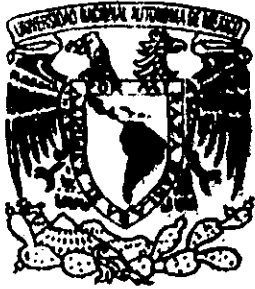


79



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"

**APLICACIÓN DEL SISTEMA MÓVIL CELULAR
EN LA CMS 8800 EN LAS COMUNICACIONES
ACTUALES.**

299583

T E S I S

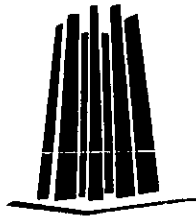
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Ing. MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

ROBERTO RAMÍREZ MUÑOZ

ASESOR: ING. RAÚL BARRÓN VERA



OCTUBRE DEL 2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCIÓN	I
--------------------	---

CAPITULO I. CONCEPTOS DE TELEFONÍA CELULAR

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	1
1.1.1 TELÉFONO	1
1.1.2 TELEFONÍA CELULAR	4
1.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA	6
1.3 ÁREA DE SERVICIO	7
1.4 CÉLULAS Y RADIOBASES	8
1.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA MÓVIL CON LA RED PÚBLICA	9
1.6 ÁREAS DE LOCALIZACIÓN	10
1.7 CANALES DE RADIO	11
1.8 SEÑALES DE RADIO Y UNIDAD DE CANAL EN UNA RADIOBASE	13
1.9 CANAL DE CONTROL	14
1.10 BANDA DE FRECUENCIAS	16
1.11 PRINCIPIO DE MODULACIÓN EN FRECUENCIA	17
1.12 DIVERSIDAD EN LA RECEPCIÓN	19

CAPITULO II. ANÁLISIS DEL SISTEMA.

2.1 SUBSISTEMAS DE UNA CENTRAL PÚBLICA DIGITAL	20
2.2 LA RADIOBASE O ESTACIÓN BASE (BS)	21
2.3 ESTACIÓN MÓVIL	29
2.3.1 PARTE OPERACIONAL DE LA ESTACIÓN MÓVIL	32
2.3.2 PARTE DE CONTROL	32
2.3.3 LA PARTE DE RADIO	32
2.3.4 PROGRAMACIÓN DE LA ESTACIÓN MÓVIL	33
2.4 CENTRAL PARA LA CONMUTACIÓN DE LOS SERVICIOS MÓVILES (MSC)	33
2.4.1 SISTEMA DE CONMUTACIÓN	33
2.4.2 SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	35
2.5 CONEXIONES ENTRE LA MSC Y LA ESTACIÓN BASE	37

2.5.1 LINEAS DE VOZ ENTRE LA MSC Y LA RADIOBASE	37
2.5.2 CONEXIONES DUPLICADAS	38
2.6 INTERFACE ENTRE LOS EQUIPOS DE RADIO Y LA MSC	39
2.7 SEÑALIZACIÓN ENTRE ESTACIÓN MÓVIL Y RADIOBASE	40
2.7.1 FORMATO DE SEÑALIZACIÓN DEL CANAL DE CONTROL DIRECTO	41
2.7.2 MENSAJES DEL CANAL DE CONTROL DIRECTO	43
2.7.3 FLUJO DEL MENSAJE EN EL CANAL DE CONTROL DIRECTO	47
2.7.4 CANAL DE CONTROL EN SENTIDO INVERSO	48
2.7.5 MENSAJES EN EL CANAL DE CONTROL INVERSO (RECC)	49
2.7.6 CANAL DE VOZ EN SENTIDO DIRECTO	49
2.7.7 CANAL DE VOZ EN SENTIDO INVERSO	51
2.7.8 MENSAJE QUE CONTIENE EL CANAL DE VOZ EN SENTIDO INVERSO	51

CAPITULO III. PLANEACIÓN DEL SISTEMA CELULAR

3.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRÁFICO	52
3.2 TAMAÑO DE LA CÉLULA	53
3.3 RECEPTOR DE LA SEÑAL EN LA FRECUENCIA DE RADIO (RF)	54
3.4 REUSO DE FRECUENCIAS	56
3.5 ASIGNACIÓN DE CANAL	56
3.6 PLAN DE EXPANSIÓN SUCESIVA	58
3.7 CÉLULAS DE SOPORTE Y CÉLULAS EXTENDIDAS	60
3.8 PROTECCIÓN CONTRA INTERMODULACIÓN	62

CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE UNA LLAMADA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE UNA LLAMADA CASOS DE TRÁFICO	64
4.1.1 SUPERVISIÓN DE LLAMADA EN LA TRAYECTORIA DE RADIO	64
4.2 UNA LLAMADA HACIA UN ABONADO MÓVIL	68
4.3 UNA LLAMADA DESDE UN TELÉFONO MÓVIL	73
4.4 LIBERACIÓN DE LLAMADA	77
4.5 RETROLLAMADA A UN ABONADO MÓVIL	78
4.6 LOCALIZACIÓN Y HANDOFF	78
4.7 REGISTRO POR LA ESTACIÓN MÓVIL	83

CAPITULO V. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1 OPERACIÓN	91
---------------------	----

5.2 MANTENIMIENTO	91
5.3 TRANSMISIÓN DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN A LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	93
5.4 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL ÁREA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	97
5.5 INSTALACIÓN DE LOS SITIOS CELULARES	97
CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	106

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el hombre, ha tratado de comunicar y expresar pensamientos. En la época primitiva, cuando los seres humanos vivían en pequeñas aldeas, el medio de comunicación más común a corta distancia era el habla. Al ir creciendo las comunidades y al extenderse las civilizaciones en áreas geográficas mayores, fue necesario desarrollar nuevos métodos para la comunicación a larga distancia. Por esta razón tuvo que idear métodos que le permitieran transmitir la información del lugar a su destino, por varios medios como señales de humo, correos (por relevos de hombres, en caballo, etc.) por repetición de claves de sonidos etc.; y así pudo ir cubriendo esta necesidad.

Con el inicio de la Revolución Industrial, se hizo necesaria la comunicación a grandes distancias de forma rápida y precisa. Las aplicaciones tradicionales no fueron suficientes por lo que surge la necesidad de desarrollar otros sistemas de comunicación con el objetivo de satisfacer la demanda de dichas sociedades.

Esto trajo como consecuencia, los sistemas de comunicación que utilizaban señales eléctricas para transmitir información de un lugar a otro mediante un par de hilos conductores. Posteriormente, fue sustituido por el invento del teléfono que no solo transmitía señales sino que fue capaz de transmitir voz, convirtiéndose en un instrumento valioso en el trabajo de muchos seres humanos. Pero es debido a los problemas que se enfrenta la mayoría de las personas en el transcurso de sus actividades diarias, como congestionamientos de tráfico e imprevistos, que se ve la necesidad de contar con un medio de comunicación más flexible, capaz de permitir enlazarse por otro tipo de sistema de comunicación diferente a la red de telefonía fija. Así aparece el desarrollo de los sistemas de comunicación móvil. Estos resuelven la necesidad de poder ser localizado en cualquier momento y sitio.

Actualmente en México y en todo el mundo, los sistemas de comunicación por medios eléctricos abarcan textos, voces, imágenes y una gran variedad de diferentes tipos de información. Este trabajo tiene el objetivo de identificar la tecnología, componentes y procesos operacionales asociados con el Sistema Móvil Celular CMS 8800 y de mostrar un panorama de los beneficios que se tienen de la telefonía móvil que

describirá la actual tecnología celular, así como la tendencia en la implementación de nuevo equipo.

La investigación tiene cinco capítulos, cada uno de ellos presenta aspectos fundamentales del sistema celular fundamentalmente de la MSC ó Central. En el capítulo uno se da un panorama de los conceptos de telefonía celular y un resumen del gran avance en las telecomunicaciones, iniciando desde los experimentos eléctricos y magnéticos a principios del siglo pasado hasta la actual comunicación móvil. Además describe elementos con que cuenta la telefonía móvil, que son: la central MSC y la relación entre si para proporcionar la comunicación.

El capítulo dos presenta el análisis del sistema y enlista los subsistemas de una central digital, descripción, funcionamiento, características de la estación móvil, la estación base y los criterios de ejecución. Esta parte va dirigida principalmente al análisis de cómo se realiza la comunicación entre todos los elementos del sistema celular.

En el capítulo tres se adentra a las clasificaciones de los diferentes tipos de células, su tamaño máximo y mínimo y cuál es la forma que se asigna a los canales para la mejor operación. Es decir, trata de lograr una capacidad de tráfico alta con un eficiente nivel de servicio y buena calidad de voz y la forma de reutilización de frecuencias.

En el capítulo cuatro se describe el proceso de una llamada por el modo de como se realiza y como se procesa, menciona como es el trabajo interno de la central y como se comunica con sus diferentes partes, viendo esquemáticamente la generación de la llamada, el procesamiento del análisis y el enrutamiento de su destino final. Se refiere a la realización y recibimiento de la llamada en una estación móvil y fija, los factores que puedan intervenir para no perderse y tenga la mejor calidad.

En el capítulo cinco figuran los aspectos que caracterizan la interacción del hombre y la máquina en la operación y mantenimiento. La operación y funcionamiento del equipo requiere intervención del hombre que lo opera así como de sistemas rudimentarios ó complejos de alto grado de sensibilidad.

En general este trabajo recopila los elementos que llevan a la integración de las redes informáticas a los servicios de la telefonía celular cuyo objetivo fundamental es la transmisión de información en sus aplicaciones no vocales por el mismo canal hacia y desde la central para su monitoreo y su mantenimiento de la misma, por medio de un lenguaje de máquina.

Capitulo I

CAPÍTULO I: CONCEPTOS DE TELEFONÍA CELULAR

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El hombre siempre ha utilizado diversas maneras para hacerse entender y transmitir ideas a lo largo de su historia. En la época primitiva, cuando vivían en comunidades reducidas, la comunicación se realizaba mediante el habla, conforme fueron creciendo y las civilizaciones se extendían fue necesario hacerlo a larga distancia, algunos intentos fueron las señales de humo, los haces luminosos, las palomas mensajeras, las cartas, etc., cada uno utilizado en su momento histórico.

1.1.1 Teléfono

Al inicio de la Revolución Industrial, se hizo más apremiante la necesidad de disponer comunicación a larga distancia que fuera más precisa y confiable. Al surgir la energía eléctrica se hizo posible la comunicación entre zonas distantes al inventarse el telégrafo. Inventores en el mundo entero quisieron aprovechar el electromagnetismo para emitir mensajes a larga distancia, construyeron diferentes aparatos telegráficos y a fines de 1830 se había logrado crear un aparato técnicamente y económicamente aceptable nombrado telégrafo Morse en honor del creador del alfabeto telegráfico, el norteamericano Samuel P.B Morse.

El 15 de enero de 1876, el norteamericano Elisha Gray solicitó en su país una patente provisional para un teléfono portante. En ese mismo año, el 14 de febrero, Gray solicita la patente definitiva. Ese mismo día el norteamericano de origen escocés Alexander Graham Bell, solicita en la misma oficina una patente para un aparato análogo al de Gray. La patente le fue dada. Bell descubrió accidentalmente al estar trabajando con su amigo y colaborador T.A. Watson en pruebas de telegrafía, que la voz podía ser transmitida mediante la electricidad, por lo que deduce que si se puede transmitir eléctricamente un solo sonido también debe ser posible transmitir los sonidos complejos de la palabra humana e incluso la música. Bell no descansa y presenta el teléfono en Inglaterra en el otoño del año de 1877, mientras en la nación americana se da una muy rápida expansión del invento; por lo que el 23 de Enero de 1878 se realiza la instalación en New Haven Connecticut de los primeros teléfonos para servicio comercial con un cuadro conmutador para 21 abonados, estos sucesos ayudan a que el viejo continente no tarde en asimilar su invento, en Inglaterra la primer central telefónica es puesta en servicio en Londres en 1879.

En Suecia se cuenta con teléfonos magnéticos desde que Lars Magnus Ericsson los fabrica allí desde Noviembre de 1878, entre tanto en los E.U.A es inaugurada la línea telefónica de larga distancia Boston-Nueva York- Denver en 1911 y Nueva York-San Francisco transcontinental en 1915. Desde 1885 funciona la American Telephone and Telegraph Co. con el propósito de expandir el servicio en todo el territorio Estadounidense ya que para 1890 esta empresa absorbe a prácticamente el resto de cuantas operaban en el país.

En cuanto a mejoras telefónicas, Thomas B. Doolittle en 1877 introduce el hilo de cobre estirado en frío, de buena resistencia a la tracción y mejora la conductividad eléctrica que el hilo aéreo de hierro, hacia 1878 Henry Hunnings inventa un micrófono que emplea gránulos de carbón, con el objeto de establecer un contacto de resistencia variable. Anthony White idea en 1890 un micrófono con base sólida constituido por un botón de carbón granular colocado entre un electrodo fijo y un diafragma móvil activado, las cuales son las características básicas del micrófono telefónico moderno; los primeros aparatos eran provistos de un generador de manivela denominado magneto, para llamar a la operadora y de pilas secas locales para suministrar la energía necesaria al transmisor, en 1880 aparece la disposición de batería central necesaria para la señalización, y en 1886 aparece otra para la conversación y señalización. Charles E. Macevoy y G. E. Pritchett son los pioneros durante 1877 en el montaje del micrófono y el auricular en una pieza común, formando así el actual microteléfono.

En 1889 Almon B. Strowger inventa el sistema automático primitivo de conmutación y en 1900 Michael Idvorsky Pupin sugiere la inserción de bobinas en serie con una inductancia apropiada y una resistencia eléctrica mínima creando el método de pupinización. Lars Magnus Ericsson inventa en 1896 en Suecia el disco de selección telefónica de 10 orificios.

Iniciando el siglo XX el danés Emil Krarup sugiere aumentar en forma continua la inductancia en los conductores revistiéndolos de una o varias capas de espiras de hilo delgado de hierro dulce; de acuerdo con su sistema se tiende el cable telefónico submarino entre Helsingbor – Dinamarca y Helsingbor – Suecia en 1902.

Las centrales automáticas indirectas tipo Rotatory surgen poco a poco, la primera instalada fue en Inglaterra en el año de 1914, en tanto que en el continente fue en 1917 en Zurich, los repetidores telefónicos basados en la válvula termoiónica de tres electrodos inventada por Lee de Forest se construye en 1913. Y la técnica de corrientes portadoras es explotada comercialmente en los

Estados Unidos en el circuito establecido entre Baltimore y Pittsburg con cuatro canales telefónicos suplementarios sobre un par de hilos, en 1918 y el primer sistema de comunicación de barras es ideado por G. A. Betulander y Nils Palgrem en 1920. En 1921 se tiende el primer cable telefónico coaxial submarino entre Key West y la Habana, y el Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico queda constituido en el año de 1924 al igual que se establece el decibel como unidad de transmisión.

El 7 de marzo de 1926 se realiza el primer experimento serio de establecer una comunicación trasatlántica por telefonía inalámbrica, el enlace conecta Rocky Point, en Long Islands con la estación receptora de Cupar ubicada en Escocia, una onda de longitud de 5000 metros une las dos orillas del mar, y para el trayecto radioeléctrico de Reino Unido – Estados Unidos corre de Rugby, Inglaterra a Houlton en este lado del Atlántico. La primera conferencia telefónica bidireccional a través de un circuito el cuál rodea el globo, ocurre en 1936; en el caso de Nueva York los dos aparatos se encontraban instalados en habitaciones diferentes en el piso 26 del Log Distance building, ubicado en el piso 32 de la 6a avenida, colaboran en este hecho la British Post Office, la administración Holandesa de CCT, la administración, de CCT en las Indias Neerlandesas y la Bell System, en ese mismo año se inauguró en forma experimental el servicio telefónico por cable coaxial entre Nueva York y Filadelfia; en el año de 1938 se instalan también en Nueva York las dos primeras centrales del tipo de barras cruzadas, la instalación inicial de dicho conmutador aplicado a larga Distancia tuvo lugar hasta 1943.

La primer conversación telefónica bidireccional vía satélite se da en 1960, el telstar es el primer satélite activo de comunicaciones lanzado el 10 de julio de 1962 girando en torno a la tierra establece comunicaciones telefónicas entre 23 ciudades Europeas y otras tantas de los Estados Unidos, en ese mismo año entra en servicio en Munich la primer central de mando electrónico equipada para la comunicación con acopladores magnéticos de contactos bajo gas, en julio de 1963 se presentó un aparato en el cual se sustituyó el disco por un teclado numerado del 0 al 9.

Actualmente la telefonía cuenta con sistemas de fibras ópticas, se han desarrollado mejoras a la comunicación vía satélite, como consecuencia de los avances en la electrónica y en los lenguajes de computadora. Las centrales telefónicas actualmente son de mando por programas, lo que ha redituado en mejoras en los sistemas de comunicación y es posible transmitir con mayor confiabilidad además de la voz, música, datos, imagen o de manera combinada para algunos servicios.

1.1.2 Teléfono Celular

Los antecedentes de la telefonía celular surge como un necesidad de comunicar vehículos en movimiento con la red telefónica convencional.

Al terminar la Segunda Guerra Mundial se iniciaron los progresos de los sistemas. Los primeros sistemas trabajaban con frecuencias relativamente bajas y eran denominados equipos de radiocomunicación móvil, en los cuales los aparatos empleados eran mas bien radio transmisores que utilizaban la técnica PTT (Push to Talk).

El empleo de estos sistemas en Europa y en particular en Alemania se utilizo en la red de ferrocarriles (Reichbahn), donde se inauguró el servicio Telefónico Público Móvil en 1926 que funcionaba en la banda de ondas kilométricas con modulación en amplitud.

El servicio público alemán de radiotelefonos para otro tipo de vehiculos comenzó en 1950 con varias redes manuales de cobertura limitada que operaba en la banda de 150 Mhz y eran denominadas redes tipo "A".

Entre 1958 y 1959 en Alemania existían tres redes (A1, A2, A3) que funcionaban de manera uniforme en la banda de 156 – 174 Mhz. Estas redes alcanzaron su auge en los años 70's, por esta misma época se desarrollo otro sistema de red tipo B debido a la gran demanda que había, este otro sistema manejaba un mayor número de abonados, el cual alcanza cobertura nacional y es completamente automática, este sistema también operaba en la banda de 150 Mhz y tenia un medio alcance, ya que se estableció en algunos países europeos como Luxemburgo, Austria y los Países Bajos.

Mientras tanto en los Estados Unidos se tuvo un desarrollo tecnológico similar al de Europa. En los Estados Unidos el inicio de los sistemas telefónicos móviles fue por el año de 1921 en Detroit, utilizando la frecuencia de 2 Mhz, en 1940 se pusieron a disposición canales nuevos en la frecuencias de 30 y 40 Mhz, estos sistemas operaban con frecuencia modulada y no estaban conectados a la red convencional.

Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial los laboratorios de Bell se abocaron a suministrar un sistema público de comunicación, con la idea de ofrecer el servicio a un mayor número de usuarios utilizando las economías a gran escala, este proyecto se denominó "Servicio de

Radio Móvil Público Doméstico" (DP LMRS). El primero de este tipo fue inaugurado en 1946 en la ciudad de San Luis Missouri con tres canales en la banda de 150 Mhz; posteriormente se instaló otro que operaba en las carreteras de la ciudad de Nueva York, ambos sistemas eran manuales y contaban con pocos canales, sin embargo a la gran demanda se siguieron instalando.

Fue hasta el año de 1964 que se desarrolló un sistema más barato y de canales múltiples que operaba en la banda de los 150 Mhz y tenía ya incorporado su propio disco marcador en las unidades móviles; este sistema fue identificado con las siglas "MJ", y para el año 1969 el sistema automático se extendió a la banda de los 450 Mhz y fue denominado "MK", ambos sistemas fueron parte del proyecto denominado "Sistema Telefónico Móvil Mejorado" (IMTS), estos sistemas ofrecían un servicio comparable con el obtenido con la red telefónica normal.

La telefonía celular es ideada en los laboratorios Bell hacia el año de 1958 como solución al problema que existía, ya que por cada abonado se usaba una frecuencia distinta y como el número de frecuencias es limitado se ideó un método para reutilizar las frecuencias. Sin embargo se requería que los equipos contaran con cierta capacidad o "inteligencia" para recibir órdenes desde un equipo remoto.

El advenimiento de los microprocesadores en 1970 da la pauta para el desarrollo de esos equipos y también la utilización de sistemas troncales desarrollados por la Bell hacia 1968. Ambos hechos dan pie al primer sistema telefónico celular en los Estados Unidos el HCMT (High Capacity Mobile Telephone) en 1971. El cual es el resultado del uso de centrales AT&T enlazadas por sistemas PCM digitales.

Pero su desarrollo definitivo no es conocido sino hasta el año de 1979 con el sistema IMTS (Improved Mobile Telephone System) el cual trabaja en la banda de los 450 Mhz. En este sistema el abonado cuenta con un teléfono y un transeceptor (transmisor y receptor en modo Dúplex completo) de manera que puede hablar y recibir la señal al mismo tiempo. Este sistema cuenta con una central automática por lo cual, no requiere de operadora para enlazarse con la red pública como en el caso de la radiocomunicación móvil presente. El primer sistema en México de este tipo es instalado por Radiomóvil DIPSA en el año de 1981.

En los años 80's son desarrollados sistemas para operar en las bandas de 800 y 900 Mhz, usando entre 66 a 1,000 frecuencias – AMPS (Chicago, 1983), TACS (1985) y NMT900 (1987) -, se asume que operan usualmente en ambientes de múltiples usos de frecuencias.

En 1989 TELCEL instala el primer sistema de telefonía celular en México en la Ciudad de Tijuana, B.C., y para 1990 se inauguran los sistemas de Monterrey, Guadalajara y la Ciudad de México.

En el año 2000 la tercera parte del mundo cubre sus necesidades de comunicación por medio de una nueva tecnología celular digital en voz, datos, fax, vídeo, etc.

1.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

- A) La forma de enlazar la central pública de tránsito normal y la central de telefonía móvil (MSC), puede ser en forma digital a través de fibras ópticas, cables coaxiales, pares físicos o enlaces por microondas.
- B) La forma de enlazar la central y la estación base se realiza en forma digital, a través de fibras ópticas o enlaces por microondas.
- C) La forma en que se comunica la estación móvil con la estación base y viceversa es en forma analógica por FM.

En el sistema celular de telefonía móvil pueden existir una o más centrales para el manejo del sistema. Cada central de este tipo consta de una central digital normal implementada con el subsistema de telefonía móvil, es decir, una MSC. La figura 1.1, nos muestra la estructura del sistema celular.

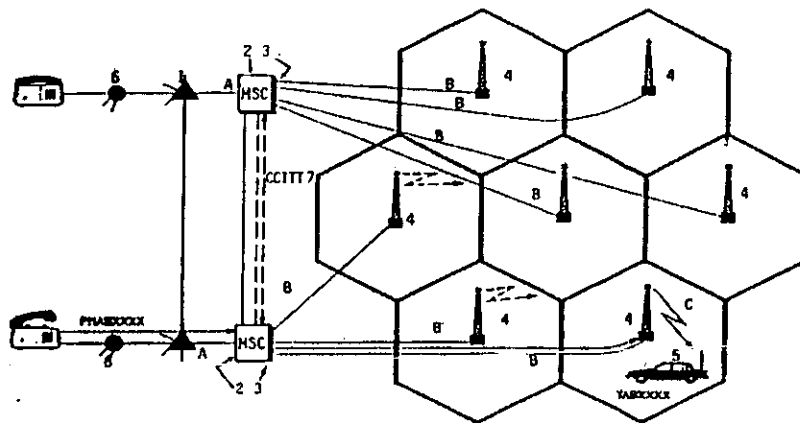


Fig. 1.1 Estructura del Sistema Celular

La MSC constituye la interfase entre el sistema móvil y la red pública normal, las llamadas y desde un suscriptor móvil son conmutadas por la MSC, la cual también provee todas las funciones de señalización necesaria para establecer las llamadas.

1.3 ÁREA DE SERVICIO

Con el propósito de obtener cobertura con la señal de radio de un área geográfica dada, el número de estaciones base requeridas podría alcanzar un total de cien bases. A esta área se le conoce como área de servicio.

La estación base contiene unidades de canal. Cada unidad de canal está equipada con un transmisor, un receptor y una unidad de control. La unidad de control se utiliza en los casos en que se requiere comunicación de datos con la MSC y datos de señalización con estaciones móviles en la senda de radio. La mayoría de las unidades de canal son unidades para canales de voz. Los canales de voz llevan a cabo sólo una llamada a un tiempo. Dependiendo de cuantas llamadas simultáneas requiere manejar una radiobase, así será el número de unidades de canal. En algunas estaciones solo son unas pocas, pero en otras pueden ser cien o más.

Cada estación base se conecta a la MSC por conexión digital o analógica o para voz y transmisión de datos.

La estación móvil es un teléfono portátil montado en el automóvil del suscriptor. El equipo consta de un transmisor, un receptor, una unidad lógica para señalización con la estación base y tiene además un teclado para marcación, micrófono, etc.

Cuando se establece una llamada entre un suscriptor móvil y uno "ordinario", la voz es transmitida en la senda de radio entre la estación móvil y la unidad para canal de voz en la estación base cercana a la estación móvil. Entonces la estación base dedica este canal de voz únicamente como conexión de línea de voz, finalmente la voz es conmutada en la MSC hacia la red pública donde el "suscriptor ordinario" esté ubicado. La MSC conmuta también las llamadas entre dos suscriptores móviles.

Cuando la calidad de la transmisión durante una llamada en progreso, se deteriora, normalmente cuando el suscriptor móvil se aleja de la radiobase que está manejando su comunicación, ocurre un cambio automático de célula, la cual puede pertenecer a la misma radiobase o a otra.

A la conmutación de una llamada en proceso se le conoce como "HANDOFF" o "HANDOVER", es decir, una transferencia para que la voz sea enviada por la MSC a través de otra radiobase por una nueva línea de conexión.

1.4 CÉLULAS Y RADIOBASES

Una radiobase es capaz de comunicarse a cualquier suscriptor móvil que se encuentre en su área de cobertura. Dependiendo del tipo de antenas empleadas para la transmisión, una o más áreas pueden ser cubiertas por una radiobase. A tales áreas se les llama células (o celdas).

Los tipos más comunes de células son:

- A) Omnidireccionales
- B) Sectoriales

A) Las Células Omnidireccionales

En este caso hablamos de una radiobase equipada con una sola antena transmisora con cobertura en todas direcciones, esta célula tendrá una forma circular con la radiobase situada al centro. Cuando se representa una radiobase omnidireccional en planos, se utiliza un hexágono Fig. 1.4.1.

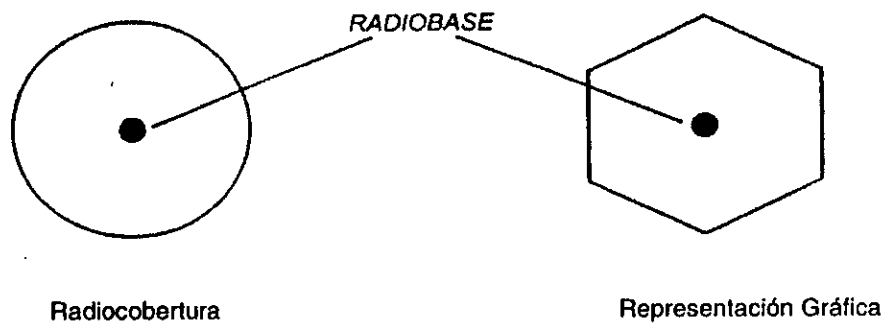


Fig. 1.4.1 Célula Omnidireccional

B) Las Células Sectoriales

En este caso la radiobase está equipada con tres antenas direccionales, cada una de las cuales cubre un sector de 120° . En este tipo, se asignan a cada sector un determinado número de unidades de canal dependiendo del tráfico requerido y puede tener un sector o dos, es decir que no es estrictamente necesario que tenga los tres sectores.

Para representar la célula sectorial, se hace con tres hexágonos y la radiobase se ubica en la esquina común de los tres hexágonos Fig. 1.4.2 Observe que para tener completa la cobertura, las células deben estar traslapadas, una con otra. Esto se aplica para la función de vecindad de células.

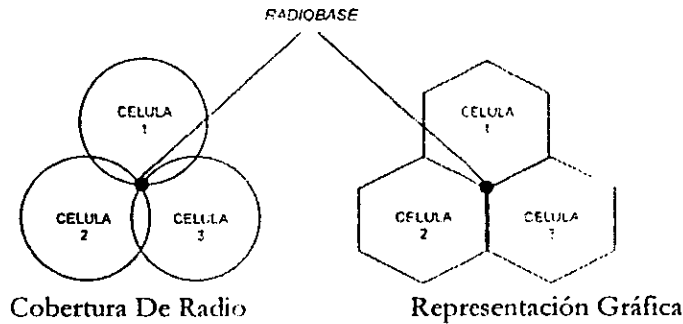


Fig.1.4.2 Célula sectorial

1.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA MÓVIL CON LA RED PÚBLICA

Las áreas que están cubiertas por una MSC se llaman áreas de servicio. A esta estructura se le llama red pública "móvil - fija. Cada suscriptor móvil está conectado en data a una MSC, a la cual él pertenece como suscriptor residente (figura 1.5.1).

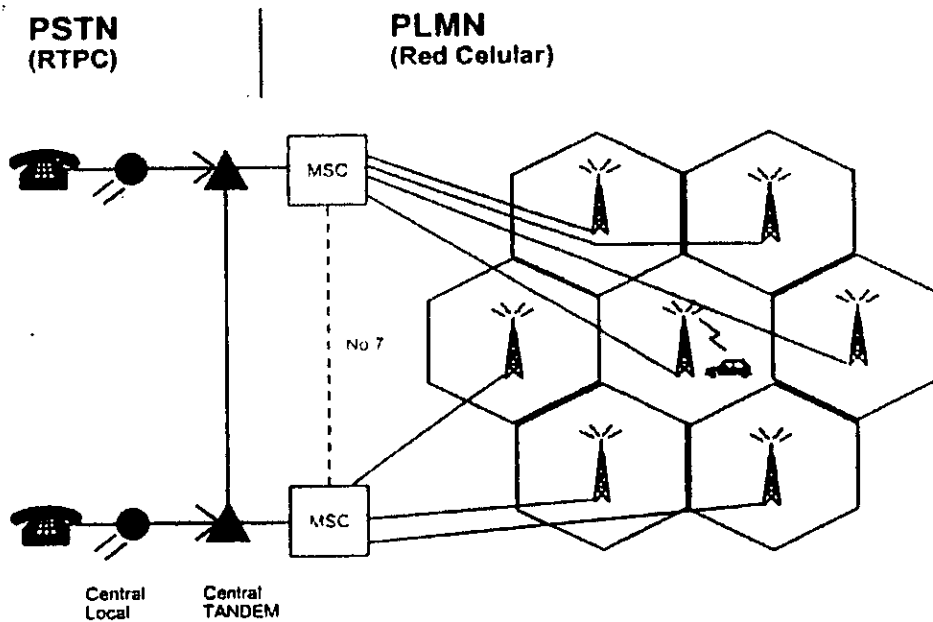


Fig. 1.5.1 Red pública móvil

Cuando un suscriptor móvil penetra a otra área de servicio, es decir fuera del área de servicio donde la MSC lo tiene registrado como residente, otra MSC manejará sus llamadas. A esta MSC se

llamará MSC visitada y al suscriptor, suscriptor visitante. De aquí surge el concepto "ROAMER", que es la acción de pasar de un área de servicio a otra (incursionar).

Si una estación móvil se mueve del área de servicio de su MSC (MSC-H) a otra área de servicio (MSC-V) la MSC-V (MSC visitada) envía la información de la nueva localización del suscriptor a su MSC (MSC-H o MSC-HOME) y las categorías almacenadas en la MSC-H son enviadas a la MSC-V. Esto implica que a la señalización entre MSC'S también se le conoce como señalización ROAMING.

La señalización entre MSC'S se ejecuta de acuerdo al protocolo de señalización CCITT No.7 ya sea por comunicación directa entre las MSC'S o a través de enlace de la red pública.

El cambio de estación base durante una llamada en progreso a otra radiobase conectada a diferente MSC se conoce como "transferencia entre centrales", procedimiento para el cual también se requiere señalización entre MSC.

1.6 ÁREAS DE LOCALIZACIÓN

Existen sistemas como el CMS8810 en el cual las áreas de servicio se subdividen en áreas de localización, de tal modo que cuando una estación móvil pasa de un área de localización a otra (dentro de la misma área de servicio), la MSC es informada por lo que el suscriptor sólo será buscado por las Radiobases del área de localización donde se registró la última vez Fig. 1.6.1 se utilizan en este caso los términos "registro en área de localización ó registro forzado".

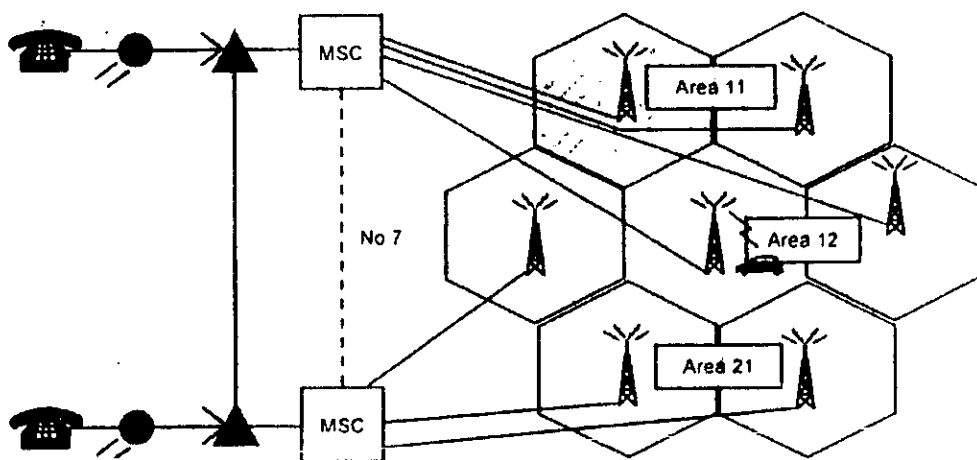


fig. 1.6.1 Áreas de localización (CMS8810)

La búsqueda de la estación móvil. se realiza únicamente en las estaciones base del área de localización en donde se registró la estación móvil la última vez .

En el sistema CMS8800 no existen las áreas de localización por lo que la búsqueda de la estación móvil se realiza a través de todas las Radiobases de la MSC en donde esté registrada.

1.7 CANALES DE RADIO

Los canales de radio son vías bidireccionales de radiotransmisión entre la estación móvil y la radiobase.

Un canal utiliza frecuencias separadas: una para transmisión de la estación móvil y una para la transmisión de la estación base. A este canal se le llama canal dúplex y a la separación entre estas frecuencias, distancia dúplex, la cual siempre es igual a 45 MHz.

Cada canal de radio tiene su unidad de canal en una radiobase. Su transmisor (TX) así como su receptor (RX) trabajan en una frecuencia preseleccionada, la cual normalmente no cambia. Fig. 1.7.1.

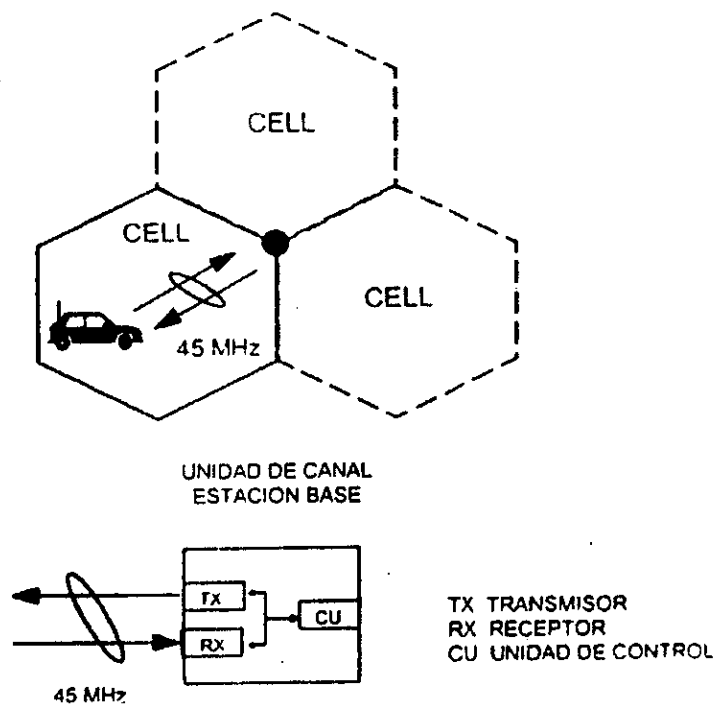


fig.1.7.1 canal de radio

La estación móvil tiene sólo un transreceptor (transmisor y receptor), él sólo puede sintonizarse a un canal de radio a un tiempo. Sin embargo, puede automáticamente cambiar de canal (por cambio de frecuencia) y sintonizar cualquiera de los canales especificados en el sistema.

Todos los canales de radio trabajan a diferentes frecuencias en la misma célula de trabajo, también en sus células vecinas se utilizan otras frecuencias. Esto se debe a que las células se traslapan una con otra y podría ocurrir interferencia, pero los mismos canales son utilizados en células que se encuentran separadas geográficamente una de otra lo suficiente para que no haya interferencia. A esto se llama rehusó de frecuencias y permite la instalación con capacidad de alto tráfico por unidad de área.

Existen 4 tipos de canales:

- Canales de voz
- Canales para detectar señal recibida
- Canales para pruebas
- Canales de control (CC)

Un canal de voz es seleccionado y "tomado" por la MSC, durante el proceso para establecer una llamada. El canal seleccionado llevará la conversación. Cuando la conversación termine, el canal quedará libre para la próxima conversación. Esto es administrado por la MSC, la cual mantiene una lista en data de todos los canales y sus estados (libre, ocupado, bloqueado, etc.).

Cuando un canal de voz queda libre, el transmisor de la unidad de canal en la radiobase se "apaga". Cuando un canal de voz es tomado el transmisor se "enciende". Esta acción la ordena la MSC. El número de canales en cada célula es normalmente entre 5 y 30.

Además de voz, puede agregársele otro tipo de información a saber:

- Tono de supervisión de audio.
- Transmisión de datos
- Tono de señalización.

1.8 SEÑALES DE RADIO Y UNIDAD DE CANAL EN UNA RADIOBASE

Tono de supervisión de audio (SAT). Este tono se utiliza para la supervisión de la calidad de la transmisión. El SAT es enviado siempre que una unidad de canal de voz se activa, es decir, que siempre que hay transmisión de voz, se envía un SAT, el cual se mantiene mientras dura la transmisión de voz. Debido a que la frecuencia del SAT es mucho más alta que la frecuencia de la voz, no habrá interferencia. El SAT es enviado por la unidad de canal de voz de la radiobase, lo hace pasar por la estación móvil y lo toma de regreso. Fig. 1.8.1.

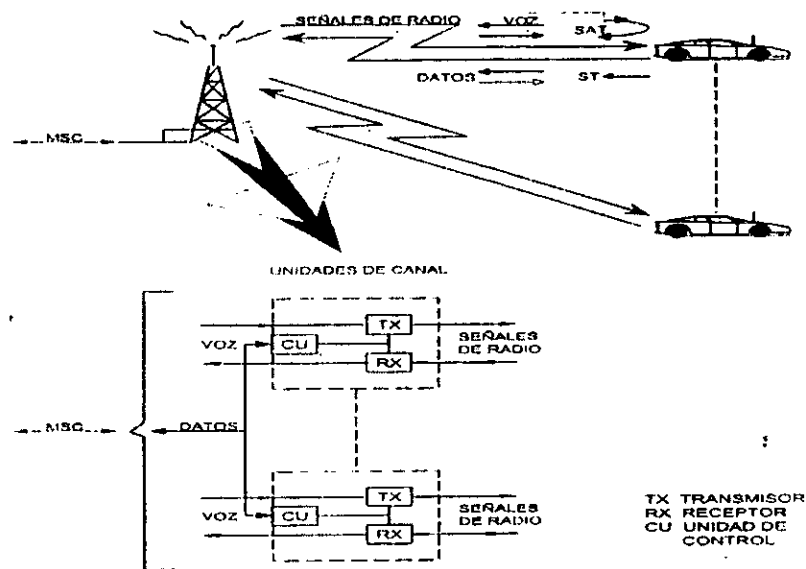


fig. 1.8.1 señal de radio y unidades de canal en la radiobase

DATA. Se envía DATA en algunas situaciones, como por ejemplo durante una transferencia. Esto ocasiona un corte muy pequeño en la conversación que prácticamente es imperceptible. La DATA puede ser enviada por:

- Estación móvil.
- MSC a través de la unidad de canal en la estación base.
- La unidad de canal en la estación base.

TONO DE SEÑALIZACIÓN (ST). El tono de señalización sirve como señalización de línea, sólo se envía para el establecimiento de una llamada y durante una transferencia.

1.9 CANAL DE CONTROL

Normalmente hay un sólo canal de control (CC) en cada célula. De tal forma que una RBS (Radio Base) omnidireccional requiere de una sola unidad de canal de control, pero una radiobase del tipo sectorial estará equipada con tres unidades de canal de control. El canal de control tiene como función, la transmisión de DATA con la MSC, la transmisión de DATA a la estación móvil y señales de radio a la estación móvil Fig. 1.9.1.

Una estación móvil que no se encuentre en conversación, siempre estará sintonizada a un canal de control supervisando el flujo continuo de DATA.

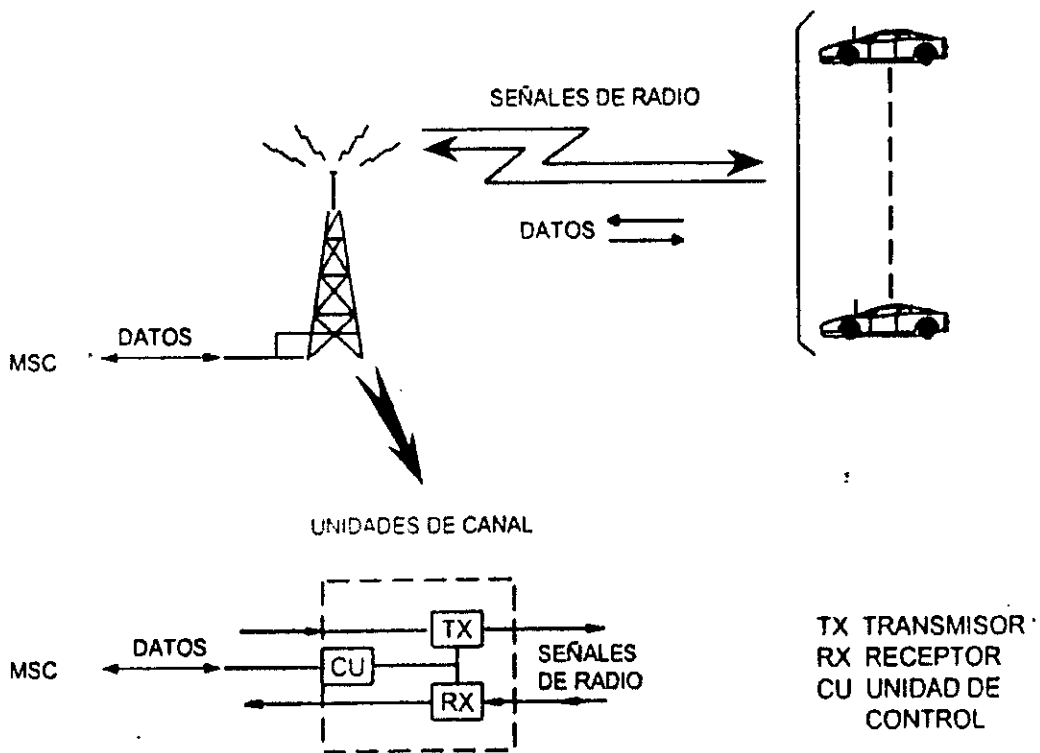


fig 1.9.1 canal de control

El canal para la detección de potencia recibida SSR provee datos relativos a mediciones requeridas por la MSC para casos de transferencia.

A través de órdenes dadas por la central, un canal de voz puede ser utilizado como canal de control para detectar la señal recibida.

El canal para pruebas (CT) es un auxiliar en la prueba de los canales de radio de la radiobase. Las pruebas que se inician manualmente en un principio pueden ser llevadas a cabo en la instalación, reparación y mantenimiento.

El canal para pruebas consiste en un transceptor con las frecuencias de la estación móvil y se comunica con la MSC igual que los demás canales.

Las principales pruebas que realiza son:

- Pruebas de: transmisión de portadora, recepción de portadora, transmisión de datos de señalización, recepción de tono de señalización, transmisión de tono de supervisión de audio, recepción de tono de supervisión de audio, audio.

La señal de localización (PAGING) es una llamada para un suscriptor móvil y es enviada por todos los C.C. (voceo en canal de control).

Cuando un suscriptor ha marcado un número para hacer una llamada, la estación móvil envía información de acceso a la MSC a través de la RBS, es por lo que a esta función se le llama acceso en canal de control. Es por eso que en ocasiones se habla de que el canal de control es un canal de voceo y acceso.

Cuando una estación móvil en estado libre se mueve de una célula a otra, eventualmente podría perder la conexión de radio con el canal de control y tendrá que conectarse al canal de control de la nueva célula. Fig. 1.9.2.

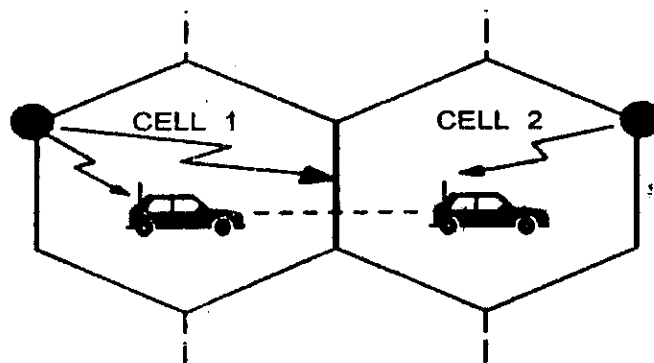


fig 1.9.2 cambio de canal

Una estación móvil se sintoniza inicialmente o por cambio de célula, mediante el rastreo automático de todos los canales de control del sistema que se encuentren en operación.

Cuando se encuentre un canal de control con buena calidad de recepción, la estación móvil permanece sintonizada a éste hasta que la señal se deteriore nuevamente. Esta es la forma en que la estación móvil se encuentra en contacto con el sistema todo el tiempo.

1.10 BANDA DE FRECUENCIAS

En el sistema celular se requiere de dos sistemas para proveer el servicio. Uno de ellos lo constituye la compañía telefónica que está establecida en esa área (sistema telefónico ordinario) y a su sistema celular se le llama sistema B, el otro, un operador independiente, el cual no posee una red telefónica (mediante cable) opera el sistema A. Los suscriptores son libres de elegir a cual de ellas pertenece.

La banda de frecuencias ha sido separada en dos grupos, uno es utilizado por el sistema A y el otro por el sistema B figura 1.10.1.

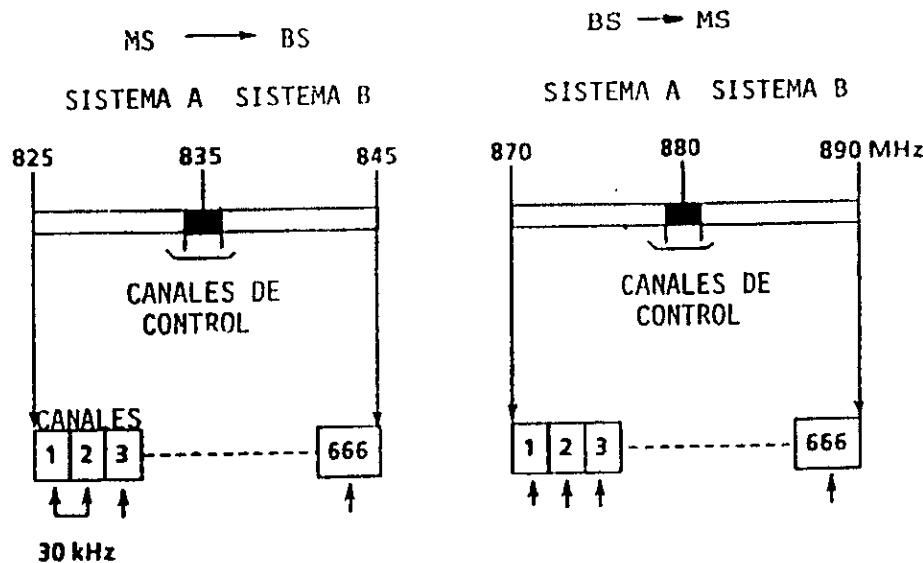


fig 1.10.1 localización de canales en la banda de frecuencia

Debido a la demanda de mayor capacidad de canales en el sistema, la banda de frecuencias, según especificaciones de la FCC, ha sido extendida otros 166 canales de voz haciendo un total de 832. Tabla de Frecuencias. Figura 1.10.2.

No. de Canal	Frecuencia de transmisión de estación base	Frecuencia de transmisión de estación móvil
001	870.060	852.030 Mhz
002	870.060	825.060
003	870.090	825.90
004	870.120	825.120
*	*	*
*	*	*
*	*	*
*	*	*
332	879.960	834.960
879.990	879.990	834.990 Mhz

fig. 1.10.2. tabla de frecuencias

La separación entre canales, es decir, la distancia entre frecuencias portadoras de dos canales consecutivos es de 30 KHz.

La distancia dúplex, la separación entre la frecuencia de transmisión y la frecuencia de recepción de un mismo canal, es de 45 Mhz.

1.11 PRINCIPIO DE MODULACIÓN EN FRECUENCIA

Voz, transmisión de datos, tono de supervisión de audio y tono de señalización, pueden ser las señales de entrada a un transmisor, el cual ejecuta la modulación en frecuencia (FM) previa a la radio transmisión. Las frecuencias de entrada son las siguientes:

- Voz, frecuencia de audio (AF). Es la señal analógica en la banda de 300 a 3400 Hz.
- Transmisión de datos es enviada a una velocidad de 10 Kbit/s, lo cual significa 10 KHz.
- SAT, una de las tres frecuencias, 5970 Hz, 6000 Hz y 6030 Hz.
- ST, 10 KHz.

En la figura 1.11.1, se muestra el principio de modulación en frecuencia, en la cual podemos ver que si no hay señal de entrada, el transmisor envía una onda sinusoidal, onda portadora sin modulación y frecuencia constante. La frecuencia portadora corresponde a un número de canal.

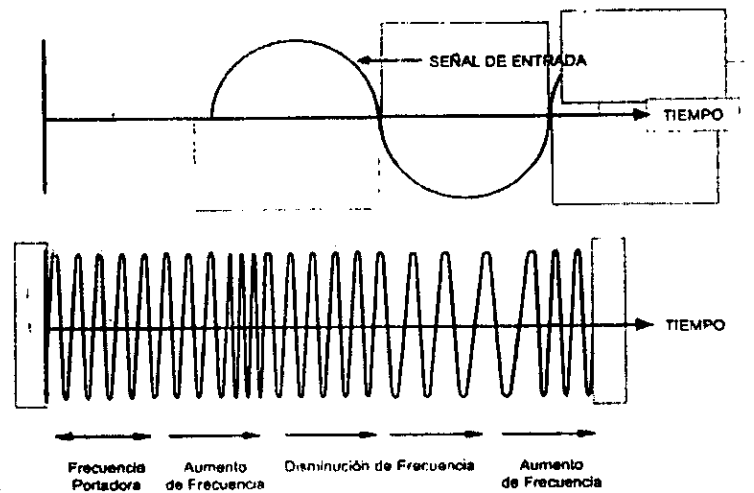


fig. 1.11.1 modulación en frecuencia, señal analógica

La señal de entrada, por razones de simplicidad, se representa como una senoide. La señal de entrada causará una desviación en la frecuencia, la cual es proporcional a la amplitud de la señal de entrada en función del tiempo.

- Cuando no hay señal de entrada, la radiofrecuencia transmitida es exactamente igual a la frecuencia portadora.
- Cuando la amplitud de la señal de entrada es positiva, la frecuencia se incrementa arriba de la frecuencia portadora.
- Cuando la amplitud es negativa, la frecuencia decrece respecto de la frecuencia portadora.

La desviación de la portadora debe ser limitada, después de otro modo el canal adyacente será perturbado (19.7 Khz.) por eso cuando la señal de entrada es demasiado alta, la desviación debe ser limitada por un circuito especial.

En el caso en que la señal de entrada sea transmisión digital, el principio es similar, sin embargo, aquí la señal de entrada tiene dos distintos niveles, "0" y "1", resultando en el cambio de frecuencia.

Figura 1.11:2.

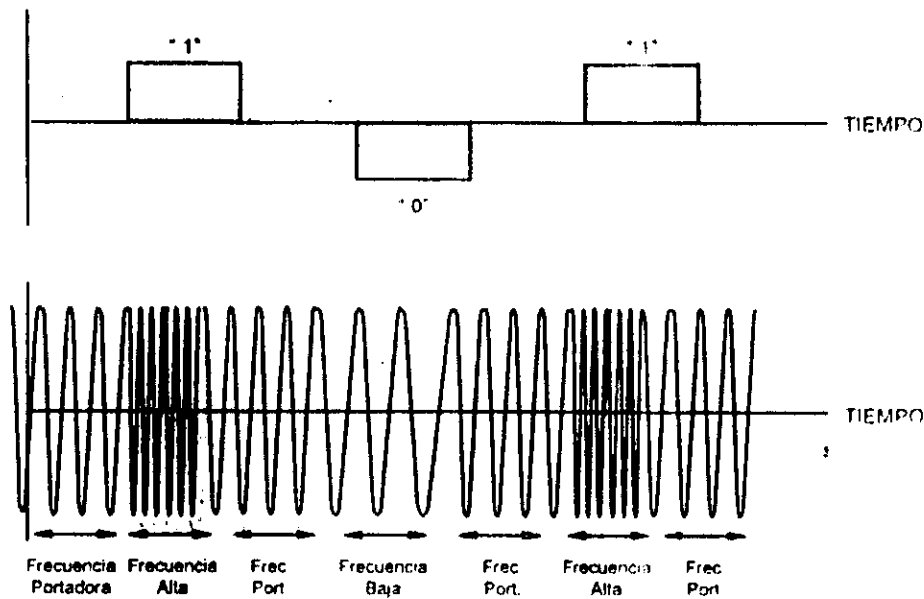


fig. 1.11.2. cambios de frecuencia para originar transmisión de datos ("1" y "0")

1.12 DIVERSIDAD EN LA RECEPCIÓN

La diferencia de potencia de los equipos móviles y el equipo portable, típicamente de 4 dB a 10 dB respectivamente, es compensada por el sistema en la base de recepción.

La ganancia de diversidad en recepción es doble, reduce la posibilidad de profundos desvanecimientos y mejora la detección posterior de la relación de señal a ruido S/N.

En el CMS8810 la diversidad es introducida usando un sistema de dos ramas de igual ganancia en cada celda. Utilizando este método se obtiene una ganancia en recepción de 6 a 10 dB.

Esta unidad estará dirigida principalmente al análisis de cómo es posible realizar la comunicación entre todos los elementos del sistema celular.

Capitulo II

CAPÍTULO: 2 ANÁLISIS DEL SISTEMA

2.1 SUBSISTEMAS DE UNA CENTRAL PÚBLICA DIGITAL

La característica principal de un sistema de comunicaciones celular, es que pueda manejar estaciones móviles, por lo que requiere de un sistema de control eficaz para resolver cualquier eventualidad con el manejo de tráfico de las comunicaciones. Para explicar cómo es posible lograr la comunicación entre abonados móviles y/o abonados fijos, describiré uno de los subsistemas de una central digital.

En una central telefónica de suscriptores ordinarios, las funciones del manejo del tráfico interno, están incorporadas en el subsistema de conmutación de suscriptores o subsistema selector de paso de abonado. Este subsistema es la etapa de abonado que:

- Alimenta de corriente a la línea de abonado
- Concentra el tráfico hacia el selector de grupo
- Recibe dígitos provenientes de los abonados
- Lleva a cabo funciones de señalización
- Lleva a cabo mediciones en la línea de abonado

Esta etapa es digital y si requiere manejar señales analógicas, éstas son convertidas a señales digitales por el mismo subsistema. La necesidad de mencionar lo anterior, se debe a que para implementar la central para telefonía móvil, habrá que sustituir el subsistema de paso de abonado por el subsistema de telefonía móvil. El subsistema de telefonía móvil no tendrá conexión física con los suscriptores que se conectan a él. Las funciones del subsistema de telefonía móvil son:

- Procedimientos para establecer llamadas originadas por un suscriptor móvil, selección de un canal de voz, voceo para una estación móvil. Esto lo hace mediante datos de señalización hacia la estación móvil.
- Proveer continuamente de mejores canales de voz para llamadas establecidas entre abonados que se mueven entre células. Esto también involucra datos de señalización hacia el abonado móvil.
- Mantener información de la ubicación de los abonados.
- Proveer información para la comunicación entre MSC's.
- Administrar la información del suscriptor móvil, así como la configuración de la red celular y los parámetros para el control de tráfico asociado.

- Observación de las buenas condiciones de la red de radio en términos estadísticos y detallada actualización.
- Mantenimiento de la radiobase.

2.2 LA RADIOBASE O ESTACIÓN BASE (BS)

Se conecta a través de circuitos punto a punto con la MSC. Su principal función es manejar la comunicación con la estación móvil (MS), ya sea voz o transmisión de datos. La radiobase supervisa también la calidad de la radio transmisión durante una llamada en progreso a través del tono de supervisión de audio SAT y mediante las estaciones móviles. Los equipos utilizados actualmente son:

- RBS 882
- RBS 884

Una de las mayores diferencias entre la nueva generación de estaciones base y la anterior es el tamaño del equipo. La radiobase se compone de dos elementos principalmente. Ver figura 2.2.1.

- A) Grupo de canales de radio (RCG)
- B) Interfase entre central y usuarios

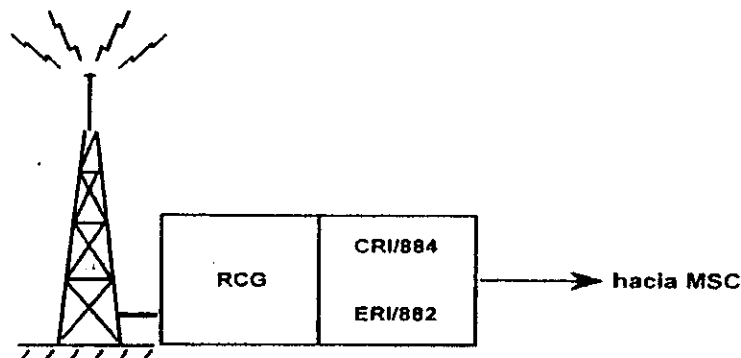


fig. 2.2.1 unidades funcionales de la estación base

A) Grupo de canales de radio (RCG)

El grupo de canales de radio es la unidad funcional de la radiobase que contiene un canal de control, un determinado número de canales de voz, un canal para la detección de potencia recibida y un canal para pruebas. En la fig. 2.2.2 se muestra una configuración típica requerida para servir a una célula.

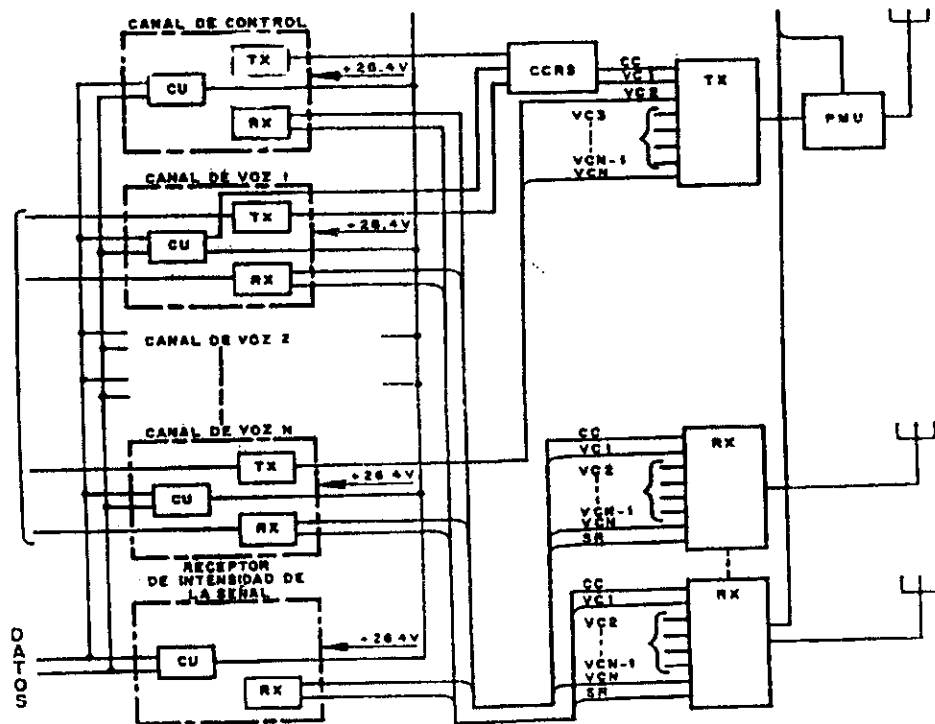


fig. 2.2.2 diagrama del bloque funcional grupo de canal de radio

Todo el equipo de la radiobase está montado en gabinetes. En el caso del gabinete del grupo de canales de radio tenemos el siguiente equipo:

- o Unidades de canal
- o Combinadores para la transmisión (TX)
- o Multiacopladores (MC) para la recepción (RX)
- o Detector de potencia recibida o canal de localización.
- o Oscilador de referencia (EHESR)
- o Conmutador para el canal de control redundante (CCRS)
- o Canal para pruebas (CT)
- o Monitor de potencia de salida (PMU)
- o Sistema de antenas

A continuación se muestra la figura 2.2.3, que describe el gabinete y el equipo montado.

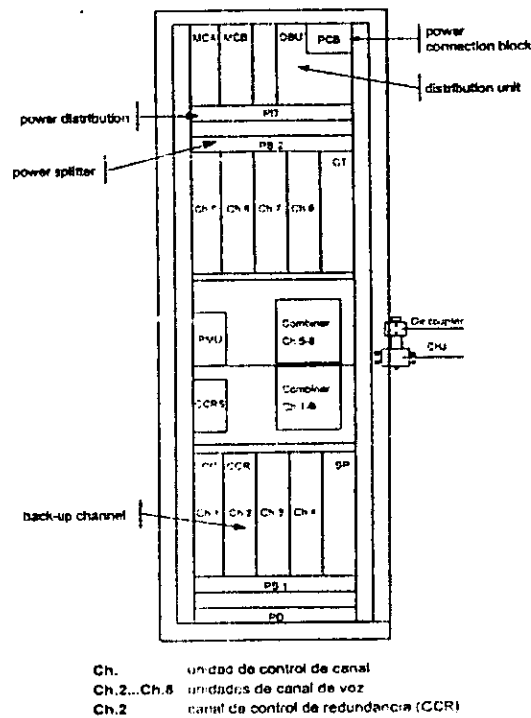


fig. 2.2.3 gabinete de los equipos de radio

En una radiobase se pueden tener hasta 96 unidades de canal, es decir, que el grupo de canales de radio de una radiobase puede ser hasta 96 unidades que se montarían en 12 gabinetes como, el de la figura anterior.

Las unidades de canal de un mismo grupo, pueden ser asignadas para servir a una determinada célula de la radio base en cuestión. Esto se hace desde la MSC a través de comandos y órdenes por computadora y del mismo modo, se puede hacer que un canal de voz sea asignado como canal de control o detector de potencia recibida.

Los multiacopladores para recepción

A través de los multiacopladores, es posible manejar hasta 48 canales de recepción y 2 canales para localización utilizando la misma antena. La ganancia del amplificador es suficiente para quitar las pérdidas ocasionadas por el separador híbrido de la red que distribuye la señal a los receptores del

sistema. El multiacoplador receptor utiliza dos etapas de división de potencia. Cada etapa tiene una pérdida de 6 db, la cual se compensa por la ganancia del amplificador del multiacoplador. Los divisores de potencia son completamente pasivos y no son críticos a la frecuencia.

El canal para detectar la potencia de la señal recibida o canal para localización (móvil locating unit)

Consiste de un receptor y una unidad de control. Mide la potencia en recepción de las unidades móviles en cualquier canal que pertenezca a sus células vecinas. Los canales de células vecinas son especificados, por comandos, por la MSC y el canal de localización realiza rastreos continuamente sobre ellos y guarda la información en la unidad de control, para que la MSC la utilice en casos de "transferencia".

El oscilador de referencia

Es un oscilador de alta estabilidad, provee una señal de 31250 Hz con una estabilidad en frecuencia de 0.25 ppm. Esta señal se distribuye a todos los generadores de frecuencia de los transmisores (FGTX) y receptores (FGRX) de todas las unidades de canal. Existen dos versiones del oscilador, una para conexión digital a la MSC y otro para la conexión analógica.

Combinador para la transmisión

Con la finalidad de conectar un número determinado de transmisores (hasta 16); a una misma antena, se utilizan combinadores para transmisión. Es fácil darse cuenta de las ventajas de un dispositivo como este, ya que si en una radiobase tuviéramos por ejemplo 96 canales, tendríamos 96 antenas para la transmisión y de este modo serían sólo seis. Las funciones de los combinadores se obtienen usando los siguientes elementos y la figura 2.2.4 nos describe la forma en que actúan:

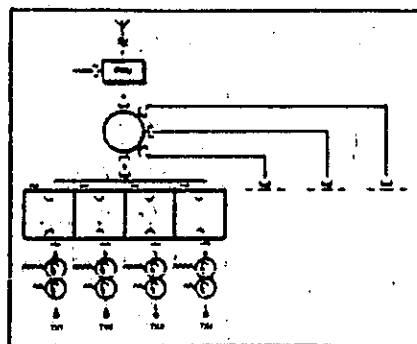


fig. 2.2.4 combinador para 16 transmisores

El filtro combinador provee el efecto de tener un sólo transmisor conectado a la antena a cualquier frecuencia de operación dada. En frecuencias separadas de una frecuencia resonante del circuito de filtro, la transmisión está eléctricamente aislada.

La eficiencia y el aislamiento obtenidos en la cavidad del resonador se incrementa conforme la separación de la frecuencia se haga más grande. Si conectamos a un punto común, canales que tengan una separación de 21 canales (0,21,42,63) se logrará precisión y buena ejecución eléctrica.

Cada transmisor se conecta a una unión común después de tres circulares y una cavidad filtrante de alto "Q". El propósito de las circulares es suprimir la potencia de transmisión de los canales vecinos en el amplificador de poder del transmisor.

Las cavidades también suprimen señales de canal con gran supresión a gran separación de frecuencia. Los circuladores y las cavidades resonantes minimizan la producción de señales de intermodulación, las cuales podrían causar interferencia o falsas señales en la operación de una estación móvil cercana a la radio base. Los productos de intermodulación son generados por el amplificador de poder de otro canal.

La unión en estrella es utilizada para la conexión en paralelo de varias cavidades. La longitud de la línea de transmisión conectante, se ajusta a un múltiplo non de $1/4$ de la longitud de onda, de tal forma que el cortocircuito de la cavidad fuera de resonancia, se transforme en un circuito abierto para la unión común. En el paso de banda del filtro conectado, la sección del transformador de la unión en estrella parece ser una simple pieza de línea de transmisión.

El canal para pruebas

Ejecuta pruebas del equipo controladas por el operador de la MSC. No tiene conexión física alguna para sus pruebas; pero realiza pruebas sobre conexión a: antenas de transmisión, antenas de recepción, hasta 144 canales de voz, canales de control y canales de localización, así como conexiones por "Hardware" y "Software". Entre las principales pruebas tenemos:

- o Pruebas de transmisión de portadora
- o Pruebas de recepción de portadora
- o Pruebas a la señal para transmisión de datos
- o Prueba de transmisión del tono de supervisión de audio
- o Prueba de recepción del tono de supervisión de audio

○ Pruebas de audio

El canal para pruebas se utiliza como auxiliar en las funciones de operación y mantenimiento así como en la instalación.

El monitor de potencia de salida

Este dispositivo se conecta a la salida de los combinadores, supervisa la potencia de salida y la reflejada y activa la alarma en casos de demasiada potencia reflejada.

Sistema de antenas

Existen varias alternativas para el sistema de antenas dependiendo de la forma de la celda, si es omnidireccional o sectorial. Se utilizan antenas omnidireccionales para células circulares y antenas direccionales para células sectoriales. Fig. 2.2.5.

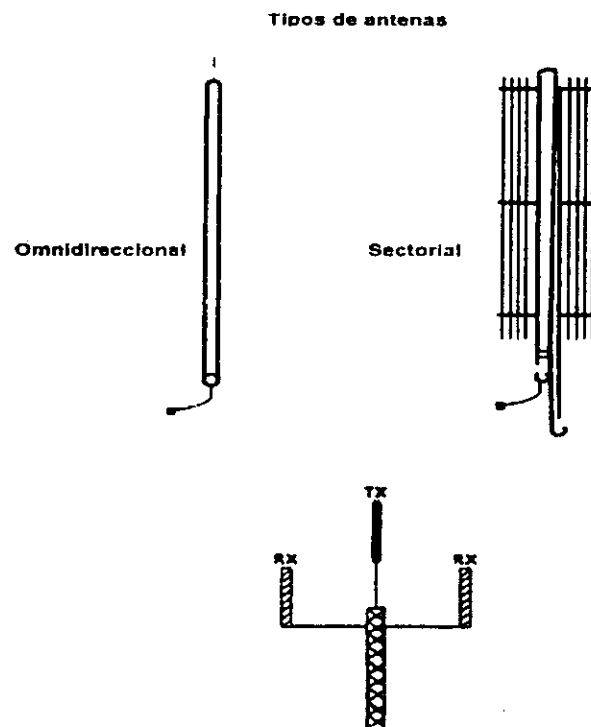


fig. 2.2.5 sistema de antena con 2 antenas receptoras (Rx) y una antena trasmisora (Tx)

Los receptores están equipados con sistema de rápida diversidad para reducir la degradación de la calidad de la voz debido al desvanecimiento causado por propagación múltiple. En la figura 2.2.6, podemos ver unas gráficas comparativas de la señal de cada antena y la gráfica del sistema de diversidad en recepción.

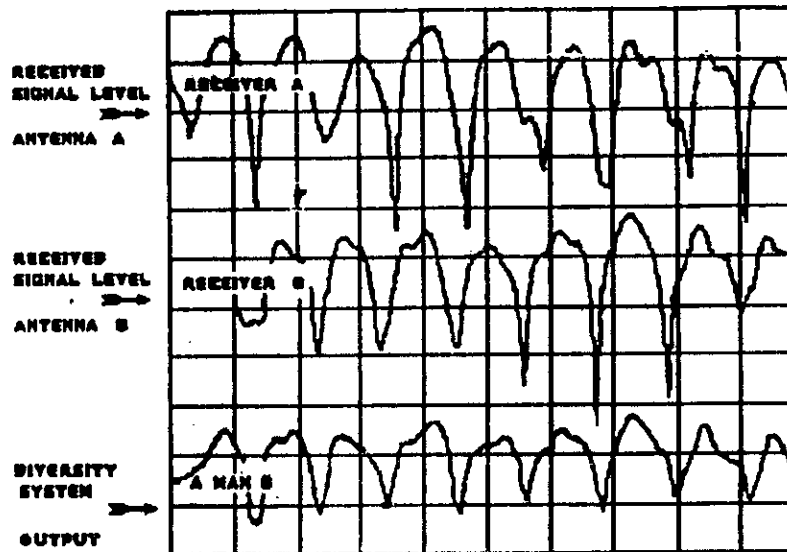


fig. 2.2.6 variación de la intensidad de campo como resultado de desvanecimiento en las antenas a y b y el resultado del sistema de diversidad en recepción

La propagación múltiple es el resultado de reflexiones a lo largo de la senda de radio (la misma señal recorre diferentes rutas) el desvanecimiento se manifiesta como un campo de variaciones de potencia que en algunos casos es de 20 a 30 db, originando profundos vados por algunos milisegundos (dependiendo de la velocidad del vehículo) tomando en cuenta que hay transmisión de datos, esto significa que habrá disturbios y ocurrirán errores de BIT.

Hay dos entradas de antena para el sistema de diversidad en cada receptor. La combinación de la señal se hace con un combinador de igual ganancia. La ganancia en recepción con la ganancia igual al sistema de diversidad, dependerá de la separación entre las antenas de recepción. Con la distancia sugerida de 3 a 5 mts. se alcanza una ganancia aproximada de 10 db.

La unidad de control.

La base de esta unidad es un microprocesador. La unidad de control constituye la inteligencia de la unidad de canal. A continuación se describen algunas de las funciones de la unidad de control:

- Conmuta los datos de los mensajes entre la MSC y la estación móvil. La transmisión de datos hacia la estación móvil está formada con bits de sincronía y patrones de corrección de error (codificación BCH) que son insertados en el transmisor. La transmisión de datos desde la estación móvil (a través del receptor) es detectada y decodificada y los posibles errores corregidos antes de ser enviada a la MSC.
- Envío autónomo de algunos mensajes a la estación móvil.
- Rastreo de fallas del transmisor y receptor, así como de otros dispositivos como el combinador para la transmisión, etc.
- Sintonía de canal. El número de canal que originalmente se recibe desde la central (MSC) constituye la entrada para el generador de frecuencias.
- Controla los transmisores. La función encendido y apagado de los transmisores es controlada por la unidad de control. Esto se ejecuta normalmente. Cuando un canal de voz es tomado para una conversación, el transmisor se enciende y cuando termina se apaga,
- Controla el "esquelch" (silenciador).
- Detecta el tono de señalización ST.
- Genera y detecta el tono de supervisión de audio SAT. Cuando hay transmisión de voz se sobrepone SAT a la voz procesada en el transmisor. El SAT recibido desde una estación móvil es detectado y la frecuencia se compara con la frecuencia del tono transmitido. La información de frecuencia SAT debe ser generada, se recibe originalmente desde la MSC (inicio por comando).
- Medición del ruido. El valor medio del ruido recibido es medido con la finalidad de calcular la relación señal de ruido para el tono de supervisión de audio recibido.
- Mide la señal de potencia recibida y la evalúa.
- Hace un circuito en la línea, tomando la línea de voz de entrada y salida.
- Controla el interruptor para el combinador o interruptor del canal de control redundante.

Las señales de voz no son manejadas por la unidad de control.

La unidad de control consiste, entre otras cosas, de un microprocesador con programas almacenados implementados en memorias de lectura y escritura. Por esa razón cada unidad de control tiene que ser cargada desde un banco de memoria de la MSC, antes de ser puesto en operación. Esto se hace normalmente durante la instalación o en caso de reparación.

Canal de control redundante

Una célula está imposibilitada para dar servicio cuando su canal de control está fuera de servicio. Para evitar tal situación cuando el canal de control falla por cualquier razón, un canal de voz que se ha predestinado toma el lugar automáticamente y asume las funciones de canal de control. Esto se logra de la siguiente manera:

- La MSC le ordena al canal de respaldo que deje de funcionar como canal de voz.
- El canal de voz de respaldo recibe el número de canal de control con el que debe operar.
- El canal redundante (también así se le conoce), toma la carga del programa como canal de control.
- La salida del transmisor es conmutada por el CCRS (interruptor para el canal de control redundante) indicando la no operación de la posición del canal de control en el combinador para la transmisión.

Algún otro canal de voz puede ser asignado para canal redundante de canal de localización o detector de potencia recibida. El procedimiento es similar al de canal de control redundante.

B) Interfase entre MSC y etapa de radio

Este equipo se conoce como ERI (exchange radio internase) y se encarga de recibir la transmisión de datos de las unidades de canal y los envía a la MSC vía enlace dedicado MSC-ES para transmisión de datos. En el sentido inverso el ERI recibe la transmisión de datos de la MSC por el enlace dedicado MSC-BS y los envía a la unidad de canal que le corresponda.

Dependiendo del modo de transmisión, la velocidad de la señalización del enlace MSC-BS es:

- Enlace analógico 2.4,4.8,ó 9.6 Kbit/s.
- Enlace digital 64 Kbit/s.

2.3 ESTACIÓN MÓVIL

Al equipo del suscriptor se le llama estación móvil (MS) .Este equipo es manufacturado por un gran número de compañías independientes, razón por la cual el diseño y las facilidades varían enormemente. La figura 2.3.1 muestra detalles de la estructura de la estación móvil.



fig. 2.3.1 presentación de la estación móvil

Una estación móvil puede tener diferentes aplicaciones tales como:

- Instalada en un automóvil.
- Transportable, que se puede montar en un carro pero que es fácil de quitar y llevar en un bote o a una casa, etc.
- Portátil, pequeña unidad portátil de baja potencia de salida.
- Usado permanentemente como teléfono público fuera del alcance de la red pública pero en el área de cobertura del sistema celular.
- Utilizado como teléfono público en trenes, barcos, etc.

Potencia de salida de la estación móvil. Se necesita muy baja potencia de salida en las estaciones móviles en comparación con la estación base y esto gracias al sistema de diversidad en recepción en la estación base.

Una de las especificaciones para las compañías que manufacturan teléfonos celulares es "SCM" (marca de clase de la estación móvil o "station class mark"), la cual indica la máxima potencia del

transmisor. La máxima potencia de salida es de alrededor de 3W en estaciones montadas en un automóvil y 1W para las estaciones portables.

Todas las estaciones móviles son informadas por la MSC por el canal de control en que nivel de potencia deben utilizarse. En células pequeñas, la potencia debe ser más baja que en células más grandes. Esto es muy importante para el rehusó de frecuencias, ya que dos células que utilizan las mismas frecuencias en una configuración celular pequeña están muy cerca una de otra, por lo que puede ocurrir interferencia entre canales.

Durante una conversación en proceso, se puede indicar a la estación móvil para que aumente o disminuya su potencia de salida. Esto se debe a que la estación móvil puede alejarse o acercarse rápidamente a la estación base que maneja su comunicación. Por esta razón la estación móvil puede, automáticamente, atenuar (por orden de la MSC) su máximo nivel de potencia de salida en 2 pasos :

Paso	Nivel de Atenuación	Potencia
0	No atenuado	3 w
1	4 dB	1.2 w
2	8 dB	0.5 w
3	12 dB	0.2 w
4	16 dB	80 mw
5	20 dB	30 mw
6	24 dB	12 mw
7	28 dB	5 mw

En la figura 2.3.2 se presenta un diagrama a bloques de las unidades funcionales de la estación móvil.

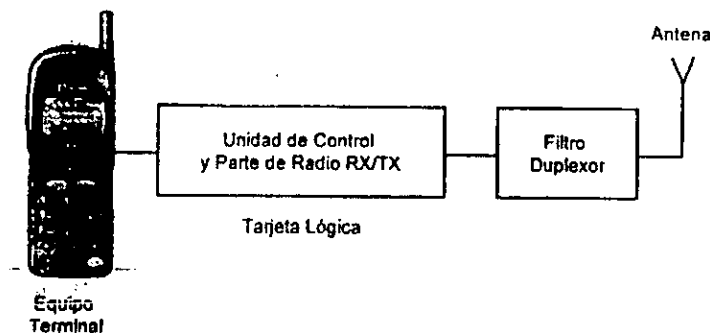


fig. 2.3.2 unidades funcionales en la estación móvil

2.3.1 Parte operacional de la Estación Móvil

La parte operacional está en el microprocesador, por lo que un gran número de suscriptores pueden ser fácilmente implementados. En la actualidad la parte operacional está incorporada normalmente auricular. Esta contiene un teclado y una pantalla de los dígitos marcados. El microprocesador también "censa" las teclas oprimidas y la parte operacional de la pantalla de cristal líquido.

2.3.2 La parte de Control

Está basada en un microprocesador y maneja los siguientes conceptos:

- Datos de señalización en la senda de radio.
- Control de la parte de radio, tal como la selección de canal, arrancar el transmisor, abrir la senda del canal, decidir si regresa el SAT o no, etc.
- Comunicación con la parte operacional como por ejemplo durante la recepción de un número B marcado para ser enviado por la senda de radio, etc.

2.3.3 La parte de radio

Consta de un transmisor, un receptor y un amplificador de potencia, los cuales funcionan de una forma muy similar a los descritos para la radio base.

Filtro dúplex. Es utilizado para la transmisión y recepción simultánea utilizando la misma antena en la senda de radio. Se puede instalar en este equipo, altavoz y micrófono para operarlo a manos libres.

El rastreo de canales de control por estaciones móviles, tiene como finalidad el sintonizar el mejor canal de control, la estación móvil debe buscar entre todos los canales de control existentes. A esto se le llama rastreo de canal de control. Este se inicia cuando la unidad lógica de la estación móvil inserta automáticamente el primer número del canal de control en el generador de frecuencias.

El receptor "censará" si la calidad de la recepción es buena. Si no, el rastreo continúa hasta que prueben en los 21 canales. Por supuesto que uno de los 21 canales debe tener buena calidad, de otra manera la estación móvil estará fuera del área de cobertura. El tiempo para sintonizar cada canal es de 20 ms. para canales adyacentes y el tiempo para sintonizar un canal no adyacente es de 40 ms.

2.3. 4 Programación de la Estación Móvil

Entre otros detalles que se deben tener en cuenta, antes de poner en operación una, estación móvil, se deben programar los siguientes:

- El número de la estación móvil.
- El número de serie, el cual únicamente identifica a la estación móvil, está programado en la fábrica y nunca podrá ser alterado.
- Identificación del sistema A o E.
- SCM, indicando máxima potencia de salida de la estación móvil y tipo de estación móvil.

2. 4 CENTRAL PARA LA CONMUTACIÓN DE LOS SERVICIOS MÓVILES MSC

Se ha elegido una central SPC para ser el corazón del sistema celular. Entre otras funciones esta central proporciona automáticamente a los suscriptores móviles las mismas facilidades que tiene disponibles una central pública ordinaria. Esta central SPC está formada por varios subsistemas, cada uno de los cuales ejecuta un trabajo específico de la central telefónica. La arquitectura del sistema permite que varios subsistemas puedan ser conectados en diferentes configuraciones, de tal forma que den cumplimiento a los requerimientos en cuanto a capacidad y tipo de central telefónica en las redes. Este tipo de central consiste en dos sistemas:

- Sistema de conmutación.
- Sistema de procesamiento de datos.

Cada uno de los cuales está hecho de varios subsistemas.

2.4.1 Sistema de Conmutación

El sistema de conmutación implementado en la MSC, consiste de los siguientes subsistemas:

- Subsistema troncal y de señalización.
- Subsistema para la señalización por canal común.
- Subsistema selector de grupo.
- Subsistema de telefonía móvil.
- Subsistema de servicios al suscriptor.
- Subsistema de control de tráfico.
- Subsistema para la tarificación.
- Subsistema para operación y mantenimiento.

Algunos subsistemas están implementados tanto en Hardware como en Software y algunos sólo en Software.

El subsistema troncal y de señalización supervisa el estado de las líneas troncales hacia la red pública y hacia otras MSC's. Así mismo maneja la señalización entre la red pública y otras MSC y utilizando el protocolo CCITT No.7 aunque la información de señalización es tomada y enviada al subsistema de señalización por canal común, el cual realiza funciones para señalización, enrutamiento, supervisión y corrección de mensajes enviados de acuerdo al protocolo.

El sistema selector de grupo es controlado por el subsistema de cantidad de tráfico. El GSS (Group Switch Subsystem), establece, supervisa e interconecta a través del selector de grupo. También toma lugar en las conexiones para llamadas tripartitas. La selección para la trayectoria a través del selector es realizada por Software.

El subsistema de telefonía móvil en conjunto con una central digital forman una MSC. El subsistema de telefonía móvil maneja todas las funciones específicas de los suscriptores móviles, las funciones de la red celular así como la señalización con las estaciones móviles.

Provee además al subsistema de señalización por canal común, de toda la información necesaria para la señalización entre MSC's. También tiene implementadas funciones de operación y mantenimiento, específicas del sistema celular.

Las funciones de servicios al suscriptor es una de las facilidades más notables es que el suscriptor realiza desplazamientos dentro de la red sin ninguna restricción. El suscriptor móvil podrá utilizar su teléfono móvil, del mismo modo que lo hace con un teléfono ordinario tomando en consideración los procedimientos de llamada y el acceso a los servicios del suscriptor. Los servicios al suscriptor están implementados por Software en la MSC. Algunos servicios los provee la estación móvil, pero a éstos se les llama facilidades del suscriptor. Estos servicios del suscriptor que se tienen disponibles son:

- Reenrutamiento de llamada Habilitar llamadas para un suscriptor móvil para ser automáticamente enrutadas por la MSC a otro número; Esta función puede ser puesta por el operador en la MSC o por el suscriptor a través de un código y cambiada a cualquier hora.
- Reenrutamiento en estado ocupado.
- Reenrutamiento si no contesta.
- Servicio a suscriptor ausente. La llamada se direccional a un operador o a una máquina de mensajes.

- No molestar.
- Protector de llamada salientes.
- Llamada en espera. Con un tono débil indica que hay una llamada en espera.
- Llamada en conferencia (tripartita).
- Localización automática de llamadas maliciosas.

El subsistema de operación y mantenimiento hace mediciones precisas en caso de fallas, almacena estadísticas de tráfico, maneja la administración de datos originados por comandos.

El subsistema de control de tráfico establece y libera conexiones de voz, almacena y analiza dígitos que recibe del MTS y subsistema troncal y de señalización, información almacenada acerca de los suscriptores como son categorías, rutas, clase de tráfico, etc. Además decide cómo será establecida una llamada. Almacena números internos de serie de la MSC y el código de troncal de la MSC.

El subsistema para tarifa controla a los suscriptores móviles normalmente por medio del sistema "TOOL TICKETING" esto es que los datos de cada llamada tales como número del suscriptor que llama, número del suscriptor llamado, fecha, hora, duración de llamada, etc., es grabada y almacenada por ejemplo en cinta magnética.

2.4.2 Sistema de procesamiento de datos

Para este sistema existen dos diferentes procesadores centrales:

- Procesador central para mediana capacidad.
- Procesador central para requerimientos extremos.

Este sistema se puede subdividir en los siguientes subsistemas:

- Subsistema del procesador central.
- Subsistema del procesador regional.
- Subsistema de mantenimiento.
- Subsistemas de entrada y salida.

El subsistema del procesador central

Está compuesto de Hardware y Software. El Hardware consiste en un par de procesadores centrales. Almacena y ejecuta el Software del procesador central para el sistema de conmutación.

Maneja las funciones más complejas, ejecuta funciones de administración del trabajo, maneja la memoria, carga y cambia los programas, etc.

El subsistema del procesador regional

Este se compone de Hardware y Software. El Hardware localizado en la MSC está en forma de procesadores regionales (RPs) y terminales de señalización (STCs). El Hardware localizado en la estación base, está en forma de módulo de extensión del procesador regional (EMRPs); y en terminales de señalización (STRs). El Software del RP y el EMRP, almacena y ejecuta el Software regional del sistema de conmutación, manejo simple, rutinas y tareas de alta capacidad. El STC y el STR manejan la comunicación de datos entre la MSC y la estación base.

El subsistema de mantenimiento

Supervisa la correcta operación del sistema de procesamiento de datos, localiza fallas de Hardware y errores de Software; y toma decisiones lógicas para minimizar los efectos de tales fallas o errores.

El subsistema de funciones de entrada y salida

Este maneja la comunicación hombre máquina a través de comandos e impresos, así como datos de entrada y salida en cintas magnéticas, enlaces para datos, cintas en casetes y distribuidores de alarmas a paneles visuales.

La figura 2.4.1 nos muestra un esquema de cómo está configurado el sistema celular y sus conexiones .

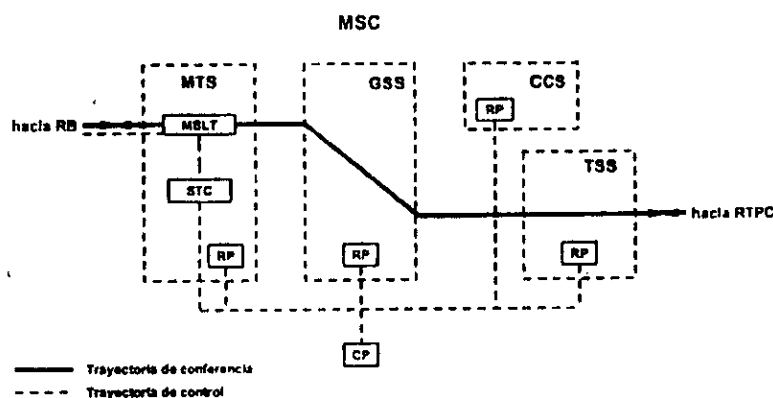


fig. 2.4.1 diagrama simplificado de la MSC

2.5 CONEXIONES ENTRE LA MSC Y LA ESTACIÓN BASE

Cada estación base está conectada a la MSC por el tipo de conexión de 4 conductores. La transmisión involucra diferentes medios, tales como pares de cables torcidos, cables coaxiales, fibras ópticas o sistemas de radio enlaces y el modo de transmisión puede ser analógica o digital. La red para la transmisión puede ser analógica o digital. La red para la transmisión normalmente es proporcionada por la compañía telefónica existente pero en ocasiones se implementa parcial o totalmente su propia red.

2.5.1 Líneas de voz entre la MSC y la Radiobase

Cada canal de radio dedicado al manejo de la voz (MVC), tiene asignadas dos líneas direccionales de voz entre la unidad de canal de voz, la radiobase y el selector de grupo en la central. La señal de voz proveniente de una estación móvil es enviada por el receptor de la unidad de canal en forma analógica al multiplexor, el cual lleva a cabo una conversión analógico-digital y la inserta en el canal asociado PCM. Una vez que la información llega a la central, el circuito terminal de la central direcciona el contenido del canal PCM hacia el selector de grupo en donde la información llega a la central. El circuito terminal de la central direcciona el contenido del canal PCM hacia el selector de grupo en donde la información es conmutada hacia la dirección requerida.

En dirección hacia la estación móvil, el multiplexor recibe la señal de voz digitalizada desde el selector de grupo a través del circuito terminal sobre el canal PCM correspondiente y realiza una conversión digital-analógica y finalmente la dirige al transmisor dedicado a poner la información en la trayectoria de radio.

El multiplexor en este caso nos sirve de interfase para 32 canales, lo equivalente a una línea PCM de 2 Mbit/s ($32 \times 64 \text{ Kbit/s} = 2\text{Mbit/s}$), tomando en cuenta que el canal cero se usa para sincronía y que el canal 16 es utilizado para transmisión de datos, la línea PCM tendrá la capacidad de servir a 30 canales de voz. En este sistema es muy común observar que el equipo instalado no corresponde al total del equipo proyectado, por lo que se tienen previstas próximas ampliaciones. La línea PCM, por ejemplo, maneja 8 Mbit/s entre la radiobase y la central; esto equivale al manejo de 4 líneas PCM de 4 multiplexores de 2 Mbit/s.

La experiencia que la instalación de estos sistemas en todo el mundo ha aportado a los operadores de sistemas celulares, indica que la demanda del sistema siempre es mayor a la proyectada en un principio.

En la figura 2.5.1 se ilustra cómo son las líneas de voz entre la radiobase y la central. Aparece también en esta figura el procesador regional, el cual es informado por el circuito terminal de la central si la calidad de las transmisión en la línea PCM no es la requerida para tomar alguna acción de mantenimiento.

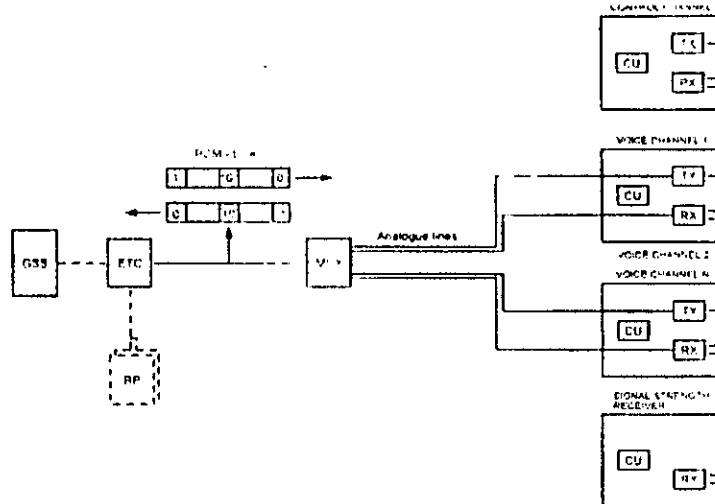


fig. 2.5.1 líneas de voz entre MSC-BS

2.5.2 Conexiones Duplicadas

En caso de falla de la línea PCM, la radiobase quedaría inmediatamente fuera de servicio, por lo que todas las estaciones móviles dentro de su área de cobertura no podrán tener comunicación desde esta radiobase. Es por esto, que hay una gran ventaja el tener duplicada la línea PCM, así como algunos dispositivos como son el multiplexor, etc. El control duplicado se realiza mediante la implementación de otro circuito terminal de señalización y circuito regional de señalización.

La siguiente figura 2.5.2 nos muestra el control duplicado y un módulo de extensión del procesador regional que controla hasta 32 unidades de canal de voz.

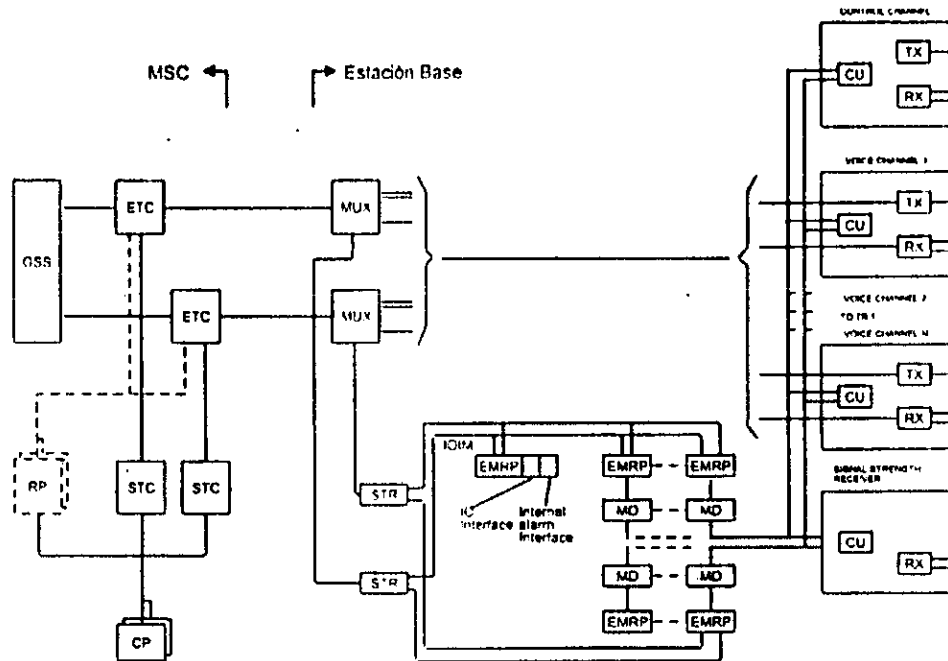


fig. 2.5.2 configuración duplicada de las líneas PCM

Si falla una de las líneas PCM en una configuración duplicada, el canal No.16 de la otra línea PCM se hará cargo de la transmisión de datos. La configuración duplicada también contempla el crecimiento del sistema, ya que solo será necesario conectar otro módulo de extensión del procesador regional o más módulos al Bus de Datos ya existente. En condiciones normales, un enlace de control (lo forman el circuito terminal de señalización, canal No.16 y el circuito regional de señalización) controla las extensiones del procesador regional y otro controla las pares. Si un enlace de control falla el otro se hace cargo de todo el trabajo.

2.6 INTERFASE ENTRE LOS EQUIPOS DE RADIO Y LA MSC

Es así como se conoce a una de las unidades funcionales de la radiobase y contiene en uno o dos gabinetes, unidades dedicadas a la transmisión de datos, como los multiplexores de 32 canales PCM o módems para transmisión analógica. Puede estar equipado hasta con 180 canales de voz si se utilizan líneas PCM de 32 canales, contiene también convertidores DC/DC, módulos de interfase para datos de entrada y salida, los módulos de extensión del procesador regional, terminales regionales de señalización, distribuidores de mensajes de entrada y salida, etc.

Al equipo encargado de controlar la radiobase se le conoce como grupo de módulos de extensión y consiste de uno o dos circuitos regionales de señalización y un número determinado de extensiones del procesador regional. Cada extensión del procesador regional es considerado como un módulo de extensión, es por eso que se habla de un grupo de módulos de extensión. Cada módulo de extensión controla unidades de canal.

Un grupo de módulos de extensión está dedicado a controlar cada radiobase, sea esta sectorial u omnidireccional y cuando se integra al sistema una nueva radiobase, se debe declarar su grupo de módulos de extensión especificado con un número único o nombre, así como los módulos de extensión que le corresponden y los dispositivos que son controlados por sus módulos de extensión. En las especificaciones anteriores, se debe incluir si el enlace de control está duplicado o no. El procedimiento anterior se lleva a cabo en datos, es decir, a través de comandos. La figura 2.6.1 explica las especificaciones anteriores.

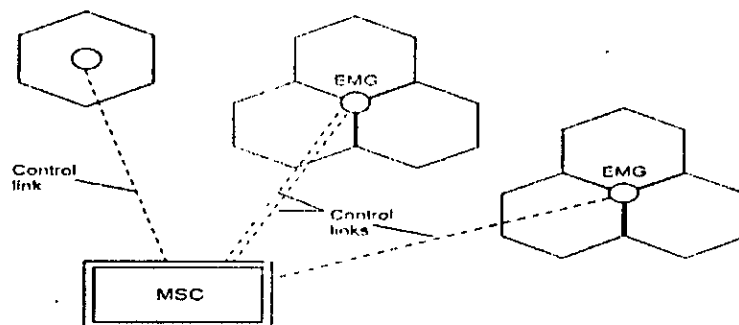


fig. 2.6.1 ejemplo de enlaces de control para grupos de módulos de extensión

2.7 SEÑALIZACIÓN ENTRE ESTACIÓN MÓVIL Y RADIOBASE

La señalización en la trayectoria de radio tiene lugar en los canales de control y también en los canales de voz. El flujo de datos se genera a razón de 10 Kbit/s. Previamente a la transmisión, el flujo de datos en código binario es modulado en el transmisor de acuerdo al principio FSK (código por cambio de frecuencia), lo que significa que un "1" origina una frecuencia constante sobre la frecuencia portadora. A la información que envía el canal de control a la estación móvil se le llama canal de control directo y la información es enviada como un flujo continuo de mensajes en datos. Cuando el flujo de datos proviene de la estación móvil se le llama de control inverso y sólo se realiza cuando una estación móvil que se está sintonizando genera un mensaje en datos. Figura 2.7.1.

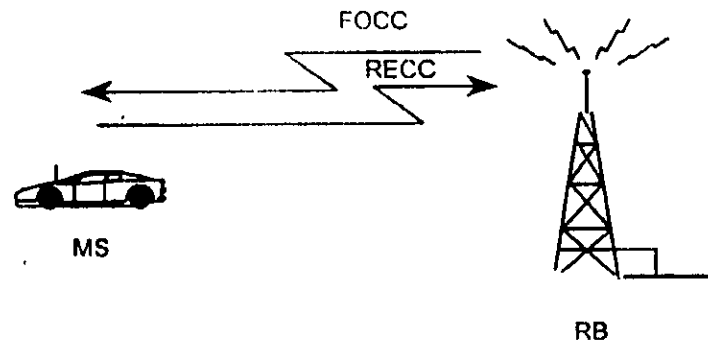


fig. 2.7.1 canal de control en la dirección directa e inversa

Los canales de voz también pueden llevar información en la trayectoria de radio. A la señal que proviene de la estación base se le conoce como canal de voz directo, a la información que proviene de la estación móvil se le conoce como canal de voz inverso. Esto se describe en la figura 2.7.2. Transmisión de datos en el canal de voz en sentido directo e inverso.

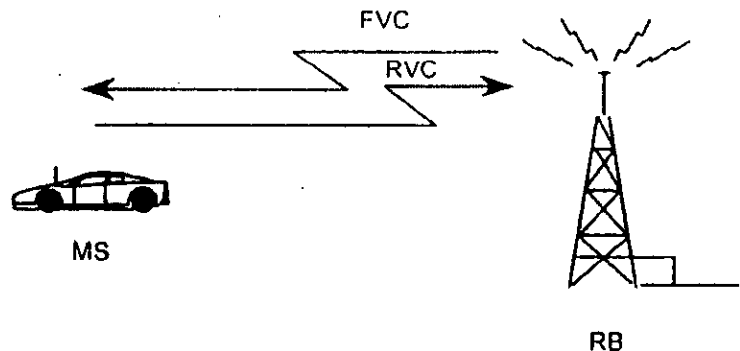


fig. 2.7.2 transmisión de datos en el canal de voz ambas direcciones (FVC y RVC)

2.7.1 Formato de señalización del canal de control directo

Los mensajes de señalización son transmitidos en forma de palabras. Cada palabra contiene 28 BITS, la cual es codificada con el código de corrección de error (BCH). Este código sólo puede corregir un error en un solo BIT. El patrón de error sólo detectará dos o más errores. Este código de corrección de error suma 12 Bits a una palabra, lo cual incrementa su longitud a 40 bits. Cada mensaje inicia con bits de sincronía seguido de dos palabras. Para mayor seguridad cada palabra se repite cinco veces de tal modo que $A1 = A2 = \dots = A5$ y $B1 = B2 = \dots = B5$. Después de un bit de

sincronía y sincronía de palabra, y después de los bits del mensaje, un bit de "libre-ocupado" se inserta para indicar si el canal de control inverso está libre en ese momento.

Debido a que la función canal de control inverso es una función del canal de control que se comparte con todas las estaciones móviles dentro de una célula, existe el riesgo de intentos simultáneos de acceso desde diferentes estaciones móviles. A través de un mensaje en sentido directo del canal de control que indica libre u ocupado mediante el cambio de esta condición de "1" a "0", la estación móvil entenderá que en ese momento no ha de tratar de hacer ningún acceso en el canal de control hasta que la condición cambie nuevamente a "1". En la figura 2.7.3 se muestra un diagrama del formato de señalización.

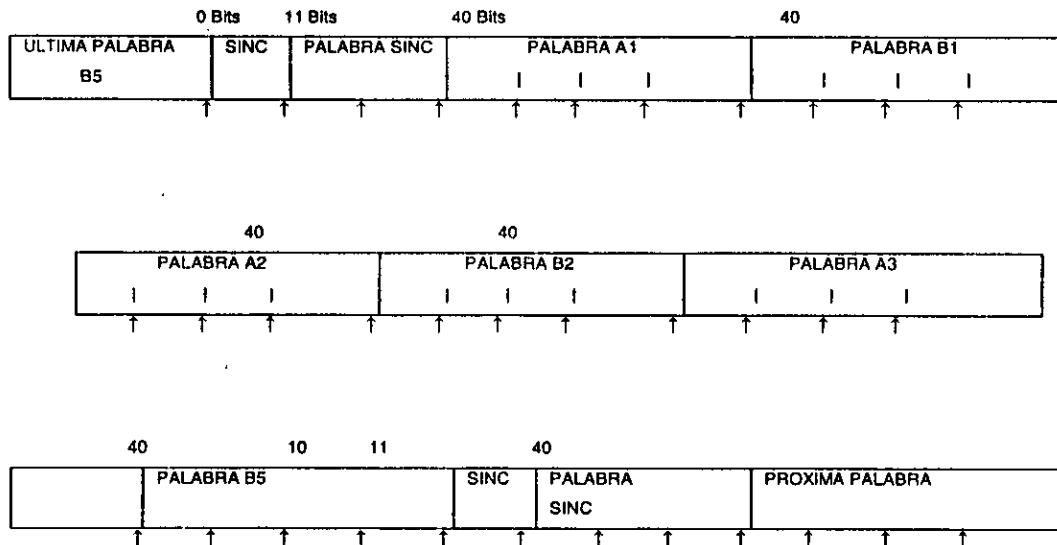


fig. 2.7.3 formato del flujo de datos del canal de control directo

2.7.2 Mensajes del canal de control en sentido directo

Se tienen dos tipos:

- Mensaje de control a una estación móvil.
- Mensajes generales.

Mensaje de control a una estación móvil

Un mensaje de control se envía a una estación móvil específicamente a un tiempo. Este mensaje contiene el número de la estación móvil, que corresponde al número de identidad y el cual se transmite en la trayectoria de radio. Los mensajes más importantes son:

- Designación de canal de voz
- Orden de reintento de llamada

El voceo se utiliza cuando hay una llamada para la estación móvil. El contenido de este mensaje son los 10 dígitos que identifican a la estación móvil. Los diez dígitos se dividen en dos palabras, la primera de 7 dígitos y la segunda de 3. En algunas aplicaciones es suficiente con 7 dígitos, por lo que en ese caso sólo se enviaría una sola palabra. También se envía en este mensaje el código digital de color, consistiendo éste en una secuencia que identifica la célula a la cual está dirigido el mensaje.

Designación de canal de voz

Al establecer una llamada, la central da la orden a la estación móvil de pasar del canal de control al que está sintonizado, a un determinado canal de voz que le ha asignado para la conversación. El código de color de tono de supervisión de audio indica qué tono de supervisión de audio será transmitido en el canal de voz. El canal de control da el número de canal a la estación móvil, así mismo, define qué potencia de salida deberá ser utilizada inicialmente. La figura 2.7.4 nos muestra algunos detalles más.

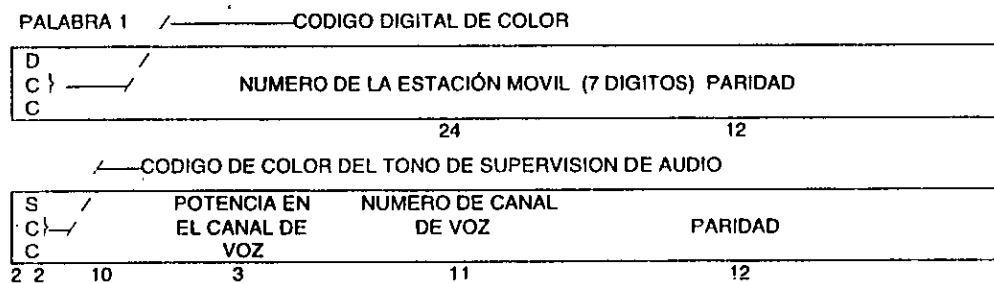


fig. 2.7.4 mensaje designado a canal de voz.

Orden de reintento de llamada

En el caso de que una estación móvil trate de hacer una llamada y la central no puede asignar ningún canal, ya que en ese momento todos están ocupados en esa célula, en vez de el mensaje de asignación de canal, la estación móvil recibe de la central una orden de reintento de llamada, dándole la posición de un canal de control adyacente a la célula en cuestión. Se indican como máximo seis células adyacentes a cada célula. Una de ellas deberá ser capaz de proveer calidad aceptable en la transmisión. La estación móvil deberá tomar el mejor canal de control de entre estos seis para acceder a la central, la cual continuará el procedimiento para establecer la llamada por medio de la nueva célula. La figura 2.7.5, nos describe el mensaje anterior.

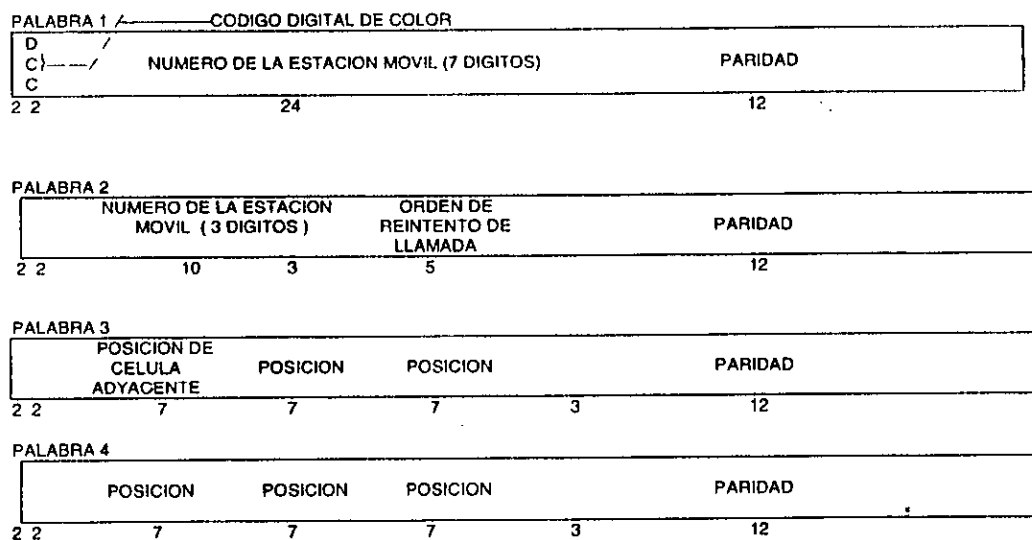


fig. 2.7.5. mensaje de orden para reintento de llamada

Mensajes generales

Las estaciones móviles están preparadas para trabajar en diferentes sistemas, son fabricadas por diferentes manufactureras y utilizadas por diferentes operadores de sistemas celulares. Diferentes sistemas, hasta cierto punto, aplican diferentes partes de las especificaciones para la señalización y pueden tener diferentes características. Por esta razón, el sistema envía "mensaje general del sistema" aproximadamente una vez por segundo, de este modo la estación móvil es capaz de ajustarse a diferentes sistemas. También es posible fijar diferentes valores a diferentes parámetros en células diferentes dentro del sistema y adaptar algunos parámetros automáticamente a las situaciones de tráfico.

Los mensajes generales están destinados a todas las estaciones móviles que estén sintonizadas a canales de control. Los siguientes mensajes son mensajes generales:

- Parámetros del sistema.
- Mensajes generales de acción global
- Identificación de registro
- Alimentador del control
- Mensaje de los parámetros del sistema.

Este mensaje es transmitido por la estación base en el canal de control cada 0.8 seg. y contiene la siguiente información acerca del sistema celular.

- SID Identificación del sistema, A o E, el número de identificación del sistema que incluye además la identidad del área de servicio de la MSC.
- DCC Código digital de color, identifica a cual grupo de células pertenece la célula que está transmitiendo.
- NPC Sirve para indicar el número de canales para voz que están en operación en el sistema (normalmente NPC=21).
- S Indica si el número de serie de la estación móvil debe ser enviada cuando accede al sistema.
- E Indica si los 10 dígitos del número de la estación móvil deben ser enviados o si es suficiente con los últimos 7 dígitos significativos.
- REGR Indica si se requiere registro periódico como suscriptor visitante o no.
- Mensaje general de acción global.

Los más importantes son:

- Incremento en el registro REGINCR
- Control de sobrecarga

La figura 2.7.6 nos muestra cómo se realiza el mensaje anterior (SPOM).

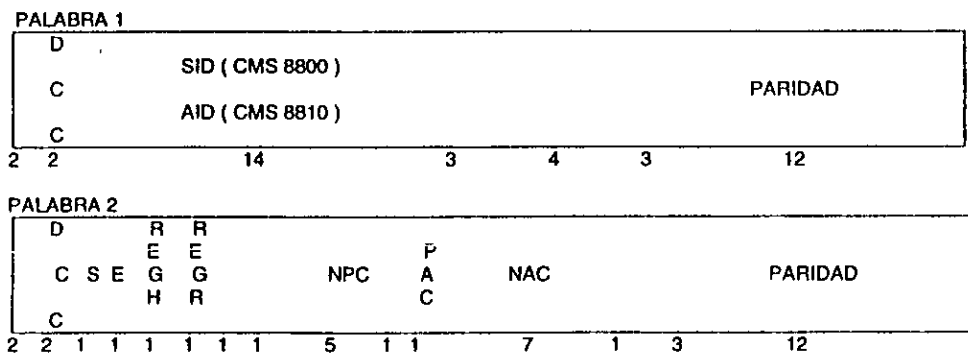


fig. 2.7.6. descripción del mensaje de los parámetros del sistema

Incremento en el registro. Este mensaje es enviado sólo cuando se activa la función de registro periódico. Cuando se activa esta función, la central envía un número aleatorio a la estación móvil (un valor constante) el cual será incrementado periódicamente después de cada registro (normalmente de cada 20 ó 30 minutos). La figura 2.7.7, nos muestra un mensaje de incremento al registro.

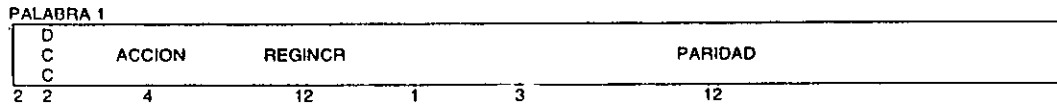


fig. 2.7.7 mensaje de incremento al registro

Mensaje de control de sobrecarga

En períodos de muy alta intensidad de acceso, pueden surgir problemas de congestión en el canal de control inverso (RECC), el control de sobrecarga se utiliza para prevenir una congestión total en el canal de control inverso. Este mensaje también puede ser utilizado para dar acceso prioritario a suscriptores con prioridad.

Cada estación móvil está asociada con un circuito de clase de control de sobrecarga (OLC). Cuando este OLC está indicado en el mensaje, la estación móvil estará inhabilitada para dar acceso al sistema durante ese mensaje; después aparecerá otro OLC, lo que significa que otro grupo de estaciones móviles será afectado y así sucesivamente. Esto sólo toma unos segundos, por lo que el suscriptor seguramente no lo notará. Esta función se activa automáticamente cuando la intensidad de accesos excede los 8 accesos/seg.

Los suscriptores especiales están asociados con otros OLCs, de este modo se puede lograr prioridad poniendo todos los OLCs ordinarios al mismo tiempo y los suscriptores con prioridad tendrán acceso exclusivo en situaciones de emergencia. Esto es especificado por cada canal de control, lo cual quiere decir que una o más células pueden ser seleccionadas. La figura 2.7.8, nos muestra un diagrama del mensaje de sobrecarga.

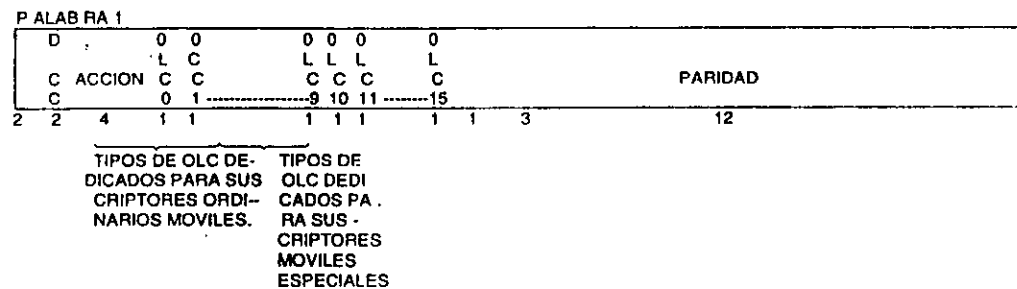


fig. 2.7.8 mensaje de control de sobrecarga

Identificación de registro

Se utiliza para registro periódico e identifica el valor que tiene en ese momento el reloj del programa. La figura 2.7.9, nos muestra un diagrama simplificado de este mensaje .

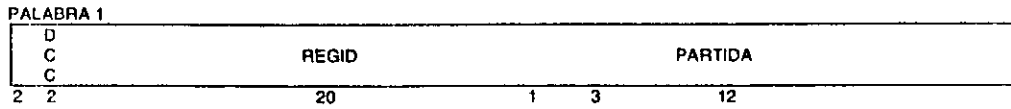


fig. 2.7.9. identificación del mensaje de registro periódico

Rellenador del control

Este mensaje se envía cuando no hay otro mensaje que enviar. Un canal de control directo, además del código digital de color, indica la potencia inicial con que una estación móvil deberá realizar el acceso al sistema. A continuación en la figura 2.7.10, tenemos un diagrama simplificado del mensaje anterior.

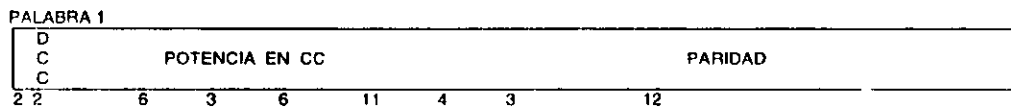


fig.2.7.10 rellenedor de mensajes

2.7. 3 Flujo del mensaje en el canal de control directo

Este mensaje envía un flujo continuo de datos, con 40 bits en cada mensaje, las estaciones móviles se pueden sintonizar en cualquier momento. La estación móvil analiza la información todo el tiempo y toma las acciones correspondientes.

Los mensajes siempre llevan un orden específico empezando siempre por los parámetros del sistema y retransmitiéndolo cada 0.8 seg. Si existe algún otro mensaje para ser enviado, inmediatamente después se enviarán los parámetros del sistema o se enviará mensaje de relleno.

En la figura 2.7.11 se muestra un diagrama de un ejemplo del flujo de datos del canal de control en sentido directo.

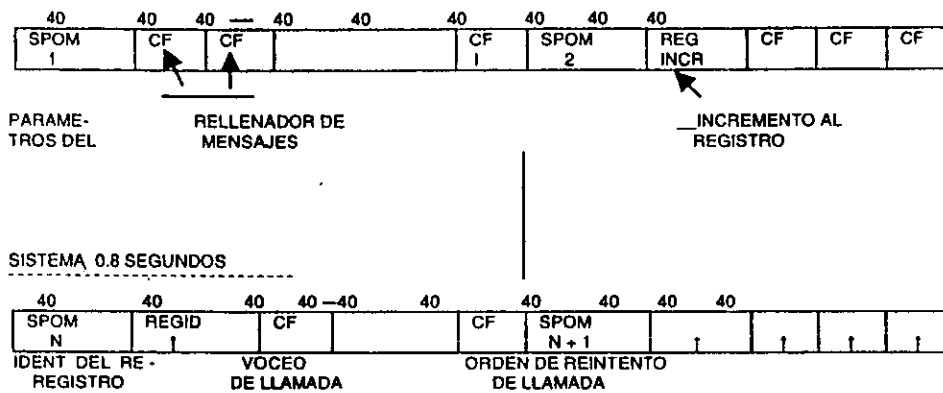
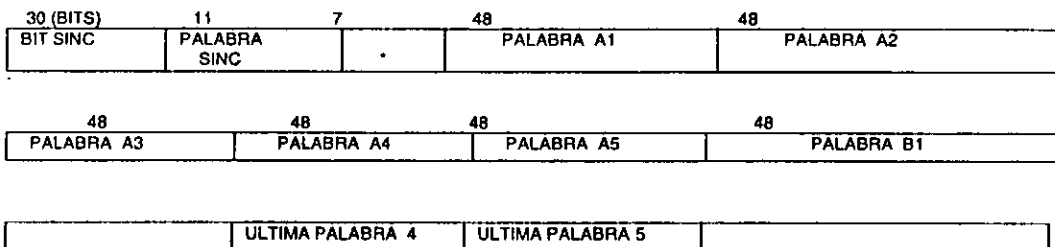


fig. 2.7.11 flujo de datos del mensaje de control directo

2. 7. 4 Canal de control en sentido inverso

Formato de Señalización

El flujo de datos en el canal de control en sentido inverso es la respuesta que proporciona la estación móvil a los mensajes recibidos por el flujo de datos del canal de control en sentido directo. En la figura 2.7.12, se puede observar que cada cuadro estará precedido por bits de sincronía y el código digital de color está codificado por 7 bits. Cada palabra contiene 36 bits más 12 bits de paridad y se repite 5 veces, de tal modo que $A1 = A2 = \dots = A5$ y $B1 - B2 \dots B5$.



* Una de cuatro secuencias es para identificar el lugar de la célula hacia el cual se dirige el mensaje = Código de color digital codificado (CDCC).

DCC recibido	7 bits de DCC codificado
00	0000000
01	0011111
10	1100000
11	1111100

fig. 2.7.12 formato del flujo de datos del canal de control inverso

2.7.5 Mensajes en el canal de control inverso (RECC)

Los más importantes en RECC son:

- Respuesta al voceo, lo cual significa contestar una llamada. El mensaje consiste en una, dos o tres palabras.
- Acceso de una estación móvil, que significa que o una estación móvil quiere hacer una llamada y estará enviando el número marcado.
- Confirmación de órdenes recibidas.

La figura 2.7.13, nos muestra un diagrama simplificado del formato del mensaje en el canal de control inverso.

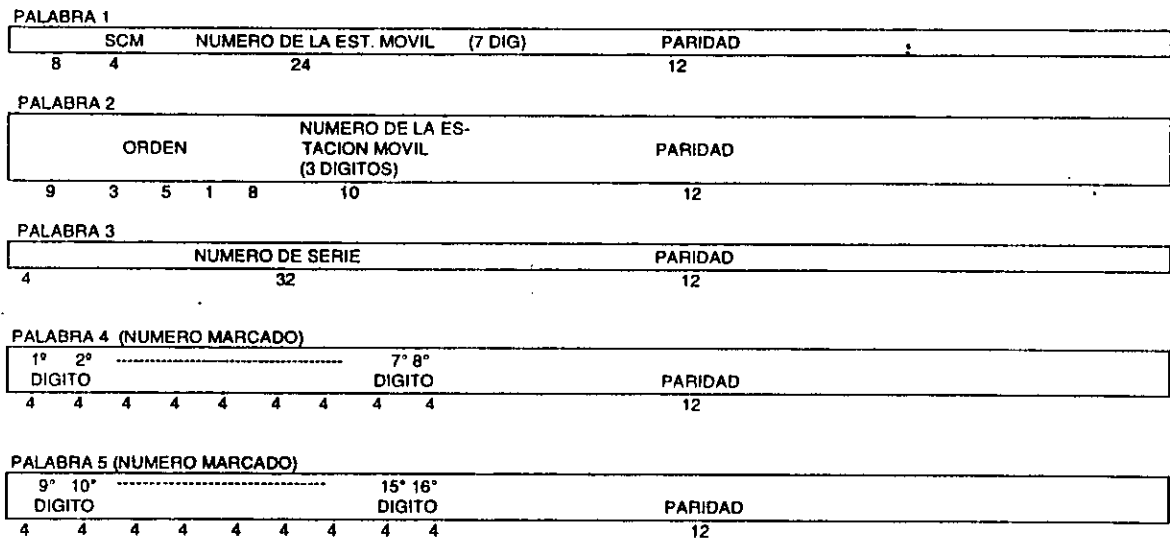


fig. 2.7.13 formato del mensaje en canal de control inverso

2.7.6 Canal de voz en sentido directo

Formato de señalización. En este caso cada palabra está precedida por 101 bits de sincronía y se repite 11 veces. En la figura 2.7.14, nos muestra cómo es el flujo de datos del canal de voz en sentido directo (de la Bs a la Ms). Los mensajes que se envían en este caso son:

- Ordenes
- Designación de un canal de voz durante una transferencia.
- Tipo de tarifa

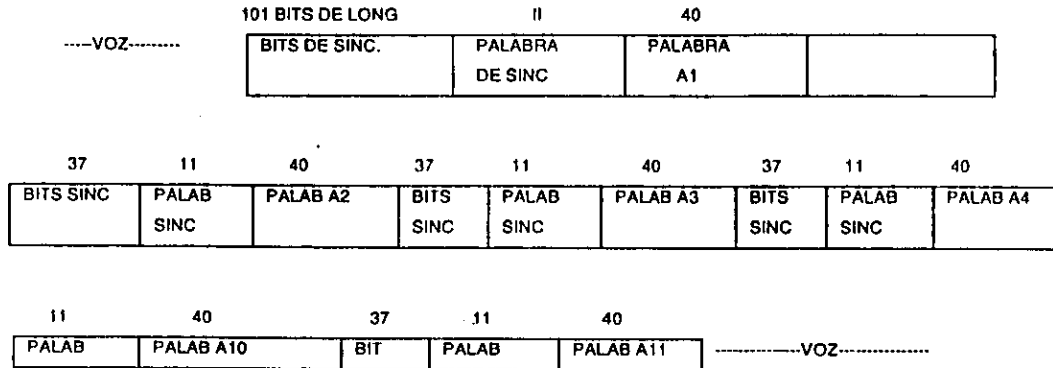


fig. 2.7.14 formato del flujo de datos en canal de voz directo

Ordenes

Las órdenes son mensajes que indican por ejemplo, aumentar la potencia de salida, liberar una llamada, etc. figura 2.7.15

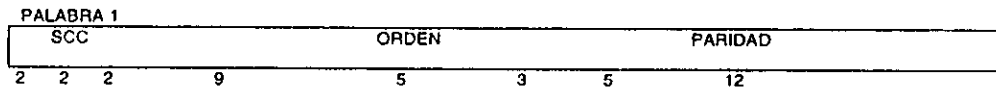


fig. 2.7.15 mensaje para indicar una orden

Asignación de canal durante una transferencia

Este mensaje indica a la estación móvil que se conmute del canal de voz que está utilizando, a un nuevo canal por el que continuará su conversación. Este nuevo canal por el que continuará su conversación. Este nuevo canal tendrá otro tono de supervisión de audio con un código digital de color asociado y la potencia de salida de la estación móvil para este nuevo canal de voz también estará indicada. La figura 2.7.16 nos muestra los mensajes para la asignación del canal durante una transferencia.



fig. 2.7.16 mensaje para designar un canal de voz

2.7.7 Canal de voz en sentido inverso

Formato de señalización

El flujo de datos del canal de voz en sentido inverso comienza con 101 bits de sincronía; pero aquí, las palabras solo se repiten 5 veces. Ver figura 2.7.17.

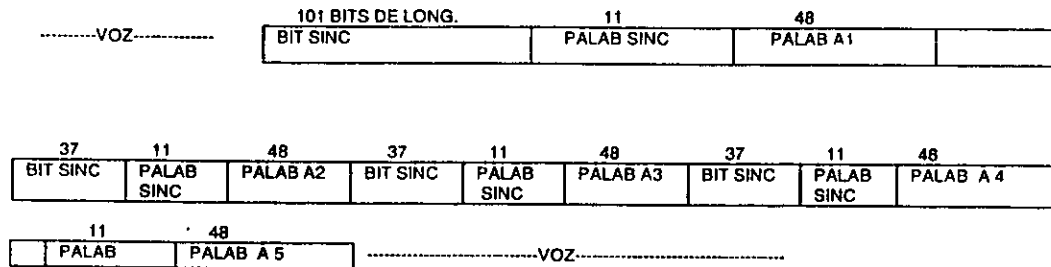


fig. 2.7.17 formato del flujo de datos del canal de voz inverso

2.7.8 Mensaje que contiene el canal de voz en sentido inverso

Dos tipos de mensaje son enviados en este caso:

- Confirmación de orden recibida
- Citar otra llamada. Este mensaje es enviado cuando una estación móvil durante una conversación marca a un suscriptor "C" para consultar o establecer una llamada tripartita. Este mensaje también se envía cuando un suscriptor activa o desactiva los servicios del suscriptor. La figura 2.7.18, nos muestra el mensaje para citar otra llamada o suscriptor.

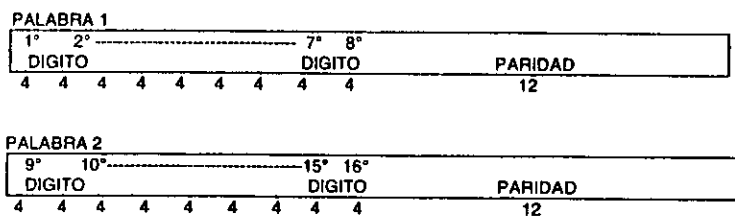


fig. 2.7.18 mensaje para citar otra llamada suscriptor "C"

Uno de los objetivos principales en la planeación del sistema celular es lograr la más alta capacidad de tráfico, es decir, que se pretende tener un gran número de suscriptores por kilómetro cuadrado, cuidando un nivel aceptable del servicio y buena calidad de voz.

Capitulo III

CAPITULO 3: PLANEACIÓN DEL SISTEMA CELULAR

3.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRÁFICO

Para calcular la capacidad de tráfico, debemos considerar cuántos suscriptores pueden ser servidos por una célula con determinado número de canales de voz. A la calidad del servicio se le llama "grado de servicio", que es el porcentaje permitido de llamadas en situaciones de congestión.

Para un grado específico de servicio, la relación entre el número de canales existentes y la máxima densidad de tráfico por canal se calcula mediante el diagrama de Erlang. En él podemos observar que cuando se aumenta el número de canales a cierto valor, los canales pueden ser utilizados más eficientemente. Se observa, además, que cuando un gran número de llamadas se dejan perder, a causa de congestión en horas pico, se logra mayor capacidad. La figura 3.1.1, nos muestra el diagrama de Erlang.

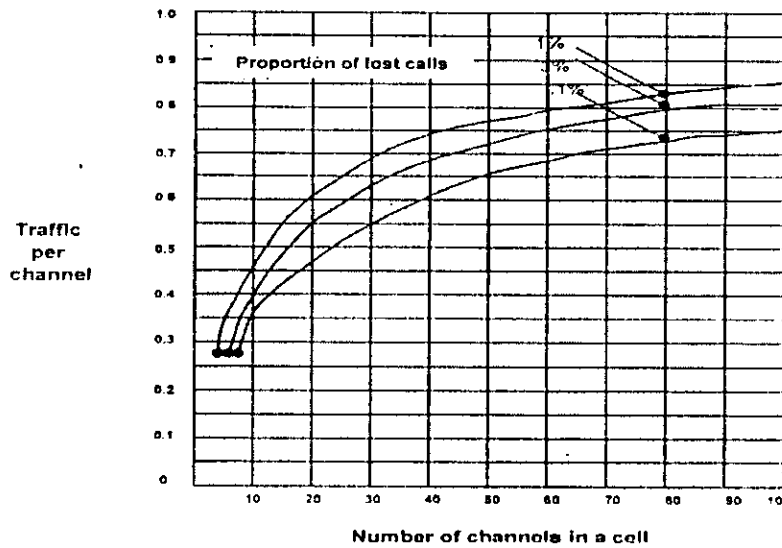


fig. 3.1.1 diagrama de Erlang

Ejemplo del cálculo de la capacidad de tráfico

Para realizar este ejemplo, asumiremos que una célula contiene 15 canales de voz y que se va a permitir la pérdida del 1% de las llamadas a causa de congestión en horas pico. El tráfico por canal se toma de acuerdo al diagrama de la figura anterior en este caso es de 0.55, por lo que la capacidad total de la célula es $15 \times 0.55 = 8.25$ E.

Para determinar a cuántos suscriptores puede dar servicio esta célula, tenemos que saber cuánto hablan durante las horas pico, por lo que se estima, según, Erlang, la cantidad de llamadas originadas por un suscriptor móvil es de 0.02E. y las llamadas a un suscriptor móvil es de 0.01E, es decir, en total 0.03E. En consecuencia, la cantidad de suscriptores que puede ser servida es:

$$\frac{\text{CAPACIDAD TOTAL DE LA CELULA} = 8.25 \text{ E} = 275 \text{ suscriptores}}{\text{Capacidad Requerida por un Suscriptor} \quad 0.03 \text{ E}}$$

Si el sitio celular en cuestión es del tipo sectorial, tendremos 3 células y podrá servir a 825 suscriptores. Así como el cálculo de la capacidad de tráfico, en la planeación del sistema celular, tenemos muchos otros conceptos tales como: tipos de células, tamaño de la célula, reuso de frecuencias, separación entre células, grupos de células, patrón de células, células extendidas, células concentradas, etc. Dado que son términos relativos a la planeación celular se hace una descripción de ellos.

3.2 TAMAÑO DE LA CÉLULA

La extensión del área de cobertura de una célula depende de los siguientes factores :

- Potencia de salida del transmisor
- Banda de frecuencia usada
- Altura y localización de la torre para la antena
- Tipo de antena
- Topografía de la zona
- Sensibilidad del receptor

La sensibilidad y la banda de frecuencias, por mantenerse constante durante la operación del sistema, permite conocer sus límites. Como ejemplo veremos los límites en un caso de tráfico.

Durante una llamada en proceso, el canal de voz, el cual está equipado con un receptor y una unidad de control ubicado en la radiobase, realiza una supervisión continua de la calidad de la transmisión. Esto lo hace mediante el método de la relación de señal a ruido en el tono de supervisión de audio (SAT) y mediante la detección de la potencia en recepción de la señal de radio frecuencia (RF). Si alguna de estas pruebas demuestra baja calidad en la transmisión, se toma la acción correspondiente.

La unidad de canal de voz genera un tono continuo y lo sobrepone a la voz transmitida, este tono es recibido y regresado a la radiobase por la estación móvil, es entonces cuando este tono es evaluado con relación al ruido detectado en la trayectoria de radio. La unidad de control del canal de voz determina si la calidad es aceptable o no. Esta decisión se toma en base a los siguientes valores de umbral inicialmente establecidos en la MSC figura 3.2.1.

- SNH Relación de señal a ruido para solicitud de transferencia.
- SNR Relación de señal a ruido para liberación de llamada

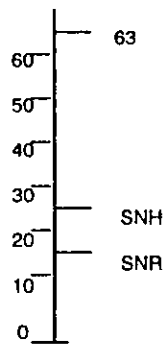


fig. 3.2.1 valores de umbral en las mediciones de señal a ruido almacenados en la unidad de control del canal de voz

3.3 RECEPTOR DE LA SEÑAL EN LA FRECUENCIA DE RADIO (RF)

Cada unidad de canal de voz realiza mediciones continuas de la potencia de la señal recibida en su propia radiofrecuencia. La unidad de control evalúa el resultado de estas mediciones contra los siguientes valores de umbral (estos valores son parámetros iniciados por comandos y almacenados en las unidades de control de cada canal de voz).

- SSD Valor de la señal recibida para decremento de potencia
- SSI Valor de la señal recibida para incrementar la potencia.
- SSH Valor de señal recibida para solicitar "transferencia"
- SSB valor de la señal recibida para bloqueo.

La figura 3.3.1, nos muestra la gráfica de los valores de umbral almacenados en cada unidad de control de todas las unidades de canal de voz.

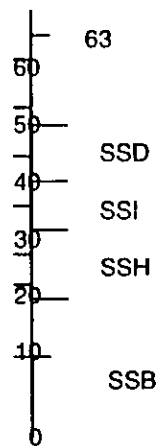


fig. 3.3.1 valores de umbral del receptor de señal almacenados en cada unidad de control de los canales de voz

No es recomendable que las estaciones móviles utilicen mayor potencia de salida que la necesaria, por lo que si la señal recibida excede el nivel SSD, se le ordena a la estación móvil, a través del canal de voz, que baje su potencia de salida. Si baja el nivel SSI, se le envía una orden para incrementar la potencia.

Cuando la potencia de salida de una estación móvil alcanzó ya su máximo nivel y la señal baja del SSH se envía una orden para realizar transferencia. Cuando un canal de voz detecta señales de radio que sobrepasan el nivel SSB, estas señales son consideradas como disturbios en las frecuencias del canal de voz, por lo que este canal no podrá ser utilizado y se considerará como bloqueado y así permanecerá mientras estén presentes los disturbios de sus frecuencias.

En los sistemas convencionales la cobertura más eficiente se obtiene de la combinación de la altura de las antenas y la mayor potencia de salida de los equipos de radio. Esta condición no favorece a los sistemas celulares, excepto en áreas donde se requiere baja de tráfico.

Se utilizan comúnmente dos tipos de antenas que determinan tanto el tipo de célula como el tamaño :

- **Antena Omnidireccional.** Transmite igualmente en todas direcciones y cubre un radio aproximado de 15 Km.
- **Antena Direccional.** Concentra la potencia radiada en tres sectores de 120°, cada uno de los cuales cubre una distancia de 2 a 4 Km.

Mediante ajustes en la potencia de los transmisores, se pueden lograr coberturas más amplias o reducidas. Las ondas de radio transmitidas desde una radio base tienden a propagarse en "Línea de Vista" en el espacio. Esto significa que una estación móvil que realiza una conversación y esta se moviera detrás de un gran obstáculo como una montaña o un túnel, se hallaría temporalmente en la "sombra de radio". Los edificios de gran altura en las ciudades no son un gran problema gracias a las propiedades reflejantes de las ondas de radio en la banda de los 900 Mhz. , así como el gran número de células que se emplean en áreas de alta densidad de tráfico, las cuales responden favorablemente en partes bajas y sombras.

3.4 REUSO DE FRECUENCIAS

La banda de frecuencias para cada sistema está limitada a 333 canales y una fracción de ellos se asigna a cada célula. Diferentes grupos de canales deben asignarse a las células vecinas, ya que al tener cobertura total, las células se traslapan una con otra y si se utilizara el mismo grupo de frecuencias en células vecinas, se tendría intermodulación en las zonas de traslape de las células. A esto se debe que haya que guardar una distancia considerable entre células que utilicen el mismo grupo de frecuencias. A esta distancia se le conoce como "Distancia de repetición". Al hecho de usar las mismas frecuencias en diferentes células, se le llama reuso de frecuencias. Si consideramos que el máximo número de conversaciones simultáneas es de 312, con el reuso de frecuencias el beneficio es obvio, permitiendo conversaciones simultáneas que pueden llegar a ser, ahora, un múltiplo de 333 (CMS8810) o quizá un múltiplo de 312.

3.5 ASIGNACIÓN DE CANAL

Un grupo de células vecinas, usando todos los 333 canales disponibles de la (CMS8810) en la banda de frecuencia del sistema es llamado un grupo de células. Pero otras células fuera del grupo deben de reusar las frecuencias.

El número de células pertenecientes a un grupo puede ser diferente, sin embargo; las dos siguientes configuraciones son las más comunes:

- Patrón de 7 células (7 células omnidireccionales en un grupo)
- Patrón de 21 células (7 estaciones base, cada una con 3 células sectoriales en un grupo).

En el grupo con 7 células, serán 7 series de frecuencias (una serie para cada célula), esas series de canal pueden ser denominadas por ejemplo, por letras, como sigue: A,B,C,D,E,F Y G.

En el grupo con 21 células, las denominaciones pueden ser, por ejemplo, como sigue:

A1, A2, A3
 B1, B2, B3
 C1, C2, C3
 D1, D2, D3
 E1, E2, E3
 F1, F2, F3
 G1, G2, G3

La manera apropiada para distribuir los canales es como sigue:

Canal 1 para A1, canal 2 para B4, canal 3
 Para C7, canal 4 para D 10,.....y canal
 21 para G21 y, entonces el canal 22 para A1,
 canal 23 para B4, etc. (ver figura 3.5.1).

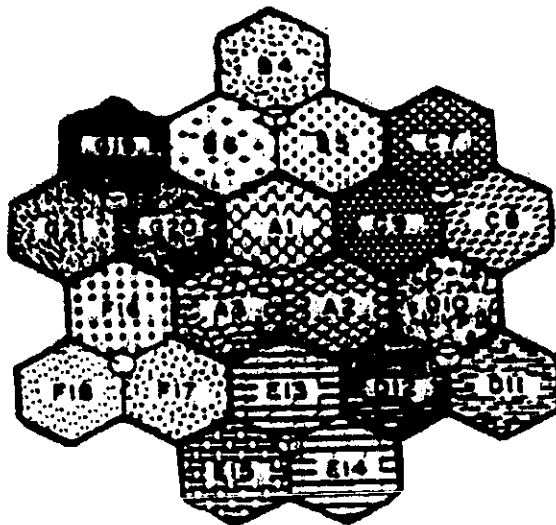


fig. 3.5.1 patrón de 21 células

Aquí, uno puede ver que los números de canal usados en la misma célula son siempre 21 canales aparte. Esto es benéfico, recordando las propiedades del transmisor combinador. Esto elimina, también, el riesgo de una posible interferencia entre canales adyacentes en la misma célula, la cual podría ocurrir de otra manera.

Si sabemos que la densidad de tráfico va extendiéndose por igual en esas células, los canales (frecuencias) también pueden ser distribuidos igualmente a través de la banda de frecuencias entera, como es ilustrado en la figura 3.5.2.

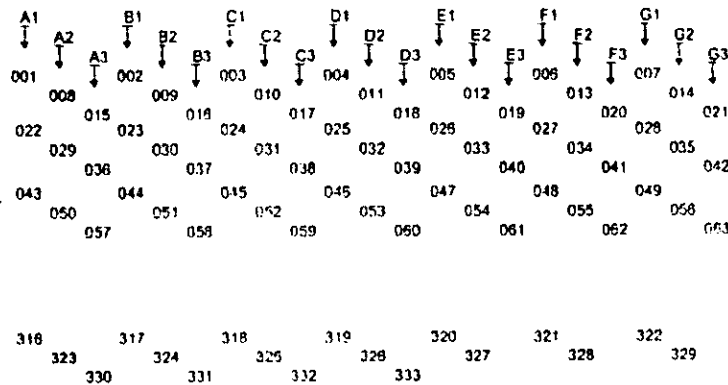


fig. 3.5.2 método de asignación de canal tabla para 312 canales de voz y 21 canales de control.
(Este método puede aplicarse a cualquier red celular)

3.6 PLAN DE EXPANSIÓN SUCESIVA, EXPANSIÓN CELULAR

Vamos a suponer que introduciremos un nuevo sistema para cubrir una gran ciudad con sus alrededores. Si podemos predecir que la densidad de abonados, en un futuro cercano, va a ser baja, y que no se necesita expandir el sistema rápidamente, y como sabemos esto origina sobrecapacidad y al mismo tiempo grandes costos sin el reembolso inmediato.

El primer paso puede ser establecer una estación base con una antena alta y máxima potencia de salida para aprovechar un rango de cobertura por decir, de 20 km.

Acorde a la estructura del grupo mencionado, ésta posición puede usar la distribución de canales por ejemplo, de acuerdo al grupo A (A1, A2, A3) y, consecuentemente, estará limitado a, aproximadamente 45 canales de voz y 3 canales de control.

Como segundo paso agregamos tres sitios externos al primero, esto con la finalidad de tener mayor capacidad y la misma cobertura. Fig. 3.6.1. Si estas tres nuevas células se utilizan temporalmente como omnidireccionales, pueden más tarde, ser reemplazadas por células sectoriales, por lo que se les asignará el grupo de frecuencias C7, E13, G19.

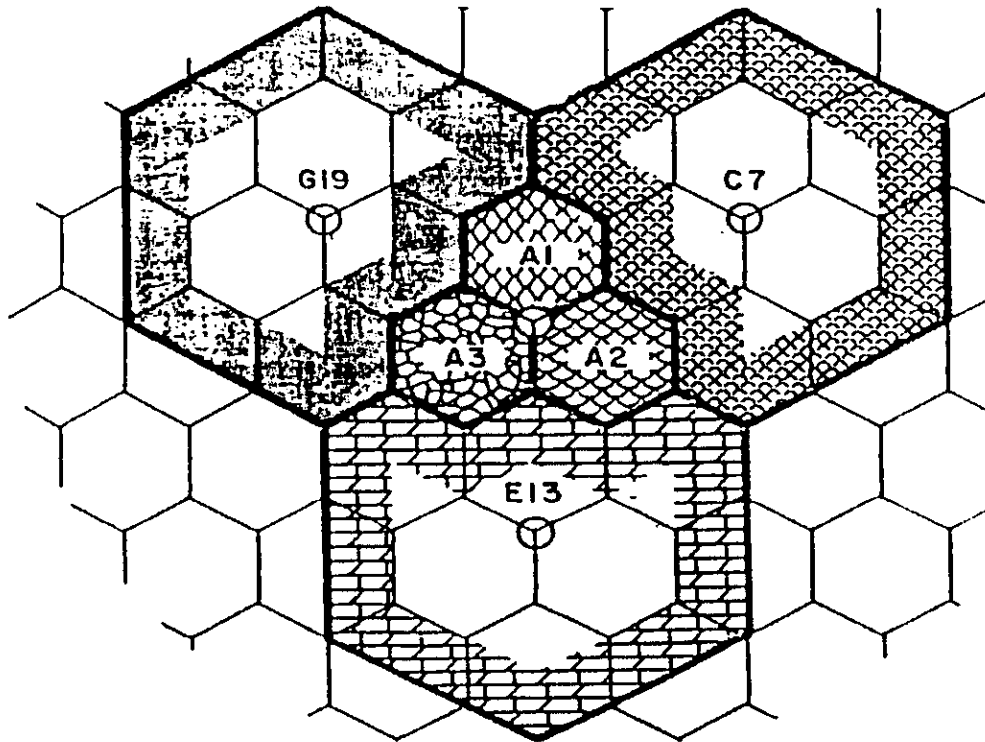


fig. 3.6.1 para proveer de mayor capacidad el área central se reduce la cobertura de la célula A

Si observamos detenidamente la gráfica de localización de frecuencias, podremos notar que la distancia entre estos dos grupos es grande, lo cual es benéfico para la buena calidad de la transmisión Fig.3.6.2. Hasta este momento la capacidad se incrementó a otros 45 canales.

El tercer paso será proveer mayor capacidad en el área central, por lo que la cobertura del sitio celular "A" se reducirá mediante el decremento en la potencia de salida. Las tres células exteriores darán servicio incidentalmente a células del centro, pero regularmente lo darán a las áreas suburbanas.

Si continuamos modificando el sitio celular original "A" obtendremos un G.F. completamente extendido de 21 células sectoriales. El motivo para modificar una gran célula en un gran número de células pequeñas, es que como resultado obtendremos distancias de repetición para el reuso de frecuencias mucho más cortas y por lo tanto, el número de canales en la misma área geográfica será mayor, es decir que se incrementa la capacidad del sistema. La siguiente figura nos muestra un G.F. completo de 21 células, pero además nos muestra que otras células pueden ser agregadas utilizando el método previamente descrito. También indica esto que, por ejemplo, todas las células del grupo C7 operarán en las mismas frecuencias.

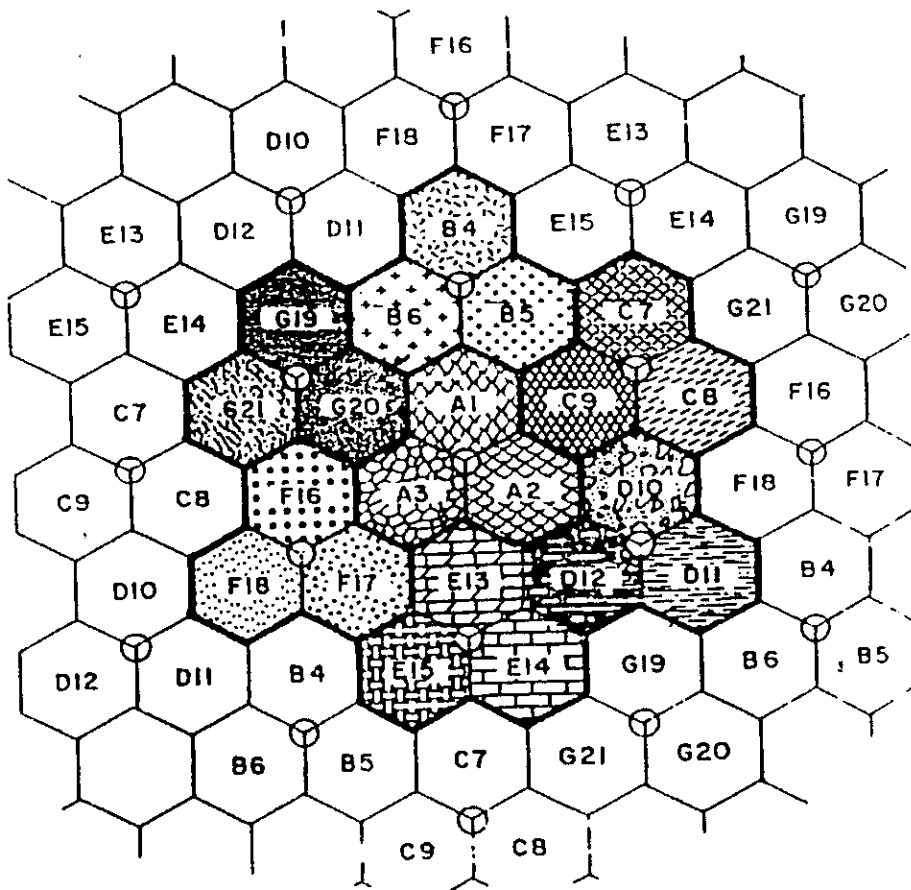


fig. 3.6.2 patrón de 21 células y reuso de frecuencia

3.7 CÉLULAS DE SOPORTE Y CÉLULAS EXTENDIDAS

El concepto de células de soporte y células extendidas puede ser usado para incrementar la capacidad de tráfico en casos específicos donde el sistema requiere de múltiples tamaños de células.

Una célula de soporte se define como el grupo de canales de voz localizados en el mismo sitio que una célula normal llamada para este caso célula extendida. Fig 3.7. La célula de soporte no tiene un canal de control ni un detector de señal recibida. Para establecer sus llamadas y realizar transferencia utiliza el canal de control y el receptor de señal de la célula extendida (a la cual pertenece). Esto es posible gracias al análisis que realiza la MSC al voiceo, de su señal recibida, con el propósito de determinar si se debe utilizar una célula de soporte o una extendida.

Cuando una llamada se está llevando a cabo mediante un canal de voz en una célula extendida y la señal recibida de la estación móvil sobrepasa el umbral de valor SS0, entonces el canal de voz solicitará una transferencia a su célula de soporte. De modo inverso si la llamada es sostenida en una célula de soporte y el valor de la señal recibida llega a ser más bajo del valor de umbral de SSU, entonces el canal de voz solicitará una transferencia a sus células de soporte pero si no hay otras células en posibilidad de hacerlo, se intenta una transferencia a la célula extendida.

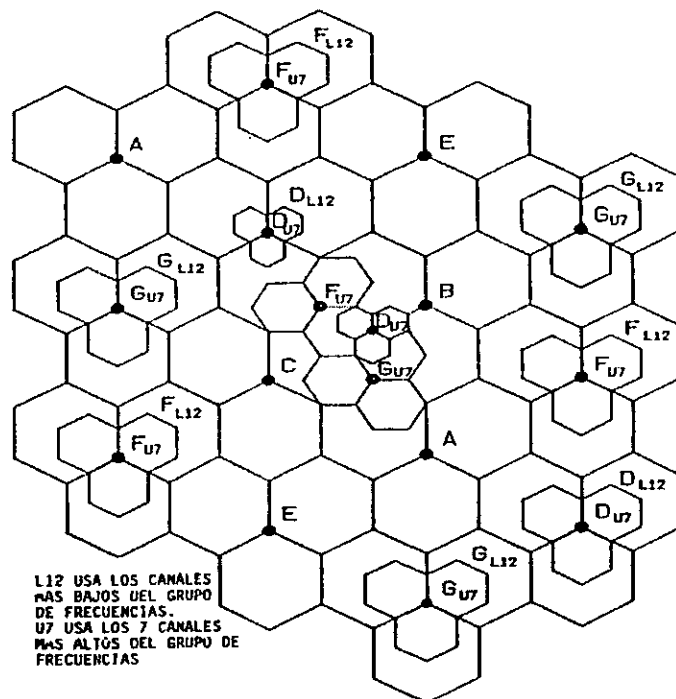


fig. 3.7 patrón celular para células extendidas de soporte para múltiples tamaños de célula

3.8 PROTECCIÓN CONTRA INTERMODULACIÓN

En un sistema celular de grandes dimensiones, se tiene el reuso de frecuencias y se pueden tener varios Grupos Fundamentales de células. Como ya sabemos, al utilizar dos veces la misma frecuencia se puede tener interferencia por intermodulación entre dos suscriptores con llamadas en proceso (utilizando las mismas frecuencias).

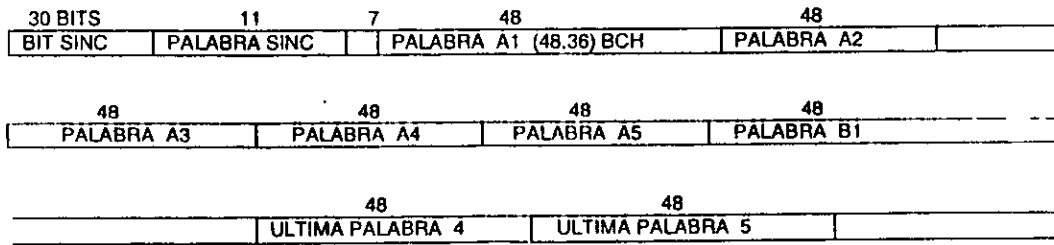
Las medidas de seguridad para evitar este problema, se realiza mediante tres tipos de tonos de supervisión de audio, los cuales se ubican en el sistema de la siguiente manera:

- ❖ Todos los canales de voz del Grupo Fundamental principal utilizan un tono de 5970 Hz. Los canales que corresponden al Grupo Fundamental número dos, utilizan tono de 6000 Hz y los canales de Grupo Fundamental siguiente utilizan un tono de 6030 Hz, de tal modo que el canal más cercano transmitiendo con la misma frecuencia utiliza diferente tono de supervisión, y esto lo reconoce la estación móvil.

Cada vez que una estación móvil va a utilizar un canal de voz (establecer una llamada o hacer una transferencia, se le informa qué tono de supervisión va a ser transmitido en ese canal.

Si en cualquier momento durante la conversación el SAT no es reconocido como el que debiera ser, se efectuaría de inmediato una transferencia, o se liberaría la llamada. Los casos de intermodulación que se han mencionado anteriormente son resueltos basados en funciones de la estación móvil, pero también pueden ser detectados por la estación base, mediante el canal de control, el cual utiliza cuatro diferentes valores digitales llamados código digital de color.

El código digital de color es una de cuatro secuencias que se utilizan para identificar el sitio celular al cual está dirigido el mensaje. De este modo la estación móvil recibe un código de dos Bits y regresa un código de siete Bits. Según el siguiente formato, figura 3.8.



* UNA DE CUATRO SECUENCIAS PARA IDENTIFICAR EL SITIO CELULAR AL CUAL ESTA DIRIGIDO EL MENSAJE O CODIGO DE COLOR DIGITAL CODIFICADO

DCC RECIBIDO	CODIGO DCC DE 7 BITS
00	0000000
01	0011111
10	1100011
11	1111100

fig. 3.8. secuencias del código digital de color

Capitulo IV

CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE UNA LLAMADA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE UNA LLAMADA CASOS DE TRÁFICO

Las siguientes secciones describen los casos más importantes de tráfico, donde se pone énfasis en la parte de radio. El trabajo Interno de la Central Celular (MSC) como la comunicación con la red pública telefónica (PSTN), se trata de manera breve. Vamos a describir como se supervisa una llamada, así como los casos de tráfico tales como: Llamada desde y hacia un abonado móvil, handoff y registro de la estación móvil.

4.1.1 Supervisión de llamada en la trayectoria de Radio

Durante una llamada en progreso el MTX por el canal de voz en la estación base, está supervisada continuamente la calidad de la señal mediante los siguientes métodos:

- Relación de señal a ruido en el tono de supervisión de audio (SAT).
- La Intensidad de la señal de la portadora de radio.

Si alguna de esas mediciones indica una pobre calidad de transmisión, se toman algunas medidas.

Relación de señal a ruido en SAT

La unidad del Canal de Voz genera un tono continuo, SAT. El SAT no interferirá con la voz transmitida porque su frecuencia está por arriba de las frecuencias de voz (ver figura 4.1.1.)

El ancho de banda para el manejo de la voz es de 4 KHz. y no se puede supervisar directamente, ya que esto, degradaría la calidad de la voz. Es por ello que la supervisión del audio se hace a frecuencias de 5970, 6000 y 6030 Hz.

Cada unidad de canal de voz, es asignado inicialmente por el MSC cuando se pone en servicio la estación base (inicializada por comando), uno de los tres SAT's existentes. El SAT es continuamente transmitido por la unidad de canal de voz, recibido por la estación móvil, regenerado y regresado a la estación base, para ser evaluado dentro de los parámetros establecidos.

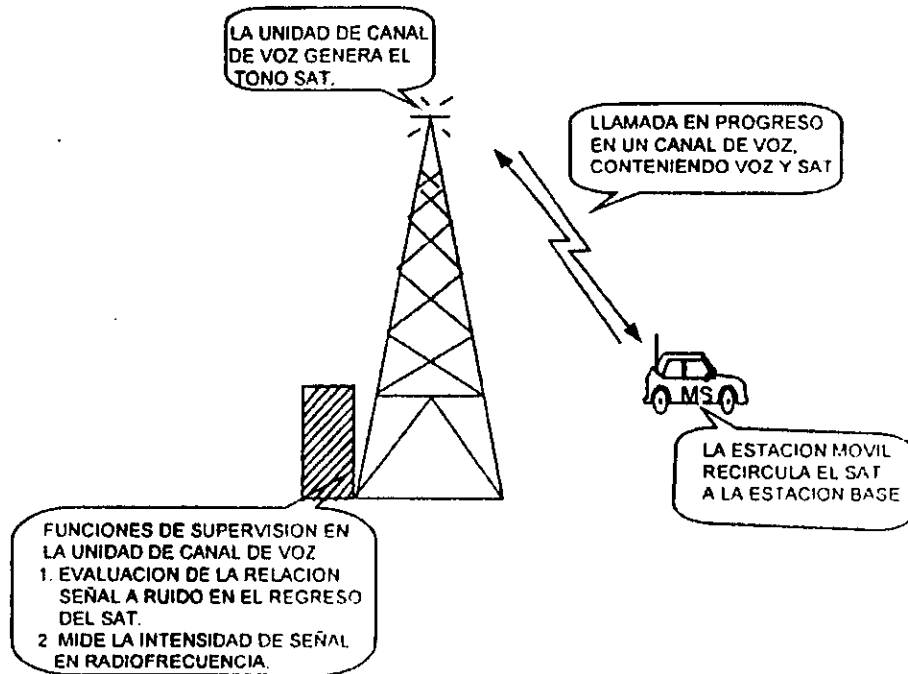


fig.4.1.1 supervisión de una llamada

La unidad de control del canal de voz determina si la calidad es aceptable o no. Esto se basa en la comparación con los siguientes límites proporcionados inicialmente por MSC (parámetros inicializados por comando):

- SNH relación de señal a ruido para la petición de handoff.
- SNR relación de señal a ruido para la liberación de llamada.

Si el resultado cae por debajo de SNH, se solicita el handoff. En caso de que el handoff, por alguna razón no sea ejecutado, la calidad de habla continuará deteriorándose. Si el resultado alcanzará el umbral para la liberación de la llamada, SNR, la llamada será liberada. Ver figura 4.1.2.

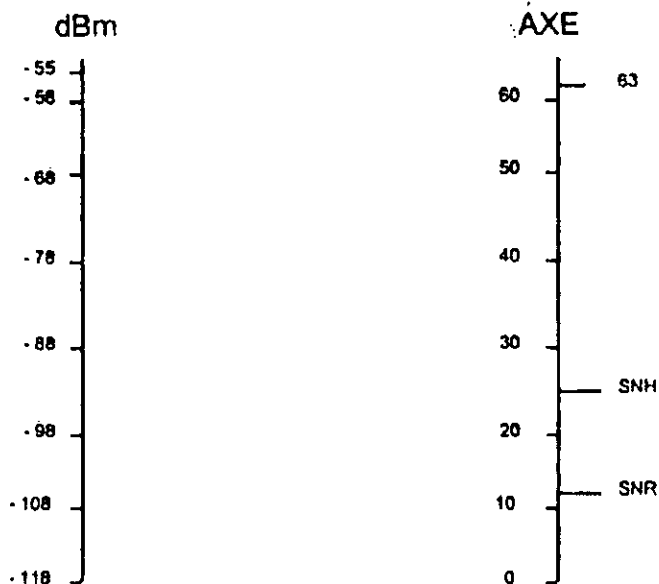


fig. 4.1.2 valores umbrales de la relación señal a ruido, almacenados en la unidad de control del canal de voz

Intensidad de señal de radiofrecuencia (RF)

Cada receptor del canal de voz realiza continuas mediciones de la intensidad de señal en su propio canal de radiofrecuencia. La unidad de control evalúa también estos resultados contra los siguientes valores almacenados (parámetros inicializados por comando, almacenados en las unidades de control de cada canal de voz) ver figura 4.1.3

- SSD Valor de Intensidad de Señal para petición de disminución de potencia.
- SSI Valor de Intensidad de Señal para petición de incremento de potencia.
- SSH Valor de Intensidad de Señal para petición de handoff.
- SSB Valor de Intensidad de Señal para bloqueo (SEAL).

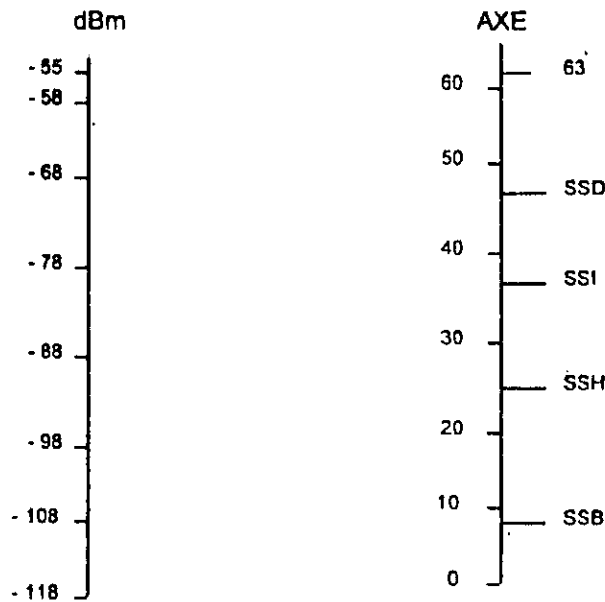


fig. 4.1.3 valores umbrales de señal, almacenados en cada unidad de control de canal de voz.

No es deseable tener innecesariamente una potencia de salida de las estaciones móviles elevada, porque esto causa interferencia a las otras células. Si la Intensidad de señal resulta por arriba de SSD, se le ordena automáticamente a la estación móvil (por medio de la unidad de canal de voz) disminuir su potencia. Si la Intensidad de señal cae debajo del SSI, se envía la orden de incrementar la potencia de salida. Cuando la potencia del móvil es la más alta posible ya pesar de que el resultado cae debajo de SSH, la petición de handoff se envía al MSC. SSB se considera solamente cuando el canal de voz está libre (cuando no esta en conversación). En caso de que la señal recibida sobrepasara el nivel SSB, la señal será considerada como disturbio en las frecuencias de canal de voz. Tales disturbios pueden ser creados por alguna fuente externa o alguna estación móvil estando en estado de conversación en otra célula, usando la misma frecuencia. En tal caso, el canal de voz no debe ser usado y será considerado como "seal" (encapsulado) momentáneamente, mientras dure la interferencia.

Los valores de umbral antes mencionados son puestos por comando para cada célula. Esto significa que todos los canales de voz sirviendo a una célula normalmente tienen los mismos valores.

Regulación de tráfico

Ahora asumimos que una célula sirve a una área de densidad de tráfico muy alta (por ejemplo una avenida principal en una gran ciudad) y las células vecinas tienen mucho menor tráfico (todas las células vecinas normalmente están traslapadas unas con otras). Existe una manera para transferir algunas de las conversaciones a las células vecinas. Esto puede ser acompañado si el handoff es forzado.

El handoff forzado se realiza activando un valor de umbral de SSH más grande en "nuestra" célula, que en las células vecinas. Sin embargo, en una configuración de células pequeñas es importante tener las estaciones móviles contenidas en sus células óptimas. Esto es para evitar el riesgo de interferencia con llamadas que usan la misma frecuencia en la distancia de repetición.

4.2 UNA LLAMADA HACIA UN ABONADO MÓVIL

Una llamada hacia un abonado móvil es recibida por la MSC. Después de todos los análisis necesarios, determinando entre otras cosas si el abonado está normalmente ubicado en el área de servicio de la MSC, el número del abonado móvil es conseguido mediante el voceo en el canal de control. La estación móvil es vocada en todas las células dentro del área de servicio de la MSC (área de localización).

Una respuesta del voceo se recibe en el canal de control que monitorea la estación móvil. El MSC selecciona un canal de voz, mismo al que se ordena sintonizarse a la estación móvil. La información de la conexión directa es regresada al lado que llama. La señal de llamada se inicia en la estación móvil. Cuando el abonado llamado contesta, se inicia la conversación. Las figuras 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.10, dan una explicación del curso de los eventos:

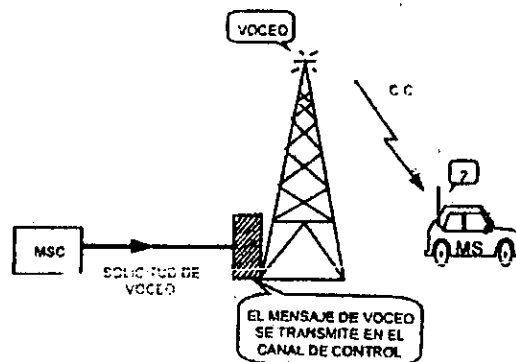


fig 4.2.1

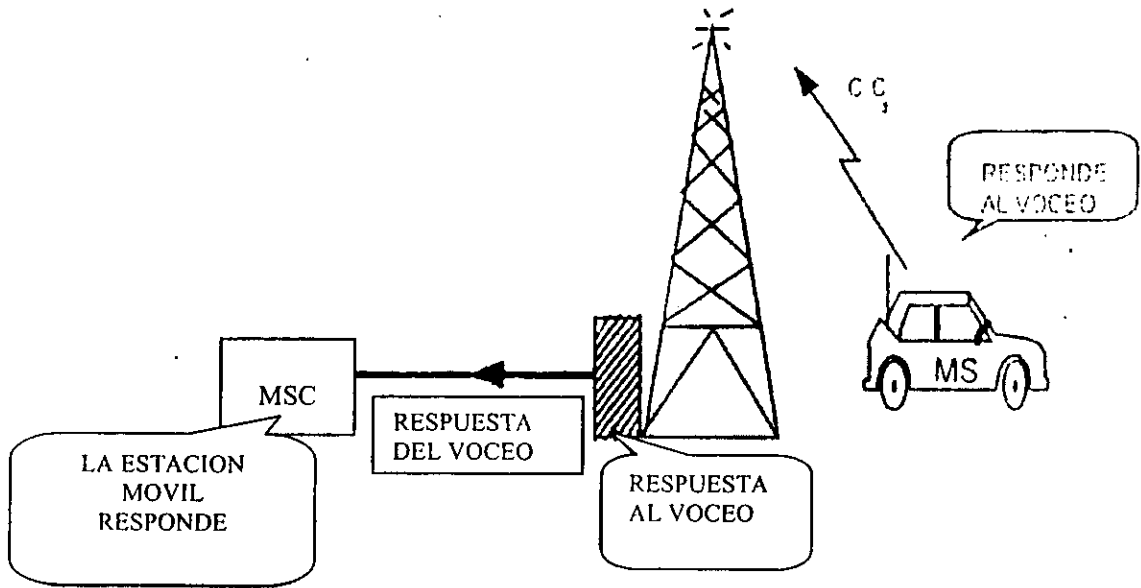


fig 4.2.2

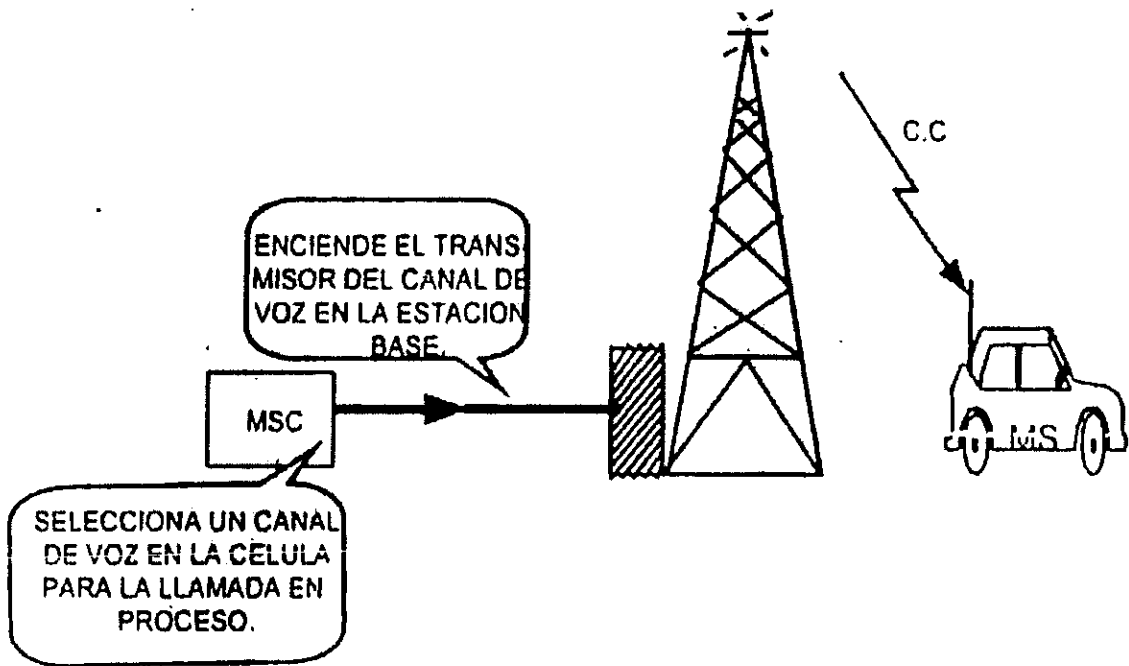


fig 4.2.3

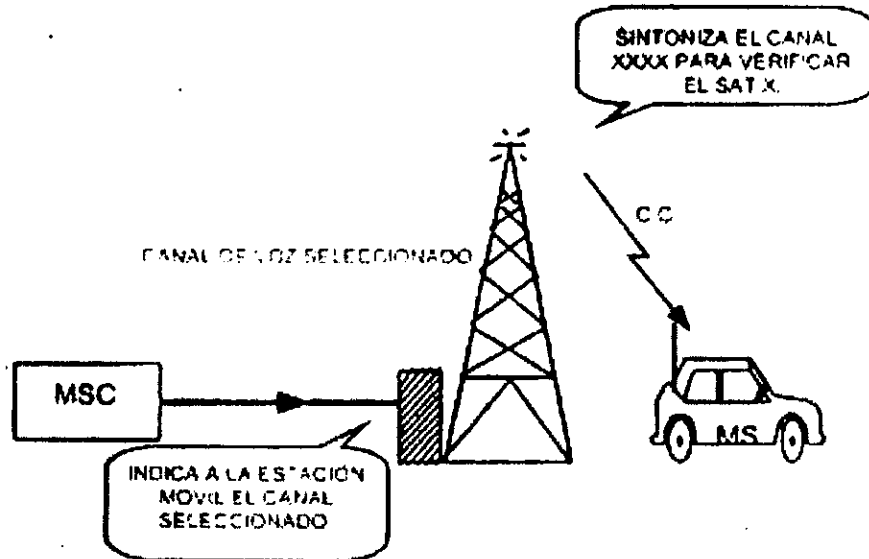


fig. 4.2.4

SAT X (SCC)	(FRECUENCIA DEL SAT)
00	5970 Hz
01	6000 Hz
10	6030 Hz

fig. 4.2.5 el SAT X enviado como información digital y la frecuencia de SAT correspondiente usada en el canal de voz

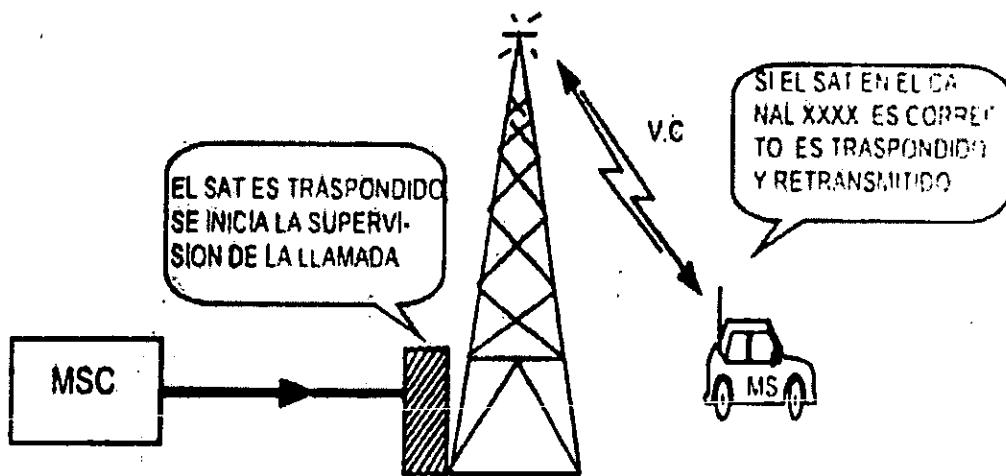


fig. 4.2.6

fig 4.2.6

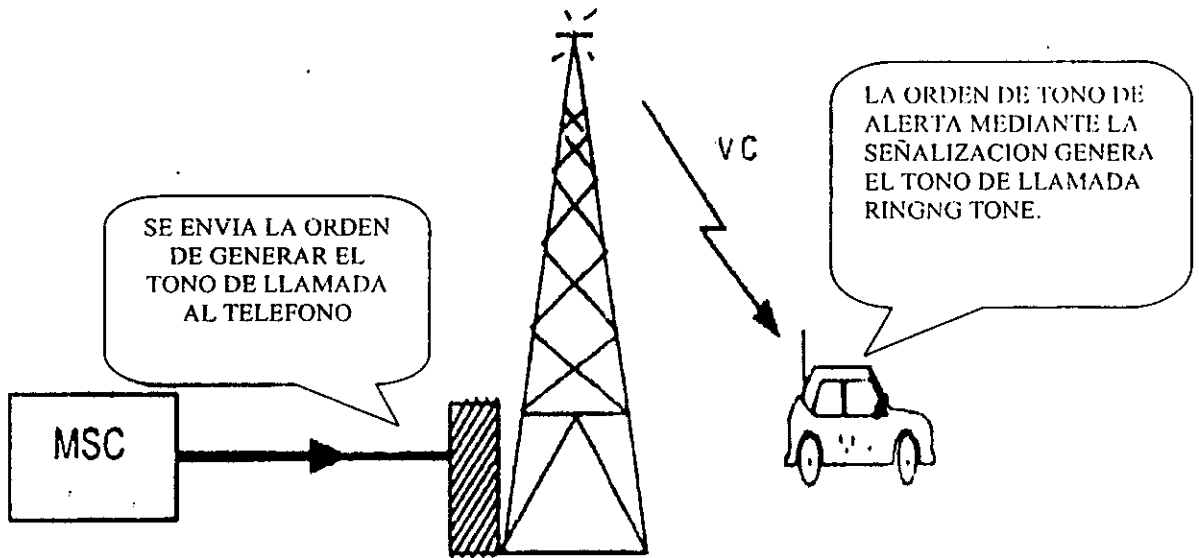


fig 4.2.7

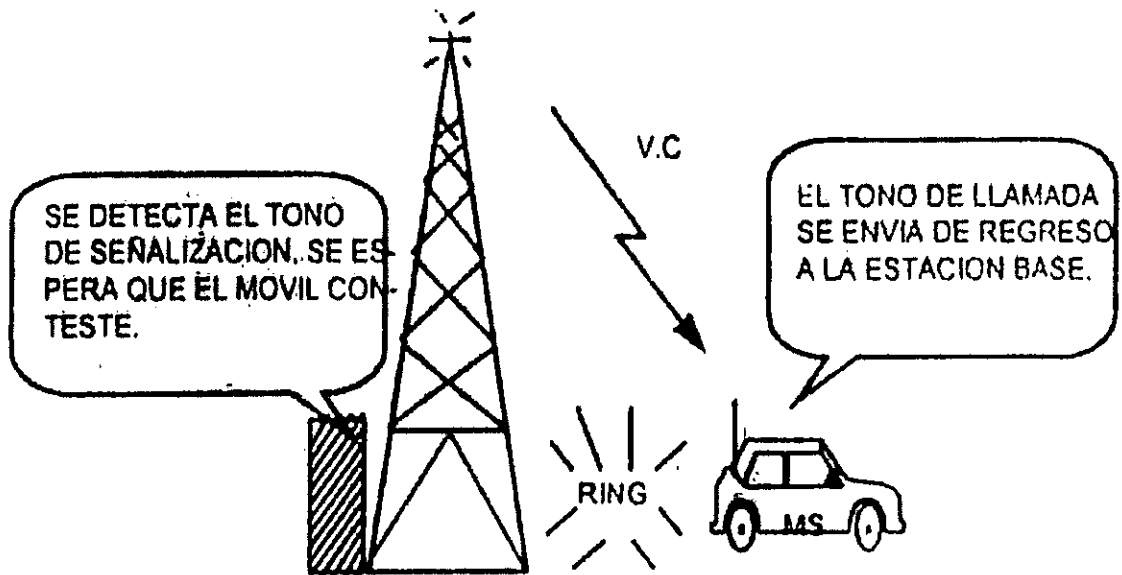


fig 4.2.8

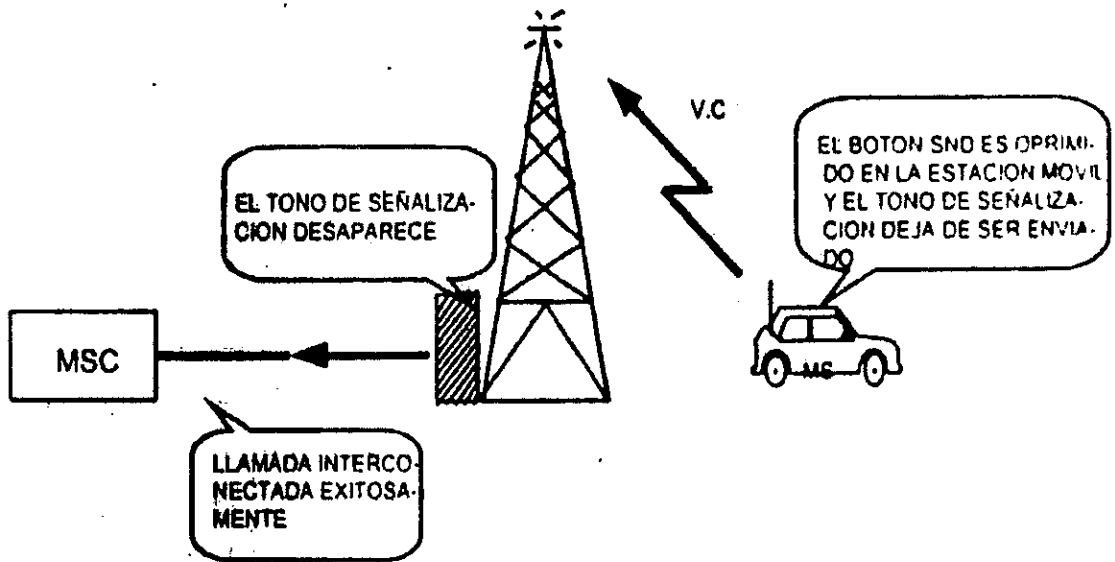


fig 4.2.9

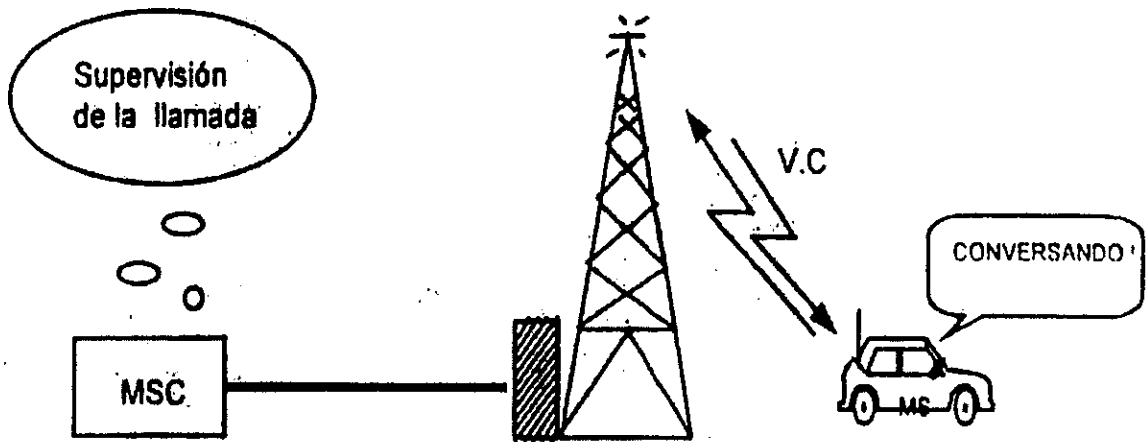


fig 4.2.10

4.3 UNA LLAMADA DESDE UN TELÉFONO MÓVIL

Un intento de llamada desde un abonado móvil se recibe en el canal de control de la célula correspondiente. La señal de acceso lleva el número de la estación móvil, que genera la llamada y el número del abonado llamado. Un canal de voz es seleccionado, al cual debe de sintonizarse la estación móvil por medio de una orden. La trayectoria del canal de voz es conectada en el MSC y la llamada es entrutada a la parte llamada. Las figuras 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5, 4.3.6, 4.3.7, 4.3.8, dan una explicación del curso de los eventos.



fig. 4.3.1

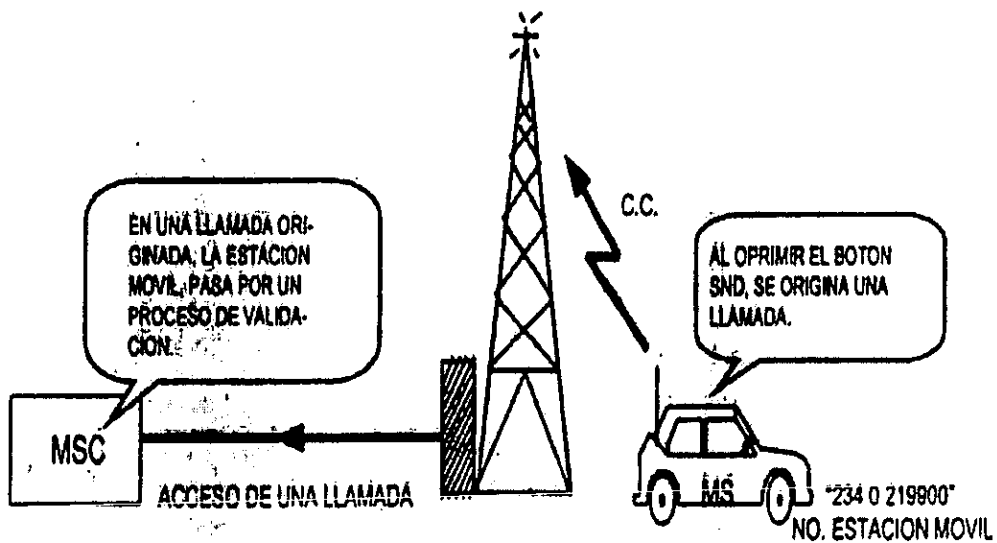


fig. 4.3.2

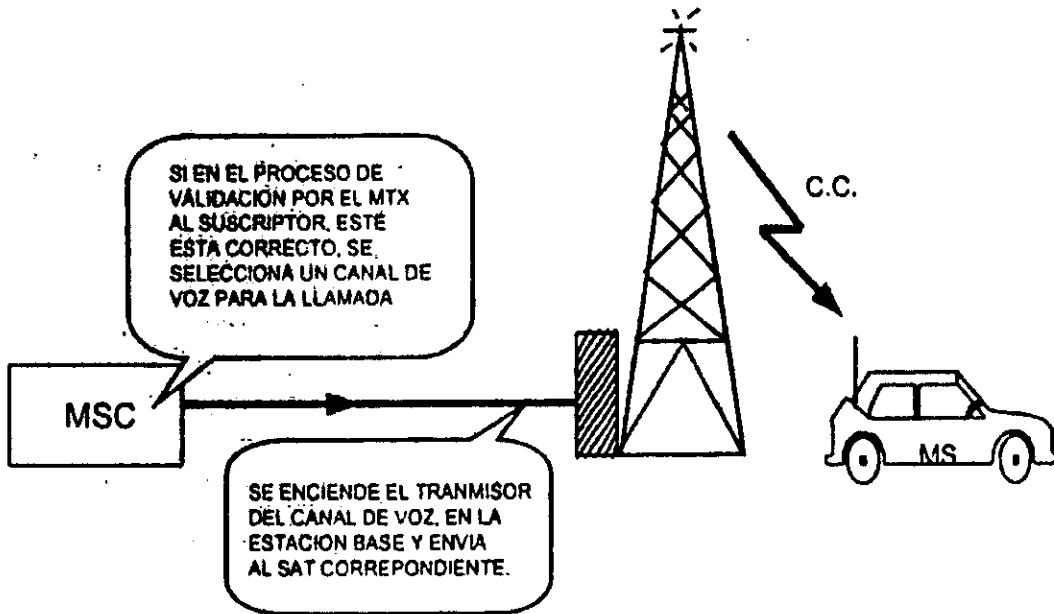


fig. 4.3.3

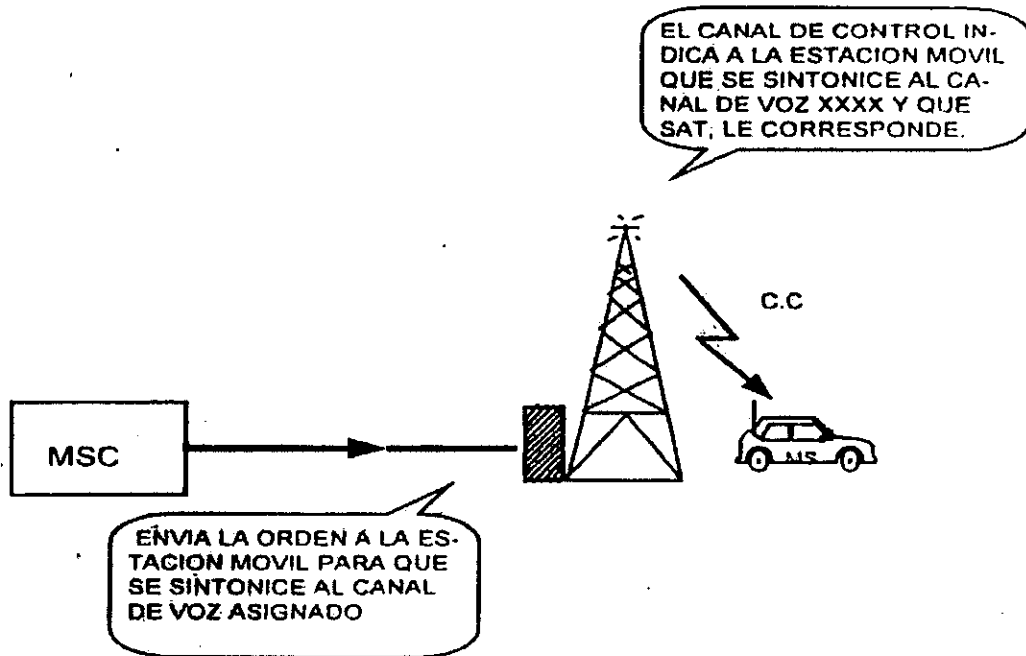


fig. 4.3.4

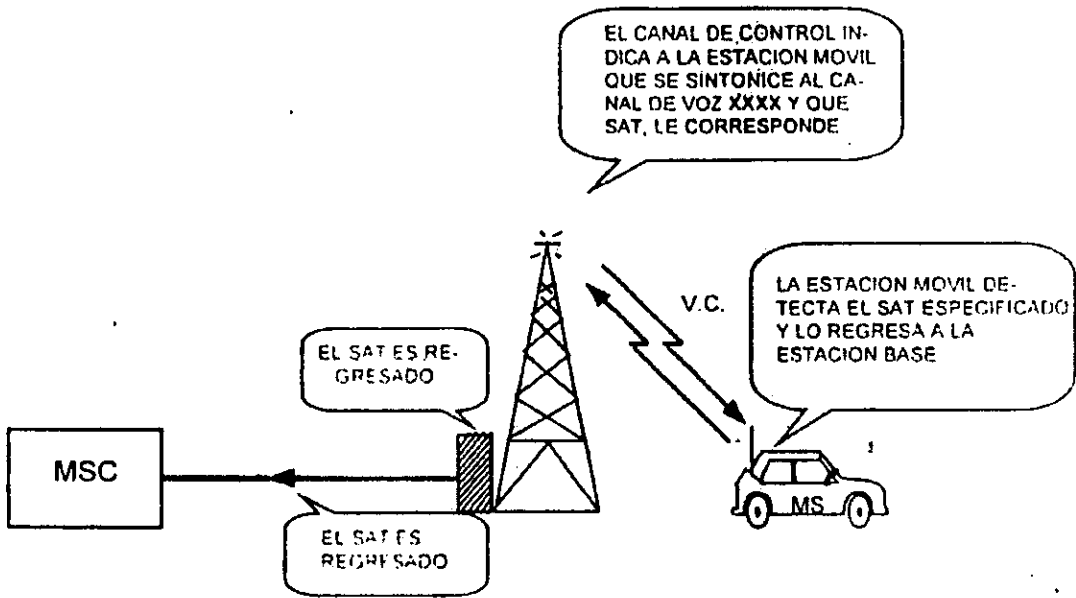


fig.4.3.5

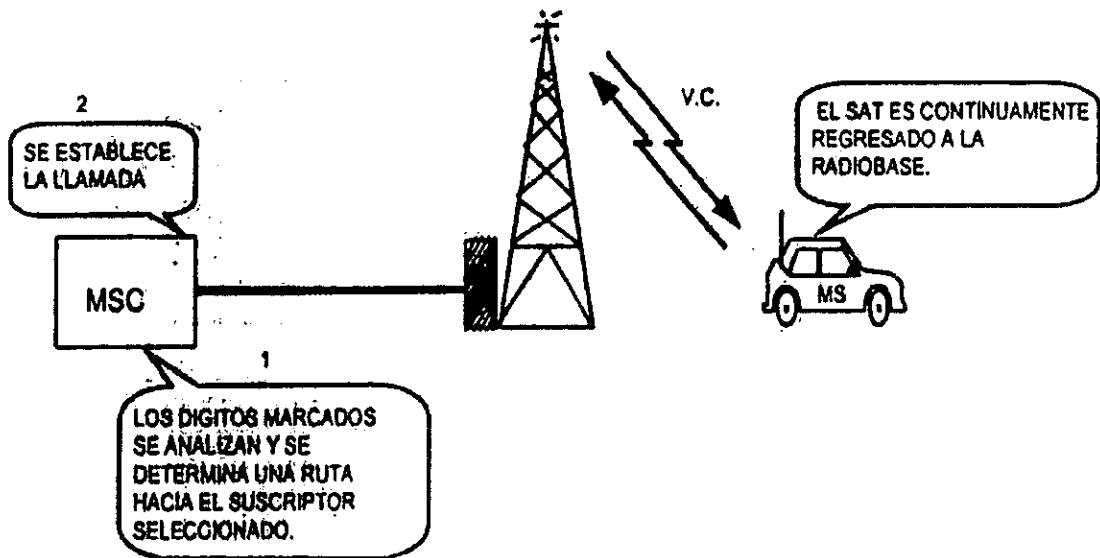


fig. 4.3.6

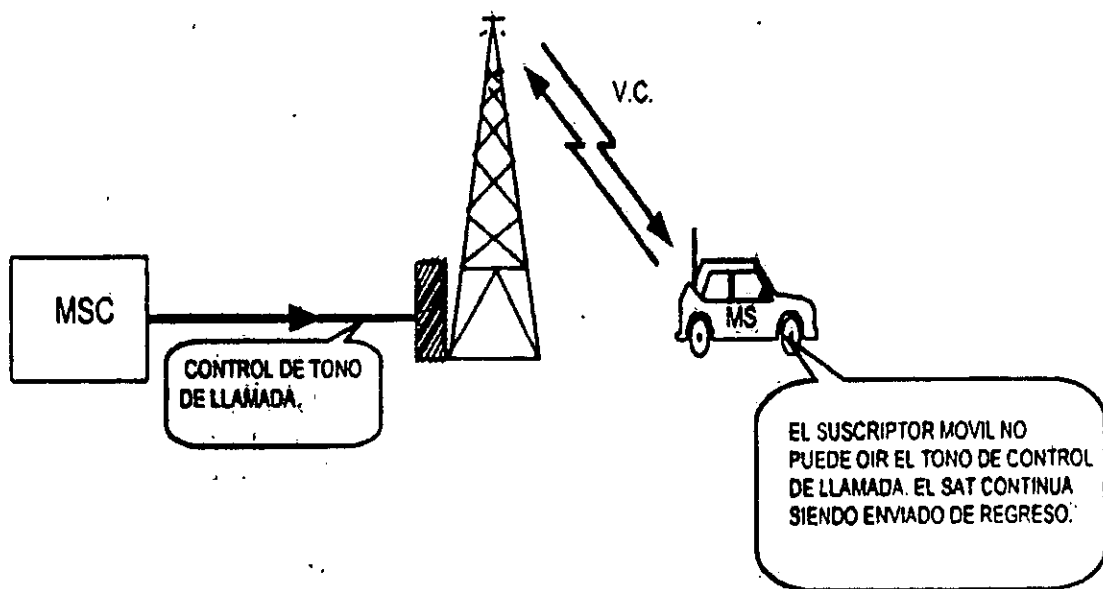


fig. 4.3.7

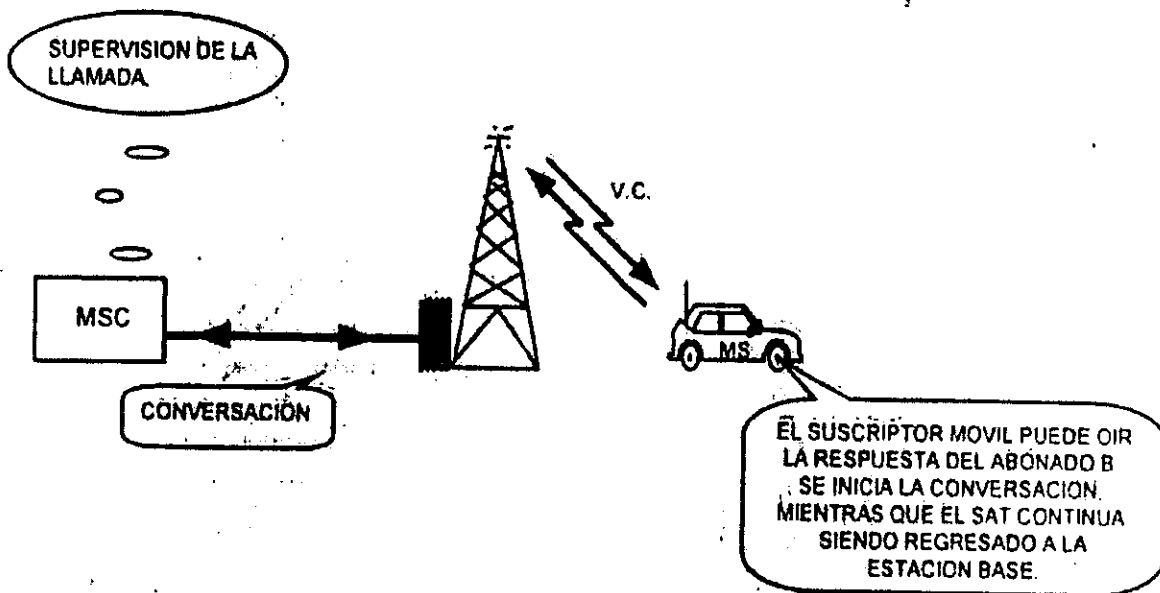


fig. 4.3.8

4.4 LIBERACIÓN DE LLAMADA

Las figuras 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, explican los eventos que ocurren durante la liberación de la llamada:

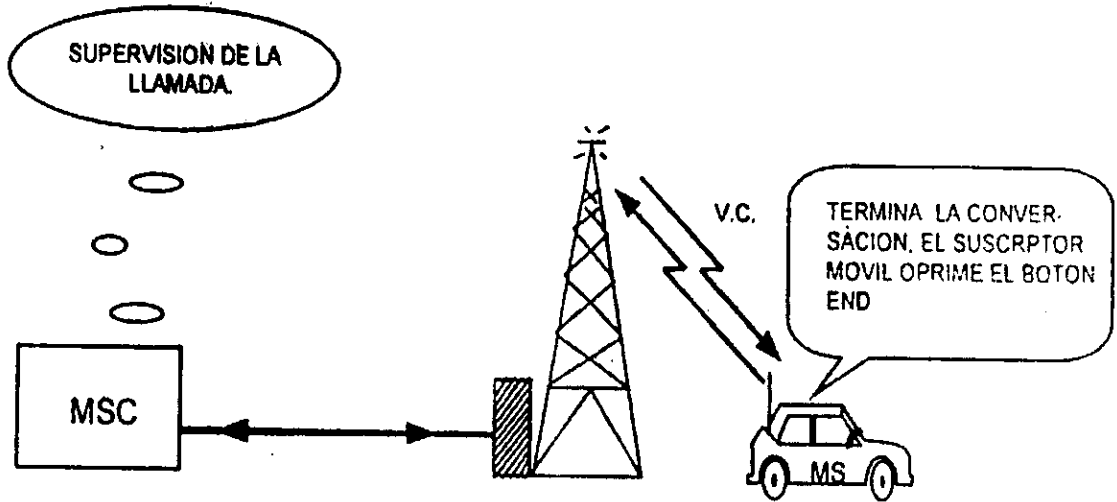


fig.4.4.1

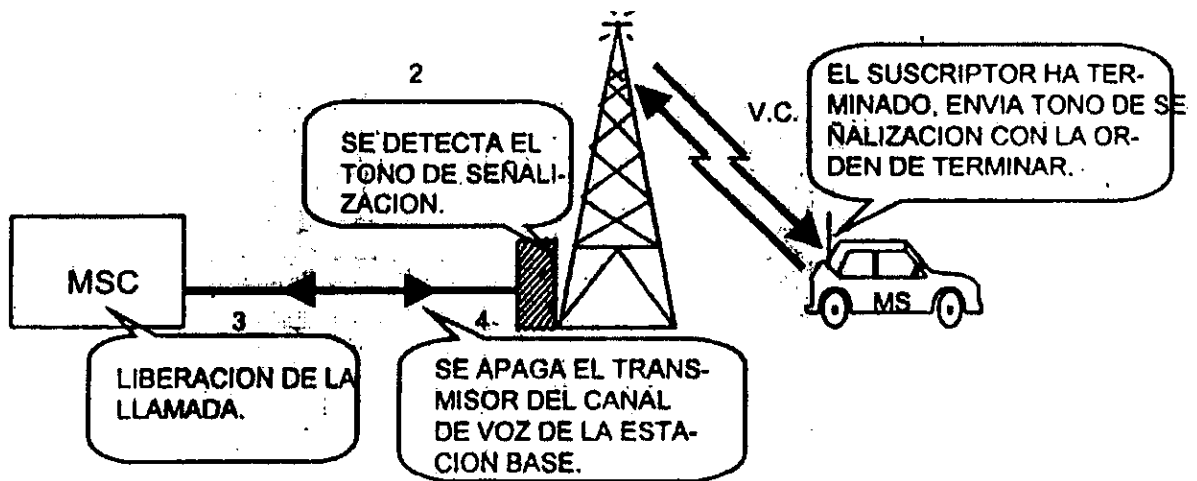


fig 4.4.2

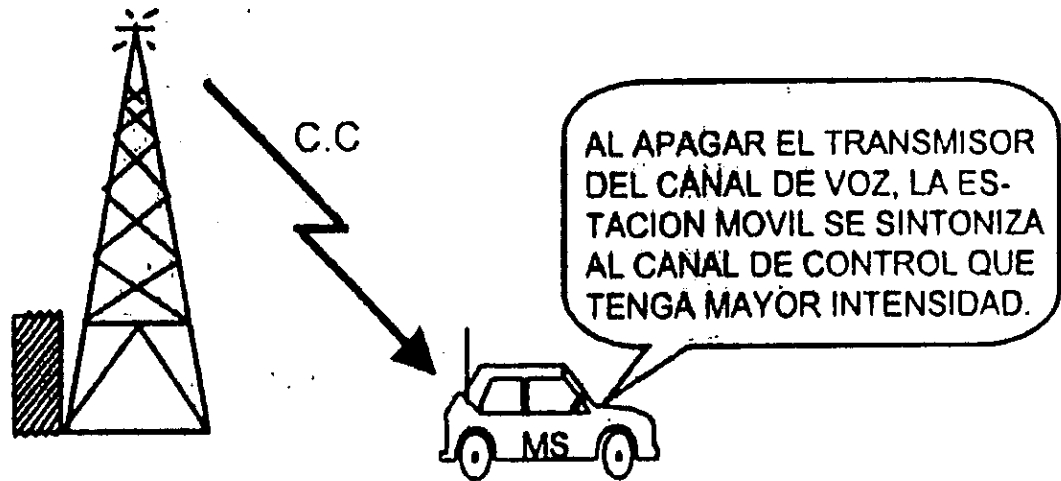


fig.4.4.3

4.5 RETROLLAMADA A UN ABONADO MÓVIL

Cuando un abonado ha estado en conversación con más de un abonado y termina una llamada con uno de ellos dejando al tercer abonado en un estado de espera, entonces la retrollamada se inicia para reestablecer la conexión entre el abonado y el abonado que espera. El voceo y la reconexión son realizados de la misma manera como si esto fuera una llamada a un abonado móvil.

4.6 LOCALIZACIÓN Y HANDOFF

En el capítulo, fue discutida la supervisión de la calidad de transmisión de la trayectoria de radio. Se mencionó que en caso de que la calidad de transmisión de una llamada cae por debajo de SSH ó SNH, la unidad del canal de voz notificará al MSC de éste efecto, enviando una solicitud de handoff. El mensaje de requerimiento de handoff significa que otra célula con mejor recepción debe ser localizada para encargarse de la transmisión. Figura 4.6.1.

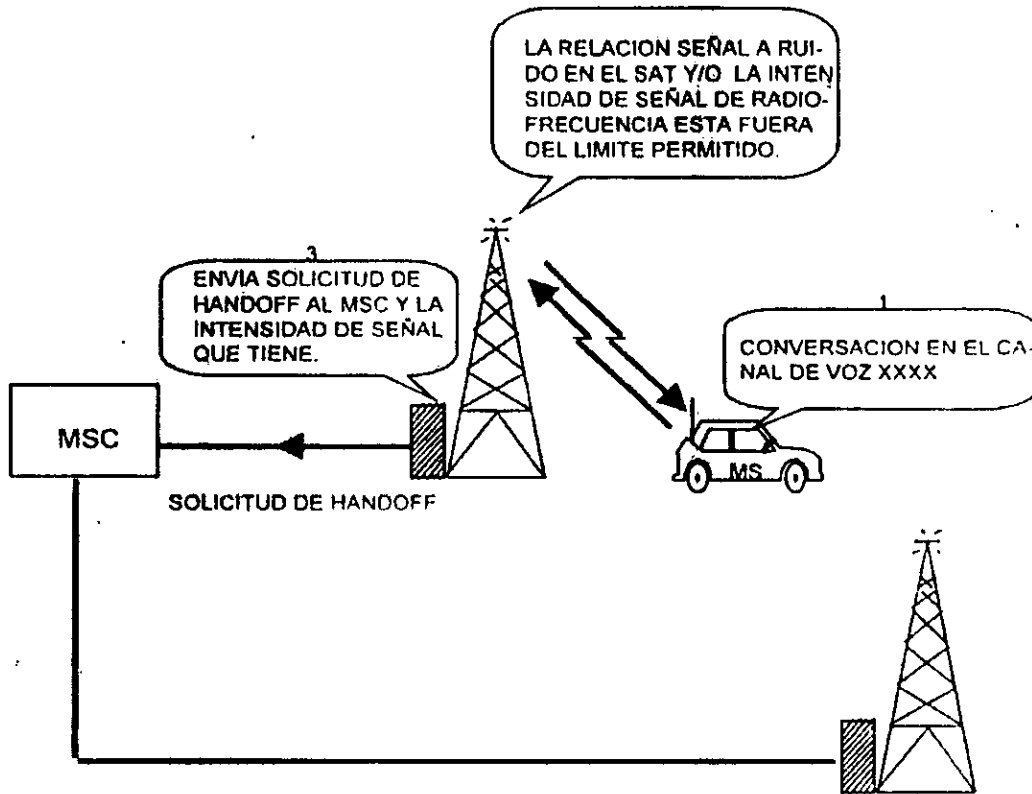


fig. 4.6.1

Localización

Con el objeto de explicar esta función, vamos a describir una unidad llamada Receptor de Intensidad de Señal (SSR). El receptor de intensidad de Señal se usa exclusivamente para medir la intensidad de señal de los canales de voz en "estado de conversación" en las células vecinas. Consecuentemente el SSR es también llamado unidad de localización.

Cada célula está siempre equipada con un receptor de intensidad de señal, el cuál consiste de un receptor (RX) y una unidad de control (CU). El receptor de Intensidad de señal tiene exactamente el mismo diseño que una unidad de canal, pero sin el transmisor. A una unidad de canal de voz se le puede ordenar (por comando en el MSC) que trabaje como receptor de intensidad de señal, sin embargo, esto debe ser considerado como una excepción.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

El SSR, en cada célula, realiza muestreos cíclicos de la intensidad de señal en las frecuencias de radio recibidas. Todas las frecuencias del sistema son muestreadas pero solamente las frecuencias de los canales de voz localizadas en las células vecinas son de interés para el handoff. La información acerca de cuales canales serán tomados bajo consideración, durante el muestreo arriba mencionado, se recibe originalmente desde MSC (iniciado por comando). Los resultados de las mediciones son actualizados, en la unidad de control (CU) con un valor significativo (los resultados previos también son considerados), después de cada muestreo cíclico. Figura 4.6.2. En esta forma, cada célula conoce que la calidad de transmisión con cualquier estación móvil usando los canales de voz de las células vecinas, será adecuada, si la célula en cuestión se encargara de la transmisión.

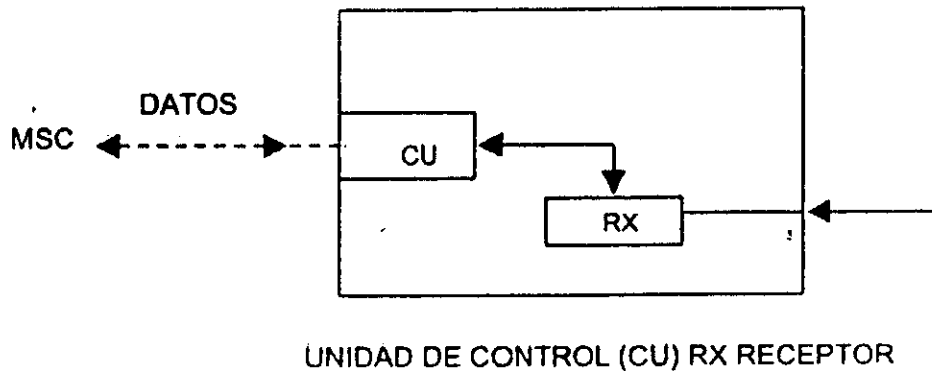


fig. 4.6.2

Si un handoff ha sido solicitado por una célula, el MSC tomará de las células vecinas los resultados de las mediciones de la intensidad de señal de la estación móvil. Figura 4.6.3.

Los resultados de la intensidad de señal están siempre disponibles en el MSC, el cual buscará el mejor resultado. El criterio para la elección de una nueva célula es, que debe ser significativamente mejor que la célula que solicitó el handoff (para excepción vea "Regulación de Tráfico").

El MSC puede ahora determinar la célula para conmutar la llamada y, cuando la célula es determinada, el MSC busca (en datos) un canal de voz libre en ésta célula. Si todos los canales de voz están ocupados en el momento, la próxima célula "mejor calificada" se toma a condición de que cumpla con el criterio.

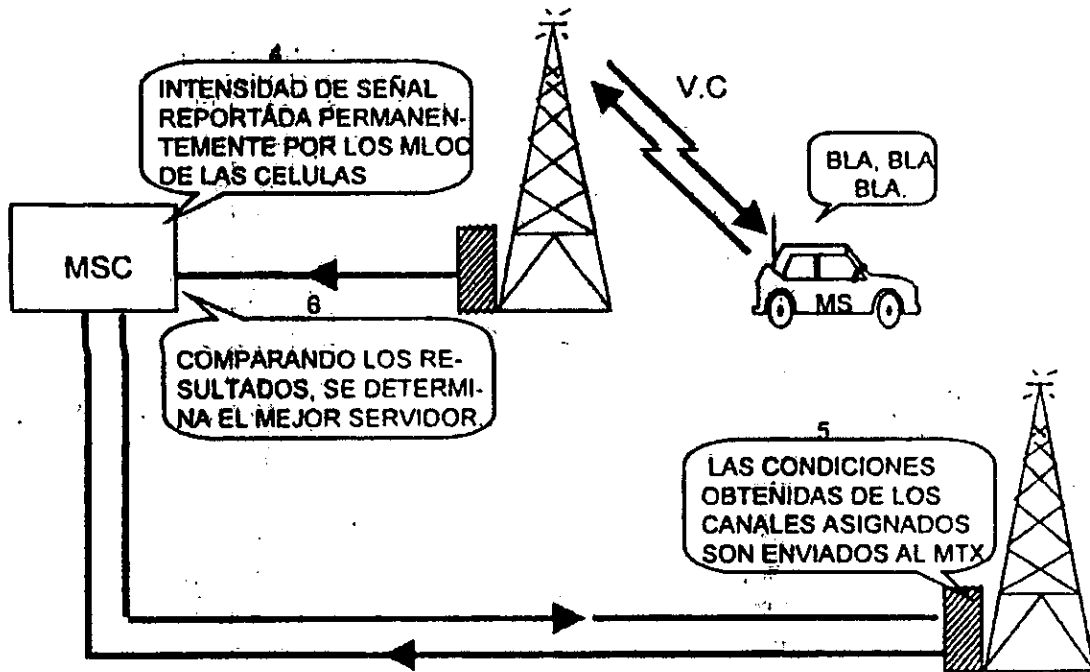


fig 4.6.3

HANDOFF

Cuando un canal de voz ha sido seleccionado, se manda hacia la célula una orden para iniciar la transmisión. Luego se le manda a la estación móvil una orden para que se sintonice al nuevo canal de voz seleccionado, mediante el mismo canal de voz empleado. En este mensaje se manda también la información acerca de cuál el SAT será usado por el nuevo canal de voz.

El tono de señalización (ST), es enviado por la estación móvil habilitando la sincronización de la conmutación para la nueva trayectoria de voz en el selector de grupo en MSC cuando ocurre un cambio de canal de voz.

El ST detectado significa que la estación móvil se sintonizará al nuevo canal. La frecuencia del SAT es checada, y si ésta corresponde a la esperada, el SAT se envía de regreso (13) Esto confirma que el handoff ha resultado exitoso (14). El antiguo canal de voz es marcado libre en el MSC y su transmisor es apagado. Todos este procedimiento esta ejemplificado en las figuras 4.6.4, 4.6.5 y 4.6.6.

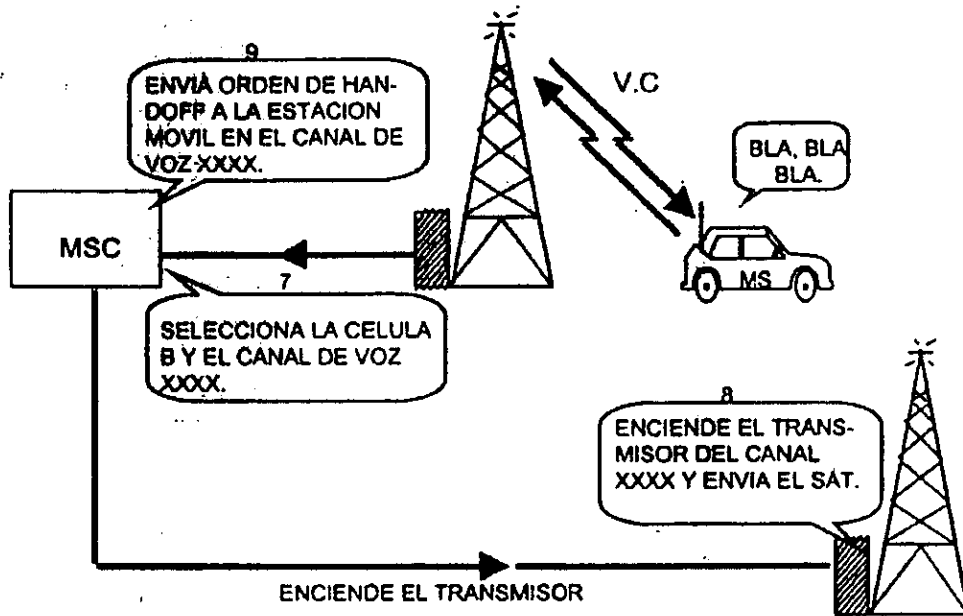


fig. 4.6.4

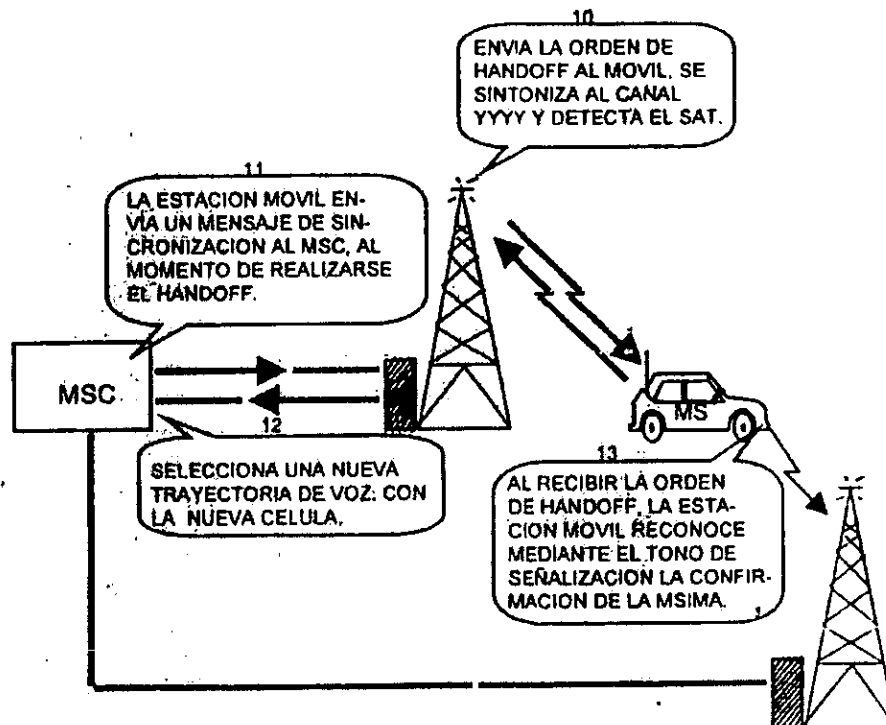


fig. 4.6.5

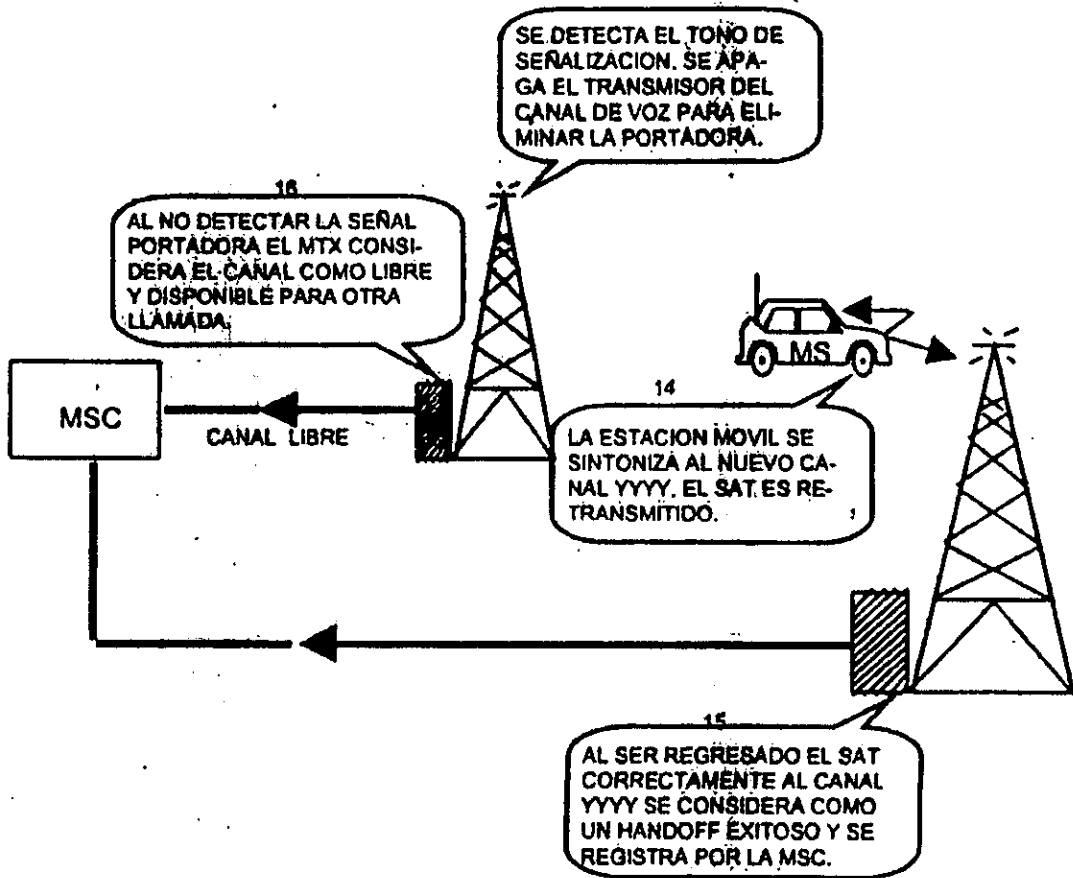


fig. 4.6.6

4.7 REGISTRO POR LA ESTACIÓN MÓVIL

La estación móvil genera el registro enviando un mensaje en el canal de control. Una llamada desde un abonado móvil es, por ejemplo, considerada como un registro, pero normalmente el registro del acceso lo realiza la estación móvil sin alguna intervención del abonado. Ver figura 4.7.1.

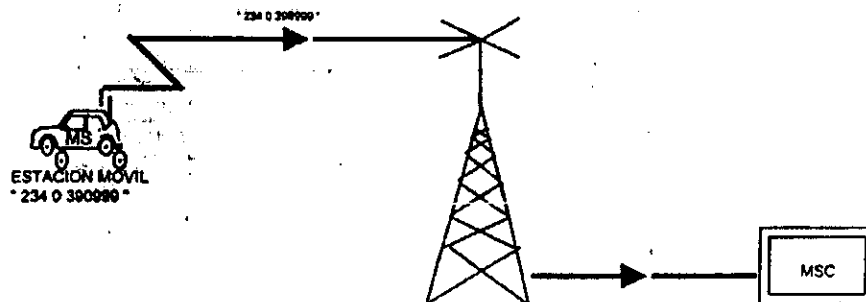


fig. 4.7.1

Son dos los tipos de registro:

- **Registro Periódico.** La función es opcional.
- **Registro del Área de Localización.** Registro por comparación de tiempos.

El registro periódico se define por comandos en el MSC, y sirve para determinar si la estación móvil está activa o no. Este registro se realiza frecuentemente.

El registro del área de localización es usado por el MSC para localizar al abonado. Este registro es realizado cuando la estación móvil entra a una nueva área de localización.

Registro Periódico

MSC espera que cada estación móvil envíe el acceso periódicamente. De esta manera el MSC sabrá si la estación móvil está activa, es decir, si la estación móvil está dentro del radio de cobertura y si está encendida (ON).

El MSC toma conocimiento de la actividad de cada estación móvil (aún estaciones móviles visitante) contenida en su área de servicio. Si la inactividad de un visitante excede un determinado tiempo, el MSC-H será informado.

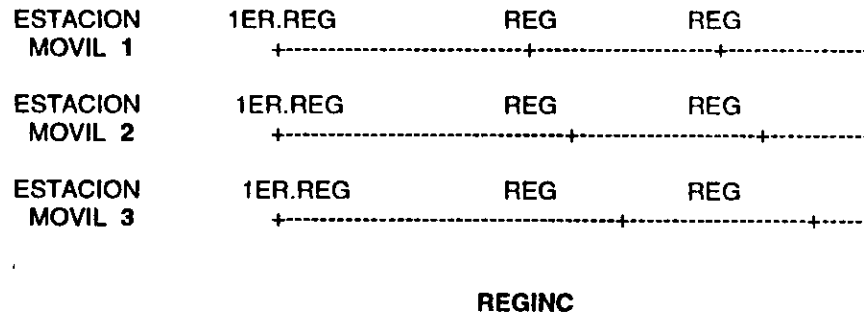
La ventaja del registro periódico es que si una estación móvil no se registra, es conocida en el MSC como inactiva, se puede mandar inmediatamente un mensaje grabado al abonado que llama, diciéndole que el abonado móvil no puede ser contactado.

Puesto que la función es opcional, la información del registro periódico es solicitada o no, REG. YES/NO, es enviado por un mensaje de encabezado en un canal de control.

A las estaciones móviles también se les informa, por medio de un mensaje de encabezado, acerca del periodo de registro. El periodo de registro es decidido inicialmente por el operador celular y es, por lo tanto, especificado en el Software de MSC. Un periodo típico es de 20 ó 30 minutos.

Con el objeto de evitar registros de todas las estaciones móviles al mismo tiempo ha sido especificado el siguiente procedimiento:

Cada estación móvil genera inicialmente en su registro interno un valor aleatorio, determinando la primera marca a registrar. Después de la primera marca que se registró y después de cada una de las siguientes, este registro es incrementado en un valor constante, REGINCR. REGINCR es recibido a intervalos de tiempos regulares desde el mensaje de encabezado en el canal de control. Figura 4.7.2.



*fig. 4.7.2 registro de acceso desde estaciones móviles en instantes diferentes.
Los periodos de registro son constantes.*

Una estación móvil sabe, comparando el contenido de sus registros con un valor en cierto tiempo, REGID, cuando llegue el tiempo de registro. REGID también se recibe como un mensaje de encabezado en el canal de control. Cuando esos dos valores son iguales (o REGID es mayor que el valor del registro) ocurre un registro o marca. Ver figura 4.7.3.

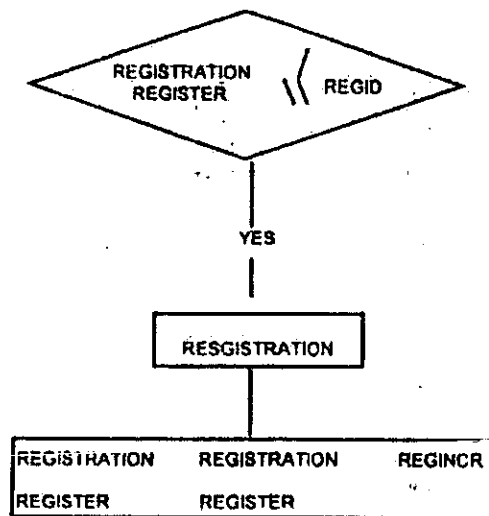


fig.4.7.3 condiciones lógicas supervisadas por estaciones móviles para registro.

El valor REGID es generado por un reloj de programa en la unidad de control del canal de control (existe, sin embargo, un reloj de programa maestro en MSC). Cada paso del reloj incrementa el REGID en 1, y se envía el nuevo valor en el canal de control. El reloj de programa puede trabajar a diferentes velocidades (por parámetros software), con el intervalo más lento de 128 segundos y el más rápido cada segundo. Ver figura 4.7.4.

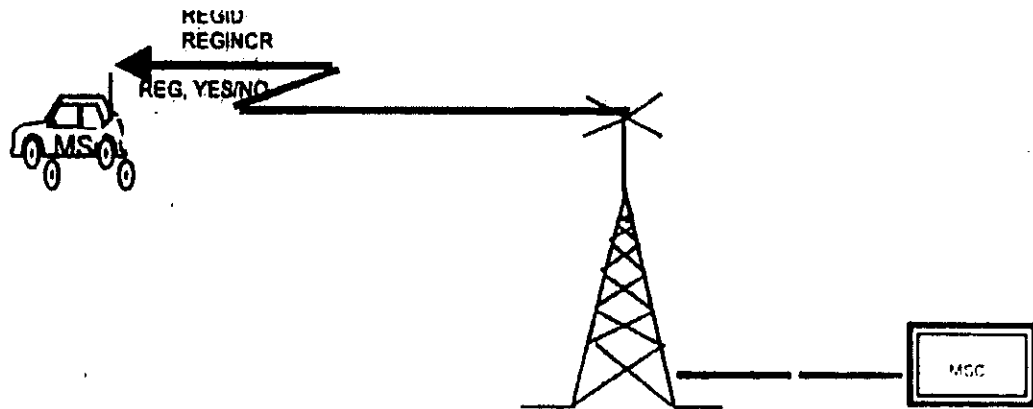


fig. 4.7.4 registro periódico de mensajes recibidos por estaciones móviles en el canal de control

Registro del área de localización (registro forzado)

Como ya sabemos el voceo de un abonado tiene que ser realizado sobre todas las células en el área de localización. Cuando el número del abonado atendido por un MSC llega a cierto nivel del orden de 40000-50000, la señalización puede ser crítica en la trayectoria de radio, así como la capacidad de voceo que les corresponde. Esta es la causa de porque la división en áreas de localización es conveniente.

El MSC por medio de un bit en el mensaje de encabezado, ordenará a todos los abonados móviles efectuar un registro de acceso cada vez que crucen la frontera entre dos áreas de localización ver figura 4.7.5. El cruce de la frontera es detectado por la estación móvil dado que el AID (código de identificación de área) en el mensaje de encabezado es diferente a la del recibido anteriormente.

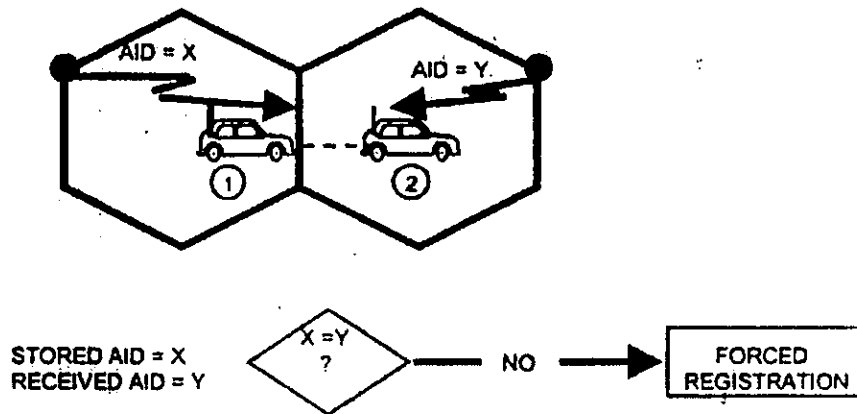


fig. 4.7.5 la estación móvil detecta que se ha cruzado la frontera entre dos áreas.

En el sistema CMS8810 (el nuestro), no existe registro real por cambio de área de localización, pero como a cada área de localización se asigna un rango de tiempo diferente, cuando un móvil cruza de un área de localización a otra, compara sus periodos de tiempo y al no coincidir estas, se registra forzosamente.

La detección antes mencionada es posible gracias a la memoria dinámica de la estación móvil, la cuál siempre almacena el último valor del AID recibido. Esto también ocurre cuando una estación móvil ha sido APAGADA por un periodo de tiempo (más de 24 horas, que es el tiempo en que la memoria puede retener la información), inmediatamente después de que la estación ha sido ENCENDIDA, ocurre el registro forzado.

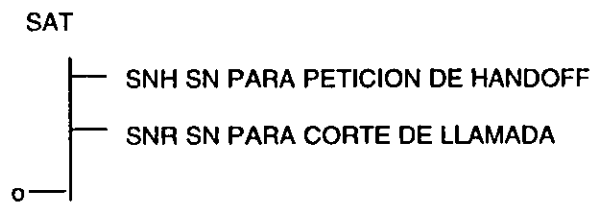
La descripción anterior de registro forzado se aplica más exactamente al CMS8810, En el CMS 8800, un valor idéntico de identificación de área del sistema se envía en todos los canales de control dentro del área de servicio del MSC. Existe una posible solución conocida como "REGID conmutado", el cuál, por asignación de diferentes REGI'DS (usados en el registro periódico) en diferentes células, brinda el efecto de un registro forzado.

CASOS DE TRÁFICO

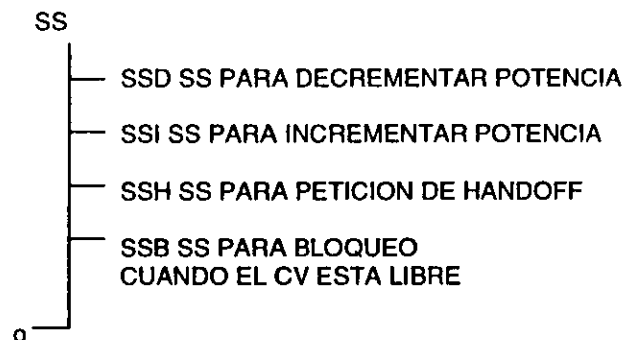
Supervisión de llamada en la trayectoria de Radio

Una llamada es continuamente supervisada en su calidad mediante los siguientes parámetros:

- **SAT** (Tono supervisor de Audio), El cuál es enviado por la radiobase al móvil y regresado por este último hacia la radiobase para su análisis (contra el ruido en la trayectoria de radio). Lo anterior se realiza durante toda la llamada.



- **SS** (Intensidad de señal)



Llamada a un Suscriptor Móvil

1. La llamada al móvil xxx es recibida por la MSC quien inicia el voiceo en los canales de control. (CC's).
2. La respuesta al voiceo del móvil xxx es recibida por el CC que lo monitorea quien la envía a la MSC.
3. La MSC ordena que se encienda un canal de voz (CV) y ordena al móvil a través del canal de control se sintonice a este y se aliste además para recibir el SAT.
4. El móvil recibe el SAT y lo traspone o regenera si es necesario para ser analizado. Si este pasa la prueba el móvil ya esta sintonizado.

- 5 La MSC ordena se envíe la orden de alerta a través de CV que genera el tono de llamada en el móvil.
- 6 Este tono es regresado a la radiobase hasta que el usuario conteste.
- 7 El usuario contesta y el tono desaparece, lo cuál es detectado en la MSC.
- 8 Se conecta la llamada y empieza la supervisión. El SAT es regresado continuamente.

Llamada desde un Suscriptor Móvil

1. El usuario oprime el botón SEND de su teléfono enviando el número a llamar y el número de su unidad.
2. El intento de llamada es recibido por el CC y enviado a la MSC para evaluar al suscriptor.
3. Si el suscriptor esta OK, la MSC ordena mediante el CC que el móvil se sintonice a un canal de voz y se aliste además para recibir el SAT.
4. El móvil recibe el SAT y lo regresa para ser analizado. Si este pasa la prueba el móvil ya esta sintonizado.
5. El establecimiento de la llamada es iniciado.
6. Se analiza el número marcado y la ruta a seguir.
7. Se genera el tono de llamada hacia el número marcado, el cuál es escuchado también por la estación móvil. El SAT es regresado continuamente.
8. La respuesta del suscriptor del número marcado es censada iniciando la supervisión de llamada. El móvil puede escuchar también esta respuesta. El SAT es regresado continuamente

Localización y HANDOFF

La localización es realizada por medio del SSR (Receptor de Señal), el cuál monitorea o "escanea" todas las frecuencias y almacena esta información; de la cuál sólo interesa aquella que corresponde a los CV's de las células vecinas.

1. Si un handoff es solicitado, la MSC toma de las células vecinas sus mediciones del CV en proceso de llamada.
2. La MSC determina quien es la mejor opción para el handoff.
3. La MSC ordena por el CV que actualmente supervisa la llamada, envíe la orden de handoff al móvil ya la célula elegida como la mejor para el handoff y encienda un CV además de alistarse para enviar el SAT.

4. Se ordena al móvil se sintonice al nuevo CV y se aliste para recibir el nuevo SAT.
5. Un mensaje de sincronización es enviado a la MSC cuando la orden de handoff se ejecuta.
6. La MSC determina la nueva trayectoria de voz.
7. La estación móvil recibe la orden de handoff y la reconoce enviando en tono de señalización (SI) que significa que se sintonizará al nuevo CV (mensaje de confirmación).
8. El móvil se sintoniza al nuevo CV, recibe el SAT y lo regresa.
9. Se detecta por la MSC que el handoff ha sido exitoso.
10. Se ordena al canal de voz anterior apague su transmisor y quede disponible (libre) para otra llamada.
11. La nueva célula supervisa ahora la llamada.

Capitulo V

CAPITULO 5: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La vida moderna se caracteriza por depender de complejos y automatizados sistemas para poder funcionar, por ejemplo en la producción industrial, el comercio, las finanzas, y las comunicaciones. Uno de los aspectos que los caracterizan, es la forzosa interacción entre el hombre y las máquinas teniendo la exigencia de éstas últimas de permanecer funcionando siempre.

La operación y mantenimiento son exigencia tanto de los sistemas más rudimentarios como de los más complejos o de alto grado de sensibilidad. En el primer caso los procedimientos son manuales y elementales; en el segundo se efectúan mediante lecturas especializadas de complejos sistemas de medición que reportan los niveles de desempeño del sistema.

5.1 OPERACIÓN

Se puede entender como el proceso mediante el cual se suministra y se recibe información de un sistema. Este concepto exige, de manera irrecusable, la aplicación de recursos humanos a los procesos de funcionamiento de un sistema.

La operación tiene como objeto primordial estimular el funcionamiento de un sistema mediante el intercambio de información. A la vez, los indicadores del sistema emiten un cúmulo de información que el operador recoge e interpreta para conocer su rango de desempeño.

Por otra parte, el concepto operación tiene la connotación de un hacer material, físico y empírico; y su sentido último está orientado a la obtención de cierta utilidad.

5.2 MANTENIMIENTO

Este concepto se encuentra estrechamente relacionado con el de operación y significa suministro, la aplicación o sustitución de implementos para que un sistema, equipo o maquinaria, pueda operar en óptimas condiciones. Por sus características, el mantenimiento puede subdividirse en tres modalidades mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y un tercer tipo que podríamos llamar de vanguardia o actualización.

❖ **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo es un concepto aplicable a la reparación de fallas o daños ocurridos en un sistema por la falta de atención o por casos fortuitos; su característica principal consiste en la reposición de dispositivos dañados, fallas de energía o desajustes internos.

Esta modalidad de mantenimiento muchas veces desemboca en costosas intervenciones al sistema que pudieron haberse evitado con un mantenimiento preventivo adecuado. El costo puede reflejarse en las reparaciones al equipo o en la pérdida de ingresos por la suspensión del servicio; incluso las pérdidas no sólo se limitan al ámbito económico, sino que afectan la imagen o prestigio de la empresa.

❖ **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo es el proceso de atención mediante el cual un operador o un equipo de operadores de un sistema, implementa la sustitución de elementos susceptibles de caducidad, desgaste, desajuste o daño; también se ejerce al implementar medidas que tiendan a garantizar el desempeño del sistema.

El mantenimiento preventivo es un signo de eficiencia en la administración de recursos y tiene la cualidad de evitar trastornos e interrupciones inesperadas en el sistema porque permite programar la suspensión de las operaciones o trasladarlas a horarios en que el servicio se ve menos afectado.

❖ **Mantenimiento de Actualización**

El mantenimiento de actualización es una actividad inherente al campo de las tecnologías de punta que implica una situación permanente de cambios. Esta actualización obliga a una evaluación y prueba de productos que la industria y el mercado permanentemente están ofreciendo.

Este fenómeno, característico de nuestro campo, exige de la participación de recursos humanos en los niveles técnico gerencial y administrativo capaz de cristalizar juicios evaluatorios que indiquen la pertinencia o no de los cambios o modificaciones al sistema.

Esta modalidad de mantenimiento, planteada aquí como labor de un equipo de trabajo abocado a la evaluación de nuevos productos, nuevos procesos, o nuevas tecnologías, podría llevar el nombre de comité de evaluación y podría estar integrado por el personal más capacitado en cada especialidad.

5.3 TRANSICIÓN DE LA FASE DE CONSTRUCCION A LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En la evolución de todos los sistemas celulares, hay dos fases principales. La primera, involucra la ingeniería y la construcción del sistema, culminando finalmente en las pruebas para poner el sistema en operación comercial, a esta fase se le llama: fase de construcción del sistema. Desde el inicio de la primera fase, el grupo que estará a cargo de la operación deberá apoyar en la construcción y pruebas tanto de la MSC como de los sitios celulares, procedimiento mediante el cual el personal que quedará a cargo del sistema, recibirá entrenamiento de gran valor.

La segunda fase inicia en el mismo momento en que el sistema entra en operación comercial. Esta es la fase de operación y mantenimiento. En este momento es cuando las actividades de los departamentos de operación y mantenimiento deberán cambiar considerablemente para determinar las demandas del sistema en operación.

EVOLUCION DEL SISTEMA

FASE I CONSTRUCCION DEL SISTEMA	FASE II OPERACION y MANTENIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Concursos y licitación <input type="checkbox"/> Compra de equipo <input type="checkbox"/> Contratación de personal <input type="checkbox"/> Selección de los sitios <input type="checkbox"/> Entrenamiento del personal <input type="checkbox"/> Construcción <input type="checkbox"/> Pruebas 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Aceptación del sistema <input type="checkbox"/> Operación diaria del sistema <input type="checkbox"/> Mantenimiento preventivo periódico <input type="checkbox"/> Coordinación de los proyectos de crecimiento <input type="checkbox"/> Certificación anual del equipo <input type="checkbox"/> Mantenimiento de los estándares de calidad <input type="checkbox"/> Recuperación del sistema en casos de emergencia

El cuadro anterior nos muestra las principales responsabilidades que se adquieren en la segunda fase y que no estaban presentes en la primera. A continuación se hace una breve descripción de algunas actividades.

Aceptación del Sistema

Es un proceso repetitivo que se aplica continuamente por el grupo de operaciones. El grupo de operaciones es el responsable de la calidad del desempeño del sistema, por lo que tomará la decisión final si el desempeño de la MSC o sitios celulares es aceptable antes de ofrecer servicios a los usuarios del sistema, lo cual implica una gran responsabilidad.

Inicialmente, operaciones en estrecha cooperación con ingeniería, es responsable de la evaluación final del desempeño del nuevo sistema, antes de ser aceptado y puesto en operación comercial.

Después de todo esto, operaciones será el responsable de evaluar la calidad del desempeño de los nuevos sitios celulares y los servicios adicionales que serán ofrecidos a los usuarios. En muchos casos se requerirá la colaboración y apoyo de las áreas de ingeniería, mercadotecnia y finanzas. La decisión de si la calidad de los servicios ofrecidos por un nuevo sitio celular alcanza o no los estándares de calidad, sigue siendo de operaciones.

Operación diaria del Sistema

Esta nueva responsabilidad adquirida por operación y mantenimiento, puede ser al principio uno de los más grandes retos. Las responsabilidades ahora son los procesos de cobro, evaluación de las estadísticas de operación del sistema, elaboración de reportes, ordenar trabajos que surgen, manejo de reparaciones y devoluciones de equipo, implementar y documentar cambios operacionales y actualizaciones de las instrucciones del fabricante, y el desarrollo de procedimientos para el mantenimiento. Es crucial que las operaciones sean organizadas en la atención en general.

El ¿cómo se desempeñe el equipo de trabajo?, tiene que ver con el nivel de satisfacción que percibe el usuario, lo que influye de manera importante con el éxito que puede tener la empresa. Existen muchas formas de organizar los departamentos de operaciones, esto dependerá del tamaño del sistema, el nivel de autosuficiencia requerido, el nivel de organización de los mandos superiores y otras características operacionales muy particulares de la empresa. La filosofía que ha probado tener éxito en los departamentos operativos es la que involucra los siguientes conceptos:

1. Establecer estándares de calidad

La calidad de servicio ofrecida al suscriptor es el objetivo más importante que un departamento de operaciones pueda tener. Los estándares de calidad establecidos, no deben ser medidos por la calidad ofrecida por la competencia, deben ser establecidos internamente al nivel exacto de la demanda. A medida que se logren mejoras al sistema, surgirán nuevos retos con los estándares.

2. Desarrollo del grupo como equipo

El personal que integra los departamentos de operaciones es un equipo La creatividad individual debe ser impulsada y, los objetivos para cada persona, deben ser enfocados hacia las metas

comunes. La iniciativa individual deberá ser reconocida como un instrumento de éxito de todo el equipo.

3. Tomar como propio el sistema

El personal que realiza las operaciones deberá considerar como propio al sistema y deberá evitar todo aquello que ponga en riesgo su desempeño y la calidad de servicio. Al mismo tiempo, debe aceptar los problemas y responsabilidades que sean parte de la operación del sistema.

4. Establecer objetivos razonables

Todas las actividades que sean adoptadas por operación y mantenimiento, deben de ser prácticas y atendibles. Las metas y procedimientos no razonables son la causa principal de una baja moral de un departamento de operaciones, causando una baja productividad y deficiencia en el uso de los recursos, lo cual, se refleja en una pobre calidad de servicio ofrecida a los usuarios.

5. Generar un ambiente de sentido común

Hay varios preceptos para establecer un ambiente de sentido común. El primero de ellos es impulsar a que el personal tome decisiones, por supuesto en relación a su talento Individual y experiencia. Hay que tomar en cuenta que la persona que está trabajando en un problema, es sin duda, el más indicado o capaz para resolverlo de la forma correcta.

6. La importancia de la calidad de la gente

La clave para tener éxito en la operación y mantenimiento del sistema, es la calidad del personal que ejecuta el trabajo. El personal de operación y mantenimiento debe estar en estándares de los mejor calificados, cada persona debe ser desarrollada a su máximo potencial. Al hacerlo así, el éxito del equipo de operación y mantenimiento no estará limitado a unos cuantos, sino a todos. Cada miembro del equipo, con el apropiado entrenamiento, llegará a ser más que un buen elemento.

7. Desarrollo de la comunicación interpersonal

El desarrollo de las comunicaciones interpersonales, es sin duda, un factor muy importante, ya que contribuye a un mejor desempeño. Si entre el personal no existe una adecuada comunicación, es de esperar que tampoco exista una comunicación eficaz con los usuarios. La comunicación es necesaria desde los niveles gerenciales, hacia todos los niveles asociados en la operación.

Es de gran importancia converger en los objetivos de la empresa, proveer retroalimentación a las áreas de proyectos y comentar los problemas con las personas adecuadas para tener soluciones más efectivas. Hay que conocer las necesidades individuales para realizar trabajos más eficientemente y el transferir información entre departamentos hace que las operaciones vayan más suavemente. Un lugar donde la comunicación efectiva son un recurso elemental es Servicio a Clientes.

8. Operar a prueba de futuro

Considerar el futuro de las operaciones en todos sus aspectos, significa que todas las decisiones o planes deberán tomar en cuenta el futuro. Las soluciones que se toman con escasa visión, causan problemas a futuro. Las decisiones y soluciones que tienen un impacto positivo en el futuro, son siempre el resultado directo de una buena planeación y entendimiento de las necesidades de los usuarios.

9. La operación simple

Las soluciones complejas, rara vez se concluyen. El número de personas, la cantidad de coordinación requerida, el tiempo necesario para terminar y la cantidad de recursos utilizados, son directamente proporcionales a la complejidad de un plan.

Existe, casi siempre, más de una forma de atacar un problema. Aceptar las recomendaciones constructivas de otros y seleccionar el plan más simple de implementar y mantener hasta lograr la meta final, es un concepto muy común en los cursos gerenciales.

10. El personal de operaciones debe ser también cliente del sistema

¿Cómo se puede esperar ser una autoridad en la calidad del desempeño del sistema?, si los ingenieros que lo operan, no lo usan en el trabajo, en casa o donde quiera que sea.

Las estadísticas no son suficientes para proveer una imagen de ¿cómo se desempeña el sistema? El beneficio de que todo el personal de operaciones cuente con un teléfono celular y que lo utilice tanto como sea posible, es que pueda comparar el mismo, si la calidad corresponde o no al desempeño mostrado por las estadísticas

5.4 ACTIVIDADES ESPECIFICAS DEL ÁREA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las actividades específicas del mantenimiento correctivo y preventivo a Radiobases y MTX, son las siguientes:

- ❑ Mantenimiento preventivo por cada sitio
- ❑ Reparación y reemplazo de dispositivos dañados
- ❑ Identificar problemas en las Radiobases
- ❑ Recomendar acciones correctivas
- ❑ Analizar los registros de datos de dispositivos con mal desempeño
- ❑ Verificación y mantenimiento del sistema de iluminación, sistema de aterrizaje, planta de emergencia, etc.

5.5 INSTALACIÓN DE LOS SITIOS CELULARES

La instalación de los sitios celulares tiene una especial importancia dado que es en donde se tiene el manejo de los suscriptores móviles, mediante señales de radiofrecuencia así como los dispositivos que procesan esas señales para llevarlas a la central de servicios móviles en donde son conmutadas y dirigidas hacia un destino, en forma muy similar de como se realizan en una central pública ordinaria.

Los sitios celulares pueden ser instalados en contenedores, en edificios o en cualquier local acondicionado para este fin. Fig.5.5.1.

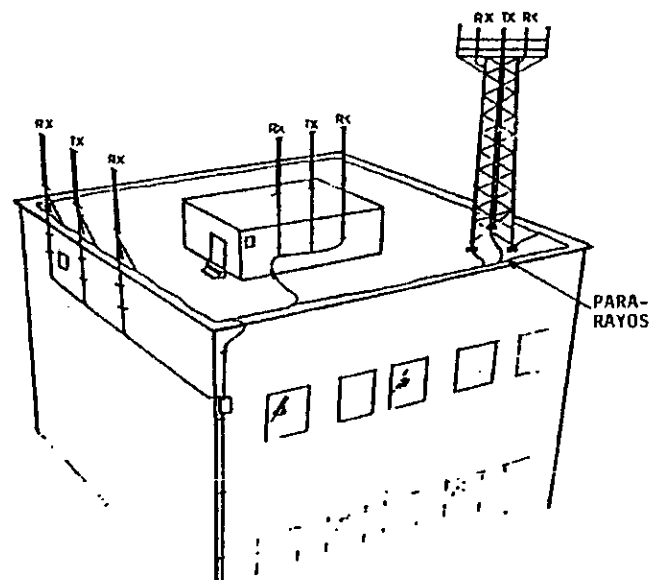


fig. 5.5.1 diferentes formas de instalar las antenas en un sitio celular

Los principales elementos que se deben tener en cuenta para un sitio celular son los siguientes:

- 1) Sistema de aire acondicionado que se activa automáticamente cuando la temperatura dentro del contenedor rebasa cierto límite; además cuenta con una alarma que se detecta en la central en caso de condiciones irregulares.
- 2) Sistema general de tierra física. Cubre todos los dispositivos instalados en la radiobase. Fig. 5.5.2.
- 3) Banco de baterías. Se utiliza para casos de corte de energía y respaldan al sistema durante el tiempo de arranque del generador de respaldo o, en caso de falla de energía, permite tener un margen de unas 6 horas para reparar las fallas de energía.

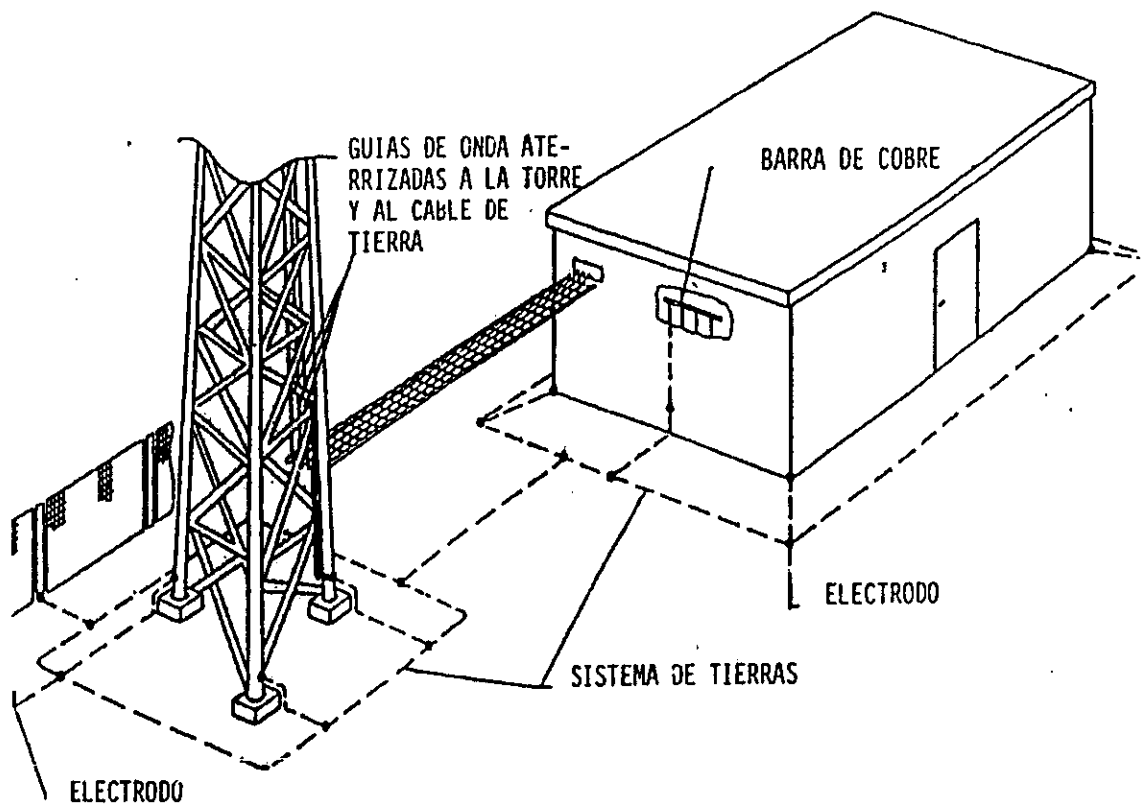


fig. 5.5.2 sistema de tierras

4) **Rectificadores.** Son los dispositivos que convierten la corriente CA/CD. Para determinar la carga que habrán de soportar se realiza el siguiente análisis.

Tensión nominal de la fuente de alimentación + 26.4 tierra negativa.

Operación Normal 26.4 Va 28.0 V

Límites de Seguridad 20.0 Va 31.0 V

A continuación daremos un ejemplo del cálculo de consumo a la tensión nominal de la fuente de alimentación:

UNIDAD	CONSUMO TÍPICO	EN ESPERA
<input type="checkbox"/> Transreceptor de 10 w.	60 W	18 W
<input type="checkbox"/> Transreceptor de 25 w.	112 W	18 W
<input type="checkbox"/> Transreceptor de 50 w.	190 W	18 W
<input type="checkbox"/> Multiacoplador (2 pzas)	14 W	14 W
<input type="checkbox"/> Detector de Potencia Recibida	3 W	3 W
<input type="checkbox"/> Módulo Receptor de Señal	18 W	18 W
<input type="checkbox"/> Módulo de Canal de Pruebas	18 W	18 W
<input type="checkbox"/> Oscilador de Referencia	1.5 W	1.5 W
<input type="checkbox"/> Circuito de Conmutación de Canal de Control Redundante	2 W	2 W
<input type="checkbox"/> Equipo de Internase entre la RES y la Central	400 W	400 W
<input type="checkbox"/> Luces de Emergencia	200 W	200 W

Consumo total a 26.4 v. en la radiobase:

Supongamos que tenemos un sitio celular con tres sectores y que cada sector contiene 16 transreceptores, que trabajan a 25 w:

Potencia Total = El número de transreceptores multiplicado por la potencia de consumo + la suma del consumo de los demás dispositivos multiplicado por el número de sectores, + el consumo del equipo de Internase entre la radiobase y la central de servicios móviles y las luces de emergencia, es decir, que:

$$\begin{aligned}
 \text{Pot Tot} &= (16 \times 25w + 14w + 3w + 18w + 18w + 1.5w + zw) 3 + 400w + 200w \\
 &= (400w + 14w + 3w + 18w + 18w + 1.5w + zw) 3 + 400 + 200w \\
 &= (456.5w)3 + 400w + 200w \\
 &= 1369.5w + 400w + 200w
 \end{aligned}$$

$$\text{Pot Tot} = 1969.5w$$

Nota: Como se puede ver en este cálculo no se incluye el consumo del equipo de aire acondicionado, el cual hay que agregar según especificaciones del fabricante.

- 5) **Baterías.** En situaciones de descarga de las baterías, la tensión de operación mas baja es de 22.2V. Esto equivale a 1.85V por cada celda, lo cual con la caída de tensión causada por pérdidas en el cable nos da 21 V, en el gabinete del grupo de canales de radio.

La corriente total para dimensionar el sistema de los rectificadores y el banco de baterías se calcula así:

$$I_{\text{Tot}} = P_{\text{tot}} = \frac{1969.5 w}{22.2 V} = 88.7 A$$

- 6) **Pérdidas en el cable de dc.** Los cables para DC deberán ser seleccionados con una pérdida que no sobrepase los 0.6 V entre el gabinete de rectificadores y el banco de baterías y los mismos o. 6 V entre los rectificadores y el gabinete de los transreceptores.

CONCLUSIONES

Una vez estudiado los conceptos de la comunicación desde su origen hasta nuestros días, se ven las ventajas de un sistema móvil a un sistema fijo, que es la flexibilidad que tiene de comunicación móvil. Asimismo se presenta un panorama de la forma en que se trabaja en la realización de los planes de trabajo para los servicios, se analizó el proceso de generación de llamada de y para una central celular desde el punto de vista de comunicación y señalización lo que muestra la gran cantidad de etapas que se deben desarrollar para completar una llamada. Esto nos permite tener un concepto completamente distinto de lo que es la comunicación personal ya que por medio de un aparato telefónico conectado a una central de telefonía móvil, es posible que cualquier persona que quiera comunicarse con otra lo pueda hacer con la seguridad de que podrá localizarla en cualquier parte del mundo que se encuentre. Con este avance tecnológico podemos ver que el hombre es capaz de tener y obtener los mayores beneficios a través de la comunicación del hombre con el hombre.

El sistema celular es un moderno sistema de telecomunicación que satisface las necesidades de comunicación Telefónica, permitiendo estar en contacto a toda hora y desde cualquier lugar dentro del área de servicio celular. Este sistema viene a revolucionar la telefonía convencional, ya que deja atrás los cables y los sustituye por frecuencias de radio, dando la opción de servicio telefónico móvil. El término *CELULAR* se refiere a la manera en que están agrupadas las zonas de servicio que proporciona el sistema por medio de las estaciones de radio (Radiobases). Estas radiobases proporcionan el enlace bidireccional de radio con el teléfono y permiten el establecimiento de la conversación telefónica. Cada radiobase esta conectada a la Central Digital de Telefonía Celular (MTX) Esta central o MTX a su vez también está conectada a la Red Telefónica Pública Conmutada (en México Telmex) para poder dar paso a llamadas que entran o salen de la Red Celular.

Desde el año 2000 casi la tercera parte del mundo cubre sus necesidades de comunicación por medio de una nueva tecnología celular, digital en voz, datos, fax, video, etc.

En cuanto a los avances tecnológicos que se nos presentan en la actualidad va más allá de lo que muchas personas se hubieran imaginado, tal es el caso del servicio de

Internet o el correo electrónico, tal es el avance que podemos ver a una persona del otro lado del mundo por medio de estos servicios o platicar con él en tiempo real. Pocas personas se podían imaginar el traer consigo a cualquier sitio un teléfono ya sea para conversar o hasta llegar a consultar páginas del Internet o viajar grandes distancias consultando información personalizada de algún punto en nuestra oficina.

Sin embargo actualmente todo esto es posible si imaginamos que el futuro será mucho más divertido y con grandes avances tecnológicos que permitan acceder en forma simple a las innovaciones, los cuales podrán ser transformadas en servicios básicos indispensables en la vida de las personas.

BIBLIOGRAFÍA

CM88, *Celular Mobile, Telephone System*. Edit. Ericsson Telecom AB, Janusz Miszczuk, Stockholm 1987.

Curso Básico de Ingeniería Celular. Edit. Dirección de Ingeniería, Telcel Digital pcs, México 2000.

Curso Básico de Telefonía. Edit. Centro de Entrenimiento Latinoamericano, Ericsson (CELE), México 1985.

Manual para prueba de radio bases, RBS-880, RBS-882. AND Chanel Tester, CMS-880 Celular Movil Telephone System. Edit. Ericsson Radio System, México 1988.

A Bruce Carlson. *Sistemas de Comunicación*. Edit. McGraw-Hill.

Haykin, Simon G. *Digital Communication*. Edit. McGraw-Hill.

Lee William C. *Mobile Cellular Telecommunication System*. Edit. McGraw-Hill.

Proakis, John G. *Digital Communication*. Edit. Iberoamericana.

Talley David. *Telefonía de alta frecuencia*. Edit. Marcombo.

<http://www.firehunter.com>

<http://www.agilent.com/comms>

<http://www.tm.agilent.com/classes>

<http://www.iec.org>

<http://www.telcel.com>

<http://www.wirelessdata.org>