conexión, éste encuentra a la empresa que le va a dar el servicio. Esto fue posible gracias a la tecnología digital y a los estándares de interoperabilidad.

Cobertura en los sistemas 2G.

Como los tamaños de las celdas son cada vez más reducidos, pasando de miniceldas de 2Km (GSM) a microceldas de unos 500m (DCS-1800) y picoceldas de 50m (DECT), es necesario mejorar la precisión de las predicciones. En efecto, un error de cálculo de cobertura de 100m puede ser admisible en una minicelda, pero no en una picocelda. Por otro lado, se exige la cobertura en entornos especiales: túneles viarios, estacionamientos subterráneos, interiores de edificios, etc., lo que conlleva la caracterización de estos nuevos entornos. También adquiere cada vez más importancia la caracterización del canal en banda ancha para la optimización de la operación. Debe subrayarse que los operadores, una vez superada la fase de despliegue de la red móvil, deben consolidar sus objetivos de calidad-cobertura, con un análisis más detallado de las perturbaciones para compensar sus efectos y mejorar la calidad de las telecomunicaciones.

4.2.1 SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM).

En 1982, un gestor público de servicios de telefonía móvil de los países nórdicos (Nordic PTT) envió una propuesta al CEPT (Conference Européenne de Postal et Télécommunications) para la implantación de un servicio común de telefonía móvil europeo en la frecuencia de los 900 MHz. El CEPT decidió entonces formar el Groupe Speciale Mobile (del que proviene el nombre GSM) con el fin de desarrollar un Standard europeo para las comunicaciones celulares. Actualmente el acrónimo GSM está para Global System for Mobile Communication, donde se ha querido utilizar el término global a causa de la adopción de este standard en cada continente del planeta.

Los primeros servicios comerciales fueron lanzados a mediados de 1991, y en 1993 estaban ya operativos 36 redes GSM en 22 países. A pesar de que se haya estandarizado ya en Europa, el sistema GSM no es sólo un standard europeo, de hecho hay redes GSM operativas o planificadas en 1996 en otros 100 países de todo el mundo. El aumento de los abonados ha sido vertiginoso

GSM: INTRODUCCIÓN TÉCNICA

A diferencia de lo que sucede en la red telefónica fija, en la que el Terminal de cada usuario está conectado a la red mediante un punto de acceso particular, en una red radio-móvil, el abonado puede desplazarse por cualquier punto de la misma. Por tanto, los datos relativos al abonado deben ser memorizados en una base de datos que se pueda consultar y actualizar desde cualquier punto de la red. Para aprovechar al máximo el ancho de la banda disponible, con el fin de servir a más usuarios a la vez en un mismo sector, el sistema se estructura subdividiendo el área de servicio (Service area) en zonas delimitadas llamadas celdas. Cada celda tiene una Estación

Radio Base (BTS) que opera en un set de canales radio, La unión de las celdas, que en su conjunto utilizan todo el espectro radio disponible, se llama cluster.

Las bandas de frecuencia en las que trabaja son:

- Transmisión de la estación móvil: 890-915 MHz
- Transmisión de la estación base: 935-960 MHz

Tiene una separación dúplex de 45MHz y tiene una separación de canales de 200 KHz la potencia nominal de las estaciones móviles puede ser de diversos tipos debido a que hay 5 tipos diferentes y sus valores son: 0,8, 2, 5, 8 o 20 W. En el caso de las estaciones base tendremos 7 posibles valores, cada uno asignados a los 7 tipos de estaciones base existentes, y que van desde 2,5 a 320 W.

GSM tiene una estructura celular y reutilización de manera que pueden utilizarse celdas convencionales de radio variable 35Km (zonas rurales) y 1 Km. (zonas urbanas). En regiones en elevada densidad de tráfico pueden sectorizarse las celdas mediante el empleo de antenas direccionales. La reutilización posible equivale a una agrupación de 9 o 12 celdas o bien 7 celdas para uso omnidireccional.

El método utilizado por el GSM para administrar las frecuencias es una combinación de dos tecnologías: el TDMA (Time Division Multiple Access) y el FDMA (Frequency Division Multiple Access). El FDMA divide los 25 MHz disponibles de frecuencia en 124 canales con una anchura de 200 kHz y una capacidad de transmisión de datos de alrededor 270 Kbps. Una o más de estas frecuencias es atribuida a cada estación base y dividida de nuevo en cuestión de tiempo, utilizando el TDMA, en ocho espacios de tiempo (timeslots). El terminal utiliza un timeslot para

recepción y otro para emisión. Ellos están separados temporalmente para que el móvil no reciba y transmita al mismo tiempo. Esta división de tiempo también es denominada full rate. Las redes también pueden dividir las frecuencias en 16 espacios, proceso designado half-rate, pero la calidad de transmisión es inferior.

La voz es codificada de una forma compleja, para que los errores en la transmisión puedan ser detectados y corregidos. Luego es enviada en los timeslots, cada uno con una duración de 577 milisegundos y una capacidad de 116 bits codificados ^[30]. Cada terminal posee una agilidad de frecuencia, pudiendo desplazarse entre los timeslots utilizados para el envío, recepción y control dentro de un frame completo. Asimismo, un teléfono móvil verifica otros canales para determinar si la señal es más fuerte y cambiar la transmisión para los mismos, si la respuesta es afirmativa. En cuanto a la seguridad GSM dispone capacidades de Cifrado de las comunicaciones de voz y datos y un completo sistema de autenticación para el acceso al sistema por parte de los terminales.

LA ARQUITECTURA GSM

La arquitectura de base del sistema GSM prevé cuatro subsistemas principales cada uno de los cuales contienen un cierto número de unidades funcionales y está interconectado con el otro mediante interfaces Standard que se describirán a continuación.

En la figura 4.2.1 se muestran los subsistemas principales de red y los elementos que lo componen GSM:

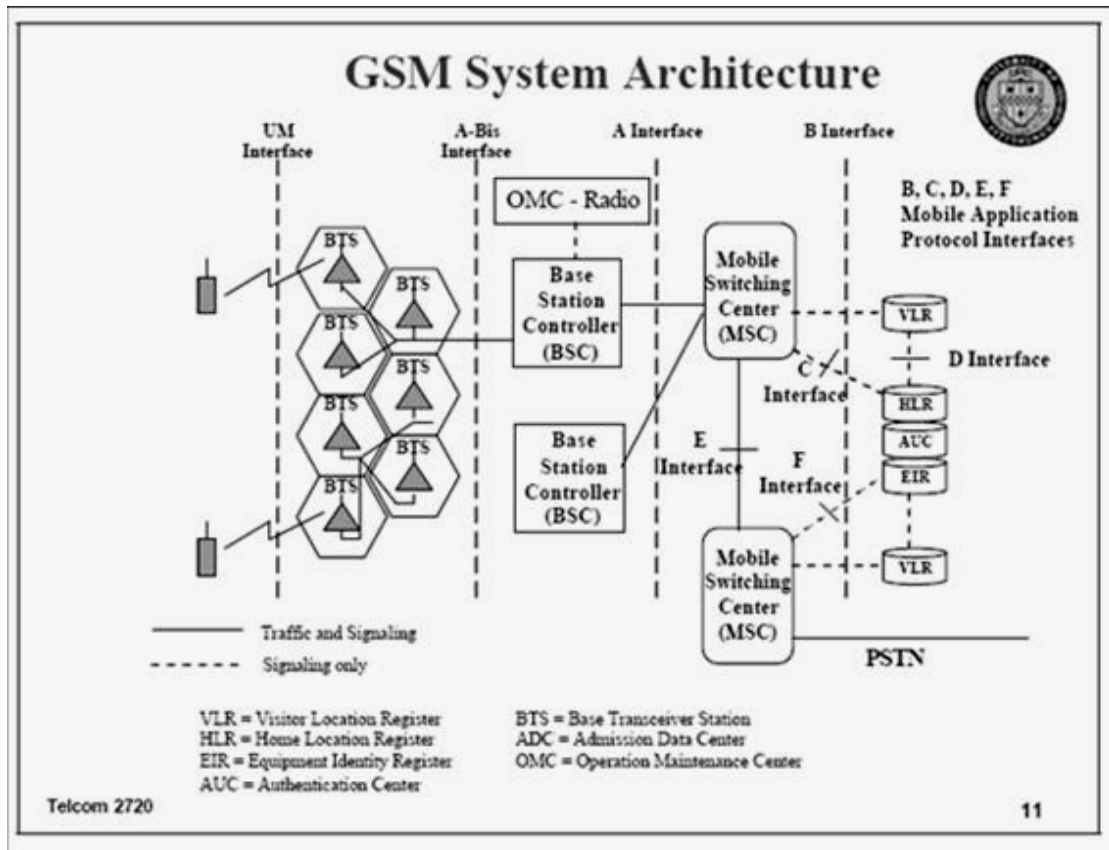


Fig. 4.2.1.1 Arquitectura GSM.

- Estación móvil MS (Mobile Station).
 - Equipo móvil ME (Mobile Equipment).
 - Modulo de identidad de suscriptor SIM (Subscriber Identity Module).
- Subsistema de estación base BSS (Base Station Sub-System).
 - Controlador de estación base BSC (Base Station Controller).
 - Estación base BTS (Base Transceiver Station).

- Subsistema de red NSS (Network Sub-System).
 - Central de conmutación móvil MSC (Mobile Switching Center)
 - Registro de posición base HLR (home location register)
 - Registro de posición visitante VLR (Visitor Location Register).
 - Centro de autenticación AUC (Authentication Center).
 - Registro de identificación de equipo EIR (Equipment Identity Register).
- Centro de administración de red NMC (Network Management Center).
 - Centro de operación y mantenimiento OMC (Operation and Maintenance Center).

La estación móvil es el terminal radio móvil transportado por el abonado. El Subsistema de estación base se ocupa del control de la conexión radio con el MS. El subsistema de red realiza la conmutación de las llamadas entre redes móviles y la red fija o hacia otras redes radio móvil y se ocupa además de la supervisión de la movilidad de los abonados. Desde el centro de administración de red se pueden controlar todas las operaciones en curso, además de efectuar la configuración de la red.

ESTACIÓN MÓVIL (MS)

La estación móvil está formada por el equipo móvil (el terminal GSM) y por el módulo de identidad de suscriptor (SIM), una pequeña tarjeta dotada de memoria y microprocesador, El SIM está protegido por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN o Personal Identification Number. La mayor ventaja de las tarjetas SIM es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de terminal y llevarse consigo el SIM. Una vez que se introduce el

PIN en el terminal, el terminal va a ponerse a buscar redes GSM que estén disponibles y va a tratar de validarse en ellas, una vez que la red (generalmente la que tenemos contratada) ha validado nuestro terminal el teléfono queda registrado en la célula que lo ha validado.

EQUIPO MÓVIL (ME)

El equipo móvil está inequívocamente identificado dentro de cualquier red GSM por el International Mobile Equipment Identity (IMEI). El IMEI es un número de 15 cifras y tiene la siguiente estructura; $IMEI = TAC / SNR / sp$

Donde:

TAC = Type Approval Code, determinado por el cuerpo central del GSM (6 CIFRAS).

FAC = Final Assembly Code, identifica al fabricante (2 cifras).

SNR = Serial Number (6 cifras).

Sp = Cifra suplementaria de reserva (1 cifra).

Una peculiaridad de los MS está formada por la capacidad de variar la potencia de emisión de la señal sobre el canal radio de forma dinámica en 18 niveles, con el fin de poder mantener en cada momento la potencia de transmisión óptima, limitando así las interferencias co-canal inducidas sobre las celdas adyacentes y por tanto reduciendo los consumos del Terminal.

SUBSISTEMA DE ESTACIÓN BASE (BSS)

El Subsistema de estación base BSS controla la interfaz radio. Está compuesto por una o más Base Transceiver Station (BTS) y por un Base Station Controller (BSC). Además el BSC está conectado al Mobile Switching Center (MSC).

BASE TRANSCEIVER STATION

El Base Transceiver Station aloja todos los receptores transmisores que sirven una celda y que se interesan por recibir y enviar información al canal radio, abasteciendo una interfaz física entre la estación móvil y el BSC.

CONTROLADOR DE ESTACIÓN BASE (BSC)

El Base Station Controller gobierna los recursos radio para una o más BTS, controlando la conexión entre las BTS y las MSC (centrales de conmutación que proporcionan la conexión a la red física y a otras redes), y además gestionando los canales radio, la señal, el frequency hopping y los handover. En particular permite:

- La gestión y configuración del canal radio: para cada llamada tiene que elegir la celda correcta y una vez en su interior seleccionar el canal radio más apto para efectuar la conexión.
- La gestión de los handover: sobre la base de las medidas recibidas por el BTS, decide cuando efectuar el handover, es decir el cambio de celda cuando el usuario se desplaza durante una conversación dentro del área de cobertura de su competencia.
- Funciones de transcodificación de los canales radio Full Rate (16 kbps) o Half rate (8 kbps) en canales a 64 kbps.

SUBSISTEMA DE RED (NSS)

El Network Sub-System explica las funciones de conmutación para la conexión con otros abonados de la red fija o móvil mediante la MSC y las funciones de database, distribuidas en 4

nodos inteligentes (HLR, VLR, AUC, EIR) para la identificación de los terminales y de los usuarios, la actualización de su posición, la autenticación y conducción de las llamadas a un abonado en roaming.

CENTRAL DE CONMUTACION MOVIL (MSC)

La central de conmutación móvil (SMC) es el elemento central del NSS. Se ocupa, basándose en las informaciones recibidas desde el NLR y desde el VLR, de la conducción (routing) y gestión de la señal de todas las llamadas directas y provenientes desde varios tipos de redes, Implementa además las funciones de gateway con los otros componentes del sistema y de gestión de los procesos de handover, conmutando las llamadas en curso entre BSC diferentes o hacia otro MSC.

Otras funciones fundamentales de los MSC se describen a continuación:

- Autenticación del que llama; la identificación de la MS que ha efectuado la llamada es necesaria para determinar si el usuario está habilitado para disfrutar del servicio.
- Confidencialidad acerca de la identidad del usuario:
- Proceso de handover

REGISTRO DE POSICIÓN BASE (HLR)

Cuando un usuario suscribe un nuevo abono a la red GSM, todas las informaciones para su identificación se memorizan en la HLR. El registro de posición base (HLR) contiene toda la información administrativa sobre el cliente del servicio y la localización actual del terminal. Es a través del HLR que la red verifica si un móvil que se intenta ligar posee un contrato de servicio válido. Si la respuesta es afirmativa el MSC envía un mensaje de vuelta al terminal informándole

que está autorizado a utilizar la red. El nombre de la operadora aparece entonces en pantalla, informando que se puede efectuar y recibir llamadas. Cuando el MSC recibe una llamada destinada a un móvil él va al HLR verificar la localización. Paralelamente, el terminal de tiempos a tiempos envía un mensaje para la red, para informarla del sitio donde se encuentra (este proceso es denominado polling). Dentro del HLR los abonados son identificados por el número:

$$\text{MSISDN} = \text{CC} / \text{NDC} / \text{SN}$$

Donde:

CC = *Country Code*, prefijo internacional (el CC italiano es 39).

NDC = *National Destination Code*, prefijo nacional del abonado sin el Cero.

SN = *Subscriber Number*, número que identifica al usuario móvil.

REGISTRO DE POSICIÓN VISITANTE (VLR)

El Registro de posición visitante (VLR) es un database que memoriza de modo temporal los datos de todos los abonados que se encuentran en un área geográfica bajo su control. Estos datos se piden al HLR perteneciente al abonado.

CENTRO DE AUTENTIFICACIÓN (AUC)

El centro de autenticación es una función del sistema que se ocupa de verificar si el servicio ha sido solicitado por un abonado legítimo, proporcionando ya sea los códigos para la autenticación como la clave, para proteger tanto al abonado como al operador de red, de intrusiones del sistema por parte de terceros. Si un utilizador posee restricciones en las llamadas internacionales el VLR impide que estas sean hechas, bloqueándolas y enviando un mensaje de vuelta al teléfono móvil informando al utilizador. El mecanismo de autenticación verifica la legitimidad de la SIM sin transmitir sobre el canal radio las informaciones personales del abonado,

como IMSI y llaves de clave, a fin de verificar que el abonado que está intentando el acceso sea el verdadero y no un clon.

REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO (EIR)

El Registro de identificación de equipo es un database que verifica si un Mobile Equipment (ME) está autorizado o no para acceder al sistema. El Equipment Identity Register (EIR) y el Authentication Center (AC) son utilizados ambos para garantizar la seguridad del sistema. El EIR posee una lista de IMEI de terminales que han sido declarados como robados o que no son compatibles con la red GSM. Si el teléfono móvil está en esa lista negra, el EIR no permite que se conecte a la red. Dentro del AC hay una copia del código de seguridad del SIM. Cuando ocurre la autorización el AC genera un número aleatorio que es enviado para el móvil. Los dos aparatos, de seguida, utilizan ese número, junto al código del SIM y un algoritmo de encriptación denominado **A3**, para crear otro número que es enviado de nuevo para el AC. Si el número enviado por el terminal es igual al calculado por el AC, el utilizador es autorizado a usar la red.

CENTRO DE ADMINISTRACIÓN DE RED (NMC)

CENTRO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (OMC)

El centro de operación y mantenimiento tiene las siguientes funciones:

- Acceso remoto a todos los elementos que componen el network GSM (BSS, MSC, VLR, HLR, EIR y AUC).

- Gestión de las alarmas y del estado del sistema con posibilidad de efectuar varios tipos de test para analizar las prestaciones y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Recogida de todos los datos relativos al tráfico de los abonados necesarios para la facturación.
- Supervisión del flujo de tráfico a través de las centrales e introducción de eventuales cambiantes del flujo mismo.
- Visualización de la configuración del network con posibilidad de cambiarla por control remoto.
- Administración de los abonados y posibilidad de poder conocer su posición dentro del área de cobertura.

SERVICIOS QUE GSM OFRECE AL USUARIO

Los servicios básicos de telecomunicación que GSM ofrece al los usuarios se dividen en dos categorías principales:

- Teleservicios: aquellos que permiten al abonado comunicarse con otro abonado.
- Servicios portadores: permite al abonado móvil el envío de datos.

SERVICIOS BÁSICOS

Algunos de los Teleservicios básicos de la red GSM son:

- Voz: capacidad de recibir y de enviar llamadas hacia o desde todo el mundo tanto con abonados fijos como con abonados móviles.
- Llamadas de emergencia: posibilita al abonado hacer llamadas de emergencia pulsando un botón aún sin contar con la tarjeta SIM.
- Fax.

- Servicios de mensajes cortos: es posible enviar un mensaje de hasta 160 caracteres desde y hacia un terminal móvil. Si el móvil no está conectado o fuera de cobertura, el mensaje se almacena en la central de mensajes hasta que el abonado se conecte, avisándoles de la existencia de dicho mensaje.
- Buzón de voz: consiste en un contestador incorporado en la red y controlado por el abonado. Las llamadas pueden ser desviadas al buzón del abonado accediendo posteriormente a él con un código personal.
- Buzón de fax: permite al usuario recibir mensajes de fax en cualquier máquina a través de su móvil.
- Voz y fax alternados: permite que durante una llamada el abonado intercambie entre voz y fax. Se pueden conmutar varias veces.

SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Los servicios elaborados ya sean completando o modificando los tele-servicios y los servicios portadores se denominan servicios suplementarios, de los que se pueden destacar:

- Desvío de llamada: facilidad para desviar llamadas entrantes a otro número según sea la situación (móvil apagado, ocupado, no contesta...) todo sin necesidad de apagar el móvil.
- Restricción de llamadas salientes: se puede activar o desactivar desde el terminal, pudiendo restringir todas las llamadas salientes, las llamadas salientes internacionales o bien las llamadas salientes internacionales de la propia red PLMN (Red Pública Móvil).
- Restricción de llamadas entrantes: se pueden restringir todas las llamadas o solo aquellas que procedan de la red PLMN propia. Esto permite al usuario no pagar por las llamadas entrantes sin apagar el equipo.

- Aviso de tarifa: proporciona información de la tarifa de llamada en progreso ya que hay algunos tramos que paga el abonado que recibe la llamada.
- Llamada en espera: notificar al usuario a través del móvil que tiene una llamada que puede rechazar, contestar o ignorar.
- Multiconferencia: permite al abonado establecer una conversación desde tres a seis abonados al sistema.

DESVENTAJAS DE GSM

Como todo estándar tiene beneficios también tiene sus inconvenientes como pueden ser:

- Pérdidas debido a la distancia porque la potencia entregada a la antena disminuye con respecto a la distancia y a la frecuencia de la transmisión. A mayor frecuencia mayor pérdida.
- Desvanecimiento debido a la existencia de obstáculos físicos (montañas, edificios, árboles...).
- Desvanecimiento total: la señal necesita ser recibida con un mínimo de fuerza, bajo ese umbral la información se pierde, este valor de umbral se llama Sensibilidad del Receptor.
- Alineamiento temporal: El TDMA requiere que la estación móvil transmita sólo en el intervalo de tiempo asignado y que permanezca en silencio el resto del tiempo. De otro modo interfiere con otras transmisiones que usan el mismo canal. Si el móvil se aleja de la estación, la información tarda más tiempo en llegar. Como consecuencia, el móvil demora en responder, haciendo uso de tiempo destinado a otras transmisiones, interfiriéndolas.
- Dispersión en el tiempo: solo aparecen en la transmisión digital ya que el receptor se confunde al recibir simultáneamente un 0 y un 1 que si bien han sido enviados por separado y secuencialmente, el segundo ha tomado una ruta más rápida que el primero,

llegando ambos al mismo tiempo.

VENTAJAS DE GSM

La arquitectura abierta de GSM ofrece una compatibilidad superior con sistemas, equipos y aplicaciones desarrolladas alrededor del mundo. Las principales ventajas y beneficios son:

- Seguridad, privacidad y flexibilidad: a través de la tarjeta SIM que lleva cada teléfono, el usuario obtiene una mayor flexibilidad en la manera como usa sus teléfono sin perder la seguridad y privacidad de sus comunicaciones.
- Innovación constante: los avances más populares e importantes en la comunicación así como en los servicios de valor agregado más exitosos se han dado en las redes GSM.
- Roaming universal: en el futuro los fabricantes de teléfonos construirán unidades que puedan operar en todas las cuatro frecuencias brindándole una verdadera experiencia de roaming universal.
- Terminales: los modelos GSM ofrecen más beneficios, funciones y diseños más atractivos. Estos celulares son más económicos comparados con los TDMA y CDMA, gracias a las economías de escala que otorga fabricar para el 70% de los suscriptores de telefonía celular del mundo.
- Uso más eficiente de la banda de frecuencias: uso radio frecuencia digital en vez de analógica.
- Mayor calidad de voz usando en este caso digitalización de 13 bits muestreada a 8KHz y empleando complejos codificadores de voz.
- Más confiabilidad: eficiente control de errores durante la transmisión por aire, usando codificación por bloque para el 20% más importante de bits, seguida de codificación

convencional al 70% dejando el 30% restante sin codificar.

- Seguridad: necesidad de tener una comunicación libre de interferencias sin pérdidas en la cobertura minimizando posibles inconvenientes propios de un enlace en movimiento.
- Mejorar el proceso de traspaso de la transmisión de una celda a otra (Handoff): el teléfono envía constantemente datos acerca de la recepción de su celda y de las celdas vecinas proporcionando información para evaluar mejor el traspaso y hacerlo más confiable, independiente de la velocidad del móvil.

4.3 GENERACIÓN 2.5 (2.5G).

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas segunda generación tales como GPRS “General Packet Radio System”, HSCSD “High Speed Circuit Switched Data”, EDGE “Enhanced Data Rates for Global Evolution”, IS-136B, IS-95B, entre otros. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizarse a los sistemas de tercera generación.

La generación 2.5 esta basada en tecnología para la transmisión de señales, incluyó un protocolo similar al usado en Internet, lo que concretó un importante paso para Internet móvil, de esta forma, surgieron diversos protocolos de telecomunicación para la transmisión de datos, tanto para la telefonía móvil como en Internet inalámbrico, éstos son el Wireless Access Protocol, WAP por sus siglas en inglés y el Bluetooth; los cuales están considerados como protocolos estandarizados para transmitir señales sin necesidad de cables.

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (“carriers”) se movieron a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. La división entre 2G y 2.5G no está definida por completo.

4.3.1 SERVICIO GENERAL DE PAQUETES DE RADIO (GPRS).

Hoy en día el número de usuarios de telefonía móvil y de Internet ha crecido impresionantemente, por eso surgió la necesidad de fusionar ambas redes. GPRS (Global Packet Radio Service) está basado en GSM, GPRS es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes', al contrario de GSM que utiliza conmutación de circuitos. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz. El acceso a la red de paquetes se lleva al nivel del usuario del móvil a través de protocolos como los TCP/IP (Transmission Control Protocol), X.25, y CLNP (Connectionless Network Protocol).

El servicio GPRS permite la transmisión de paquetes en modalidad link by link, es decir, los paquetes de información se encaminan en fases separadas a través de los diversos nodos de soporte del servicio, denominados GSN (Gateway Support Node). Por ejemplo, una vez que un paquete ha sido transmitido por el interfaz de radio), se vuelven a liberar los recursos, que así pueden ser utilizados por algún otro usuario y el paquete se vuelve a enviar sucesivamente de nodo a nodo hacia su destino.

El servicio GPRS, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

- Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos (por ejemplo, aplicaciones interactivas).

- Transmisión intermitente de tráfico de datos (por ejemplo, aplicaciones en las que el tiempo medio entre dos transacciones consecutivas es de duración superior a la duración media de una única transacción.)

Como por ejemplo:

- RTI (Road Traffic Informatics)
- Telemetría
- Tele alarma
- Control del tráfico ferroviario
- Acceso a internet usando la WWW (World Wide Web).

Propiedades de GPRS

Las dos características principales de la tecnología GPRS son:

- Los canales se comparten entre varios usuarios: En GPRS los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta tecnología. La mayoría de estos terminales soportarán también GSM, por lo que podrá realizar sus llamadas de voz utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a Internet, WAP,...) tanto con GSM como con GPRS.
- Obtiene mayor velocidad y eficiencia de la red: Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de

transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps ^[31] por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red.

Arquitectura GPRS

Podemos describir la arquitectura GPRS mediante el la figura 4.3.1.1.

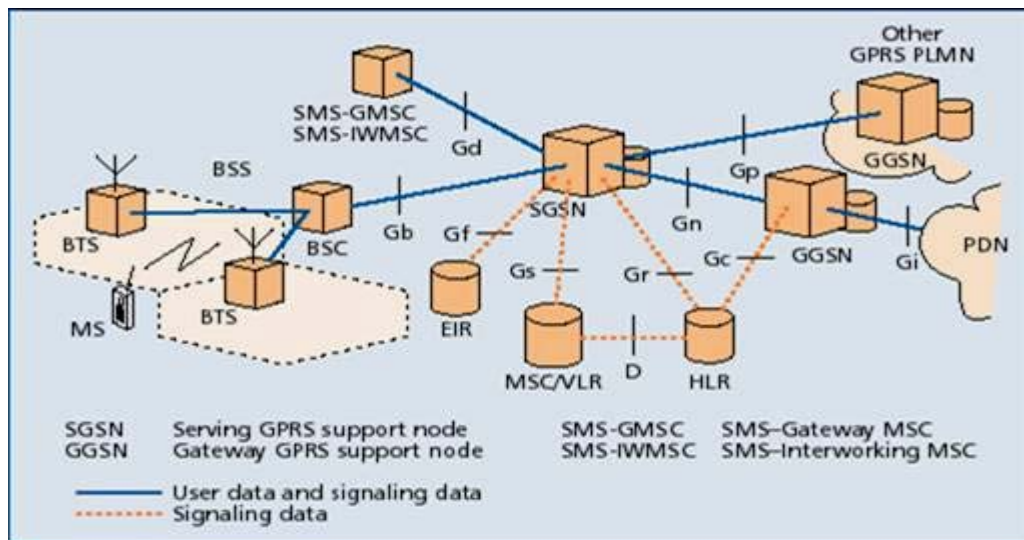


Fig. 4.3.1.1 Arquitectura GPRS.

Para integrar las redes GPRS sobre las arquitecturas GSM existentes un nuevo tipo de nodos llamados nodos de soporte GPRS (SGSN). Estos nodos son los responsables de deliberar y enrutar los paquetes de datos entre estaciones móviles y redes de paquetes de datos externas (PDN). El servicio de soporte de nodos GPRS (SGSN) es el encargado de elegir los paquetes de datos desde y hacia las estaciones móviles sin su servicio de área. Su táctica incluye transferencia y enrutado de paquetes, gestión de la movilidad, gestión lógica del link y autenticación. El registro de información del SGSN almacena información de localización y perfiles de usuario de todos los usuarios registrados a la SGSN.

Un nodo de soporte GPRS pasarela (GGSN) actúa como una interfaz entre la red troncal GPRS y las redes de paquetes de datos externas. Convierte los paquetes GPRS entrantes de la SGSN en los correspondientes formatos para los paquetes de datos de control (PDP), y envía fuera a la correspondiente red paquetes de datos. En otra parte, las entradas PDP de los paquetes de datos entrantes son convertidas a la dirección del usuario GSM. Allí los paquetes diseccionados son enviados a la SGSN responsable, por esta razón la GGSN almacena la dirección de la SGSN del usuario y de su perfil en su registro de localización.

El interfaz Gb conecta la estación base de control (BSC) con el SGSN. A través de los interfaces Gn y Gp los datos de usuario y las señales de dato son transmitidos entre los GSN. Gn será usado si SGSN y GGSN están situados en la misma PLMN, mientras que el interfaz Gp será utilizado si las PLMN son diferentes. Todas las GSN se interconectan utilizando una red troncal IP-based GPRS (Inter PLMN GPRS). Con esta troncal las GSN encapsulan los paquetes PDN y los transmiten usando GTP (GPRS tunneling protocol). Existen dos tipos de troncal GPRS:

- Redes troncales Intra-PLMN conectan GSN a la misma PLMN y son por tanto redes IP-Based del proveedor de GPRS.
- Redes troncales Inter-PLMN conectan GSN a diferentes PLMN. Un acuerdo de roaming entre dos proveedores de red GPRS es necesario para instalar este tipo de redes.

Los HLR almacenan el perfil de usuario, de la SGSN en curso, la dirección PDP para cada usuario de la PLMN. El interfaz Gr se usa para intercambiar información entre HLR y SGSN.

PILA DE PROTOCOLOS DEL PLANO DE TRANSMISIÓN

El plano de transmisión es el encargado de proveer la transmisión de los datos del usuario y su señalización para el control de flujo, detección de errores y la corrección de los mismos.

GPRS PROTOCOLOS DE TUNEL.

Es el encargado de transportar los paquetes del usuario y sus señales relacionadas entre los nodos de soporte de GPRS (GSN). Los paquetes GTP contienen los paquetes IP o X.25 del usuario. Por debajo de él, los protocolos estándares TCP o UDP se encargan de transportar los paquetes por la red.

SNDCP: PROTOCOLO DEPENDIENTE DE LA CONVERGENCIA DE LA SUBRED

Es el encargado de transferir los paquetes de datos entre los SGSN (nodo responsable de la entrega de paquetes al terminal móvil) y la estación móvil. Las funciones que desempeña:

- Multiplexación de diversas conexiones de la capa de red en una conexión lógica virtual de la capa LLC.
- Compresión y descompresión de los datos e información redundante de cabecera.

INTEFAZ DE AIRE: Concierno a las comunicaciones entre la estación móvil y la BSS en los protocolos de las capas física, MAC, y RLC. Las subcapas RLC/MAC permiten una eficiente multiplexación multiusuario en los canales de paquetes de datos compartidos, y utiliza un protocolo ARQ selectivo para transmisiones seguras a través del interfaz aire. El canal físico dedicado para tráfico en modo paquete se llama PDCH (Packet Data Channel).

CAPA DE ENLACE DE DATOS: Capa de enlace de datos. Se encuentra entre la estación móvil (el móvil GPRS en sí) y la red. Se subdivide en:

- La capa LLC (entre MS-SGSN): Provee un enlace altamente fiable y esta basado en el protocolo DIC e incluye control de secuencia, entrega en orden, control de flujo, detección de errores de transmisión y retransmisión
 - La capa RLC/MAC (entre MS-BSS): Incluye dos funciones. El principal propósito de la capa de Control de Radio Enlace (RLC) es la de establecer un enlace fiable. Esto incluye la segmentación y reensamblado de las tramas LLC en bloques de datos RLC y ARQ (peticiones de retransmisión) de códigos incorregibles. La capa MAC controla los intentos de acceder de un MS a un canal de radio compartido por varios MS. Emplea algoritmos de resolución de contenciones, multiplexación de multiusuarios y prioridades según la QoS contratada.

CAPA FÍSICA: Capa física entre MS y BSS. También se subdivide en dos subcapas.

- La capa del enlace físico (PLL) provee un canal físico. Sus tareas incluyen la codificación del canal (detección de errores de transmisión, corrección adelantada (FEC), indicación de códigos incorregibles), interleaving y la detección de congestión del enlace físico.
- La capa de enlace de radio frecuencia (RFL) trabaja por debajo de la PLL e incluye la modulación y la demodulación.

INTERFAZ BSS-SGSN: El protocolo de aplicación BSS GPRS (BSSGP) se encarga del enrutado y lo relativo a la información de la QoS entre BSS y SGSN. El servicio de red (NS) esta basado en el protocolo de Frame Relay.

Ventajas GPRS

A continuación se citarán una serie de ventajas que ofrece tanto para el cliente como para la operadora que ofrece el servicio:

- Always connected: un usuario puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red, mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- Tarificación por datos transmitidos no por tiempo.
- Coste nulo de establecimiento de la transmisión
- Mayor velocidad de transmisión ya que se pueden tener varios canales asignados para la transmisión.
- Posibilidad de recibir o realizar llamadas mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles
- Modo de transmisión asimétrico tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida
- Uso eficiente de los recursos de red ya que los usuarios ocupan los recursos de la red en el momento en que se están transmitiendo o recibiendo datos y además se pueden compartir los canales de comunicación entre los diferentes usuarios.

Servicios que proporciona GPRS al usuario

Los servicios que obtendrá un usuario de este sistema serían los equivalentes a tener un PC conectado a Internet, siendo este de tamaño bolsillo. Los principales servicios que ofrece son:

- Acceder en movilidad a Internet y al correo electrónico. GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el Terminal GPRS como módem.
- Acceder con facilidad a la intranet corporativa
- Acceso a cuentas de correo corporativas (intranet)
- Acceso a bases de datos y aplicaciones corporativas desde un dispositivo móvil
- Acceso GPRS a aplicaciones WAP para usos empresariales (a través del servicio WAP).
- Acceso a servicios de información (a través del servicio WAP).

4.4 TERCERA GENERACIÓN (3G).

El propósito de la Tercera generación consiste en superar las limitaciones técnicas de las tecnologías precedentes. La tercera generación es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos, los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS “Universal Mobile Telephone Service”, CDMA2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otras. El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU

“International Telecommunications Union” y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 “International Mobile Telephone”.

IMT-2000 es una norma de la ITU para los sistemas de la 3a. generación que proporcionará acceso inalámbrico a la infraestructura de telecomunicaciones global por medio de los sistemas satelitales y terrestres, para dar servicio a usuarios fijos y móviles en redes públicas y privadas en siglo XXI. Este fue el cimiento de lo que hoy se puede denominar como 3G.

Los objetivos primarios de ITU para IMT-2000 son:

- La eficacia operacional, particularmente para los datos y servicios de multimedia,
- Flexibilidad y transparencia en la provisión de servicio global,
- La tecnología conveniente para reducir la falta de telecomunicaciones, es decir ofrecer un costo accesible para millones de personas en el mundo que todavía no tienen teléfono.
- La incorporación de toda una variedad de sistemas.
- Alto grado de uniformidad de diseño a escala mundial.
- Alto nivel de calidad, comparable con la de una red fija.
- Utilización de una terminal de bolsillo a escala mundial.
- La conexión móvil-móvil y móvil-fija.
- La prestación de servicios por más de una red en cualquier zona de cobertura.

Los principales requerimientos para esta tecnología incluyen:

- Calidad de voz comparable a la que ofrece una red telefónica pública.
- Velocidades de transmisión de datos de 144kb/s para usuarios en vehículos en movimiento viajando a una velocidad de 120Km/h en ambientes exteriores.

- Velocidades de transmisión de datos de 384kb/s para peatones, que se encuentren en un solo lugar o bien moviéndose sobre áreas pequeñas.
- Soporte para operaciones de 2.048 Mb/s en oficinas, es decir en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.
- Soporte para ambos servicios de datos conmutación por paquetes y conmutación por circuitos. , tales como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real.
- Una interfaz adaptada para las comunicaciones móviles de Internet., que permita un ancho de banda más grande para enviar información que para recibir.
- Mayor eficiencia del espectro disponible.
- Soporte para una gran variedad de equipo móvil.
- Introducción flexible a los nuevos servicios y tecnologías.
- Itinerancia internacional entre diferentes operadores (Roaming Internacional).

Los sistemas de tercera generación deberán 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 navegar por la World Wide 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.

Lo ideal es que los sistemas de tercera generación provean servicios en cualquier lugar y a cualquier hora. Mientras que los servicios analógicos y los primeros servicios digitales fueron diseñados solo para resolver problemas de sistemas analógicos, como seguridad, bloqueo e incompatibilidad regional; iniciándose así, una nueva visión a la migración a 3G y por lo tanto hacia nuevos servicios. Actualmente solo diez de las tecnologías de transmisión de radio terrestre (RTTs) tienen los mínimos requerimientos de capacidad de IMT-2000 presentado por la ITU en junio de 1998, el mayor auge para la 3G se prevé para el año 2006 se espera que abarque el 70 % del mercado mundial, Asimismo, en un futuro próximo los sistemas 3G alcanzarán velocidades de hasta 384 kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores, Independientemente de cual tecnología en telefonía inalámbrica predomine, lo único que le interesa al usuario final es la calidad de voz, que no se bloqueen las llamadas y que en realidad se ofrezcan las velocidades prometidas.

Asignación del espectro para IMT-2000.

La asignación de espectro para IMT-2000 se realizó en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones 1992, WARC 92, asignando 230 MHz en las bandas 1850-2025 MHz y 2110-2200 MHz, ^[32] IMT-2000 comprende también una componente satelital que facilitará los aspectos de roaming internacional, así como la obtención de comunicaciones en lugares donde no haya disponibilidad de sistemas terrestres, complementando las celdas Macro, micro y pico. Debido al crecimiento de Internet, las Intranets, el correo y el comercio electrónico y los servicios de transmisión de imágenes y sonido; han elevado la demanda de servicios de banda ancha, teniéndose que incrementar los requerimientos de espectro para IMT-2000. La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones WRC-2000 celebrada en Estambul en el año 2000,

proporciona tres bandas extras quedando compuesto el espectro para IMT-2000 de la siguiente forma y como se muestra en la figura 4.4.1

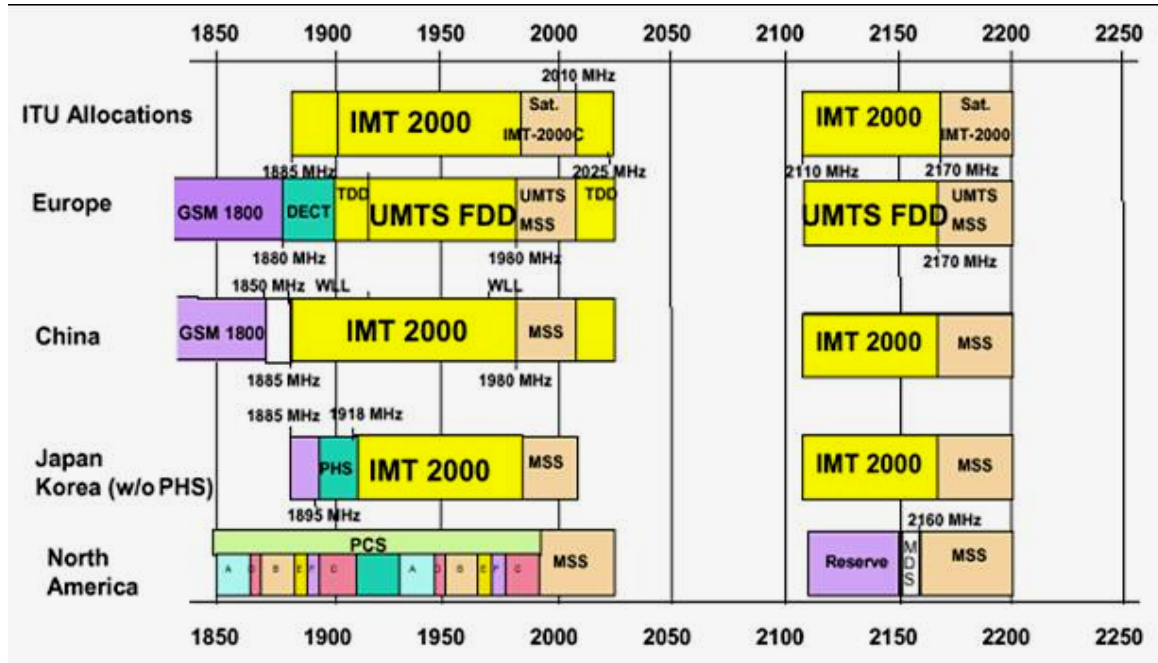
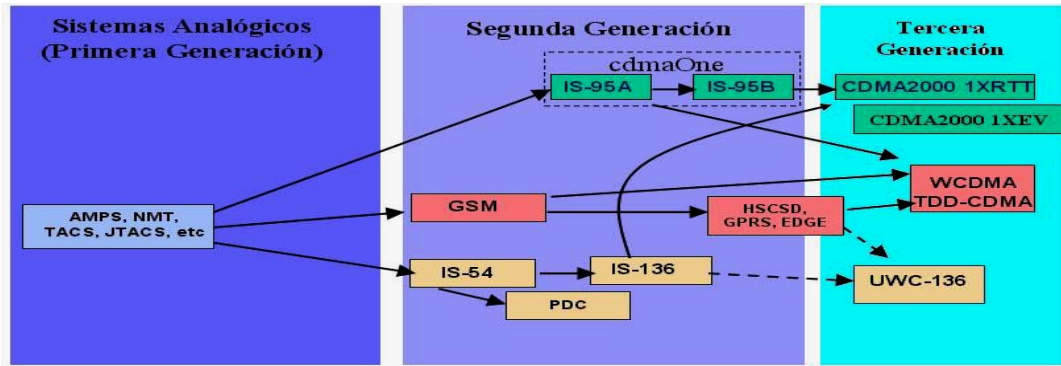


Fig. 4.4.1. Distribución de frecuencias para IMT-2000

GENERACIONES DE TELEFONÍA CELULAR

En el siguiente diagrama se muestra la evolución de los sistemas celulares hacia la tercera generación.



En la tabla siguiente se muestra en el tiempo las fases de evolución hacia 3G.

| | | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IMT-2000 | 3 G | | | | | | | | | |
| Digital | 2 G | | | | | | | | | |
| Analógico | 1 G | | | | | | | | | |
| Desarrollo de 2G | | | | | | | | | | |
| Fase de Transición | | | | | | | | | | |
| Consolidación de IMT-2000 | | | | | | | | | | |

Tabla 2. Evolución hacia 3G.

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la telefonía celular.

| 1G 1979 | 2G 1990 | 3G 2000 |
|---|--|---|
| Telefonía celular analógica sólo para voz | Telefonía celular digital | Telefonía celular digital |
| Poco segura | Technology GSM (Global System por Mobile Communications) | Convergencia de voz y datos, acceso inalámbrico a Internet |
| | Convergencia de voz y datos | Protocolo de alta velocidad de información |
| | Servicios auxiliares: datos, fax y SMS (Short Message Service) | Aplicaciones audio MP3, video en movimiento, videoconferencia en tiempo real y acceso rápido a Internet |

Tabla 3 Evolucion de la telefonía celular.

4.4.1 SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS).

UMTS son las siglas de Universal Mobile Telecommunication System (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), Es la evolución natural del GSM, un canal de comunicación en el que todo es nuevo: nuevas frecuencias, nuevos proveedores, nuevas infraestructuras básicas, nuevos teléfonos, etc. Es un nuevo sistema que revolucionará el mundo de la telefonía móvil.

Básicamente, los servicios de tercera generación combinan el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el Protocolo Internet (IP). Pero esto no sólo conlleva una conexión rápida con Internet, sino también realizar transacciones bancarias a través del teléfono, hacer compras o consultar todo tipo de información, Este estándar permitirá en un futuro videoconferencias de móvil a móvil, así como la emisión en tiempo real de imágenes con sonidos de alta fidelidad, y un sinnúmero de aplicaciones multimedia móviles. El UMTS significa la convergencia final entre la telefonía móvil y la informática. UMTS proporcionará a los usuarios terminales multimodo y multibanda, con cámara incorporada, pantalla en color y gran memoria. Y, gracias a una interfaz de aire flexible, aportará roaming mundial entre diferentes países y también con sistemas de segunda generación. No será extraño comprar un teléfono que permita mandar un video, escribir un documento en Word, conectarse a Internet para leer el e-mail, y, por supuesto, hablar.

Mientras que el sistema actual GSM (Sistema Internacional para Comunicaciones Móviles) y los terminales móviles están preparados para la transmisión rápida de datos de voz y texto, la red de tercera generación UMTS permitirá el trasvase de información multimedia a una velocidad de 2 Megabits por segundo. Actualmente, transmitir 2 MB de vídeo a través de la red GSM cuesta media hora, mientras que con el sistema UMTS serán necesarios tan sólo 8 segundos. Permitirá estar conectado a la red de forma permanente sin pagar más que cuando se utilice el

terminal para realizar una operación. El principal avance es la tecnología WCDMA (Wide Code Division Multiple Access) La principal ventaja de WCDMA consiste en que la señal se expande en frecuencia gracias a un código de ensanchado que sólo conocen el emisor y el receptor

UMTS permitirá, por ejemplo, desde el coche y encendiendo el teléfono móvil navegar por Internet para acceder a nuestra cuenta bancaria, comprobar el estado de nuestras cuentas corrientes, pagar un par de facturas, ver una videoconferencia del presidente del banco o hablar con algún empleado del mismo.

Arquitectura del sistema UMTS

La estructura de redes UMTS esta compuesta por dos grandes subredes: la red de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera es la encargada de sustentar el traslado de información entre los extremos de una conexión. La segunda tiene como misiones la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados, el registro y definición de los perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos, así como la operación de los elementos de la red, con el fin ya de asegurar el correcto funcionamiento de ésta, la detección y resolución de averías o anomalías, o también la recuperación del funcionamiento tras periodos de apagado o desconexión de algunos de sus elementos. Dentro de este apartado vamos a analizar sólo la primera de las dos subredes, esto es, la de telecomunicaciones.

Una red UMTS se compone de los siguientes elementos:

- **NÚCLEO DE RED (CORE NETWORK):** El Núcleo de Red incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El encaminamiento reside en las funciones

de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del Núcleo de Red, el UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

- **RED DE ACCESO RADIO (UTRAN):** La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Core Network. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y se compone de una serie de sistemas de red radio o RNC (Radio Network Controller) y una serie de Nodos B dependientes de él. Los Nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base.
- Terminales móviles. Las especificaciones UMTS usan el término User Equipment (UE).

Parte también de esta estructura serían las redes de transmisión empleadas para enlazar lo diferentes elementos que la integran.

Principales características

Es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados, UMTS ofrece:

- Facilidad de uso y bajos costes: UMTS proporcionará servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, amplia gama de terminales para realizar fácil acceso a los distintos servicios, bajo coste de los servicios para asegurar un mercado masivo.

- Nuevos y mejorados servicios: Los servicios vocales mantendrán una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirán a UMTS servicios de voz de alta calidad junto con servicios de datos e información. Las proyecciones muestran una base de abonados de servicios multimedia en fuerte crecimiento hacia el año 2010, lo que posibilita también servicios multimedia de alta calidad en áreas carentes de estas posibilidades en la red fija, como zonas de difícil acceso.
- Acceso rápido: La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y 2 Mbit/s con baja movilidad (Este tope puede alcanzarse solamente si la red está al máximo nivel, el usuario está parado y sin móviles a su alrededor). Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.
- Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a pedido: UMTS ofrece la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad debido a la conectividad virtual a la red en todo momento y a las formas de facturación alternativas (por ejemplo, pago por byte, por sesión, tarifa plana, ancho de banda asimétrico de enlace ascendente / descendente) según lo requieran los variados servicios de transmisión de datos que están haciendo su aparición.
- Entorno de servicios amigable y consistente: Los servicios UMTS se basan en capacidades comunes en todos los entornos de usuarios y radioeléctricos de UMTS. Al hacer uso de la capacidad de roaming desde su red hacia la de otros operadores UMTS, un

abonado particular experimentará así un conjunto consistente de “sensaciones” como si estuviera en su propia red local (“Entorno de Hogar Virtual” o VHE). VHE asegurará la entrega de todo el entorno del proveedor de servicios, incluyendo por ejemplo, el entorno de trabajo virtual de un usuario corporativo, independientemente de la ubicación o modo de acceso del usuario (por satélite o terrestre). Asimismo, VHE permitirá a las terminales gestionar funcionalidades con la red visitada, posiblemente mediante una bajada de software, y se proveerán servicios del tipo “como en casa” con absoluta seguridad y transparencia a través de una mezcla de accesos y redes principales.

En cuanto a conectividad, los terminales 3G estarán equipados con tecnologías BLUETOOTH, el sustituto de alta velocidad de los infrarrojos.

BLUETOOTH

Es una tecnología de radio de corto alcance que permite la conexión inalámbrica entre varios dispositivos móviles, personales y de trabajo. Sustituye a las conexiones inalámbricas tradicionales por infrarrojos, y permite un volumen de datos mucho mayor que éstas. De hecho, el Bluetooth se ha popularizado por permitir una conexión a Internet de forma inalámbrica entre un portátil y un teléfono móvil. Otra de las diversas aplicaciones de ésta tecnología es la de los manos libres inalámbricos, sin duda muy eficaces para entidades corporativas y trabajos en los que un cable puede ser un auténtico engorro. El radio de cobertura máximo es de 10mts, el suficiente para equipos personales, aunque llevado hasta su máxima expresión, puede llegar a tener un alcance de 100mts.

La velocidad máxima de transmisión de datos se sitúa sobre los 723kbit/s. Ésta velocidad puede considerarse escasa, pero a cambio se pueden conectar varios dispositivos simultáneos. El

Bluetooth se ha generalizado entre los terminales de gama alta, y su principal implantación es el mundo informático, demostrando que su incursión en la telefonía móvil simboliza la simbiosis que representa el UMTS con la informática empresarial (ofimática) y de consumo.

VIDEOMENSAJES

Los teléfonos UMTS no sólo permitirán el envío de mensajes con imágenes y voz, sino también el de vídeos grabados desde la propia cámara del móvil. Para la compresión del vídeo se utiliza la tecnología MPEG4, un estándar del vídeo en Internet independiente de compañías como Apple o Microsoft. Gracias a la excelente compresión del formato, y al gran ancho de banda del UMTS, se podrá enviar un vídeo en un solo "paquete", como si de un mensaje de texto se tratase, con una duración máxima de 10 segundos de video + audio. El audio se envía codificado en el famoso formato MP3 ^[33].

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES

Desde su aparición el teléfono es uno de los mayores inventos que el ser humano a realizado, el teléfono nos permite estar en contacto cualquier persona en cualquier lugar del mundo, si comparamos con antiguas formas de comunicación en las cuales una carta o un mensaje tardaría demasiado tiempo en llegar a su destino nos damos cuenta lo excelente de este sencillo pero funcional aparato.

El teléfono no ha estado exento de las evolución tecnológica, sobretodo en lo que se refiere a las centrales telefónicas, en las cuales había una operadora quién era encargada de establecer la comunicación entre la persona que llamaba y la persona que era llamada, ahora en las centrales telefónicas esta operadora fue remplazada por interruptores electrónicos quienes establecen la comunicación. Pero en este siglo XXI ya no es suficiente con tener un teléfono en casa y esta necesidad de estar en comunicación en todo lugar y en todo momento dio origen a una nueva tecnología, la telefonía celular, estos teléfonos nos dan la posibilidad de tener movilidad y comunicación en todo momento, una de las aplicaciones más fuertes del celular es el acceso a Internet; con Internet móvil tenemos a nuestro alcance los más modernos servicios de Internet directo a nuestro teléfono sin importar en donde nos encontremos, muchas y variadas son las aplicaciones a las que tenemos acceso con un celular.

La evolución que han experimentado los teléfonos celulares es sorprendente, desde la aparición de los radio teléfonos los cuales eran montados en los autos, y requerían mucha potencia para transmitir, pero este sistema de radio teléfonos dejó de ser funcional en muy poco tiempo debido a que la demanda de este servicio aumentó y con este sistema no fue posible dar servicio a todos los usuario que requerían usar estos radio teléfonos. Esto dio paso a la telefonía celular y su primera generación que era una tecnología analógica y poco segura, existían varios sistemas en

primera generación tal es el caso de AMPS en Estados Unidos, NMT 450 en países Nórdicos, NNT en Japón entre otros sistemas, posteriormente surge lo que es la segunda generación, la cual ya es digital y ofrece mayor seguridad, al ser digital aumenta en número de usuarios y un mejor manejo del tráfico de llamadas, su principal sistema es GSM (este sistema el que actualmente esta siendo utilizado por los proveedores de telefonía celular en México), con este sistema se ofrece a los usuarios un mayor número de servicios tal es el caso de mensajes de texto, mensajes multimedia, etc. Posterior mente a la segunda generación aparece la generación 2.5 que se considera una generación intermedia entre la segunda y la tercera generación, su principal representante es GPRS que proporciona una mayor velocidad en la transmisión de datos. Por último aparece lo que es la tercera generación. La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Su principal sistema UMTS esta tecnología da la posibilidad de a un mayor velocidad que GPRS, y ofrece servicios adicionales.

Como se puede apreciar en esta investigación la evolución de la telefonía celular se a desarrollando con base a diferentes variantes, en un principio la principal preocupación era la seguridad en las llamas, este fue el principal motivo del surgimiento de la segunda generación totalmente digital, una vez disminuido este problema se desarrollan sistemas que proporcionen nuevos servicios como transmisión de datos y nuevas velocidades, es así como se desarrollan tecnologías como GPRS que es la forma de dar servicio de dato ha través de la plataforma GSM, ahora la evolución de la teléfono celular apunta a proporcionar mayor velocidad en la transmisión datos y se pretende conseguir a través de la tercera generación y su plataforma UMTS.

Aunque se espera que UMTS se la tecnología que predomine en adelante, aun no es posible utilizar esta tecnología en la mayor parte de el mundo, al implantarla las compañías

proveedoras de telefonía celular se verían obligadas a hacer una gran inversión debido a que tendrían implementar nuevas redes que soporten UMTS.

UMTS es una tecnología muy atractiva pero debemos esperar aun un tiempo para poder tenerla entre nosotros y poder aprovechar las grandes aplicaciones que promete, es importante mencionar que con GPRS se ofrecen casi todos los servicios de UMTS.

GLOSARIO.

Abonado: Es el usuario que tienen contratada una línea telefónica.

Ancho de banda: La anchura de banda de paso de un canal, por ejemplo al ancho de banda un canal con una banda de paso entre 300 y 3.400 hz. es de 3 100 hz. o 3.1 KHz.

Canal de control: Conjunto de canales dedicado al intercambio de información de control entre unidades móviles y el sitio de célula.

Canal de voz: Son los usados para conversaciones reales.

Canal de radio: Se entiende por radio canal al par de frecuencias portadoras más un timeslot, que van a servir como canales de tráfico en una comunicación.

Carrier: Son los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Cluster: Es la unión de un grupo de células que en su conjunto utilizan todo el espectro de radio disponible.

Co-canal: Es la interferencia de una señal por otra de la misma frecuencia.

Comunicaciones inalámbricas: Es una tecnología que permite conectar dispositivos a distancia sin cables.

Conexión punto a punto: Conexión establecida entre dos interfaces usuario-red específicos (por ejemplo, una llamada de teléfono ordinario).

Conmutación: Proceso de interconexión de dos dispositivos en una red usando recursos compartidos.

Conmutación de circuitos: Procedimiento de conmutación por el que dos dispositivos están conectados por un recurso físico que se dedica a las partes durante la llamada.

Conmutación de paquetes: Procedimiento de conmutación por el cual dos partes intercambian datos a través de la red pero no recursos dedicados a su conexión.

Conmutador: Es el elemento que se encarga de unir la línea del usuario que llama o llamante con la del abonado llamado.

Emisor: El emisor es el que emite un mensaje hacia un receptor, esperando que lo que transmite pueda ser apreciado y comprendido. Para lograr esa comunicación, el emisor se vale de un canal a través del cual transmitir aquello que quiere expresar.

Espectro Radio eléctrico: El Espectro Radioeléctrico es el conjunto de frecuencias que, conforme a la tecnología disponible, pueden ser empleadas para emitir ondas que permitan transportar información.

Full-duplex: Facilidad de comunicación bidireccional por la que las transmisiones pueden realizarse en una u otra dirección en cualquier momento dado.

Full-rate: Es una división de tiempo utilizando un timeslot para recepción y otro para emisión, para evitar que el móvil reciba y transmita al mismo tiempo.

Half-rate: Es la división de las frecuencias en 16 espacios.

Handoff: Es el proceso de pasar una llamada de un canal de voz en una celda a un nuevo canal de en otra celda o en la misma, a medida que el usuario se mueve a través de la red.

Interfaz gb: Interfaz entre la BSS y el SGSN, Sobre él, se realizan el intercambio de datos de usuario y de información de señalización.

Interfaz gn: Permite la comunicación del SGSN con otros GSNs (GGSNs/SGSNs) del backgone Intra-PLMN

Interfaz gp: igual función que el Gn pero Inter.-PLMN (otros operadores)

Interfaz gr: Interfaz entre el SGSN y el HLR, su función es dar acceso a la información de usuario que se encuentra almacenada en el HLR.

Macro células: Tienen radios desde 1 hasta 35 Km. se emplean para ofrecer coberturas en lugares rurales, carreteras y poblaciones cercanas.

Microcélular: Tienen radios desde 50 m hasta 1 Km. Se emplean para ofrecer servicios a usuarios fijos o que se mueven lentamente con elevada densidad de tráfico.

Modem: Dispositivo que convierte datos digitales a analógico y viceversa.

Multiplexación: Opción para que múltiples usuarios puedan compartir una única facilidad de comunicación.

Ondas electromagnéticas: Perturbaciones que se propagan con la velocidad de la luz, consistentes en ondas de campo eléctrico y de campo magnético perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación. Las ondas de luz, en particular, son de esta naturaleza.

Picocélulas: Tienen radios menores a 50 m ofrecen coberturas localizadas en interiores.

Polling. Es el proceso por el cual el terminal envía mensajes a la red para informar del sitio donde se encuentra.

Protocolo de comunicaciones: Conjunto de normas que gobiernan el intercambio de información entre dos dispositivos permitiéndoles comunicarse uno con el otro.

Protocolo IP: Protocolo de capa de red en el conjunto de protocolos TCP/IP usado en Internet; proporciona un servicio de conexión para el transporte de datos de capas mas altas.

Protocolo TCP: Es un protocolo orientado a conexión que permite la entrega confiable de paquetes de extremo a extremo.

Protocolo TCP/IP: Conjunto de protocolos empleados en Internet; es el mas frecuente de los conjuntos de protocolos no propietarios (abiertos) en uso hoy en día.

Protocolo UDP: Es un protocolo de la capa de transporte no orientado a conexión ,que pertenece a la familia de protocolos de Internet.

Protocolo X25: Es un estándar de protocolo para las comunicaciones WAN , que define como se establecen y mantienen las conexiones entre los dispositivos de usuario y los dispositivos de red.

Radio frecuencia: En el espectro electromagnético, frecuencias normalmente utilizadas en las radiocomunicaciones.

Radio propagación: Fenómeno por el cual un campo electromagnético originado en un punto alcanza a otro.

Receptor: Es al que se destina el mensaje en él está el descifrar e interpretar lo que el emisor quiere dar a conocer.

Rehúso de frecuencias: Se refiere al uso de las mismas frecuencias portadoras para cubrir distintas áreas separadas por una distancia suficientemente grande para evitar interferencia co-canal.

Roaming: Se refiere al momento en que el teléfono móvil está usando los servicios prestados por otro operador.

Señal analógica: Señal que es continua es decir, puede tomar cualquier valor dentro de un rango de valores, como la voz humana.

Señal digital: Señales o datos que son discretos, es decir, sólo puede tomar valores especificados dentro de un rango de valores, como cadenas de datos binarios que contienen sólo 0 y 1.

Señalización en banda: Señalización de red que se realiza dentro del canal del usuario.

Señalización fuera de banda: Señalización de red que se transporta fuera del canal de usuario.

Telecomunicaciones: Transmisión de señales que representan voz, video, datos o imágenes a distancia.

ACRÓNIMOS.

ALM: Área local móvil.
AMPS: Servicio de telefonía móvil avanzado.
AUC: Centro de autenticación.
BS: Estación base.
BSC: Controlador de estación base.
BSS: Subsistema de estación base.
CDMA: Acceso múltiple por división de código.
EDG: Enhanced data rates for global evolution.
EIR: Registro de identificación de equipo.
FCC: Comisión federal de comunicaciones.
FDMA: acceso múltiple por división de frecuencia.
FM: Frecuencia modulada.
GNS: Gateway support node.
GPRS: Servicio general de paquetes de radio.
GSM: Sistema global para comunicaciones móviles.
HLR: Registro de posición base.
HSCSD: High speed circuit switch data.
IMEI: identificador internacional de equipo móvil.
ITU: Unión internacional de telecomunicaciones.
ME: Equipo móvil.
MS: Estación móvil.
MSC: Central de conmutación móvil.
MTSO: Oficina de conmutación de telefonía móvil.
NMT: Sistema de telefonía móvil nórdico.
NMC: Centro de administración de red.
NSS: Subsistema de red.
OFDMA: Acceso múltiple por división ortogonal de frecuencias.
OMC: Centro de operación y mantenimiento.
PCS: Servicio de comunicaciones personales.
PDC: Comunicaciones digitales personales.
PDCH: Canal de paquetes de datos.
PDP: Paquetes de datos de control.
PTSN: Red de telefonía pública conmutada.
PKS: Modulación por desplazamiento de fase.
QAM: modulación de amplitud en cuadratura.
QPSK: Modulación de cambio de fase en cuadratura
SIM: Modulo de identificación de subscritor.
SMS: Servicio de mensajes cortos.
TACS: Total. Access communication system.
TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo.
UMTS: Sistema universal de telecomunicaciones móviles.
VLR: Registro de posición de visitante.
WAP: Protocolo de acceso inalámbrico.
WCDMA: Acceso múltiple por división de código de banda ancha.
1G: Primera generación.
2G: Segunda generación.
3G: Tercera generación.

CITAS

- 1 Telefonía móvil: caracterización de las conexiones
Barceló Francisco, Parra Jordán Javier
Editorial. Alfa omega 2002
- 2 [www. webs.sinectis.com.ar/mcagliani/](http://www.webs.sinectis.com.ar/mcagliani/)
- 3 <http://cablemodem.fibertel.com.ar/g5/prodserv3/index.shtmls>
- 4 <http://cablemodem.fibertel.com.ar/g5/prodserv3/index.shtmls>
- 5 [http:// www.ucm.es/info/hcontemp/leoc/telefono.htm](http://www.ucm.es/info/hcontemp/leoc/telefono.htm)
- 6 <http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/cfc.html>
- 7 http://www.portalgsm.com/documentacion_extendida/105_0_17_0_C/
- 8 http://www.cft.gob.mx/html/la_era/info_tel/it30.html
- 9 www.monografias.com
- 10 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 11 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 12 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 13 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 14 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 15 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 16 <http://www.monografias.com/trabajos11/tefefcel/tefefcel.shtml>
- 17 http://telecom.fi-b.unam.mx/Telefonia/Telefonia_Celular2.htm
- 18 <http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/CELULAR.HTML>
- 19 <http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/CELULAR.HTML>
- 20 <http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/CELULAR.HTML>
- 21 <http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/CELULAR.HTML>
- 22 http://www.eveliux.com/fundatel/menu_telecom.html
- 23 <http://www.coit.es/museo/cronolog/1940/movil/movil.htm>
- 24 <http://www.monografias.com/trabajos14/modulac-frecuencia/modulac-frecuencia.shtml#fdma>
- 25 <http://html.rincondelvago.com/sistemas-de-comunicaciones-moviles-y-personales.html>
- 26 http://www.itlp.edu.mx/publica/revistas/revista_isc/actual/cdma.htm
- 27 <http://cellular.co.za/umts.htm>
- 28 <http://user.cellular.co.a.umts.htm>
- 29 <http://www.monografias.com/trabajos14/celularhist/celularhist.shtml>
- 30 <http://www.telefonos-moviles.com/articles/default.asp>
- 31 Teléfonos móviles e internet.
Gutiérrez Ángel, Zurdo David.
Editorial. Thompson editores spain 2001.
- 32 Redes de banda ancha.
Caballero José M.
Editorial Alfa omega 2000.
- 33 http://wwwdi.ujaen.es/~mcdiaz/docencia/cur02_03/infsoc/Resumen_telefonia_movil.doc

BIBLIOGRAFÍA

Telefonía móvil: caracterización de las conexiones
 Barceló Francisco, Parra Jordán Javier
 Editorial. Alfa omega 2002.

Redes de banda ancha.
 Caballero José M.
 Editorial Alfa omega 2000

Teléfonos móviles e internet.
 Gutiérrez Ángel, Zurdo David.
 Editorial. Thompson editores spain 2001.

<http://www.iusacell.com>
<http://www.telcel.com>
<http://www.monografias.com/trabajos14/modulac-frecuencia/modulac-frecuencia.shtml#fdma>
<http://www.coit.es/museo/cronolog/1940/movil/movil.htm>
http://www.eveliux.com/fundatel/menu_telecom.html
http://www.portalgsm.com/documentacion_extendida/105_0_17_0_C/
<http://www.ucm.es/info/hcontemp/leoc/telefono.htm>
<http://cablemodem.fibertel.com.ar/g5/prodserv3/index.shtmls>
<http://www.webs.sinectis.com.ar/mcagliani/>
www.nokia.com
<http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/CELULAR.HTML>
<http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/cfc.html#>
http://www.cft.gob.mx/html/la_era/info_tel/it30.html
<http://mexicowireless.net/como/Inalambrico-COMO-2.html>
http://wwdi.ujaen.es/~mcdiaz/docencia/cur02_03/infsoc/Resumen_telefonia_movil.doc
<http://www.t-mag.com.ve/articulos/a01/n01/tm3g.php>
<http://www.telefonos-moviles.com/articles/item.asp?ID=11>
<http://www.telefonos-moviles.com/articles/item.asp?ID=5>
<http://www.yucatan.com.mx/especiales/celular/bandacivilVscelular.asp>
<http://www.monografias.com/trabajos11/telcel/telcel.shtml>
<http://www.teléfonos-moviles.com>
<http://www.ericson.com>
<http://www.motorola.com>
<http://www.cdma2000.com>
<http://www.monografias.com/trabajos14/modulac-frecuencia/modulac-frecuencia.shtml#fdma>
http://wwdi.ujaen.es/~mcdiaz/docencia/cur02_03/infsoc/Resumen_telefonia_movil.doc
<http://www.telefonos-moviles.com/articles/default.asp>
<http://www.monografias.com/trabajos14/celularhist/celularhist.shtml>
<http://user.cellular.co.a.umts.htm>
<http://cellular.co.za/umts.htm>
http://www.itlp.edu.mx/publica/revistas/revista_isc/actual/cdma.htm