



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"Análisis de la Evolución de una Red Metropolitana de Acceso Celular de Tecnología 2G a 3G"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: ELECTRICA-ELECTRONICA

P R E S E N T A N :

MARIA EUGENIA GARCIA GONZALEZ

RICARDO RUIZ SILVA

MARCO ANTONIO SOTO PEREDO

ASESOR: OLIVERIO OCTAVIO ORTIZ OLIVERA

MEXICO, D.F.

2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México, nuestra alma mater, te agradecemos infinitamente por darnos una formación como profesionistas y seres humanos, Gracias por todo.

A la Facultad de Ingeniería, por forjarnos como ingenieros y dejarnos ser parte de ella.

A los profesores, por tener la paciencia y dedicación para ejercer la docencia con gran profesionalismo.

A nuestro asesor el Ing. Oliverio Octavio Ortiz Olivera, por su paciencia, apoyo desinteresado y sobre todo por ser un gran profesor.

GRACIAS

A mis Padres:

Gracias Mamá por tu amor incondicional, por enseñarme a ser una persona con grandes valores, por tu gran fuerza para vivir y seguir adelante. Gracias a ti he llegado hasta donde estoy ahora. Gracias por ser mi Mamá.

Gracias Papá por darme tu trabajo día tras día, para realizar este sueño. Gracias Papá.

A mis Hermanos:

Jesús, Liny, José, Lupe, Hilda, Francis: Por su ejemplo de Lucha y Amor que cada uno de ustedes me ha dado, porque ninguno de ustedes se ha dejado vencer por las adversidades de la vida. Con admiración y respeto hacia cada uno de ustedes. Gracias

A Manolo:

Gracias por estar aquí junto a mí, disfrutando de este logro del que "tu" eres parte fundamental. Gracias amor.

A mis Amigas:

Erica, Verito, Xochilt, Jime, Sandrita, Irma, Gloria y Lili: Gracias por su sincera, bella y desinteresada amistad. Gracias amigas.

A Lic. Elvia Campuzano Reyes

Gracias por sus sabios consejos, y su sincero cariño. Gracias

A todos mis profesores:

Mil gracias por su enorme enseñanza y por su gran ejemplo. Por ser mucho más que un profesor, un buen amigo. Gracias Ingenieros.

A Universidad Nacional Autónoma de México – Facultad Ingeniería :

Gracias UNAM, querida Facultad de Ingeniería, toda la vida agradeceré la enseñanza que me brindaron, la cual me llevaré hasta el final de mi vida.

Ricardo Ruiz y Marco Soto: Gracias compañeros por su apoyo.

En Memoria de mi Padre, Ricardo Ruiz Ugalde, quien siempre vivirá en mi mente y corazón, y a mi Madre, Maria de la Paz Silva Jiménez quien ha sido una madre ejemplar, les doy las gracias por su amor, confianza y comprensión durante mi formación como persona y profesionista.

A mis Hermanos Pablo y David por compartir conmigo sus vidas en momentos buenos y en momentos excelentes, siempre como un ejemplo de familia unida.

LOS AMO

A todos mis profesores, quienes han estado presentes para impulsar mi desarrollo y en especial al M.I. Larry H. Escobar por apoyarme e impulsarme a realizar mis proyectos de forma profesional, pero ante todo por brindarme su amistad.

A mis amigos(as) por siempre estar juntos en momentos buenos y en momentos difíciles, por compartir su alegría, preocupaciones y responsabilidades. Por mencionar algunos : Rod, Leo, Gris, Jimmy, Jesús, Mario, Alvaro, Chema.

MIL GRACIAS.

A mis padres Jorge y Marina, y mis hermanos Jorge y Raúl:

Gracias por su amistad, consejos, desvelos, sacrificios y angustias. Sin embargo el logro de esta meta no es solamente mia si no en gran medida de ustedes, yo solo soy simplemente un eslabón mas en su cadena de sueños y metas. Gracias por su apoyo incondicional, sin el cual nada de esto hubiera sido posible, gracias por ser como son.

A mis familiares:

Por que siempre conté con su apoyo

A mis Compañeros y Amigos:

Que me brindaron su amistad y cariño, la cual forma parte de mi formación personal y profesional, pero sobre todo a la BOLA por dejarme ser parte de sus vidas.

A todos aquellos que creyeron en mi.

GRACIAS.

Índice

1.-	Introducción	1
	1.1 Historia de la telefonía celular	2
	1.2 Situación de la telefonía celular de en México	4
2.-	Señales y servicios de telecomunicaciones	9
	2.1.- Voz	10
	2.1.1.- Codificación de voz y audio	11
	2.1.2.- Síntesis de voz	11
	2.1.3.- Análisis de voz	11
	2.2.- Datos	12
	2.3.- Video	12
	2.4.- Multimedia	14
	2.5.- Internet	15
	2.6.- Localización	17
	2.7.- Correo Electrónico	17
	2.8.- Compras en Línea	19
3.-	Técnicas de Múltiplexaje y Acceso	22
	3.1 Múltiplexaje y Acceso Múltiple	23
	3.1.1 Técnicas de múltiplexaje	23
	3.1.2 FDM (Múltiplexaje por División de Frecuencia)	24
	3.1.3 TDM (Múltiplexaje por División de Tiempo)	24
	3.1.4 Espectro Esparcido	25
	3.2 Técnicas de Acceso Múltiple	27
	3.2.1 Acceso Múltiple	27
	3.2.2 FDMA	27
	3.2.3 TDMA	28
	3.2.4 CDMA	28
	3.2.5 Comparación de los sistemas de acceso múltiple	30
4.-	Sistemas de Segunda Generación	34
	4.1.- Clasificación de los Sistemas de Radio Comunicación Móvil.	35
	4.2 Criterios de Evaluación de un Sistema	36
	4.2.1 Uso del espectro de frecuencias	36
	4.2.1.1 Consideraciones para la eficiencia del espectro	36
	4.2.2 Eficiencia de las llamadas	36
	4.2.3 Desempeño de un sistema	37
	4.3 Sistemas Celulares	39
	4.3.1 Componentes de un sistema celular	40
	4.3.2 Movilidad Celular	43
	4.3.2.1 Control de la Transferencia de Llamada	44
	4.3.3 Técnicas de Acceso	44
	4.3.4 Servicios.	46
	4.3.4.1 Servicios de Abonado.	46

4.4	Diseño de Sistemas	47
4.4.1	Áreas de localización.	48
4.4.2	Elementos de un Diseño de Sistema Celular Móvil	48
4.4.3	Reuso de frecuencias	49
4.4.3.1	Distancia de reuso de frecuencias	50
4.4.4	Factor de reducción por interferencia de co-canal	51
4.4.5	Mecanismo de Transferencia de Llamada (HANDOFF)	53
4.4.5.1	Determinando la probabilidad de requerir handoff	54
4.4.5.2	Retardo de la Transferencia de Llamada	55
4.4.5.3	Transferencias de Llamadas Forzadas	55
4.4.6	Cobertura de Célula	56
4.4.7	Técnicas de Operación y Tecnologías	57
4.4.7.1	Ajuste de Parámetros del Sistema	57
4.4.7.2	Manejo de Frecuencias y Asignación de Canales	58
4.4.7.3	Utilización del espectro de frecuencias	59
4.5	Sistemas Analógico	59
4.5.1	Canales de radio	59
4.5.1.1	El canal de voz	60
4.5.1.2	Canal de control	61
4.5.1.3	Canales de Acceso	61
4.5.1.4	Canales de Localización (Paging)	62
4.5.2	Limitaciones de sistemas de telefonía conversacional	63
4.5.3	Control de la estación móvil sobre el canal de voz	64
4.5.4	Tasa de llamadas perdidas	66
4.5.5	Plan de numeración	66
4.5.6	Búsqueda de Número (Roaming)	67
4.5.7	Operación Sistemas Analógicos	68
4.6	Sistemas Digitales	70
5.-	Sistemas de Tercera Generación	82
5.1	IMT-2000	84
5.2	El sistema UMTS	88
5.3	Interfaces en 3G	90
5.4	Descripción de 3GPP	91
5.5	Armonización de Sistemas 3G	93
5.6	El proceso de estandarización	94
5.7	La red de acceso de radio	96
5.8	La red troncal o núcleo de red	96
5.9	Los terminales	97
5.10	Características de redes 3G y Servicio	97
5.11	Sistemas de Acceso de CDMA2000	99
5.12	Wireless IP en cdma2000	103
5.13	Servicios 3G	103
5.14	Planeación de una red W-CDMA	105

6.-	<u>Implicaciones de la evolución de sistemas 2G a 3G</u>	111
	6.1 Evolución de sistemas de 2G para alta velocidad (2.5 G)	112
	6.2 Evolución de Técnicas de Acceso para 3G	114
	6.2.1 Evolución del TDMA hacia tercera generación	115
	6.2.2 Evolución de GSM	115
	6.3 Sistemas Actuales en Evolución	117
	6.4 3G en México	118
7.-	<u>Conclusiones</u>	121

Apéndice
Acrónimos

Capítulo I

Introducción

1.1 HISTORIA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR

Con la invención del sistema de radio por Marconi en 1896 inicia la era de la Telecomunicaciones por medio de ondas electromagnéticas. Tiene aplicación en la radio comercial y también para el ejército aun antes de la primera Guerra Mundial, su importancia estratégica es comprendida de inmediato.

El desarrollo de la radiocomunicación móvil es usado por primera vez en Detroit en el año de 1921 por el departamento de Policía de esta Ciudad, al dotar a sus patrullas con este medio de comunicación. En esta época varias unidades recibían desde un puesto central la información. Ellos se comunicaban con el puesto central por medio del mismo canal, por lo que tenían que avisar cuando hacían uso del canal. A este sistema se le conoció como "Push to Talk".

El primer sistema público que cualquier persona con los suficientes recursos podía contratar, empezó a funcionar en San Luis USA, en 1945. Asimismo el primer sistema de telefonía móvil en Europa nació en los años cuarenta en la ciudad Sueca de Estocolmo producido por Ericsson, y al contrario de los pequeños modelos actuales de esta marca, este sistema sólo se podía instalar en vehículos, por su enorme peso y tamaño. Cabe señalar que el consumo de estos aparatos era capaz de consumir la batería de un coche en dos horas incluso con el motor en marcha.

A continuación se muestra una imagen de cómo fueron los primeros teléfonos.

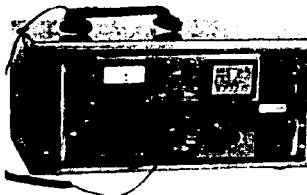


Fig. 1.1 Teléfono de Primera Generación de Telefonía Fija

La Telefonía celular es ideada también 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 Bell hacia 1968. Ambos hechos dan pie al primer sistema telefónico celular en Estados Unidos el HCMT (High Capacity Mobile Telephone) en 1971.

Sin embargo, su desarrollo definitivo no se conoció hasta el año de 1979 con el sistema IMTS (Improved Mobile Telephone System) el cual trabaja en la banda de los 450 Megahertz. En este sistema el abonado cuenta con un teléfono y un transceptor (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 a la red pública. El primer sistema en México de este tipo es instalado por Radio móvil DIPSA en el año de 1981.

A finales de los años 70's los sistemas de telefonía móvil celular eran prácticamente nuevos, no funcionaban comercialmente pues eran experimentales. En los años 80's son desarrollados sistemas para operar en las bandas de 800 y 900 Mhz. Usando entre 666 a 1000 frecuencias, como es el caso mas importante de AMPS (Advanced Mobile Phone System, Sistema Avanzado de Telefonía Móvil) que entró en servicio comercialmente en la Ciudad de Chicago en el año de 1983.

Lo seguiría el TACS (Total Access Communications System, Sistema de Comunicaciones de acceso Total) en 1985 Europa, y NM1900 (Nordic Mobile Telephones, Sistema Nórdico de Telefonía Móvil) en 1987.

Cuando el uso de la telefonía móvil se hizo lo suficientemente popular, casi siempre debido al menor costo de los aparatos y servicios, los usuarios querían cada vez más calidad en el servicio en general.

Por otro lado el desarrollo de la telefonía móvil esta ligado al desarrollo de la electrónica, y al adentrarse esta en el campo digital, debido a su menor complejidad, la telefonía también se introduce lentamente en este terreno, logrando así disminuir su complejidad y abaratar sus costos.

Sus principales ventajas son la mayor capacidad de redes, comunicaciones mas seguras, mayor calidad y posibilidad de incorporar a esta, nuevos servicios basados en los avances de la informática, como la transmisión de datos, mensajería de texto, etc.

El pionero en esta tecnología fue el europeo GSM "Groupe Speciale Mobile" (Grupo Especial Móvil), este constituyó el adelanto de la tecnología europea a la americana en materia de comunicaciones, y un primer paso en la estandarización internacional de sistemas móviles. Lo anterior con el fin de tener mercados mas extensos para poder abaratar los costos de producción, al tiempo que al cliente se le brinda la posibilidad de usar su terminal móvil fuera de las fronteras de su país, algo inimaginable anteriormente.

En 1982 se reunió la CEPT (Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones), autoridad internacional europea en materia de comunicaciones. De esta reunión nació el acuerdo para desarrollar una red de comunicaciones móviles europea, pero este ambito territorial se amplió rápidamente a países de prácticamente todo el mundo, convirtiendo así a este reciente sistema en el sistema de telefonía móvil más extendido del mundo con cobertura en 120 países, desde Senegal hasta Sri Lanka.

En 1995 el sistema TACS comienza su funcionamiento en España y en la mayoría de los países europeos; aunque todavía no estaban disponibles todos los servicios definidos para este estándar, que se han ido implantando y ampliando con el paso del tiempo. Mientras tanto, los Estados Unidos desarrollaron una adaptación de su antiguo AMPS naciendo DAMPS que implanta la tecnología digital, aprovechando las redes analógicas previas.

Hoy en día, las expectativas en el corto plazo de las capacidades de los teléfonos no dejan de sorprender, y la innovación de las empresas líderes ofrecen hoy permanentemente nuevas soluciones tecnológicas. Por lo pronto, a corto plazo, los celulares tendrán la capacidad de organizar videoconferencias de alta calidad y enviar correos con video, fotografía fija y paginas de Internet, mediante nuevos estándares mundiales.

1.2.- Situación de la Telefonía Celular en México

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de acuerdo a las condiciones económico-político-sociales, en el año de 1989, dividió al país en 9 regiones de concesión, en la banda de los 800 Mhz.

Las nueve regiones en que divide el País son las siguientes:

- REGION 1 BAJA CALIFORNIA
Baja California Norte y Baja California Sur
- REGION 2 NOROESTE
Sonora y Sinaloa
- REGION 3 NORTE
Chihuahua, Durango y Parte de Coahuila
- REGION 4 NOROESTE
Nuevo León, parte de Coahuila y Tamaulipas
- REGION 5 OCCIDENTE
Jalisco, Nayarit, Colima y Michoacán
- REGION 6 CENTRO
Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes
- REGION 7 GOLFO Y SUR
Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca y Guerrero
- REGION 8 SURESTE
Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Chiapas
- REGION 9 MEXICO
Ciudad de México, Estado de México, Morelos e Hidalgo

En cada región existen dos compañías prestadoras del servicio celular (concesionarios) banda "A" y "B".

Región	Nombre	Concesionario	
		Banda A	Banda B
1	Baja California	Hajacel	TELCEL
2	Noroeste	Movitel	
3	Norte	Norcel	
4	Noreste	Cedotel	
5	Occidente	Iusacell	
6	Centro	Portatel	
7	Golfo-Sur	Iusacell	
8	Sureste	Portatel	
9	México	Iusacell	

Fue otorgada una licencia en cada una de las Regiones a Telcel, la subsidiaria móvil de Teléfonos de México (Telmex), la otra banda fue vendida a sus competidores.

Posteriormente se licitó para la banda de 1900Mhz para servicios PCS, y esta se inicia el 17 de Noviembre de 1997, concluyendo el 8 de mayo de 1998. Una vez más se otorgaron las licencias a Telcel para operar en las nueve regiones, mientras otras tres compañías tenían ofertas aceptadas en cada área. Se otorgaron de la siguiente forma.

Concesiones por Banda:

Región	Nombre	A	B	D	F
1	Luisiana	SPC	Qualcomm	Telcel	Iusacell
2	Hermosillo	SPC	Qualcomm	Telcel	Midicell
3	Chihuahua	SPC	CFI	Telcel	Qualcomm
4	Monterrey	SPC	Qualcomm	Telcel	Iusacell
5	Merida	SPC	CFI	Telcel	Qualcomm
6	Guadalajara	SPC	Qualcomm	Telcel	Midicell
7	Querétaro	SPC	Midicell	Telcel	Qualcomm
8	Puebla	SPC	Hermex	Telcel	Qualcomm
9	DL	SPC	Qualcomm	Telcel	Midicell

El rápido incremento de los servicios móviles durante 1999 se ha atribuido a la introducción de los sistemas de pago, dicho sistema fue implementado el 1° de Mayo de 1999, un mes después de que la Cofetel tenía un cargo fijo de 0.25 USD por minuto. Debido a lo anterior se presentaron aumentos en la cantidad de tráfico celular.

El sector es indudablemente dominado por Telcel. Telcel lanzó su red Analógica AMPS en 1989 y en 1998 introdujo su infraestructura con equipo digital TDMA. Telcel logró su éxito, gracias a la continua popularidad de su servicio prepago llamado "Amigo", el cual es utilizado por la mayoría de sus usuarios y es una de las más utilizadas formas de pago en América Latina.

Actualmente Telcel se encuentra en el proceso de instalación de una red GSM/GPRS. El rival más cercano de Telcel para clientes móviles es Iusacell. Iusacell tiene licencias en la banda A en las cuatro regiones centrales, incluyendo el Distrito Federal, desde 1989 cuando ofrece su servicio AMPS. En mayo de 1998 Iusacell empezó a comercializar su servicio digital CDMA, é inició la extensión de sus servicios en dos áreas al norte del país para tomar su total cobertura para aproximadamente el 80% de la población.

Para el 30 de Septiembre de 1999 la compañía tenía 1.13 millones de usuarios, arriba del 80% del año anterior. En abril de 1999 Iusacell anunció su plan para invertir 160 millones de USD durante el año para extender sus redes analógica y digital, teniendo ya concesiones ganadas para operar servicios PCS en dos regiones al norte del país.

Los propietarios de las licencias en la banda A para operar en las cuatro regiones norte del país, Cedetel, Bajacel, Movitel y Norcel, comenzaron siendo subsidiarios de Motorola. Colectivamente las compañías usan el nombre de Cedetel y para fines de Septiembre de 1999 sus usuarios son aproximadamente 750.000 casi el doble de 20 meses antes. Durante 1998 las cuatro compañías empiezan a introducir equipo CDMA para sus redes, las cuales cubren aproximadamente 21% de la población del país. En Marzo de 1999 las cuatro compañías Cedetel le otorgaron un contrato de 85 millones de USD a Motorola para la expansión de sus redes CDMA.

Ahora estas compañías del Norte: Baja Celular (Baja California), Movitel (Noreste, Sonora, Sinaloa), Telcel del Norte (Chihuahua) y Cedetel (en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) fueron absorbidas por Cedetel, misma que ha sido adquirida recientemente por Telefónica de España.

Portatel, el propietario de la franquicia de la banda A en el sur de México, opera su red AMPS desde 1990, al final de Septiembre de 1999 tenía 85 000 suscriptores arriba de 60.000 del año anterior. En octubre de 1999 Portatel entabla negociaciones con Iusacell para una fusión de las compañías.

Pegaso fue el primero de los nuevos operadores PCS en ofrecer servicio; Pegaso es una compañía de los medios de comunicación Grupo Televisa y varios proveedores financieros locales e internacionales, ya que le fueron otorgadas licencias en las nueve regiones celulares del país, opera su red digital CDMA en Tijuana desde el 25 de febrero de 1999. Esto fue seguido en agosto y septiembre por lanzamientos en Guadalajara y Monterrey, donde los planes de la compañía son de invertir 350 millones de USD en 5 años. Un contrato inicial de 650 millones por una infraestructura de tres años fue firmado con Qualcomm en julio de 1998, mientras un suministro de equipo por 4 años se le otorgó a Alcatel en Noviembre de 1998.

Pegaso ofrece una opción de tres paquetes, uno de los cuales es un servicio prepagado que desde agosto de 1999 aplica cargo por segundo, es el único que lo hace. Esta compañía previo y preparó su servicio totalmente digital, para 1.5 millones de clientes para finales del año 2000.

De las otras compañías a las que se les otorgaron licencias PCS en 1998, la única que lanzó un servicio comercial a finales de 1999 es Unefón. Unefón ofrece su servicio inalámbrico digital para el año 2000 y espera tener más de dos millones de clientes para el año 2004.

Una tercera licencia de PCS sería otorgada a la compañía Miditel, la cual obtiene concesiones para ofrecer sus servicios móviles en tres regiones incluyendo la Ciudad de México.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las implicaciones de la migración de redes celulares de segunda a tercera generación de telefónica celular móvil, se concluirá sobre las actuales limitantes de los servicios, los servicios esperados, los aspectos técnicos y económico resultante de la implicación de la puesta a punto.

BIBLIOGRAFÍA

- **Tesis: Diseño de sistemas de telefonía celular**
Junio del 2001
Asesor Dr. Salvador Landeros Ayala
- **TELCEL . Curso Básico de Ingeniería Celular**
Dirección de Ingeniería
Abril 2000

Paginas Electrónicas:

- www.revistapoder.com
- www.cft.gob.mx
- www.coitt.es
- www.hackhispano.com
- [Sistemas Analógicos.htm](#)
- [Sistemas Digitales.htm](#)

Capitulo II
Señales y servicios de
Telecomunicaciones

Señales y servicios de telecomunicaciones

2.1 Voz

Entre todos los servicios de Telecomunicaciones la voz es el más extendido, constituyendo un servicio esencial y común en todas las redes, tanto fijas como móviles, no existe ninguna duda que tanto Internet como la telefonía móvil son fenómenos que atraen un mayor interés en el mundo de las tecnologías de información y comunicación, prueba de todo esto es el crecimiento mostrado en la última década.

Una transmisión vocal está constituida por formas de onda que incluyen muchas frecuencias diferentes. La voz humana ocupa una banda de frecuencias comprendida aproximadamente entre 200 Hz y 15,000 Hz. Nuestro oído es capaz de detectar un margen más amplio de frecuencias, entre 40 y 18,000 Hz. [1]

El ancho de banda es el margen de frecuencias que transporta la línea de comunicación. Se trata de un elemento de gran importancia en el diseño de redes, puesto que la capacidad de un canal está en relación directa con su ancho de banda.

La mayoría de los fenómenos físicos con los que estamos familiarizados se manifiestan, de un modo u otro, con efectos frecuenciales. Las frecuencias que intervienen pueden ir desde la gama audible hasta de muy altas frecuencias como la de los rayos x y gamma.

En la práctica, el ancho de banda se calcula restando la frecuencia más baja que contenga una señal, de la frecuencia más alta que contenga esa misma señal.

En redes locales existen sistemas de banda ancha y de banda base. Las redes de banda ancha se caracterizan por operar con tecnología analógica: utilizan un módem para inyectar en el medio de transmisión señales portadoras, que son modificadas (moduladas) por una señal digital. Debido a su naturaleza analógica, las redes de banda ancha suelen estar multiplexadas por división en frecuencia (FDM), lo cual permite transportar múltiples portadoras y subcanales por un mismo camino. La denominación de banda ancha se debe a que trabajan en una banda de frecuencias de radio de alta frecuencia (entre 10 y 400 MHz).

Las redes banda base utilizan tecnología digital. Un conmutador de línea introduce en el canal variaciones de tensión. El canal se comporta entonces como un mecanismo de transporte a través del cual se propagan estos pulsos digitales. Las redes de este tipo no consiguen el acceso múltiple al medio empleando portadoras analógicas ni técnicas (FDM) o de diversos protocolos.

La digitalización de la voz se ha estudiado profundamente para las redes de telefonía mundial, porque a pesar del ruido y la atenuación, las señales pueden regenerarse. El canal de voz tiene una banda de 300 a 3,400 Hz. Sobre esta gama de frecuencias se establecen 128 niveles de cuantificación de tonos positivos y 128 negativos, dando un total de 256 niveles, que son suficientes para obtener una reproducción concreta de la voz.

¹ http://www.gaps.ssr.upm.es/TD5_prela0nfr.html

En la práctica es bastante más complejo, pues los niveles de cuantificación no son divisiones uniformes, sino que se aumenta su densidad en las zonas de más información o principal contenido, y que se encuentran entre 800 y 1,500 Hz. [2]

Los 256 niveles se codifican con trenes de impulsos de 8 bits, de los que siete son bits de cuantificación y uno es de polaridad o signo. Para el canal de voz se necesitan 64 Kbit/s para obtener una buena nitidez.

2.1.1 Codificación de voz y audio.

El proceso de codificación de voz permite transmitir y almacenar la señal de voz en forma digital eficientemente y sin pérdida de calidad. Desde el punto de vista de la transmisión de la señal de voz, la codificación de voz permite optimizar la utilización del canal de comunicación, transmitiendo el máximo de información; por ejemplo, transmitir varias comunicaciones por un solo canal, con la mínima pérdida de calidad optimizando la relación entre velocidad de transmisión (bits/segundo) e inteligibilidad del mensaje. Desde el punto de vista de almacenamiento de la señal de voz en formato digital, la codificación de voz permite minimizar el número de bits necesarios para el almacenamiento manteniendo un nivel de calidad adecuado. Como valor añadido al proceso, la codificación digital de voz permite incorporar algoritmos de cifrado para establecer comunicaciones privadas seguras o realizar grabaciones indiscifrables para terceras personas. En el procesamiento digital de voz está involucrado el desarrollo de codificadores de baja velocidad para aplicaciones de telefonía y en codificadores de audio de banda ancha (7 kHz a 20 kHz) para aplicaciones de teleconferencia y multimedia. Utilizando procesadores digitales de señal (DSP's), se han implementado sistemas de codificación de voz a 2,4 kbps, a 9,6 kbps (Multipulso) y a 13 kbps (GSM) entre otros.

2.1.2 Síntesis de voz

El proceso de síntesis de voz dota a las máquinas de la capacidad de producir mensajes orales no grabados previamente como es el caso de los sistemas de respuesta oral. Tomando como entrada cualquier texto, los sistemas de síntesis de voz realizan el proceso de lectura de forma clara e inteligible y con una voz lo más natural humana posible. La síntesis de voz conforma el interfaz oral de comunicación entre una máquina y el usuario de la misma.

2.1.3 Análisis de voz

El análisis de la señal de voz es el primer paso necesario en cualquier sistema basado en tecnologías del habla. Dejando a un lado las técnicas clásicas de análisis de la señal de voz, la investigación básica llevada a cabo está encaminada al estudio de nuevas representaciones tiempo-frecuencia (Wavelets, transformaciones bilineales, etc.) y su aplicación al análisis de la voz, la utilización estadísticas de orden superior y su aplicación en algoritmos de reducción y cancelación de ruido, la utilización de modelos auditivos para la representación de la señal de voz en sistemas de reconocimiento del habla, así como el desarrollo de algoritmos de detección de voz/silencio, pitch y sonoridad.

² http://madweb.udlap.mx/~lgleda/telecomsis/speech_coders/Desarrollo.html

2.2 Datos

Se entiende como transmisión de datos el envío de un archivo de datos entre equipos informáticos situados en lugares diferentes, la Ley de Telecomunicaciones especifica que este servicio puede ser prestado a través de redes públicas o privadas.

Los servicios de Transmisión de Datos no incluyen servicios básicos (de voz) de telecomunicaciones transmitidos utilizando sistemas digitales. La transmisión de datos (cualquier información codificada) permite enviar datos e imagen informática codificada. Inicialmente sólo se transmitían datos de computadoras (listado de textos y valores numéricos), pero hoy también pueden ser enviados archivos de imágenes comprimidas. Los datos pueden ser transmitidos mediante redes conmutadas, por paquetes y por enlaces punto a punto, y en los tres casos los costos son distintos para los usuarios.

Para prestar el servicio de Transmisión de datos a través de una red pública, es necesario contar con una concesión y en su caso licencia de uso de frecuencia. Cuando el servicio de Transmisión de Datos se presta a través de una red privada, sólo puede ser operada por una persona individual o colectiva para conectar varias instalaciones propias. Esta red no está conectada con su similar pública conmutada dentro del territorio y menos a nivel internacional. El Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones señala que se incluye en el servicio de transmisión de datos al público las comunicaciones conmutadas y dedicadas cuando transmiten datos, como el servicio de conmutación de datos por paquetes frame relay (retransmisión de tramas) u otros que mejoran la velocidad y la calidad de la transmisión, sin provocar un cambio en la información transmitida de extremo a extremo.

Los servicios prestados a terceros involucran una combinación de transmisión pura de datos y servicios de valor agregado, son clasificados como Servicios al Público, y requieren de concesión, salvo que la transmisión pura de datos sea un aspecto incidental del servicio en general y cuando menos el 10%^[1] de los abonados usen el servicio, principalmente, con el propósito de efectuar la transmisión pura de datos.

2.3 Video

El primer paso es convertir la señal de video con los convertidores analógicos/digitales. La señal resultante de este proceso, aproximadamente, es un flujo de 280MB/sg, un valor prácticamente inmanejable para su almacenamiento. [4]

Seguidamente se realiza el denominado Blocking & Shuffling (bloqueo y barajeo). Se forman palabras de un número determinado de bits a partir de una señal de sincronismo, y su posición se ordena de manera aleatoria en la cadena de datos, de forma que una pérdida de flujo en la transmisión afecte a pequeñas partes distintas de la imagen, en vez de una muy grande en el

¹ Integraciones de redes de voz y datos, pg203

⁴ <http://ingenieria.uda.edu.co/~martha/multimedia/conceptosvideo.html>

mismo lugar, permitiendo que los controles de corrección de errores realicen su función con una mayor eficacia.

El tercer paso es la aplicación de la transformada cosenoidal discreta. Con este proceso pasa la señal del dominio del voltaje al dominio de la frecuencia, es decir, convertir las distintas tensiones en frecuencias, siempre en el ámbito digital. Para ello se trabajan en cuadros de 16x16 pixels. El primer pixel se lee con normalidad y el resto aumentando progresivamente la frecuencia, resultando con las transiciones de 1 a 0 o de 0 a 1, e ignorando cuando no hay cambios.

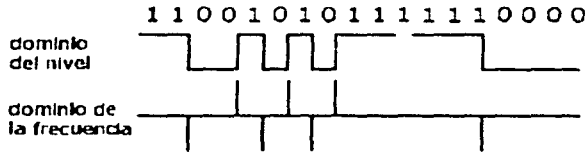


Fig 2.1 Conversión del dominio de una señal

Una vez aplicada la transformada cosenoidal discreta se obtiene un flujo de datos de 120 Mb/s. Una reducción significativa aunq ue siga siendo un valor muy elevado.

El siguiente paso es un compresor binario. Para ello se divide todo por un valor fijo y se eliminan los decimales. Con esto se disminuye el flujo a 60 Mb/s aunque la calidad de la señal se ve afectada. Pero en realidad lo que se ve afectado son los bits menos significativos ya que en definitiva realizamos un redondeo. Con esto se reducen dos dígitos las cantidades a almacenar cometiendo un error mínimo.

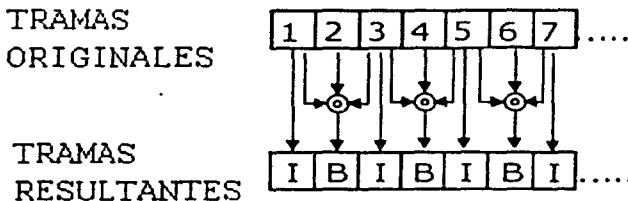
Por último se aplica una reducción de entropía mediante la Codificación Huffman. Este proceso se explica de la siguiente manera: tomando un libro cualquiera y se analizan todas las sílabas de todas sus palabras algunas de estas se repiten con mucha más frecuencia que el resto. Si a estas sílabas más comunes, formadas por 2, 3 o 4 caracteres, se sustituyen por un único símbolo, al final se consigue un importante ahorro en espacio. De igual manera se tratan cadenas de bits que se repiten con más frecuencia, llegando a reducir el flujo de la señal digital a 25 MB/s.

Todo lo anterior conduce al formato MPEG [Motion Picture Expert Group], dicho formato es de pérdidas acumulativas. Este término tiene su origen en el ámbito de la edición de vídeo y que cada vez que se realiza un proceso de postproducción o, simplemente, de edición, se produce una pérdida de la calidad de la imagen. Aunque dichas pérdidas son prácticamente despreciables, al irse acumulando producen una degradación severa en la calidad de la señal.

El segundo concepto que hay que tener en cuenta es la dinámica básica de trabajo del formato MPEG: se envía una estructura completa y, a partir de la misma, sólo se envía la información que es nueva, evitándonos las redundancias. Si un punto de una estructura no cambia, no se repite en la siguiente estructura, sólo se envían los cambios.

Al comenzar la reproducción desde un punto cualquiera, el reproductor deberá rebobinar hasta que encuentre una estructura inicial o estructura índice con la que puede reconstruir la imagen. Si esa estructura sólo existe al comienzo del videoclip no podremos comenzar su reproducción desde otro punto del mismo. Esto se soluciona al introducir varias estructuras índices durante el clip, dando lugar a los GOPs (Group of Pictures).

Un GOP está formado por dos estructuras muy especiales, a uno se le denomina I, de Intraframe, y al otro B, de Bidireccional. El Intraframe I es, en definitiva, una estructura completa, una estructura índice, mientras que el Bidireccional B posee una estructura más compleja ya que se forma mediante el análisis y comparación de tres estructuras consecutivas, como se ve en el siguiente diagrama



Cada pareja I-B forma un GOP
Fig. 2.2 Composición de un GOP

De esta forma, cualquier intento de acceso al clip MPEG tendrá una precisión de un GOP, es decir, de dos estructuras, y viene a explicar que, a veces, al ir a cortar o editar un MPEG, el programa que utilizemos se obtiene en ir a la estructura anterior o al siguiente del deseado por la mera necesidad de cargar el intraframe.

2.4 Multimedia

Con el desarrollo de una segunda generación de sistemas de comunicación móvil, como el Sistema Global para Telecomunicaciones Móviles (GSM) y las Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales (DECT), la tecnología ha evolucionado las técnicas digitales y los conceptos de redes inteligentes (IN). Estos sistemas han sido desarrollados, esencialmente, para soportar voz de banda estrecha con capacidades de transmisión de datos limitadas pero a medida que han sido progresivamente más atractivos en sus precios, han aparecido una gran cantidad de nuevas aplicaciones que nadie podría haber imaginado hace una década.

Principalmente hay un crecimiento de la demanda de redes privadas corporativas de radio capaces de unir, esencialmente, ordenadores multimedia o dispositivos portátiles, para evitar el cableado complejo y costoso en oficinas adaptadas y divididas o para permitir la movilidad del personal. Consecuentemente, una nueva generación de sistemas de comunicaciones móviles está en desarrollo actualmente, con la meta de soportar, sobre radio en forma continua, un rango mucho más amplio de servicios de banda ancha (datos, voz, video, multimedia), comparable a los desarrollos tecnológicos que tienen lugar en las redes de telecomunicaciones fijas con cable.

La nueva generación de redes sin hilos que se demandan están caracterizados por velocidades de transferencia de datos más altas, vídeo en tiempo real y aplicaciones multimedia compatibles con el modo de transferencia asíncrono ATM.

El ETSI (Instituto de Normas de Telecomunicaciones Europeo) está proponiendo el concepto de LAN de Radio de Rendimiento Alto (HIPERLAN). La meta es mejorar el rendimiento de las redes de área local sin hilos (WLAN), para que los clientes que necesiten tasas de datos más altas de 10 o 23 Mb/s o puedan acomodar a más usuarios por célula de red. Las aplicaciones de HIPERLAN deberían cubrir los mismos dominios que aquellas para las WLAN, con posibilidades de ampliación para transmisiones de vídeo y multimedia. Particularmente, en el campo de sanidad se debería facilitar el acceso en tiempo real a los registros de los pacientes y a las imágenes médicas, permitiendo el tele-diagnóstico o la tele-consulta a expertos médicos distantes o el acceso remoto instantáneo a la historia clínica del paciente.

Por su parte en Estados Unidos, 50 compañías han formado el Grupo de Trabajo ATM inalámbrico para establecer acuerdos de cumplimiento voluntario para los sistemas ATM inalámbrico de alta velocidad. Estos sistemas trabajarían entre 25-50 Mb/s facilitando ATM móvil o soporte de red para usuarios móviles.

2.5 Internet

El servicio de Internet en los celulares se basa en el protocolo WAP (por sus siglas en inglés Wireless Application Protocol), el cual es el estándar mundial para la presentación y entrega de información inalámbrica y servicios diversos a teléfonos móviles y otras terminales inalámbricas. Con los avances de la tecnología, los suscriptores de servicios inalámbricos en todo el mundo tienen necesidades distintas a las de los usuarios que acceden a Internet desde una PC fija o incluso, desde una computadora portátil. Los teléfonos celulares habilitados con la nueva tecnología WAP, son acompañantes que proporcionan información breve, oportuna e inmediata, cuando el usuario la necesita para la toma de decisiones estando en movimiento, sin requerir de una computadora.

Con esta modalidad, el usuario puede buscar en forma inalámbrica, la información que desea a través de un micronavegador o microbrowser instalado en su teléfono celular con capacidad WAP, de la misma forma que navegaría desde su PC. El manejo de imágenes y transferencia de archivos, aun no son accesibles para este protocolo.

Una vez solicitada la búsqueda personalizada, la información se procesa y transmite a Internet (WWW). Al regresar el contenido requerido, este se traduce nuevamente, optimiza y envía al entorno WAP, con un formato que puede ser leído o visto por el usuario en su celular.

Otra importante característica de este servicio es el fácil acceso a servicios de e-mail móvil, para recibir mensajes de correo electrónico, además de consultar su Directorio, Agenda y Favoritas. Al elegir entrar a Internet, algunos de los rubros más importantes a los que los usuarios podrán acceder y personalizar son Finanzas, Noticias, Deportes y Entretenimientos.

Así como existen virus para las computadoras al integrar a estas a los celulares, también cabe la posibilidad de que estos se infecten, no con los virus comunes, sino con aquellos que sean diseñados para entradas WAP. Por esto es ahora más importante que nunca asegurar la infraestructura de aquí en adelante, forzando que la protección se ponga al día rápidamente cuando las amenazas surgen. Esto trajo la necesidad de crear un anti-virus para entradas WAP, el cual extiende esta filosofía al mundo creciente de la informática inalámbrica.

Fabricantes de teléfonos móviles y entradas WAP han implementado un alto nivel de seguridad en la infraestructura de WAP en un principio para la confidencialidad, privacidad y autenticidad. Los nuevos dispositivos, como los teléfonos de WAP, están combinando los mundos de las PC y el de la telefonía. El contenido de seguridad no ha sido tan mencionado en el mundo de las Telecomunicaciones, mientras ha sido un foco de atención durante años en el ambiente de PC.

El reconocimiento automático del habla (RAH) es una tecnología, que día a día, está siendo introducida como el interface idóneo para la comunicación entre hombre y máquina debido a la naturalidad de la comunicación y la robustez que comienzan a presentar los sistemas actuales de RAH. Cuando se usa un sistema RAH en aplicaciones reales con usuarios no cooperantes aparecen una gran cantidad de problemas entre los que cabe destacar la pronunciación de palabras fuera del vocabulario del sistema (el usuario del sistema no puede recordar todas las palabras del vocabulario), la aparición de sonidos extraños como pueden ser los producidos para expresar una duda (p.e. "eh", "uh", etc), la falta de gramaticalidad que se produce en muchas ocasiones al construir frases de forma espontánea y el ruido existente en el ambiente donde trabaja el sistema RAH (p.e. el ruido de impresoras, ordenadores y aire acondicionado en oficinas, el ruido de coche en aplicaciones de telefonía móvil, etc.). Estos problemas hacen que la transcripción completa de la frase pronunciada sea una tarea difícil, lo que provoca que la tasa de reconocimiento del sistema se reduzca dramáticamente cuando un sistema que trabaja bien en condiciones de laboratorio pasa a ser utilizado en condiciones reales.

Las técnicas de localización de palabras o más conocidas bajo la terminología inglesa de Word Spotting, intentan detectar la presencia de un conjunto mas o menos reducido de palabras clave en un contexto de habla conversacional o espontánea. En muchas ocasiones, y dentro de la comunicación oral entre dos personas, no se es capaz de entender perfectamente todas las palabras que pronuncia nuestro interlocutor pero comprendemos la semántica del mensaje al entender las palabras con más significado del mensaje que nos transmite nuestro interlocutor. Este fenómeno ocurre muy frecuentemente cuando escuchamos una conversación en un idioma que no dominamos a la perfección. Bajo esta idea, y mediante una adecuada selección del conjunto de palabras clave (p.e. aquellas con mayor contenido semántico en la aplicación donde se va a utilizar el sistema de RAH), los sistemas RAH basados en las técnicas de localización de palabras son los candidatos idóneos para trabajar en aplicaciones reales donde el vocabulario es mas o menos reducido y controlable, como por ejemplo en servicios de telecomunicaciones tales como los sistemas de audiotex, telefonía móvil libre de manos o automatización de servicios de operadora.

2.6 Localización

Las tecnologías de localizadores inalámbricos se convertirán en una herramienta crucial para dar un servicio adecuado, para una localización puntual de los usuarios de celulares. En este rápido advenimiento de la era del Internet inalámbrico, los usuarios no querrán pagar cargas del Internet inalámbrico por información que no sea relevante.

Existen básicamente cuatro clases de servicios de localización inalámbrica (WLS):

Los Trigger Services (servicios iniciados por objeto) se inician automáticamente cuando el usuario sale en pantalla por haber entrado en un área (objeto) predeterminada. Por ejemplo en casos de facturación y anuncios.

Los Location-based Information Services incluyen cualquier aplicación donde, por demanda de información, se realiza el envío basado en la localización del usuario.

Los Third Party Tracking Services (servicio tres a la vez) incluyen tanto aplicaciones corporativas como del consumidor, donde la información de la situación es requerida por una tercera parte. Por ejemplo casos de asesoramiento rápido, información de bienes financieros y "búsqueda de personas".

Los End User Assistance Services (servicio de ayuda al usuario final) son servicios de baja demanda diseñados para proveer al usuario con una red segura si se encuentran en dificultades. Los ejemplos incluyen asistencia en carretera y servicios de emergencia.

A corto plazo, las operadoras de teléfonos celulares utilizarán las capacidades de las redes ya existentes para ofrecer WLS celular a sus clientes. Una vez que estos se hayan familiarizado con el uso de sus celulares para buscar y pedir información, las operadoras celulares invertirán, o bien en una tecnología de localización inalámbrica basada en la red o un aparato como el GPS. Los aparatos de GPS tienen el potencial de proveer una situación de alta precisión pero no se pueden encontrar en los aparatos hoy en día. Los aparatos basados en la red, por otra parte, son menos precisos en general, requieren de una importante inversión de redes, pero pueden utilizar los aparatos que ya tienen los usuarios.

2.7 Correo electrónico

Los subscriptores de telefonía celular pueden tener su propia dirección de correo electrónico móvil personalizada y pueden enviar y recibir correo electrónico usando sus teléfonos móviles sin requerir de otros accesorios. También pueden registrarse y usar todos los servicios, computadoras notebook (portátiles) o computadoras de escritorio usando un sitio Web de operador de teléfono celular y establecer un filtro personal para definir su propio nivel de urgencia. Estos dispositivos pueden comunicarse con un teléfono celular para recuperar y procesar mensajes inteligentes Short Message Service (SMS servicio de mensajes breves) y usar servicios celulares de datos para recuperar correo electrónico móvil en forma optimizada.

Funcionalidad de operador de telefonía celular

Los operadores de telefonía celular ofrecen una amplia variedad de nuevos servicios móviles desde aplicaciones de correo electrónico móvil hasta aplicaciones de proveedor de servicios de Internet móvil.

Los operadores de telefonía celular ofrecen desde servicios basados en voz hasta soluciones de Internet adaptadas a los usuarios móviles con dispositivos móviles. Los operadores de teléfonos celulares, con su cercana relación al suscriptor y su facturación, están en una excelente posición para lograr el éxito como proveedor principal de servicios de Internet móvil. Pero el Internet lleva a cambios en la cadena del valor. El operador de telefonía celular podría crear servicios de valor agregado o subcontratar ya sea el paquete completo de servicios o sólo parte de estos.

El modelo de servicio

Los subscriptores tendrán el control de su información al usar una combinación de tecnología push-and-pull con protocolos inteligentes, filtración flexible de la información y útiles funciones.

Los subscriptores a Internet móvil se mueven entre diferentes modos de uso con diferentes anchos de banda y dispositivos disponibles y desean acceder a la información todo el tiempo bajo sus condiciones, siempre que lo necesiten y con una sincronización continua. Esto significa que una acción llevada a cabo en un modo de acceso a datos afecta también los otros modos.

Buzón personalizado

Cada nivel de servicio cuenta con un perfil de buzón predeterminado. Los parámetros se configuran automáticamente durante el registro y se basan en el nivel de servicio que el suscriptor ha seleccionado. Los diferentes niveles de perfil de consumidor, profesional y corporativo pueden ser creados. Ciertos parámetros de buzón dentro de cada perfil pueden cambiarse según el buzón. El usuario tiene acceso directo a los parámetros seleccionados usando una página Web. Además, muchos parámetros pueden cambiar al enviar mensajes SMS desde un teléfono móvil. El operador celular puede especificar qué parámetros pueden editar los usuarios o qué valores predeterminados pueden establecer.

Interfaces estándar

Un servidor está enlazado a una red existente en un entorno de vendedor múltiple. Todas las funciones de administración del sistema están disponibles por medio de una herramienta de interfaz de usuario gráfica (GUI). También están disponibles por medio de un conjunto de comandos usando la interfaz de Línea de Comandos para un control a distancia y una integración de las funciones con las interfaces existentes Interactive Voice Recognition (IVR), Operation and Maintenance Centers (OMC), Administration, Authorization o Billing ya implementadas en la red.

2.8 Compras en línea

M-Commerce

Motorola ha desarrollado conjuntamente con la empresa Trintech, un monedero electrónico llamado m-Wallet. Consiste en un servidor basado en soluciones de pago inalámbrico que permite a los consumidores pagar las compras hechas por Internet utilizando sus teléfonos celulares. Con 96% de todas las compras en línea hechas vía tarjetas de crédito u otro tipo de tarjeta de pago, la solución m-Wallet de Motorola proveerá a estos consumidores con un método conveniente y seguro para la compra de bienes a través de la tecnología WAP o GPRS.

La solución de oficina móvil de Motorola transforma el teléfono celular en un sofisticado aparato, permitiendo a los usuarios acceder a todos los servicios de Internet accesibles a través de la capacidad de acceso del operador.

A medida que las comunicaciones celulares se hacen más predominantes y las tarifas de penetración de la telefonía celular continúan aumentando significativamente, se ofrecen servicios globales con una plataforma tecnológica exclusiva e integrada, la cual permitirá a una clientela de comerciantes y consumidores ver convertida en realidad la promesa del comercio móvil. Los comerciantes se beneficiarán de la capacidad de dirigir una mayor circulación de consumidores tanto hacia sus tiendas físicas como electrónicas, mientras que los consumidores de servicios móviles gozarán de posibilidades sin precedentes para encontrar tiendas locales y nacionales que satisfagan sus necesidades particulares.

Billetera segura, premios para ahorrar y compras integradas por vía celular Singular Wireless ofrece ahora los siguientes servicios de comercio móvil, en mercados selectos a principios del año 2001 a todos sus clientes en el territorio nacional.

Los clientes de Singular Wireless obtienen su experiencia de comercio móvil al subscribirse a una billetera móvil en línea, a través de la página web "Mi ventana móvil". Esto les permite almacenar información de compras y envío, incluidas las formas de pago, mediante lo cual los consumidores pueden aprovechar los servicios de compra y premios. Luego, una vez que el comprador busca sus productos y elige los que desea adquirir a través del gestor de compras, la billetera móvil suministra la información de compra y envío del comprador al sitio web del comerciante web correspondiente a los productos designados. La información se transmite a través de un proceso electrónico seguro y el comerciante procesa la transacción.

Los clientes de Singular Wireless pueden beneficiarse de fabulosos ahorros al adquirir productos y servicios de comerciantes que participan en "Mi ventana móvil - Premios", un programa de promociones innovador, electrónico y sin papeles que utiliza la infraestructura existente del sistema de tarjetas de crédito. A fin de sacar provecho de estos premios especiales, los consumidores buscan ofertas de los comerciantes participantes tanto en línea como fuera de línea por zona metropolitana o categoría de producto, también pueden inscribirse para recibir notificaciones personalizadas en línea, las cuales les avisarán cuando se presenten nuevas ofertas. Al utilizar este sistema optativo de notificación, los compradores pueden controlar cabalmente las ofertas que desean recibir mediante la creación de un perfil y la especificación de sus categorías de

productos y servicios preferidos, las ubicaciones geográficas más frecuentadas, al igual que el número, día y oportunidad de las notificaciones.

Los consumidores pueden entonces adquirir los productos y servicios en la ubicación en línea o fuera de línea de los comercios participantes utilizando una forma de pago registrada en su billetera móvil. Posteriormente, los premios se verifican y se acreditan de manera automática al estado de cuenta de la tarjeta de crédito del consumidor u otras cuentas designadas, mediante un proceso de transacción seguro, sin necesidad de utilizar códigos especiales ni cupones de papel. Se trata entonces de un proceso impecable tanto para el consumidor como para el comerciante, que ofrece así a los compradores móviles una experiencia de comercio práctica, combinada con premios que les permiten ahorrar dinero.

Mi ventana móvil - Compras proporciona a los consumidores la información que necesitan para tomar decisiones de compra bien fundamentadas. Los clientes de Singular Wireless pueden buscar un producto por código UPC/ISBN, nombre, fabricante, categoría o palabra clave y recibir rápidamente información como, por ejemplo, el MSRP, descripciones del producto y precios de comerciantes en línea; esta información proviene de una amplia base de datos que contiene millones de productos. De entrada se ofrecen nueve categorías de productos, a saber: libros, música, video, productos electrónicos, computadoras y software, deportes, productos deportivos, salud y belleza, juguetes y juegos y artículos de oficina. Cuando el comprador selecciona un producto, puede elegir comprarlo directamente del comerciante mediante su teléfono celular y la información contenida en su billetera celular, o adquirirlo en una tienda física cercana. Los pedidos pueden realizarse en forma instantánea por medio del dispositivo móvil y los compradores reciben los productos en la dirección de envío especificada mediante el proceso de registro de la billetera celular.

BIBLIOGRAFÍA

- Integración de redes de voz y datos
Cisco Systems
Scott Keagy
2001
- Cellular and PCS
Lawrence Harte, Steve Prokup y Richard Levine
Mc. Graw Hill
2000

Paginas Electrónicas:

- <http://www.gaps.ssr.upm.es/TDV/prelaimfr.html>
- http://www.mailweb.udlap.mx/~lgjeda/telecomsis.speech_coders/desarrollo.html
- <http://www.ingenieria.udca.edu/~marthac/multimedia/conceptos/video.html>

Capítulo III

Técnicas de

Multiplexaje y Acceso

3.1 MULTIPLEXAJE Y ACCESO MÚLTIPLE.

Los términos de multiplexaje y acceso múltiple, se refieren a permitir el acceso de uno o varios medios de transmisión o recepción a un canal de comunicación. Existe una sutil diferencia entre ambos. Con el multiplexaje, el controlador del sistema (que puede ser un humano, un algoritmo o un circuito lógico) tiene un conocimiento instantáneo de todo lo que requiere el usuario para la división del medio de comunicación. El acceso múltiple involucra el acceso remoto a un medio; adicionalmente, puede ser una cantidad finita de tiempo la requerida por el controlador para la atención que cada petición de usuario.

3.1.1 TECNICAS DE MULTIPLEXAJE.

El multiplexaje es la combinación de múltiples canales de información en un medio común de transmisión de alta velocidad. Multiplexar la información es la mejor manera de aprovechar la utilización de enlaces de alta velocidad.

En la figura 3.1 todas las terminales están conectadas a un multiplexor, el cual está conectado a otro multiplexor por medio de un solo enlace. El enlace que existe entre los dos multiplexores tiene la capacidad de transportar múltiples canales de información por separado. El multiplexor del nodo A multiplexa la información de los dispositivos conectados a el y los transmite por medio de transmisión de alta velocidad, el multiplexor del nodo B recibe la señal y separa la información de acuerdo al canal y la envía a los dispositivos correctos.

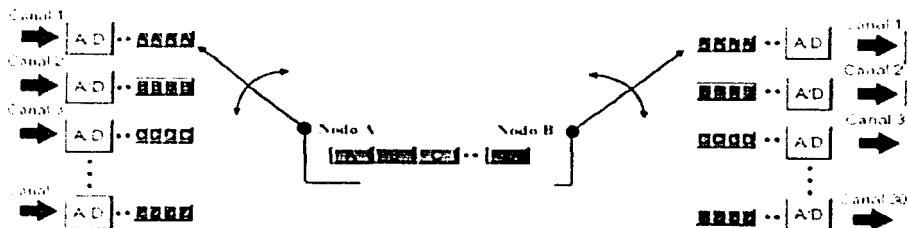


FIG. 3.1 MULTIPLEXAJE

3.1.2 FDM (Múltiplexaje por División de Frecuencia).

FDM es una de las técnicas originales de múltiplexaje usada para la industria de las comunicaciones. La técnica FDM divide el ancho de banda total de entrada y de salida en el mismo número de canales en el circuito dependiendo del número de puertos y dispositivos que sean soportados. El rango total de información de entrada de los dispositivos o terminales conectados al multiplexor, no puede exceder el rango de salida.

Si un dispositivo conectado por FDM es removido de su circuito no existe posibilidad de que la frecuencia que se estaba utilizando por el dispositivo sea relocalizada y utilizada por otro dispositivo y aprovechar el ancho de banda. Esto significa que el multiplexor no tiene la habilidad de relocalizar dinámicamente sus capacidades para utilizar el ancho de banda disponible. Fig. 3.2

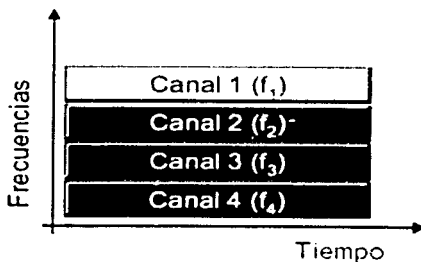


FIG. 3.2 DIAGRAMA FDM

3.1.3 TDM (Múltiplexaje por División de Tiempo).

Los multiplexores que utilizan la tecnología TDM son dispositivos digitales que combinan varias señales de dispositivos en un solo medio de transmisión digital. Trabaja acomodando las ranuras de tiempo con cada dispositivo conectado a un puerto. Si un puerto no está siendo utilizado, el ancho de banda no está disponible para otros dispositivos conectados al multiplexor.

Una versión más eficiente de TDM es STDM (TDM estadístico). Un STDM funciona de la misma manera que TDM, solo que con la ventaja de que utiliza mejor el número de canales que no están siendo utilizados y reconectando estas ranuras de tiempo a otros dispositivos conectados que puedan utilizar este ancho de banda que está disponible.

El multiplexaje puede ser utilizado para conectar la mayoría de las interfaces de voz y protocolos de señalización. Una transmisión de canales de voz se lleva a cabo de la siguiente manera, dos canales de voz se conectan al multiplexor del nodo A y este comprime los canales a 8 o 16 Kb/s para ser enviados por el medio de transmisión que es de 64 Kb/s, el multiplexor B recibe el canal de 64 Kb/s con los canales de voz comprimidos y los descomprime a 64 Kb/s. Fig. 3.3

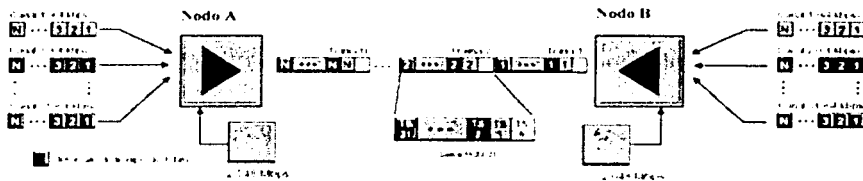


Fig. 3.3 Multiplexaje por División de Tiempo

3.1.4 ESPECTRO ESPARCIDO.

En CDMA a cada usuario le es asignada una secuencia de código única para codificar la información original de su señal. El receptor, conociendo las secuencias del código del usuario, decodifica la señal recibida y recobra la señal original. Esto es debido a que la correlación entre el código del usuario deseado y los códigos de los otros usuarios es baja. Ya que el ancho de banda de la señal de código es mucho mayor que el ancho de banda de la señal de la información original, el proceso de codificación amplía (esparce) el espectro de la señal, y debido a esto el proceso es también conocido como modulación de *espectro-esparcido*. La señal resultante es también llamada una señal de espectro esparcido (SSMA) *Spread-Spectrum Multiple Access*.

El esparcimiento en espectro de la señal transmitida da a CDMA su capacidad de acceso múltiple. La técnica de modulación de espectro esparcido satisface dos criterios:

- El ancho de banda de transmisión debe ser mucho mayor al ancho de banda de la información.
- El ancho de banda de radiofrecuencia resultante es determinado por una función diferente al de la información enviada (con el fin de que el ancho de banda sea estadísticamente independiente de la señal original). Esto no incluye a técnicas de modulación como FM y PM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La razón entre el ancho de banda transmitido (B_T) y el ancho de banda de información (B_i) es llamado el proceso de ganancia, G_p del sistema de espectro esparcido,

$$G_p = B_T/B_i$$

El receptor correlaciona la señal recibida con una réplica del esparcimiento del código generada sincronamente para recobrar la señal de información original. Esto implica que el receptor debe conocer el código usado para demodular la información. Debido a la codificación y al resultado de ampliar el ancho de banda, las señales de espectro esparcido tiene algunas propiedades que difieren de las señales de banda angosta.

Capacidad de Acceso Múltiple

La técnica de espectro esparcido tiene la capacidad de distinguir a un usuario entre otros que transmiten señales al mismo tiempo debido a que se proporciona un código único que tiene una correlación suficientemente baja con los otros códigos. Correlacionando la señal recibida con una señal de código de un cierto usuario solo será recuperada la señal de éste, mientras las otras señales de espectro esparcido permanecerán sobre el gran ancho de banda. Así dentro del ancho de banda de información la potencia del usuario deseado será mayor a la potencia interferente de los demás usuarios, y la señal deseada puede ser extraída

Protección contra Interferencia Multitrayectoria.

En un canal de radio no existe sólo una trayectoria entre el transmisor y el receptor. Debido a las reflexiones y refracciones, una señal será recibida desde diferentes trayectorias. Todas las señales son copia de la misma señal transmitida pero con diferentes amplitudes, fases, retardos y ángulos de arribo. La suma de estas señales en el receptor en algunas frecuencias será constructiva, y en otras será destructiva.

Privacidad.

La señal transmitida sólo puede ser desesparcida y la información recuperada si el código es recibido en el receptor.

Rechazo a la Interferencia.

Correlacionando la señal del código con una señal de banda angosta, esparcirá la potencia de la señal de banda angosta, reduciendo con esto la potencia de interferencia en el ancho de banda de la información.

Baja Probabilidad de Intercepción

Debido a su baja densidad de potencia, la señal de espectro esparcido es difícil de detectar e interceptar. Existe una variedad de técnicas de modulación que generan señales de espectro esparcido. A continuación se enlistan las más importantes:

Espectro Esparcido de Secuencia Directa (DS-CDMA) – La señal de información original es multiplicada directamente por una señal de código chip de alta velocidad.

Espectro Esparcido de Salto de Frecuencia (FH CDMA) – La frecuencia portadora a la cual es transmitida la señal de información original es cambiada rápidamente de acuerdo al código de la señal.

Espectro Esparcido de Salto de Tiempo (TH CDMA) – La señal de información original no es transmitida continuamente. La señal es transmitida en ráfagas cortas, cuya decisión de transmisión es hecha por el código de la señal.

Modulación Híbrida – Adicionalmente a las dos técnicas mencionadas anteriormente, es posible combinar CDMA con otros métodos de acceso múltiple: TDMA, modulación multiportadora (MC, multicarrier) o multitono (MT, multitone). En el caso de MC-CDMA, el esparcimiento se lleva a cabo en frecuencia, mientras que para MT-CDMA se realiza en el tiempo. Ambos métodos están basados en multiplexaje por división de frecuencia ortogonal.

3.2 Técnicas de Acceso Múltiple

3.2.1 Acceso Múltiple

El acceso múltiple es el método por el cual varias señales puedan hacer uso del medio de comunicación sin crear interferencia entre sí. Para evitar esa interferencia se requiere que las señales en un canal no incrementen la probabilidad de error. La ortogonalidad de las señales en canales separados es suficiente para evitar la interferencia entre usuarios. Los métodos de acceso más comunes son Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) y Acceso Múltiple por División de Código (CDMA). un método que involucra tanto el dominio del tiempo como el de la frecuencia. CDMA ofrece flexibilidad pero requiere un procesamiento de señales más complejo que TDMA o FDMA.

3.2.2 FDMA

La primera propuesta para acceso en sistemas celulares es el acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA), en la cual cada señal ocupa su propia banda de frecuencias. Esto se ilustra en el diagrama frecuencia-tiempo de la figura 3.2. En un sistema FDMA, el canal físico corresponde a una banda de frecuencias. La frecuencia en el centro de la banda es la portadora, cada segmento horizontal representa una portadora capaz de transmitir una señal. El número total de señales que pueden ser transmitidas es igual al número de portadoras. La técnica de modulación determina el

espaciamiento requerido de la portadora. El sistema celular analógico AMPS contiene 832 portadoras con portadoras adyacentes separadas por 30 kHz.

3.2.3 TDMA

El complemento de FDMA es el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), en la cual cada señal usa la banda de frecuencia del sistema por una ranura de tiempo (Intervalo de tiempo [slot]), como se muestra en la figura 3.4. Un sistema TDMA transmite cada señal por una fracción de la estructura. En TDMA, un canal físico corresponde a una ranura de tiempo. Cuando esta ranura de tiempo se presenta, un transmisor envía la información a alta velocidad, de forma que toda la información almacenada en una estructura es transmitida en esa ranura. El receptor recibe señal en esa ranura y la reproduce a su velocidad original. En principio, las técnicas de división de tiempo pueden ser usadas para comunicaciones analógicas, sin embargo, en la práctica, solo se usan en sistemas digitales donde es más sencillo almacenar las señales y después regenerarlas en su forma original.

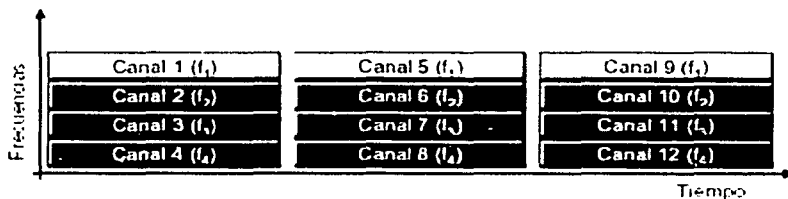


Fig. 3.4 Acceso Múltiple por División de Tiempo

TDMA comparte una misma frecuencia de RF entre varios usuarios, asignándoles un intervalo de tiempo a cada uno, el número de usuarios por frecuencia depende de diversos factores como es la técnica de modulación empleada y el ancho de banda disponible. La utilización de equalización adaptativa se vuelve necesaria debido a que la velocidad de transmisión es más alta comparada con FDMA.

3.2.4 CDMA

El tercer tipo de acceso múltiple es CDMA (Acceso Múltiple por División de Código). En CDMA muchas señales ocupan el mismo ancho de banda de frecuencias simultáneamente. El sistema celular CDMA emplea modulación de espectro esparcido de secuencia directa. Para transmitir un bit de información, un sistema CDMA transmite el código entero si el bit es un 1. Para un 0 se transmite el complemento de este código. CDMA difiere de TDMA y FDMA en los efectos que las señales diferentes producen cuando llegan al mismo receptor. TDMA y FDMA son similares en que el receptor puede separar completamente las señales que llegan en los diferentes canales físicos, este no es el caso de CDMA, debido a la naturaleza de los canales físicos, la salida de un receptor contiene pequeños componentes para todas las señales de entrada. Considerando que no es muy grande el número de señales simultáneas, cada receptor tendrá, con alta probabilidad, la precisión de detectar la señal de información transmitida. Si el número de transmisiones

simultáneas se incrementa, la interferencia aumenta, provocando que los receptores tengan un mayor número de errores. La definición de capacidad de canal para CDMA es diferente que la definición para TDMA y FDMA. En TDMA y FDMA, la capacidad corresponde al número de canales físicos. La capacidad de CDMA es el mayor número de transmisiones simultáneas con una tasa de error establecida por el sistema. En general las comunicaciones de espectro esparcido se distinguen por tres elementos clave:

- La señal ocupa un ancho mayor para enviar la información, lo cual se refleja como bajas tasas de interferencia y poco tráfico dando como resultado una mayor capacidad del servicio para usuarios.
- El ancho de banda es esparcido por medio de un código que es independiente de los datos. La independencia del código distingue a este de los esquemas de modulación estándar en los cuales la modulación de datos siempre extiende el espectro.
- El receptor sincroniza el código para recuperar los datos, el uso de un código independiente y de recepción permite a múltiples usuarios el acceso de la misma banda de frecuencia al mismo tiempo.

CDMA trabaja con datos de información de diferentes fuentes como voz digital o canales ISDN, la velocidad de los datos puede variar. El sistema trabaja con datos a 64 Kb/s pero puede aceptar velocidades de entrada 8, 16, 32 o 64 Kb/s. Las entradas de menos de 64 Kb/s son aumentadas con bits extras para llevarlas hasta 64 Kb/s. Para entradas 8, 16, 32 y 64 Kb/s el sistema aplica el código de corrección de error hacia delante, que aumenta la velocidad hasta 128 Kb/s. Cada elemento de la señal compuesta lleva uno de los dos bits símbolos a 64 Kb/s por segundo como se muestra a la Fig. 3.5

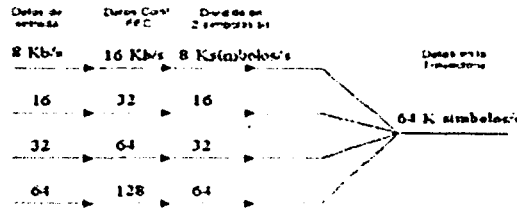


Fig. 3.5 Acceso Múltiple por División de Código

CDMA es la solución más moderna en la industria celular para sobrellevar el problema del incremento del número de usuarios compartiendo el mismo número limitado de bandas de frecuencia. Usa la técnica de espectro esparcido para usar de manera más eficiente el espectro. Esta técnica permite a múltiples usuarios acceder al sistema simultáneamente en la misma frecuencia portadora. Igualmente, usa códigos correlativos para distinguir un usuario de otro. Las divisiones de frecuencia se siguen usando pero en un ancho de banda mucho más grande. En CDMA un canal de usuario sencillo consiste en una frecuencia específica combinada con un código único. Los dos problemas básicos del sistema celular son desvanecimientos multirayectoria del radioenlace e interferencia de otros usuarios por el reuso de frecuencias. Las señales de espectro esparcido son efectivas para disminuir el desvanecimiento multirayectoria debido a que su banda ancha introduce diversidad de frecuencia, además por esta razón también se disminuye la interferencia.

3.2.5 COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACCESO MÚLTIPLE

Las técnicas de acceso múltiple dependen de la adopción de la tecnología digital. La tecnología digital es el estándar para el sistema de telefonía pública donde todas las llamadas analógicas son convertidas a digitales para su transmisión. La transmisión digital tiene varias ventajas sobre la transmisión analógica:

- Economizar el ancho de banda.
- Permite una fácil integración de dispositivos de sistemas de comunicación personal (PCS).
- Mantiene una calidad superior en transmisión de voz a través de largas distancias.
- Es más complejo de decodificar.
- Puede usar baja potencia de transmisión.
- Utiliza receptores y transmisores individuales más pequeños y económicos.
- Ofrece mayor privacidad.

Las ventajas que ofrece FDMA son:

- Acceso continuo en la banda base
- Simplicidad operativa
- No requiere sincronía
- Técnica de amplio uso
- Un canal de RF es utilizado por un usuario a la vez
- El ancho de banda por canal de RF es angosto

Desventajas

- Implica que varias portadoras coexistan en el amplificador transmisor
- Falta de flexibilidad para reconfigurar el sistema
- Decrementos de la eficiencia del sistema al incrementar los accesos de usuarios.
- La estación móvil y la estación base requieren de duplexores para poder transmitir y recibir al mismo tiempo
- Se requiere un filtrado de RF más estricto para minimizar la interferencia de canales adyacentes
- El costo por celda para los sistemas celulares es mayor.

Las implementaciones IS-54 e IS-136 de TDMA triplican la capacidad de frecuencias celulares dividiendo un canal de 30 kHz en tres divisiones de tiempo, permitiendo a tres diferentes usuarios ocuparlo al mismo tiempo.

Además del incremento en la capacidad de transmisión, TDMA ofrece otras ventajas sobre las tecnologías celulares estándar. En primer lugar, puede ser fácilmente adaptada para transmisión de datos tan bien como en la transmisión de voz. TDMA ofrece la habilidad para transmitir datos a velocidades de 64kbps a 120 Mbps (expandible a múltiplos de 64kbps). Esto permite a los operadores ofrecer comunicaciones personales en servicios como el fax, datos en la banda de voz, y servicios de mensajes cortos.

A diferencia de las técnicas de espectro esparcido que pueden sufrir interferencia de otros usuarios que están en la misma banda de frecuencia y transmiten al mismo tiempo, la tecnología TDMA, separa usuarios en tiempo, asegurando que no experimenten interferencia de otras transmisiones simultáneas.

TDMA además proporciona al usuario una gran vida de la batería y por lo tanto tiempo de llamada, mientras la unidad móvil solo transmite una porción de tiempo (1/3 a 1/10) durante las conversaciones. Es la única tecnología que ofrece un uso eficiente de estructuras de células con jerarquía ofreciendo pico, micro y macro células. Debido a su compatibilidad inherente con sistemas analógicos FDMA, TDMA permite la compatibilidad del servicio con el uso de teléfonos de modo dual.

Las ventajas que ofrece TDMA son:

- Comparte una misma frecuencia de RF entre varios usuarios, asignándole un intervalo de tiempo a cada uno
- El número de usuarios por frecuencia depende de diversos factores como por ejemplo las técnicas de modulación y el ancho de banda disponible
- El uso de duplexores no es necesario
- Tiene acceso al canal solo durante cierto tiempo de ranura
- Desempeño casi constante para múltiples accesos
- Todas las estaciones transmiten y reciben a la misma frecuencia o agrupados en varias frecuencias

Desventajas:

- La utilización de ecualización adaptativa se vuelve necesaria debido a que la velocidad de transmisión es mayor comparada con FDMA.
- Requiere encabezados en las tramas para alcanzar la sincronización con los usuarios.
- Requiere intervalos de guarda para separar a los usuarios.
- Necesidad de redimensionar una estación terrena para aumentar el desempeño del sistema.

Las ventajas que ofrece CDMA son:

- Para cada llamada utiliza un código entre 4.4 trillones de posibilidades.
- Incremento de la privacidad
- Excelente calidad de voz
- Desconexiones imperceptibles para mejorar la calidad de la llamada.
- Vida más larga de las baterías para las unidades telefónicas móviles.
- Estructuras de paquetes para soportar simultáneamente voz y datos.
- Incremento en la capacidad del sistema.
- Reuso de frecuencias simplificado.
- Mayor tolerancia a la interferencia.
- Menores requerimientos de potencia RF en el sitio celular (site).
- Codificación voz variable
- Estructura de comunicaciones en paquetes.
- Protección de reproducción del SID (clonación).
- Reduce los costos.
- Plataforma poderosa de tecnología para PCS

Desventajas:

- Emplea un amplio ancho de banda y sin embargo el número de radio bases no puede ser muy alto.
- Incrementar el número de estaciones aumenta la posibilidad de interferencia

En la Fig. 3.6, 3.7 y 3.8 se muestran comparación de las Técnicas de Acceso Múltiple.

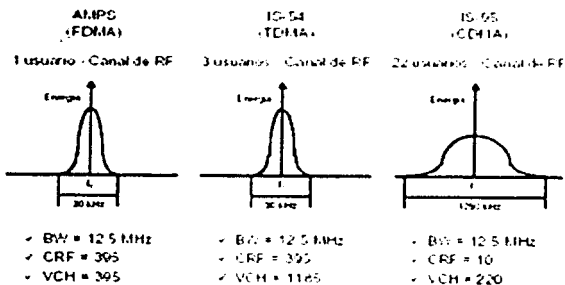


Fig. 3.6 Comparación del uso del espectro

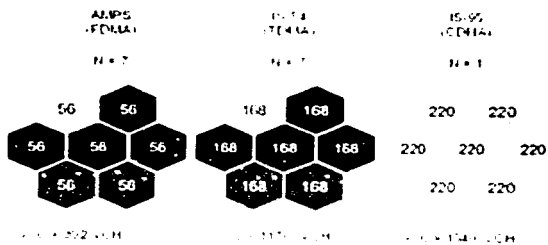


Fig. 3.7 Comparación del reuso de frecuencias y capacidad de canales

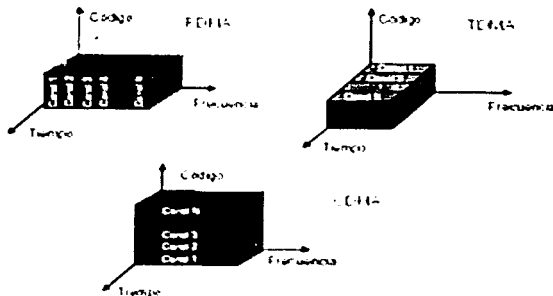


Fig. 3.10 Comparación del uso de canales contra tiempo, frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

- **Mobile Communication Design Fundamentals**
William C. Y. Lee
1993
- **Sistemas de Comunicación Móvil**
Domingo Lara Rodríguez, David Muñoz Rodríguez y Salvador Rosas García
Agosto 1992
- **Auditoria de Calidad de Servicio para Redes de Telefonía Celular**
Alejandro Pardo
2002
- **Sistema Universal de Telecomunicaciones**
Francisco Miller Sánchez
2002

Capitulo IV

**Telefonía Celular de
Segunda Generación**

4.1.- Clasificación de los Sistemas de Radio Comunicación Móvil.

Un enlace de radiocomunicaciones móviles es, por definición, cualquier enlace de comunicación entre dos terminales, de las cuales una o ambas pueden estar en movimiento o detenidas en lugares no del todo especificados. En la mayoría de los casos, una de estas terminales puede estar fija, tal como una estación base. Por una terminal móvil podemos referirnos a vehículos en tierra, o bien, barcos, aviones y satélites de comunicaciones, en los que un sistema puede incluir varios de estos tipos de terminales.

Los sistemas de radio móvil pueden clasificarse en :

- Radioteléfonos
- Sistemas de despacho
- Sistemas de radio búsqueda
- Sistemas de radio móvil por paquetes
- Sistemas de radiotelefonía

Radioteléfonos: Son radios que permiten la comunicación en ambos sentidos, tales como los CB (radios de banda civil), los cuales proporcionan alrededor de 40 canales. Estos sistemas, por lo general, no permiten tener privacidad en la comunicación.

Sistemas de despacho: Utilizan un solo canal de comunicación común. Cualquier suscriptor puede escuchar el mensaje del despachador; sin embargo, los suscriptores generalmente no pueden hablar entre sí, sólo pueden hablar con el despachador. Un ejemplo es el sistema que utilizaba la policía.

Sistemas de radio búsqueda: Los usuarios portan receptores personales. Cada receptor reacciona únicamente a señales dirigidas hacia él por un operador. Un tono audible permite alertar al usuario, el cual sirve para dirigirse al teléfono más cercano y tomar la llamada.

Sistema de radio móvil por paquetes: Utilizan técnicas de acceso múltiple, las cuales permiten a varios dispositivos transmitir en el mismo canal de radio sin interferir con otros transmisores. Estos sistemas tienen como principales ventajas sobre los sistemas tradicionales de transmisión de paquetes que no dependen de una topología fija, son factibles de establecer y pueden operar sin atención de un operador. Estas características permiten a terminales móviles conectarse a una gran diversidad de dispositivos de cómputo, sensores, etc

Sistemas de radiotelefonía: Incluyen sistemas de radiotelefonía móvil tradicionales así como también los nuevos sistemas celulares. En los sistemas de radiotelefonía móvil celulares, el área a la que ha de prestarse el servicio se divide en zonas de menor tamaño, llamadas celdas. En la medida que el número de suscriptores se incrementa, el tamaño de las celdas se redefine, haciéndose mas pequeño, e incrementándose el número total de celdas. En cada celda solo se puede usar un grupo de canales del total disponible. Para celdas que están suficientemente separadas se pueden utilizar el mismo grupo de canales.

4.2 Criterios de Evaluación de un Sistema

4.2.1 Uso del espectro de frecuencias

Para un sistema de telefonía celular conversacional, la medición de la utilización de la frecuencia M_0 se define como el número máximo de consumidores que podrían ser atendidos por un canal a una hora pico

$$M_0 = \frac{\text{no. de usuarios}}{\text{canal}}$$

Se considera que el promedio de tiempo de llamada es de 1.76 minutos y aplica el modelo Erlang (condiciones claras de pérdidas de llamadas) [Apéndice C]

$$A = \frac{\text{Promedio del tiempo de llamada (minutos)} \times \text{No. de consumidores}}{60 (\text{minutos})}$$

4.2.1.1 Consideraciones para la eficiencia del espectro

El problema más común en la industria de las telecomunicaciones es la limitación en el espectro de radio frecuencias. El sistema de telefonía móvil ideal podría operar sin un límite asignado en bandas de frecuencias y podría servir a un número ilimitado de usuarios en áreas limitadas. De aquí que sobresalgan tres consideraciones importantes para el uso eficiente del espectro de frecuencias:

- Banda Lateral Única [Single-sideband (SSB)], la cual divide la banda de frecuencias en un número máximo de canales.
- Células, las cuales reducen la banda de frecuencias en diferentes localizaciones geográficas
- Aprovechamiento del espectro de frecuencias generando muchos códigos sobre una banda de frecuencias amplia.

4.2.2 Eficiencia de las llamadas

Para explorar la degradación del comportamiento de la eficiencia de las llamadas, se compara la eficiencia entre un sistema celular con una sola portadora contra otro sistema celular con dos o más portadoras. Por ejemplo un sistema comercial de 666 canales y dos sistemas celulares operando a 333 canales. Se asume que la eficiencia de cada canal de frecuencias es siempre dividida en siete sub áreas llamadas celulas. En cada célula la probabilidad de saturación es de 0.02 y el promedio de tiempo de llamada es de 1.76 minutos.

Del Apéndice 2 con los valores $N_1 = 666/7 = 95$ y $B = 0.02$, se obtiene la carga $A_1 = 83.1$ y con $N_2 = 333/7 = 47.5$, se obtiene la carga $A_2 = 38$. Así se puede obtener la relación entre los sistemas con diferente número de portadoras.

$$A_1 \approx 2 A_2$$

El número de llamadas por hora que se ofrece, en una célula, considerando que el promedio de tiempo de llamada es de 1.76 minutos, se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_i = \frac{AX60}{1.76} \cdot \text{llamadasporhora}$$

Para cada sistema

$$Q_i = 2836.95 \cdot \text{llamadasporhora} \dots \dots \dots \text{sistema_con_una_sola_portadora}$$

$$Q_i = 1295.45 \cdot 2 = 2590.9 \cdot \text{llamadasporhora} \dots \dots \dots \text{sistema_con_dos_portadoras}$$

De esta forma se puede calcular la eficiencia de la degradación para una probabilidad de bloqueo de llamadas del 2%

$$\eta_i = \frac{2832.95 - 2590.9}{2832.95} = 8.5\%$$

La degradación de la eficiencia de un sistema celular disminuye conforme la probabilidad de bloqueo de llamada; de la misma forma que disminuye respecto al número de portadoras del sistema. Sin embargo cuando un sistema tiene una alta probabilidad de bloqueo ($\eta=20$), la estabilidad de la portadora es muy pobre y la degradación llega a ser insignificante y comparable con sistemas con más de una portadora, así como se puede apreciar en la figura 4.1

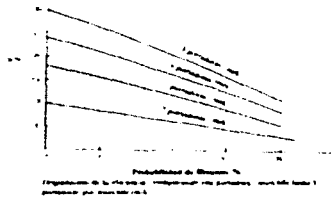


Fig. 4.1 Curvas de pérdidas en la eficiencia

4.2.3 Desempeño de un sistema

Hay tres categorías para el criterio específico sobre el desempeño de un sistema.

- Calidad de la Voz:

La calidad de la voz es muy difícil de juzgar sin pruebas subjetivas con usuarios. El área técnica de ingeniería no puede decidir como construir un sistema sin tener conocimiento de la calidad de voz que va a satisfacer al usuario final.

Para muchos sistemas comerciales, la calidad de la voz se basa en los siguientes escalas en Méritos de Circuitos (CM)

CM	Valor	Escala de Calidad
CM5	5	Excelente (Perfectamente entendible)
CM4	4	Bueno (Fácilmente entendible, pero con poco ruido)
CM3	3	Regular (Entendible con gis y ruido y a menudo se tiene que repetir palabras)
CM2	2	Pobre (Entendible si se habla de forma muy clara, frecuentemente se repiten palabras)
CM1	1	Insatisfactorio (No se entiende)

Así el porcentaje de consumidores escoge entre CM4 y CM5, este factor es muy importante debido a que según sea la elección, los costos de construcción se pueden incrementar significativamente.

El promedio de valores CM se obtiene de todos los usuarios llamados valor de la opinión significativa (MOS). Usualmente el total de los usuarios esta sobre $MOS \geq 4$

- **Calidad del servicio:**

Tres elementos son los requeridos para un servicio de calidad:

- Cobertura: El sistema deberá dar servicio en un área tan grande como sea posible, sin embargo el radio de cobertura no se cubre al 100% del área por dos razones:
 - ❖ La potencia transmitida deberá ser muy alta para iluminar los puntos muertos con suficiente recepción, lo cual implica un costo agregado significativo.
 - ❖ Aun transmitiendo con la potencia mas alta, se alcanzan interferencias con el canal de control.

Así, los sistemas generalmente cubren un 90% del área en terreno plano, y en áreas irregulares es del 75%. el criterio de cobertura de calidad de voz en sistemas celulares AMPS es del 75% y cuenta con buena calidad de la señal de voz y entre el 90% en areas reservadas, las cuales son generalmente planas

- Grado requerido de servicio: Para un inicio normal del sistema, el grado de servicio está especificado por una probabilidad de bloqueo de 0.02 y para iniciar llamadas hasta con una hora de ocupación. Sin embargo, el porcentaje de bloqueo varia entre cada sitio celular y el tiempo de iniciación de llamada variara según el trafico que presente la zona donde se pretenda iniciar la llamada

- o Número de llamadas perdidas: Para Q llamadas en una hora, si una llamada es pérdida y una llamada es completada, entonces la tasa es 1/Q. Esta tasa debe ser muy baja. Un alto número de llamadas perdidas podría ser causa de problemas en la cobertura o problema de handoff (llamadas intercambiadas a otros sitios celulares) o disponibilidad inadecuada de los canales.

4.3 Sistemas Celulares

Un sistema típico de comunicación inalámbrica utiliza radios móviles los cuales se comunican a radio torres llamada *estación base* (BS), y a través de ellas se conectan a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN). Los sistemas celulares proveen un radio de cobertura para áreas amplias, tales como una ciudad, a través de varias radio torres (generalmente de 25 a 500 por ciudad). Los sistemas de oficinas inalámbricas usualmente usan de 5 a 20 estaciones de radio base para ofrecer un radio de cobertura en pequeñas áreas tales como escuelas u hospitales. Los sistemas de Comunicación Personal ("Personal Communication System" PCS) son considerados una integración de células, oficinas inalámbricas y servicios avanzados de información.

Las metas básicas de un sistema celular son proporcionar:

- Comodidad
- Cobertura a nivel nacional
- Eficiencia del servicio
- Compatibilidad de acceder al sistema a través de diferentes tipos de teléfonos al mismo tiempo.

El sistema celular emplea un Centro de conmutación de servicio móvil [Mobile-Service Switching Center (MSC)], para interconectar áreas pequeñas con áreas de cobertura en un sistema extenso. Para mantener una llamada cuando el teléfono celular se mueve a otra área de cobertura, el sistema celular intercambia el canal de frecuencia del teléfono a la frecuencia en uso en la célula vecina; este concepto también permite que una frecuencia sea utilizada por más de un suscriptor y al mismo tiempo un suscriptor podrá usar el mismo canal sin interferencia si ellos están apartados. Cada sitio de estación base puede transmitir simultáneamente sobre diferentes canales de radiofrecuencia, además las células usan diferentes frecuencias para evitar interferencia. Para ampliar el área de cobertura se separan las células una cierta distancia y así pueden reusarse las mismas frecuencias. Esto permite al sistema reusar repetidamente los canales e incrementar el número de suscriptores con un número limitado de canales de radiofrecuencia. Cada radio de cobertura está determinado por la potencia de transmisión de la estación base.

Un teléfono celular que opera en este tipo de sistemas puede trasladar en una área de servicio, pudiendo salir del área de cobertura de la estación base de la celda en que se encuentre. Debido a esto, es necesario que el móvil sea atendido ahora por la estación base de la celda a la que está pasando. A este proceso se le conoce como transferencia de llamada [Handoff] y es una de las características principales en los sistemas de radio celular. Aunque un mayor reuso de frecuencias y la subdivisión de celdas permiten un uso más eficiente del espectro, también tienden a incrementar el número de transferencias de llamada.

4.3.1 Componentes de un sistema celular

La telefonía celular es una de las aplicaciones de telecomunicación más demandada y de más rápido crecimiento, representa un gran porcentaje de los nuevos abonados telefónicos alrededor del mundo, y su crecimiento continúa; se espera que en ciertas áreas el 50 % de los abonados telefónicos sean abonados móviles. En una perspectiva general, el radio celular usando tecnología digital está llegando a ser la manera universal de comunicación para todos.

Un sistema celular básico consiste de tres partes Fig. 4.2

- Unidad móvil
- Sitio Celular
- Central de Conmutación para telefonía celular (MTSO)

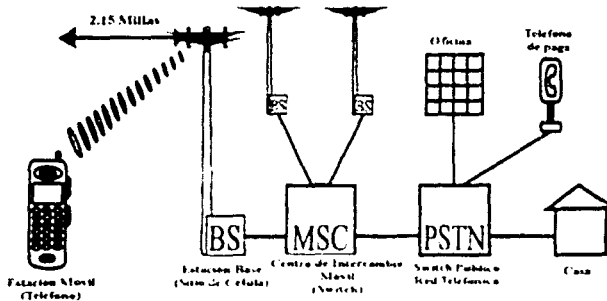


Fig. 4.2 Componentes de un Sistema de Telefonía Celular

En la figura 4.3 se muestra la interconexión de los tres subsistemas mencionados.

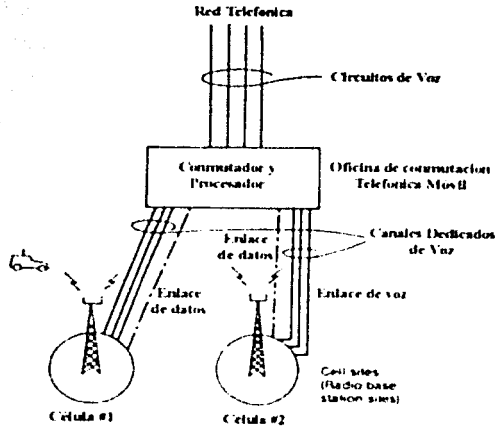


Fig. 4.3 Sistema Celular

- **Unidad móvil:** Una unidad de telefonía celular móvil contiene una unidad de control, una unidad transmisor – receptor y un sistema de antena. Fig. 4.4

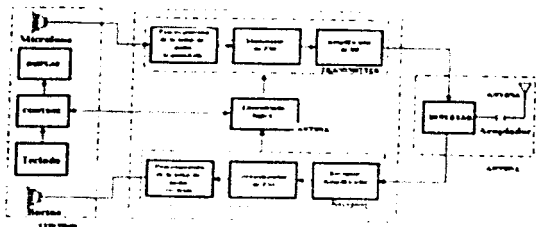


Fig. 4.4 Diagrama de Bloques de una Unidad Movil.

- **Sitio Celular:** El sitio celular provee una interfaz entre el MTSO y la unidad móvil. Esta tiene una unidad de control, antenas, una planta de poder y terminales de datos. Fig. 4.5

Una red móvil publica terrestre (PLMN) esta compuesta de varios MCS's. Estos son las interfaces funcionales con la red publica de conmutación telefónica (PSTN), la señalización empleada para establecer las llamadas es de acuerdo a la que se usa para la PSTN.

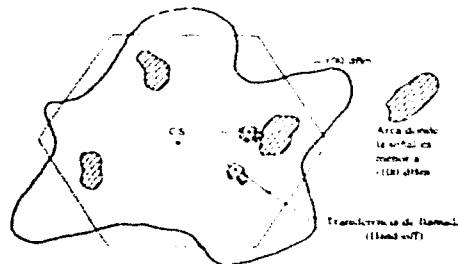
Cada abonado móvil y su radio están conectados (en datos) a un MSC y es donde reside el abonado normalmente. Esta central se considera como una central de casa (MSC -H) y el abonado como abonado propio.

Cuando el abonado entra en otra área de servicio (MSC), esta central es considerada como central visitada (MSC-V) y el abonado como abonado visitante. Ahora las llamadas serán conjuntadas y enrutadas desde el visitante (MSC - V); los datos acerca de la nueva posición del abonado son enviados a su MSC-H y las categorías del abonado almacenadas en su MSC-H son enviadas al MSC-V. Esto implica que la señalización búsqueda (Roaming) se lleve a cabo entre dos MSC.

4.3.2 Movilidad Celular

Una vez que una llamada es establecida, el canal de configuración no es usado durante un periodo largo. De ahí, que la transferencia de la llamada siempre sea implementada en el canal de voz. La implementación de transferencia de llamada depende de el tamaño de la célula. Por ejemplo si el radio de la célula es de 32 Km, el área es de 3217 km cuadrados. Después de que la llamada se inicializó hay una pequeña probabilidad de que la llamada se pierda antes de que la llamada termine por causas de señal débil o que se llegue al limite de la cobertura, por lo que la transferencia de llamada deberá se utilizada en dos situaciones: Fig.4.6

- Cuando el sitio celular recibe señales de la unidad móvil mayores a los -100 dBm, es un nivel para transferencia de llamada sobre los limites de las variables de ruido.
- Cuando la unidad móvil este rebasando los hoyos (zonas sin cobertura).



Ocurrencia de transferencia de llamada

Fig. 4.6 Área de cobertura ideal y real

4.3.2.1 Control de la Transferencia de Llamada

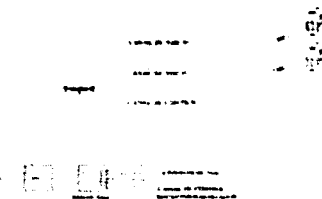
El sitio celular puede asignar un bajo umbral de transferencia de llamada en una célula para mantener una unidad móvil en una célula grande o un transferencia de llamada con alto umbral para cambiar de célula. El MTSO también puede controlar el la transferencia de llamada . El MTSO mantendra las peticiones de llamadas para transferirlas y rechazara aquellas si el nuevo sitio celular esta ocupado. Un esquema de encolamiento llega a ser mas efectivo solamente cuando las peticiones al MTSO están sobre los limites, si las peticiones que llegan al MTSO son uniformes, entonces los esquemas de encolamientos no son necesarios.

4.3.3 Técnicas de Acceso

Los tres tipos básicos de tecnología celular como se explicó en el capítulo III son: Acceso Múltiple por División de Frecuencia, Acceso Múltiple por División de Tiempo y Acceso por Múltiple por División de Código. Existen variaciones en la forma de operación de las tres tecnologías, basadas en operación dual llamada División Dual de Frecuencia (FDD) y División de Tiempo Dual (TDD).

- **FDMA:** Los sistemas permiten a una sola unidad móvil realizar una llamada sobre un canal, generalmente los sistemas FDMA usan modulación analógica en frecuencia pero ocasionalmente usan modulación digital de fase (como CT-2). Después de coordinar la unidad móvil, le asigna un canal de control y el sistema celular le asigna un canal de voz, sin embargo cada canal de voz puede comunicar con una sola unidad móvil a la vez.

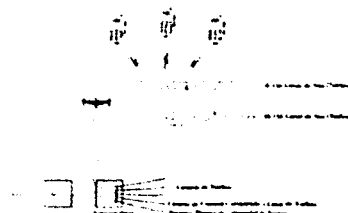
Mientras los sistemas FDMA (fig.4.7) no permiten a más unidades móviles compartir un sólo canal, es posible incrementar el número de canales en un sitio celular reduciendo el ancho de banda. Esto se debe a que la señal en modulación de frecuencia es menos susceptible al ruido, atenuación e interferencia; sin embargo es más susceptible a interferencia por co-canal.



Sistema Celular FDMA
Fig. 4.7 Sistema Celular FDMA

- **TDMA:** Los sistemas TDMA (Fig. 4.8) permiten a varias unidades móviles comunicarse simultáneamente sobre una sola portadora. Ya que divide esa portadora en lapsos de tiempo. Los lapsos de tiempo puede ser fijos o dinámicamente asignados.

Los sistemas TDMA dividen el espectro en portadoras de frecuencias espaciadas generalmente 30 kHz o 200 kHz. La característica que distingue los sistemas TDMA es emplear técnicas digitales en la estación base para dividir cada canal en lapsos de tiempo. Cada lapso de tiempo puede ser asignado a diferente estación móvil. Algunos sistemas TDMA pueden utilizar canales de control analógico para asignarlas como canales de tráfico digital (IS-54).

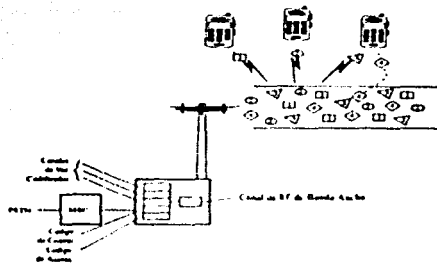


Sistema Celular TDMA

Fig. 4.8 Sistema Celular TDMA

- **CDMA:** La tecnología CDMA difiere de TDMA como se explicó en el capítulo III en que las señales digitales de banda ancha son codificadas con diferente código. Cada canal codificado esta identificado por un único canal de pseudo-aleatorio(PN).

Los receptores digitales separan los canales por correlación de señales. La forma de onda de la señal de radiofrecuencia usa algunos canales codificados como canales de control. Los canales de control incluyen un piloto, sincronización, paginación, y canal de acceso. Cuando la unidad móvil obtiene acceso en un sistema CDMA (Fig. 4.9), el canal de control CDMA responde a la unidad móvil asignándole un nuevo código. Esto generalmente en la misma portadora de RF.



Sistema Celular CDMA

Fig. 4.9 Sistema Celular CDMA

4.3.4 Servicios.

Una de las demandas más importantes en un sistema celular es que los abonados, sin importar los movimientos en la red, puedan experimentar el servicio de telefonía móvil sin restricciones, comparando con la red pública de conmutación telefónica (PSTN) ordinaria. El abonado móvil podrá entonces ser capaz de usar su teléfono móvil de igual manera que el teléfono ordinario, estos se encuentran implementados en el software del MSC. Algunos servicios también están implementados en las estaciones móviles y son llamadas facilidades de abonado.

4.3.4.1 Servicios de Abonado.

Los servicios de abonado disponible son:

- Desviación de llamada. Habilitar a un abonado móvil para que sus llamadas sean automáticamente desviadas por el MSC a otro número. Este número también puede ser fijado y asignado al abonado por el MSC, o este ser activado por el abonado y cambiarlo en cualquier tiempo.
- Desviación de llamada en estado ocupado. La desviación de llamada solo deberá tomarse cuando el abonado móvil esté ocupado.
- Desviación de llamada cuando no contesta. La desviación de llamada solo deberá tomarse cuando el abonado móvil no contesta en un tiempo definido.
- Servicio de abonado ausente. Es parecido al anterior pero la llamada es direccionada a un operador o a una máquina de mensajes (Buzón). Este puede ser activado también por el abonado y por el MSC.
- No molestar. Es como el servicio de abonado ausente.
- Exclusión de llamada saliente. Prever el uso sin autorización de la estación móvil.
- Llamada en espera. Indicar con un tono que otra llamada entrante está esperando, la llamada en espera puede ser activada por el abonado y por la MSC.

- **Llamada en conferencia.** Para conversación telefónica tripartita. Este servicio es controlado por el abonado móvil.

Facilidades de abonado, las facilidades de abonado están normalmente implementadas en las estaciones móviles, las facilidades pueden sin embargo variar a algunas extensiones dependiendo del hecho de que las estaciones móviles son suministradas por diferentes proveedores. A continuación se presenta una lista de las facilidades mas comunes.

Marcación en el micro-telefono, marcación y micro telefono en una simple unidad.

- Display de cristal liquido. Display claro con el mínimo de consumo de energía.
- Presentación de dígitos marcados.
- Marcación sin descolgar, dejando el aparato en su lugar hasta que el abonado llamado conteste.
- Velocidad de marcación, almacenaje conveniente y llamada instantánea de hasta los 200 números más frecuentes.
- Remarcado de último número. Repetición del último número mediante una tecla especial.
- Seguro electrónico, (código de 3 o 4). Previene la realización de llamadas sin autorización.
- Indicador de llamadas recibida. Indica que el abonado ha sido llamado mientras estaba lejos del aparato.
- Conexión de la terminal de datos con el acceso al sistema de datos vía la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).
- Alerta. Se activa una alarma externa en el vehículo cuando el abandonado es llamado.
- Operación a manos libres. La conversación se realiza sin tomar el micrófono.

4.4 Diseño de Sistemas

Para la implementación de un Sistema de Comunicación Celular Móvil, se requiere antes una evaluación de las condiciones de la zona que se va a cubrir con el sistema, además se deberán tomar las decisiones de acuerdo con las necesidades del mercado.

Entre otras decisiones se pueden mencionar:

- Inicializar un servicio de telefonía celular en un área dada para crear un plan que use un mínimo de sitios celulares para cubrir el área.
- Verificar la importancia del área, como lo indique el mercado, para así poder calcular el número de canales de voz requerido para la carga del tráfico en horas de bastante carga.
- Estudio de los problemas de interferencia, tales como co-canal e interferencia con canales adyacentes, productos de la intermodulación generada por sitios celulares y encontrar la forma de reducirlos.
- Estudiar la probabilidad de bloqueo de cada llamada en cada sitio celular, y tratar de minimizarlo.
- Planeación para absorber nuevos consumidores. La tasa a la cual nuevos consumidores se suscriban a un sistema con varios servicios nuevos. La ingeniería tiene que tratar de desarrollar nuevas tecnologías para utilizar al máximo las limitaciones del espectro asignado al sistema celular.

4.4.1 Áreas de localización.

Un abonado puede moverse libremente dentro del área de servicio del MSC sin informar a la central acerca de su posición. El MSC no sabe la localización exacta del abonado y consecuentemente la llamada al abonado debe ser enviada por todas las células en el área de servicio. Cada área de servicio será dividida en áreas de localización. Cada abonado que se mueve de un área de localización a otra, debe informar al MSC de su nueva posición. Esto se conoce como registro de área de localización o como registro forzado.

4.4.2 Elementos de un Diseño de Sistema Celular Móvil

Basándose en el concepto del uso eficiente del espectro, el diseño de un sistema celular puede ser dividido en varios elementos, y cada elemento puede ser analizado y relacionado con otros:

- Células
- Reuso de Canales
- Reducción del factor de interferencia de canales
- Mecanismo de Transferencia de Llamadas (HandOff)

La radio base es capaz de comunicarse con cualquier otra estación móvil, mientras se mueva dentro de una cierta área de esta. Dependiendo del tipo de transmisión empleada por la radio base, se pueden cubrir una o más áreas por una radio base. Tales áreas son llamadas células.

Entre los tipos más comunes de células están los siguientes:

- Célula omnidireccional
- Célula sectorial

Célula Omnidireccional: En este caso la radio base esta equipada con una antena omnidireccional transmitiendo igualmente en todas las direcciones. Entonces, un área en forma circular será cubierta con la radio base ubicada en el centro. Una conexión de radio con la radio base. Cuando se representa una célula en dibujo normalmente es en un hexágono. Fig. 4.10

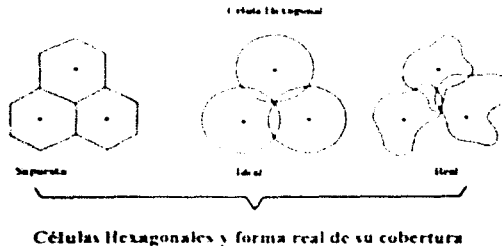


Fig. 4.10 Célula Hexagonal

Célula Sectorial: La radio base cuenta con tres antenas direccionales, cada una cubriendo una célula sectorial de 120 grados. Algunas unidades de canal están conectadas a una antena cubriendo a una célula sectorial, otras unidades de canal a la segunda antena y resto a la tercera antena. Así una radio base sirve a tres células sectoriales. Esto no es siempre necesario. En algunos casos solo se necesita una sectorial para cubrir algunos lugares específicos, por ejemplo una carretera.

Máximo número de llamadas por hora por célula: Para calcular el número de llamadas por hora en una célula Q, se tiene que conocer el tamaño de la célula y las condiciones de tráfico en la célula. Las llamadas por hora están basadas en que tan pequeña puede ser la célula (en teoría). El control de la cobertura de células pequeñas es basado en el desarrollo tecnológico, se asume que la célula puede ser reducida a una célula de 2 Km.

Máximo número de canales de frecuencia por célula: El número máximo de canales de frecuencia por célula N está relacionado cercanamente al promedio del tiempo de llamada del sistema. Habitualmente esta alrededor de 1.76 minutos y el máximo número de llamadas por hora por célula se obtiene de la siguiente expresión

$$A = \frac{Q \cdot T}{60} \dots (\text{erlangs})$$

Q: Tasa de llamadas por hora

A: Carga del Equipo (De tablas)

T: Duración promedio de la llamada en minutos

Concepto de reuso de canales de frecuencias: Un canal de radio consiste en un par de frecuencias, una para cada dirección de transmisión que se usa para operación full-duplex. Un canal de radio en particular, F1, usado en una zona geográfica llama a una célula con el mismo radio de cobertura a una distancia D. Fig. 4.11

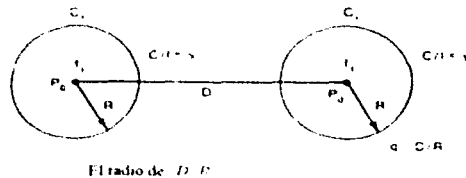


Fig. 4.11 Relación entre el radio de cobertura y distancia entre células para el reuso de frecuencias

4.4.3 Reuso de frecuencias

Un canal de radio consiste de un par de frecuencias, una para cada dirección de transmisión que son usadas para operación full-duplex. Un canal de radio en particular, denominado F1, usado en una zona geográfica para llamar a una célula, denominada C1, con un radio de cobertura R, puede ser usada con el mismo radio de cobertura en una distancia de separación L.

La frecuencia de reuso es el centro del concepto de sistemas de radio telefonía celular. En esta frecuencia de reuso del sistema, los usuarios de diferentes zonas geográficas (diferentes células) pueden simultáneamente usar el mismo canal de frecuencia. La frecuencia del sistema de reuso puede disminuir drásticamente la eficiencia del espectro, pero si el sistema no ha sido diseñado para el reuso puede presentar interferencia, esta interferencia combinada con el reuso del canal se le conoce como interferencia de co-canal.

4.4.3.1 Distancia de reuso de frecuencias

La distancia mínima que permite que la misma frecuencia para ser reusada dependerá de varios factores, tales como el número de co-canales por célula, en la cercanía de la célula central, el tipo de contorno del terreno geográfico, la altura de la antena, y la potencia de transmisión por cada sitio celular.

La distancia de reuso de frecuencia D puede ser determinada por la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{3K} R$$

donde K es la frecuencia de reuso mostrada en la figura 4.11.
 donde R es el radio de transmisión de la célula.

Si todos los sitios celulares transmiten a la misma potencia, entonces K se incrementa y la frecuencia de reuso D se incrementa. Esta distancia D disminuye la posibilidad de que exista interferencia por co-canal. Fig 4.12

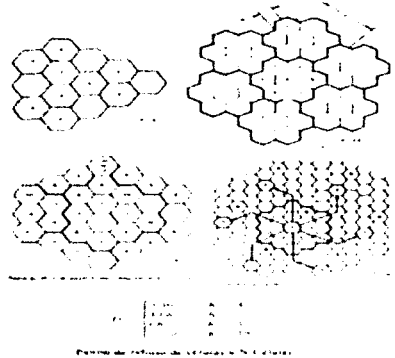


Fig. 4.12 Patrón de reuso de células

Teóricamente, se desea una K lo más grande posible. Sin embargo, el número total de canales instalados es fijo. Cuando K es muy grande, el número de canales asignados para cada K por célula llega a ser muy pequeño. Esto es siempre verdad si el total del número de canales en K células, está dividido en K incrementos

4.4.4 Factor de reducción por interferencia de co-canal

El reuso de canales de la misma frecuencia en diferentes células esta limitado por la interferencia co-canal entre las células, y la interferencia puede ser un problema mayor; por eso es necesario encontrar la mínima distancia de reuso de frecuencias para disminuir la interferencia por co-canal.

Se considera que el tamaño de todas las células es el mismo. El tamaño de la célula está determinado por el área de cobertura de la señal en cada célula. Así como la amplitud del tamaño de las células es fijo, la interferencia co-canal depende de la potencia de transmisión de cada célula, esto significa que el nivel de recepción a la unidad móvil se ajusta al tamaño de la célula. Actualmente la interferencia co-canal esta en función de un parámetro q definido como:

$$q = \frac{D}{R}$$

R = radio de transmisión de una célula

D = distancia entre células

El parámetro q es el factor de la interferencia co-canal. Cuando el radio se incrementa el factor de interferencia disminuye, la interferencia co-canal se incrementa entre mas extensa sea la zona de cobertura de la celula, la distancia esta en función de KI y C/I .

$$D = f(KI, C/I)$$

donde KI es el número de células con interferencia por co-canal y C/I es la relación Portadora/Interferencia recibida para un receptor móvil.

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_{i=1}^K I_i}$$

En un sistema celular totalmente equipado de forma hexagonal, siempre hay seis co-canales de interferencia para cada lado, $KI = 6$. El número máximo de KI en la primera cara se aproxima por: $2\pi D/R \approx 6$. Fig. 4.13 y 4.14

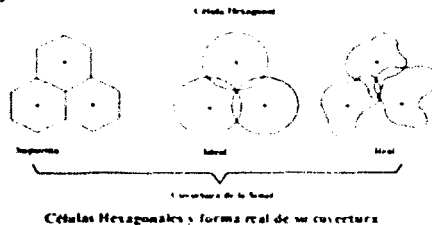


Fig. 4.13 Patrón de transmisión ideal y real de células.

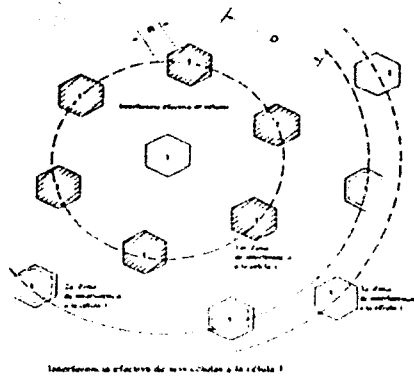
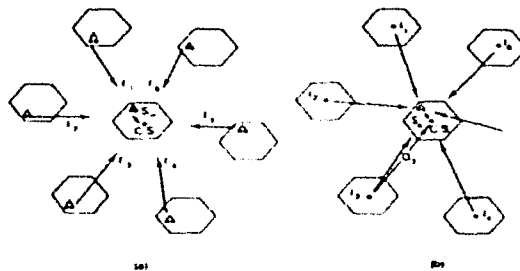


Fig. 4.14 Interferencia efectiva de seis células a una célula

La interferencia co-canal puede ser experimentada tanto en la unidad móvil como en el sitio celular. Si la interferencia es muy grande, entonces de acuerdo con el teorema de la reciprocidad la relación portadora a interferencia provoca interferencia en los seis sitios celulares adjuntos, los dos valores C/I pueden ser muy cercanos, así se supone que el ruido local es mucho menor que el nivel de interferencia y puede ser rechazado. Fig. 4.15

$$\frac{C}{I} = \frac{R^2}{\sum_{i=1}^6 D_i^2}$$



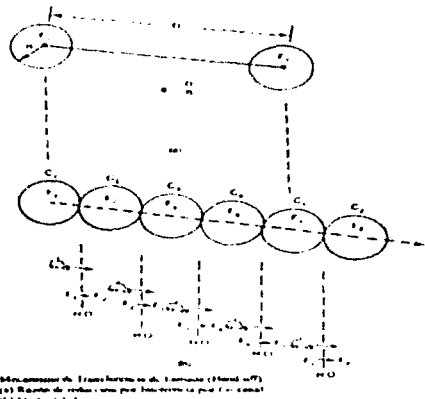
Interferencia co-canal de seis células (a) Recepción de la estación base (b) Recepción de la estación móvil

Fig. 4.15 Interferencia co-canal de seis células

Donde γ es tendencia de pérdidas en la propagación determinada por las variables del terreno. En un terreno regular γ tiende a ser igual a cuatro

4.4.5 Mecanismo de Transferencia de Llamada (HANDOFF)

El proceso de handoff es una característica de los sistemas celulares que permite operar eficientemente. Partiendo de la figura 4.16:



Mecanismo de Transferencia de Llamada (Hand off)
 (a) Radio de cada una por handoff se por (R) canal
 (b) Momento de Transferencia

Fig. 4.16 Mecanismo de transferencia de llamadas

Dos células con co-canales usando una frecuencia F_1 están separados por una distancia D . El radio R y la distancia D son regidos por el valor de q . Para cubrir la distancia entre las frecuencias F_1 se deben utilizar canales tales como F_2 , F_3 y F_4 entre las dos células co-canales para proveer un sistema de comunicaciones en toda el área de cobertura.

Suponiendo que la unidad móvil está iniciando la llamada en la célula C_1 y se mueve hacia la célula C_2 , la llamada podrá ser terminada y reinicializada en el canal de frecuencia de F_1 , F_2 mientras la unidad se mueve de la célula C_1 a la C_2 . Este proceso de cambio de frecuencias es automático sin tener intervención del usuario.

Tipos de Transferencia de Llamada:

- 1.- Basado en la Potencia de la señal (Niveles de señal de -100 dBm a -95 dBm)
- 2.- Basado en la relación Portadora a Interferencia (C/I) (Generalmente de 18dB pero depende también de la escala de calidad)

Para el tipo 1, es fácil de implementar. La localización del receptor recibe cada una de las mediciones de los sitios celulares vecinos, sin embargo la señal (RSS) por si misma contiene ruido.

$$RSS = C + I$$

Donde C es la portadora de la señal e I es la interferencia. Se supone que se configura el nivel para el RSS, entonces si I es muy grande, RSS también lo es y se supera el umbral de la transferencia de llamada. Se supone que actuaría la transferencia de llamada, sin embargo en la realidad esto no sucede. Si I es muy pequeña suele pasar que RSS también es bajo, la calidad de voz es buena, pero el nivel de handoff se alcanza y cambia de célula.

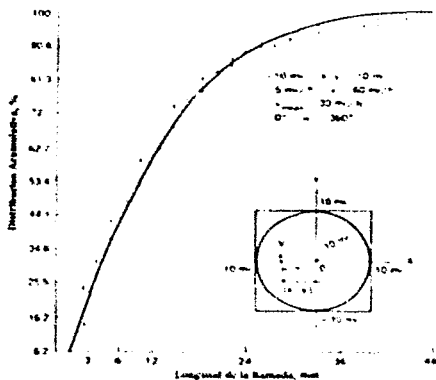
Las transferencias de llamadas puede ser controlados usando la relación Portadora a Interferencia (C/I)

$$\frac{C+I}{I} \approx \frac{C}{I}$$

C es función de la distancia, e I es función del medio, lo que implica que la relación (C/I) esta en función de la distancia.

4.4.5.1 Determinando la probabilidad de requerir handoff

Para encontrar la probabilidad de requerir handoff, se requiere hacer una suposición por ejemplo una unidad móvil a una distancia de 16 km de la célula. La velocidad del vehículo es aleatoria entre 8 y 96 km/h y la dirección está entre 0° a 360° ; entonces la probabilidad de rebasar los límites de señal de la célula están en función del tiempo de mantenimiento de la llamada. Fig. 4.17



Probabilidad de Requerir Transferencia de llamada (Handoff)
Fig. 4.17 Probabilidad de requerir Transferencia de llamada (Handoff)

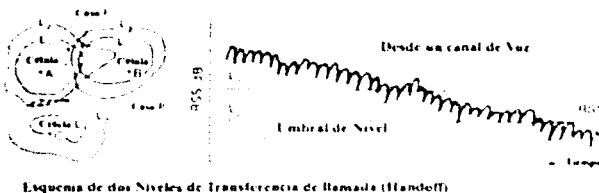
Si el tiempo de mantenimiento de una llamada es de 1.76 min, la probabilidad de utilizar el handoff es de 11%

Prob. de Transferencia de Llamada %	Tiempo de llamada en min.
11.3	1.76
18.0	3.00
42.6	6.00
59.3	9.00

4.4.5.2 Retardo de la Transferencia de Llamada

En muchos casos se usa un algoritmo de dos niveles de transferencia de llamada. El propósito de crear dos niveles de transferencia es para proveer más oportunidades de terminar una transferencia. Una transferencia puede ser retrasada si no hay células disponibles a las que puedan transferir la llamada.

Una imagen de una señal con dos niveles de handoff y nivel de umbral se muestra a continuación, cuando el primer nivel de handoff es rebasado, una petición de handoff es inicializada, si por alguna razón la unidad móvil está en un hoyo o la célula vecina esta ocupada, el handoff será revisado cada 5 seg. Si se alcanza el segundo nivel de handoff y no hay células vecinas disponibles, el handoff se rechaza, la llamada continúa hasta que la señal se caiga rebasando el umbral, entonces se pierde la llamada. Si el tono de supervisión (SAT) no llega después de 5 seg., entonces la célula deja de transmitir. Fig. 5 18



Esquema de dos Niveles de Transferencia de Llamada (Handoff)
Fig. 4.18 Esquema de dos Niveles de Transferencia de Llamada (Handoff)

4.4.5.3 Transferencias de Llamadas Forzadas

Una transferencia de llamada se define como un transferencia que normalmente no ocurriría pero esta previsto que va a ocurrir debido a falta de disponibilidad de la célula más cercana, por ejemplo cuando se satura una célula y se baja el nivel de potencia

4.4.6 Cobertura de Célula

La cobertura de la célula está basada en la cobertura de señales y/o cobertura de tráfico. La señal de cobertura puede ser descrita por modelos de sistemas celulares y aplicada generalmente cuando se inicializan los sistemas. La tarea de la cobertura es cubrir toda el área con un número mínimo de células. Sin embargo no es posible que el 100% de las células den cobertura a todas las áreas, debido a que es posible que se presenten hoyos en zonas donde no existe tráfico. El modelo diseñado se basa en las siguientes variables:

Estructuras realizadas para áreas abiertas, áreas suburbanas, áreas urbanas, reservas naturales sobre terrenos planos, irregulares y agua. El modelo a diseñar varía de acuerdo al área en donde se desea implementar. Fig. 4.19



Fig. 4.19 Recepción de señales de las unidades móviles

Se debe procurar que el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión sean iguales o muy aproximados (las antenas de la estación terrena y de la móvil deberán contar con el mismo ángulo de preferencia vertical).

Modelo Móvil Punto a Punto (Modelo Lee). Este modelo punto a punto se obtiene de tres pasos; generar la condición estándar, obtener la predicción del modelo de área, y obtener el modelo punto a punto usando modelo área a área como base. Esta filosofía de desarrollo intenta separar los dos efectos, uno causado por el contorno del terreno natural, y otro por las estructuras generadas por el hombre para una mejor calidad de la señal. Fig. 4.20

Condición Estándar: Para generar una condición estándar y asignar los factores de corrección, se tienen que usar condiciones estándar para poder obtener directamente los valores en dBm.

Condición Estándar	Factor de Corrección
En la Estación Base	
Potencia Transmitida $P_t = 10 \text{ W (40dBm)}$	$\alpha = 10 \log P_t / 10$
Altura de la Antena $h_t = 100 \text{ ft (30 m)}$	$\alpha = 20 \log h_t^2 / h$
Ganancia de la antena $g = 6 \text{ dB dipolo}$	$\alpha = g - 6$
En la Estación Móvil	
Altura de la antena $h_r = 10 \text{ ft (3m)}$	$\alpha_r = 10 \log h_r^2 / h$
Ganancia de la antena $g = 0 \text{ dB/dipolo}$	$\alpha = g_r$

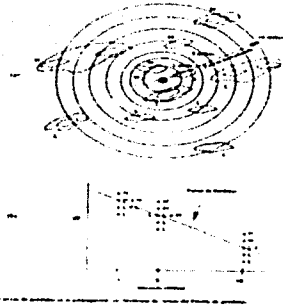


Fig. 4.20 Curvas de pérdidas en la propagación

4.4.7 Técnicas de Operación y Tecnologías

4.4.7.1 Ajuste de Parámetros del Sistema

Un sistema limitado en ruido, no contiene interferencia por co-canal o interferencia adyacente. Esto significa que la distancia de reuso es tan grande que la interferencia no ocurre, basándose en lo anterior se puede incrementar la cobertura de la siguiente forma:

Incrementando la potencia del transmisor. Generalmente, el incremento de la potencia transmitida por cada canal resulta como cobertura del sistema. Cuando el nivel de potencia es doblado, la ganancia se incrementa en 3 dB. El incremento de la potencia de recepción recibida P_r de la potencia de transmisión emitida P_t y P_r es una función del radio de la célula.

$$P_r = \alpha d^4 P_t$$

Y el área de cobertura es

$$A_1 = \pi r_1^2$$

Donde α es una constante y P_r puede ser obtenida de P_t

Una ecuación más general se expresará :

$$r_2 = \left(\frac{P_{t1} P_{r2}}{P_{t2} P_{r1}} \right)^{1/4} r_1$$

$$A_2 = \left(\frac{P_{t1} P_{r2}}{P_{t2} P_{r1}} \right)^{1/2} A_1$$

Incremento de la altura del sitio celular. En general , la regla 6 dB/oct aplica para la altura de la antena en terreno plano. Si se dobla la altura de la antena la ganancia se incrementa en 6 dB. Si el contorno del terreno es irregular se podrá incrementar la altura de la antena, aunque no siempre la ganancia aumenta hasta 6 dB.

Uso de alta ganancia o uso de una antena direccional en el sitio celular. La ganancia y la directividad de la antena se incrementa con el nivel de potencia similar al aumento de potencia.

Disminución del umbral de señal recibida. Cuando los niveles de umbral son bajos, la potencia recibida es aceptable y el radio de cobertura de la célula se incrementa, o bien se puede disminuir el nivel 6 dB y aumentar la cobertura

Receptor de bajo ruido. El nivel de ruido térmico KTB es de -129 dB.

Diversidad del receptor. Un receptor con diversidad es muy útil para reducir la atenuación, cuando la atenuación se reduce, los niveles de recepción pueden incrementarse.

Selección de localizaciones para sitios celulares. Con una altura dada de la antena y una potencia de transmisión dada, la cobertura se puede incrementar si se selecciona un sitio apropiado. Por supuesto, que en principio, para propósitos de cobertura siempre se utilizará la mayor altura posible evitando riesgos de interferencia. Sin embargo, algunas veces es necesario extender la cobertura por lo que es necesario ubicar el sitio en puntos estratégicos

Uso de repetidoras y enlaces se aplica para hacer mas extensas las áreas de cobertura o evitar hoyos.

Diseño de patrones de radiación para las antenas. Dirigir mas potencia y cobertura a ciertas regiones y no desperdiciar señal en zonas donde no se requiere (lagos, etc..)

4.4.7.2 Manejo de Frecuencias y Asignación de Canales

Manejo de Frecuencias es la configuración de los canales de voz para datos y voz, y asignación de canales se refiere a la localización de canales específicos hacia sitios celulares

El total de número de canales es 832, pero las unidades móviles y los sistemas continúan operando sobre los 666 canales. Un canal consiste de dos anchos de banda por canal de frecuencia, uno de banda baja y uno de banda alta. Dos frecuencias en un canal I son 825,030 Mhz y 870,030 MHz, las dos frecuencias en el canal son de 666 canales y de 844,98 Mhz, en dos grupos de sistemas A y B. Fig 4-21

Canales del 313 - 333 Bloque A

Canales del 334 - 666 Bloque B

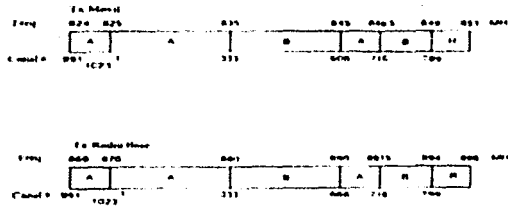


Fig. 4.21 Utilización del espectro de frecuencias por canal

Los 42 canales de datos configurados están asignados en la mitad de todos los canales asignados para evitar ciclos de búsqueda de los canales de datos a la unidad móvil.

4.4.7.3 Utilización del espectro de frecuencias

El espectro de frecuencias es finito en los sistemas de radio móviles. Geográficamente la localización es un factor importante en la aplicación del concepto de reuso de frecuencias para mejorar la eficiencia de un sistema celular móvil. La disponibilidad de las frecuencias involucra la asignación de canales adecuados en diferentes células que pueden incrementar la eficiencia, así, las técnicas para eficientar el espectro pueden ser:

- Incrementar el número de canales de radio utilizados en bandas angostas, extensión de espectro, o división de tiempo.
- Improvisar reuso espacial del espectro de frecuencias
- Mantenimiento de Frecuencias y asignación de canales
- Improvisación de la eficiencia del espectro en el tiempo
- Reducción de carga de llamadas invalidadas.
 - a) Configuración de llamadas fuera del aire, reducción de la carga de canales
 - b) Servicio de almacenamiento de voz para llamadas no contestadas
 - c) Reenvío de llamadas
 - d) Reducción de los casos de remarcaación por parte del usuario
 - e) Espera de llamada para casos de ocupación de canales
 - f) Contención de llamadas

4.5 Sistemas Analógicos

4.5.1 Canales de radio

El canal de radio es una trayectoria bidireccional de transmisión entre la estación móvil y la radio base. Un canal usa frecuencias de radio separadas, una para transmisión de la estación móvil y una para la transmisión de la radio base. Cada canal forma un canal dúplex. La separación entre esas dos frecuencias es siempre de 45 Mhz.

Cada canal de radio tiene su unidad en una radio base. Su transmisor (Tx) trabaja normalmente a una frecuencia de transmisión preseleccionada (la cual no cambia). Lo mismo se aplica para el receptor (Rx)

La estación móvil tiene solamente una unidad transmisor-receptor sintonizada a una frecuencia de un canal de radio. Sin embargo, puede cambiar de canal automáticamente y sintonizarse a cualquiera de los canales de radio especificados en el sistema.

Todos los canales de radio en la misma célula trabajan a diferentes frecuencias. También sus células vecinas usan otras frecuencias, esto es porque podría ocurrir interferencia debido a que las células vecinas se traslapan. Sin embargo, se emplean los mismos canales de radio en células suficientemente separadas unas de otras geográficamente. Esto se llama reuso de canal y permite la instalación de una alta capacidad de tráfico por unidad de área.

Existen dos tipos de canal:

- A. Canal de voz
- B. Canal de control

4.5.1.1 El canal de voz

Una canal de voz (VC) será seleccionado (en datos) y será tomado por MSC, durante la ocurrencia de una llamada. Cuando la llamada finaliza, el canal se libera para la próxima conversación. Esto se administra por el MSC el cual guarda una lista (en datos) de todos los canales y todos los estados (libre, ocupado, bloqueado). Cuando un canal de voz llega a estar libre, el transmisor de la unidad de voz en la base se apaga. Cuando el canal de voz es tomado el transmisor es encendido; como se mencionó antes, son varios canales de voz en cada célula, normalmente entre 5 y 30. Además de la voz, se puede conducir otra información en cada canal de voz, como lo siguiente:

Tono de supervisión de audio (SAT). Este tono es usado para la supervisión de la calidad de transmisión. El SAT se envía en forma continua durante la transmisión de voz cuando el transmisor de la unidad de voz ha sido iniciado. Puesto que la frecuencia del SAT esta muy por debajo de las frecuencias de voz, no habrá interferencia. El SAT es enviado desde la Unidad de del canal de voz en la radio base y regresado en la estación móvil

Datos. Los datos son enviados en situaciones específicas como por ejemplo durante el handoff. Esto provoca un corte pequeño en la conversación el cual es prácticamente desapercibido. Los datos pueden ser enviados por

- La estación móvil
- El MSC vía la unidad de canal en la radio base
- La unidad de canal en la radio base

Tono de señalización (ST). El tono de señalización que sirve como señalización de línea, se envía solo hacia el abonado móvil, por ejemplo durante el establecimiento de la llamada y la transferencia (Handoff).

4.5.1.2 Canal de control

Existe solamente un canal de control en cada célula. Así, una radio base sirviendo a una célula omnidireccional, está equipada con una unidad de control, y una radio base sirviendo a tres células sectoriales, se equipa con tres unidades de canal de control respectivamente; el canal de control solo es usado para el voceo, el cual es una llamada a un abonado móvil y es enviado por este canal.

Cuando un abonado ha marcado un número para hacer una llamada, la estación móvil envía la información de acceso a MSC (vía radio base). Esto es el porque la función del canal de control en la dirección desde la estación móvil es llamada "Acceso en el canal de control".

Acceso en el canal de control.- El PC es usado en una dirección y el AC en otra en el mismo canal de voceo y acceso combinado (PAC).

La estación móvil perderá la conexión de radio en el canal e control eventualmente cuando se está moviendo en estado libre desde una célula a otra y tendrá que sintonizarse en el canal de la nueva célula.

El cambio de canal de control (o sincronización inicial), se da mediante un rastreo automático de todos los canales de control en operación en el sistema celular. Cuando un canal de control con buena calidad de recepción es encontrado, la estación móvil queda sincronizada en este canal hasta que la calidad se deteriora de nuevo. De esta manera todas las estaciones móviles están siempre en contacto con el sistema.

4.5.1.3 Canales de Acceso

Las llamadas originadas por unidades móviles buscan alguno de los 21 canales configurados y escoge el de señal más fuerte. Debido a que cada canal esta asociado a una célula, los canales configurados más fuertes indican cual célula es para servir. La unidad móvil detecta la información recibida del sitio celular. Así, los monitores de la unidad móvil revisan el estatus de los bits de ocupado/libre sobre el canal configurado deseado y la unidad móvil puede utilizar el canal de regreso correspondiente para inicializar la llamada

Frecuentemente solo un sistema opera en una ciudad dada, para otra instancia, el bloque B puede operar. Cuando la unidad móvil primero busca los 21 canales configurados en el bloque A, dos condiciones pueden ocurrir

- Si no hay canales configurados en el bloque A o no están operacionales, la unidad móvil automáticamente se cambia al bloque B
- Si una señal fuerte es recibida pero no hay mensaje que pueda ser recibido o detectado, entonces el buscador escoge el segundo canal configurado, si el mensaje continua sin recibirse, la unidad automáticamente se cambia al bloque B y busca los canales configurados

Las funciones operacionales se describen a continuación:

- **Potencia de envío al canal configurado para el canal de reenvío (FOCC).** La potencia del canal configurado varía para controlar el número de llamadas entrantes a la célula. El número de llamadas originadas de la célula es limitado por el número de canales de voz en cada célula. Cuando hay mucho tráfico, los canales de voz están ocupados y la potencia de los canales configurados deberá ser reducidos para reducir la cobertura de la célula para llamadas entrantes. Esto fuerza a la unidad móvil a originar llamadas desde otras células, suponiendo que están adecuadamente distribuidas.
- **Nivel de recepción de un canal configurado.** El umbral del nivel del canal configurado esta determinado en orden del control de recepción hacia el control de retorno (RECC). Si el nivel de potencia recibida es más grande que la ofrecida por el umbral del canal configurado, la llamada puede ser tomada
- **Cambio de potencia a la unidad móvil.** Cuando la unidad móvil monitorea la señal más fuerte de los canales configurados y selecciona el canal para recibir mensajes, entonces hay tres tipos de mensajes:
 - a) **Mensaje de control de la estación móvil.** Este mensaje es utilizado para paging y consiste de uno, dos o cuatro palabras DCC,MIN,SCC y VMAX.
 - b) **Mensaje de cabecera de parámetros del sistema.** Este mensaje contiene dos palabras, incluyendo DCC,SID,CMAX o CPA
 - c) **Control de llenado del mensaje.** Este mensaje puede ser enviado con un mensaje de cabecera de parámetro del sistema CMAC, Código de atenuación del control móvil.
- **Reintento de llamada directa.** Cuando un sitio celular no tiene canales de voz disponibles, este puede enviar un mensaje de reintento de llamada a través del canal configurado. La unidad móvil inicializará la llamada de la célula vecina la cual esta en la lista de células vecinas en el mensaje de reintento.

4.5.1.4 Canales de Localización (Paging)

En cada célula tiene su propio canal de configuración (canal de control). El canal asignado para reenvío de cada sitio celular es usado para localización (page) con el mismo mensaje de control de la estación móvil, debido a que el mismo mensaje es transmitido por diferentes canales configurados, no ocurren interferencias en el sistema

Carga de Tráfico en canales configurados y en N canales de Voz. Cuando el tráfico en una célula se incrementa la probabilidad de bloqueo aumenta. Cuando una célula tiene 90 canales de voz (radios), un canal de configuración deberá coordinarlos según las llamadas. Un porcentaje de los sitios celulares toman la llamada móvil sobre el canal de regreso por unos 100ms y el intervalo entre llamadas es de 25 ms. Así, en una hora, el esquema de encolamientos es aplicado al máximo número de llamadas en el canal configurado puede calcularse

$$\frac{3600 \cdot 1000}{125 \text{ms}} = 28800 \text{ _llamadas / hora}$$

La ecuación se basa en la suposición de que las llamadas entrantes de las unidades móviles están esperando los bits de disponibilidad, esto es equivalente al esquema de encolamiento. En general el periodo de espera es de 1 a 2 segundos. Si el canal de configuración está ocupado durante ese periodo, la unidad móvil estará buscando canales disponibles cada 100 ms. y la llamada se bloqueará después de 10 intentos, se puede decir por cada 5 intentos las llamadas por hora son 5760

$$\frac{3600 \cdot 1000}{5 \cdot 125 \text{ms}} = 5760 \text{ _llamadas / hora}$$

Para calcular la carga de tráfico sobre 90 canales de voz. se considera que la probabilidad es de 0.02 y un tiempo de mantenimiento de 100 . de Tablas en el Apéndice C (Diagrama de Erlangs)

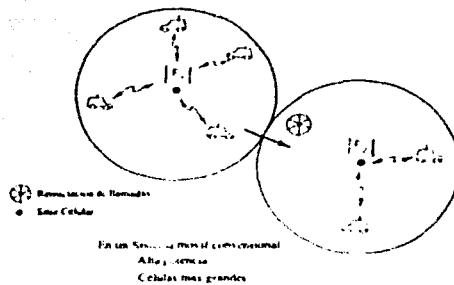
$$a=78.3$$

$$M = \frac{78.3 \cdot 3600}{100} = 2818 \text{ _llamadas / hora}$$

La carga de un canal de configuración es siempre más grande que la portadora con los 90 canales de voz. Una carga de más de 90 canales en un célula no es común. Sin embargo, el número de canales de voz en una célula raramente excede de 120. de aquí que generalmente solo se utiliza un canal de configuración.

4.5.2 Limitaciones de sistemas de telefonía conversacional

Una de muchas razones para el desarrollo de sistemas de telefonía móvil y desarrollo de ellas en muchas ciudades son las limitaciones operativas de los sistemas móviles conversacionales como son: Fig. 4.22



Sistema Móvil Convencional

Fig. 4.22 Sistema Móvil Convencional

Capacidad limitada del servicio: Un sistema conversacional de telefonía móvil es usualmente diseñado para seleccionar uno o más canales de una frecuencia para uso de zonas geográficamente autónomas.

El área de cobertura de las comunicaciones de cada zona es planeado para ser lo más extensa posible, lo cual significa que la potencia transmitida debe ser tan alta como la normas de cada país las establezcan. El usuario que establece una llamada en una zona tiene que reinicializar la llamada cuando se mueve a una nueva zona porque la llamada será cortada. Este es un sistema de radiotelefonía es no deseado ya que no garantiza que la llamada será completada sin la capacidad de transferencia de llamada.

Otra desventaja del sistema conversacional es que los números de usuarios activos están limitados al número de canales asignados para cada zona de frecuencias en particular.

4.5.3 Control de la estación móvil sobre el canal de voz

La pérdida en la continuidad del radio-enlace se produce mientras una estación móvil se sintoniza a un canal de voz. Una caída se inicia cuando no se presenta el tono de SAT. Si transcurren más de 5 s, la estación móvil deberá apagarse.

La confirmación de la inicialización del canal de voz cuenta con 100 ms para recibir la asignación del canal de voz, y así determinar el número de canal y la localización, lo que deberá replicarse en la estación móvil y la estación terrena.

Alertando:

1.- Esperando por la orden:

- a) Si una orden no puede ser recibida en 5s, se termina la llamada.
- b) Orden recibida. Si la orden es recibida con menos de 100 ms, se tomará alguna de las siguientes acciones.

Transferencia de llamada

- Se apaga el Local ("HOME") de la estación terrena
Un tono de 10 kHz se envía por 50 ms después del tono de SAT
Se apaga el tono de señalización
Se apaga el transmisor
- Se prende el nuevo sitio, ajustando el nivel de potencia.
Se prende el nuevo canal
Se ajusta el SAT
Se ajusta el SCC
Se prende el transmisor

- ❖ Alerta. Una vez iniciado el tono de señalización, se cuenta con 500 ms para responder y esperar a una nueva instrucción.

- ❖ Autenticación:
Se envía un tono de señalización por 1.8s
Se detiene el tono de señalización
Se deja de transmitir

- ❖ Auditar
Se envía confirmación del mensaje a la estación terrena, y se detiene el timer por 5s.

- ❖ Mantenimiento
Se prende el tono de señalización, por 500ms y se queda en espera de respuesta.

- ❖ Cambio de potencia
Se ajusta el transmisor al nuevo nivel
Se envía una confirmación a la estación terrena
Si la opción de control local esta habilitada en la estación móvil, el control local ordena.

II.- Espera de respuesta

Después de realizar peticiones de la estación terrena, la estación móvil está en estado de espera. Un tiempo de alerta deberá cambiarse a 65s. Si no hay respuesta en 65s, la llamada es terminada.

Seleccionando un canal de voz: Se asume que la unidad móvil llama o responde a una llamada a través del canal de regreso recibido desde una antena omnidireccional, y los canales de voz están asignados desde un canal de configuración de reenvío a una de los 3 sectores de 120 grados de las antenas direccionales.

Asignación de un canal fijo para los sitios celulares: En la asignación de canales fijos, los canales son usualmente asignados para sitios celulares con estancia por periodos largos. Dos tipos: Canales de configuración y canales de voz

Canales de configuración: Hay 21 canales de configuración asignados a cada célula en un K=4, K=7 o K=12 patrones de reuso de frecuencias. Si la antena del canal de configuración es

omnidireccional, entonces cada célula sólo necesita de un solo canal de configuración. Esto deja muchos canales de configuración sin utilizar. Sin embargo los canales de configuración de los bloques A y B son ajustados uno al otro para evitar interferencias entre los dos sistemas.

4.5.4 Tasa de llamadas perdidas

La tasa de llamadas perdidas son las llamadas que se han establecido pero han terminado de forma anormal. La definición de llamada establecida significa que la llamada configuró correctamente el canal. Es probable que la llamada se haya perdido por una señal pobre, problemas de realización de la transferencia de la llamada, etc..

Las causas mas comunes sobre las tasas de llamadas perdidas a causa de los subscribers son:

- La unidad subscriptor no funciona apropiadamente (Necesita reparación)
- El usuario opera la unidad desde un vehículo (utilizar mal)
- El usuario no sabe como obtener la mejor recepción de la unidad móvil.

La tasa de llamadas perdidas puede ser muy baja si no se le da mantenimiento al canal de voz. La tasa de llamadas perdidas y el nivel de calidad de la voz son inversamente proporcionales. En diseños de sistemas comerciales, el nivel de calidad de voz esta dada en relación de C/I o C/N y la tolerancia al codificador de voz. Para dar mantenimiento a la calidad de los canales de voz, la tasa de llamadas perdidas puede calcularse tomando los siguientes factores:

- Proveer una cobertura de señal basado en el porcentaje de señal (Normalización), en la practica es difícil debido al terreno y otros factores.
- Mantener los niveles de interferencia por co-canal en momentos de alta ocupación de los canales

Calcular la tasa de llamadas perdidas debidas a caídas en las comunicaciones con los radioenlaces y respuesta de los tiempos de handoff.

- Las señalizaciones de transferencia de llamada y el algoritmo de MAHO impactan en la tasa de llamadas perdidas
- La relación de la calidad de voz, capacidad del sistema y tasa de llamadas perdidas expresadas a través de parametros comunes como C/I

4.5.5 Plan de numeración

Número de abonado: Toda la red telefónica está dividida en un plan de numeración por áreas. El plan de numeración de la telefonía celular puede también ser considerado como un área separada del plan de numeración, cuyo acceso se logra marcando un código de troncal separado

El número telefónico móvil a ser marcado se puede describir de la siguiente manera:

Prefijo de troncal + Código Troncal (área) + Número abonado

Cuando una llamada internacional es hecha hacia un abonado móvil , se marca primero el prefijo internacional , seguido del código del país, el código de troncal y del número del abonado .

4.5.6 Búsqueda de Número (Roaming)

El número es usado temporalmente en la red telefónica para enrutar llamadas hacia el MSC-V donde un abonado fuera del área de servicio local será localizado. En México , la compañía que maneja la banda B maneja el número Roaming idéntico al número de abonado (Roaming automático).

Plan de radio numeración: Número de estación móvil (MSNB), también llamado Identidad Internacional de Estación Móvil (IMSI). Identifica la suscripción en la trayectoria de radio. Es el número de la estación enviado por una estación móvil (vía radio base). El uso del número de la estación móvil habilita a una estación móvil perteneciente a la red celular para " vagar " (roam) en otras redes, tanto nacionales como internacionales y ser capaz de identificarse por si misma, independiente del plan de número telefónico de la red en la cual se localiza el abonado actualmente.

El formato MSNB conforme a las recomendaciones del CCITT es :
Código de país móvil (3 dígitos) + código de la red (1 dígito) + identidad de la estación (6 dígitos) . Cada número de estación móvil esta conectado en datos al Central de casa (MSC - H). El sistema de telefonía celular (MSC) realiza las traducciones de los números de abonados al correspondiente número de la estación y viceversa.

Número de serie, este número identifica únicamente a una estación móvil. El número de serie es usado para protección contra el uso sin autorización de una estación móvil (por ejemplo : una estación móvil robada) . A cada estación móvil manufacturada se asigna un número de serie. Se le puede solicitar a las estaciones móviles el número de serie junto con el número de serie de estación móvil.

Durante una llamada desde un abonado móvil, la estación móvil enviara el número de la estación móvil, el número de serie y el número marcado.

Tasación, es realizada por el método de herramienta de pago (Tool Ticketing) . El abonado móvil será facturado en el MSC desde el área de servicio en la cual llama. Los datos de tasación para cada número de abonado que llama o es llamado son: números de abonado llamador o llamado día, tiempo, duración de la llamada, etc. Se registran en una cinta IT esta es post procesada (llega a manejar mas de 200000 llamadas)

Es posible enviar información de tarifa desde el MSC hasta la estación móvil, con el objeto de habilitar la medición local. La señal solo era enviada a las estaciones móviles, estas tienen la categoría de tasación móvil.

4.5.7 Operación Sistemas Analógicos

La operación de sistemas celulares puede ser dividida en cuatro partes y un procedimiento de transferencia de llamada.

- Inicialización de la unidad móvil. Cuando un usuario situado en un automóvil activa el receptor de una unidad móvil, el receptor busca 21 canales configurados, los cuáles son designados de un total de 416. Esta entonces selecciona la señal más fuerte y la reserva por un cierto tiempo. Cada sitio celular tiene una configuración diferente de canales, esto permite reservar la señal más fuerte, lo cual significa que selecciona la célula más cercana al sitio. Este esquema de semilocalización es usado en un área disponible y da independencia al usuario. Es una gran ventaja debido a que elimina carga de transmisión al sitio celular para localización de unidades móviles. Las desventajas del esquema de semi-localización es que no existe información sobre la localización de unidades celulares disponibles. Así, cuando se inicializa desde los límites de una zona celular el proceso de paging es más largo.
- Llamada originada del móvil. Un usuario al marcar un número origina una llamada desde la unidad móvil. La petición para el servicio es iniciada al presionar el botón "send", y se obtiene un canal seleccionado de un esquema de semi localización. La célula recibe la petición, direcciona el sitio celular y selecciona la mejor antena directiva para usarla para el canal de voz. Al mismo tiempo el sitio celular envía una petición a la oficina telefónica de switching (MTSO) vía un enlace de alta velocidad (microondas). El MTSO selecciona un canal apropiado de voz para toda la llamada, el sitio celular actúa sobre él a través de la antena directiva y un enlace a la unidad móvil. El MTSO también se conecta por cable a la compañía telefónica de la zona.
- Llamada originada de la red. Una unidad en la red telefónica celular marca a un número de una unidad móvil. El MTSO reconoce que el número es móvil y reenvía la llamada al MTSO. El MTSO envía un mensaje de paging a un cierto número de sitios celulares basándose en el número de la unidad móvil y el algoritmo de búsqueda. Cada sitio celular transmite la pagina de su propio canal configurado. La unidad móvil reconoce su propio identificador de configuración, lo reserva al sitio celular. La unidad móvil sigue las instrucciones de ajuste al canal de voz asignado.
- Llamada de terminación. Cuando el usuario móvil deja de transmitir, una señal particular (tono de señalización) se transmite al sitio celular, y ambos lados liberan el canal de voz.
- Procedimiento de Handoff. Durante una llamada las dos partes están en un canal de voz. Cuando la unidad móvil se mueve fuera del área de cobertura del sitio celular en particular, la recepción se empieza a deteriorar. El sitio celular actual realiza una petición de handoff. El sistema cambia la llamada a un nuevo canal de frecuencia en un nuevo sitio celular sin realizar ninguna interrupción en el servicio, y así se va intercambiando, según el usuario se continua desplazando o hasta que termine la llamada.

Inicialización de la llamada.

- Cuando el sistema de acceso es iniciado se activa un temporizador

Iniciación de origen	max.	12s.
Respuesta page	max.	6s.
Otra respuesta	max.	6s.
Registro	max.	6s.

- Acceso a canal de acceso: Se escoge uno o dos canales con la señal mas fuerte. Si la petición al servicio no puede ser completada, la estación móvil puede seleccionar el segundo canal de acceso (llamado canal de acceso alterno).
- Canal de control para regreso
- Estado BIS = 1: La estación móvil esta lista para enviar. La estación terrena puede preguntar a la estación móvil para checar y esperar para el bit de mensaje de cabecera (WFOM):
WFOM = 1 La estación móvil espera actualizar la información de cabecera
WFOM = 0 Tiempo de retardo aleatorio (0 a 92 ms.) y envío de petición de servicio.
- Estado BIS = 0 : Esta es la condición de estado de "busy" ocupado. La estación móvil incrementa NBSY por 1, y tiene que esperar un intervalo aleatorio de 0 a 200 ms para checar el estado del BIS (0 a 1) de nuevo.
- Intentos para acceder a parámetros: Máximo de 10 intentos. Hay un intervalo de retardo de 0 a 92 ± 1 ms. Para cada intento de obtener el estado BIS, la unidad móvil espera el BIS = 1 para empezar a transmitir potencia y contestar las peticiones.
- Actualización de la información de cabecera: Se deberá actualizar la información de cabecera en cada estación móvil en 1.5 s. Después de que la llamada se inicializó.
- Retardo después de falla: La estación móvil examina el acceso cada 1.5s; si no ha expirado, el acceso se mantendrá hasta que se presente alguna falla. La cual puede ser una de las siguientes tres:
 - a. Colisión con mensajes de otra unidad móvil. La colisión ocurre en los primeros 56 bits
 - b. La estación terrena no recibe los bits de señalizaciones.
 - c. La estación terrena recibe los bits de señalización pero no puede interpretarlos y responder

Cuando esta situación se presenta, la estación móvil reintentará conectarse en un tiempo aleatorio de 0 a 200 ms.

- Servicio de peticiones de mensajes: Una petición de servicios que continuamente es enviada a la estación terrena, contiene como máximo 5 palabras A,B,C,D y E. Después de enviado(s) el(los) mensaje(s) los modula la estación móvil y los demodula la estación terrena, ahí se completa el envío del mensaje que toma aproximadamente 25 ms.

Espera de la respuesta a mensaje: Si no hay respuesta de la petición después de 5s. la llamada es terminada, y unos 120 impulsos por minuto en un tono rápido es generado por el usuario. Si decodifica los MIN bits antes de los 5 segundos, la estación móvil responderá con los siguientes mensajes:

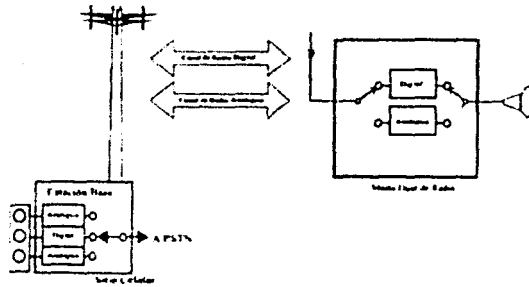
- Inicializa el canal de voz designado por el mensaje. Actualiza los parámetros como lo especifica el mensaje.
- Para un mensaje de reintento, la estación móvil deberá revisar la potencia de cada canal y así escoger entre los dos canales para una mejor señal. La estación móvil se sintonizará con el canal con la señal mas fuerte.

4.6 Sistemas Digitales

Poco después de que los sistemas analógicos fueron introducidos, se consideró que eran robustos, de alta capacidad, y de tecnología inalámbrica de bajo costo para los consumidores. En 1988, la Asociación de la Industria de Tecnología Celular (CTIA) y los Subcomités de Radio Tecnología Avanzada (ARTS) establecieron los requerimientos que deberían seguir para la introducción de tecnología costo-eficiencia y con nuevas características (Tecnología Digital), se creo los Requerimientos de desempeño de Usuario (UPR) el cual indica las metas de la nueva tecnología, considerando un tiempo de vida para esta tecnología de 10 años. Este documento no se enfoca a ninguna tecnología sino a los requerimientos de usuario como son:

- Incremento de la capacidad del sistema en comparación al AMPS
- Utilización de modo Dual (Analógico-Digital) durante las transiciones entre analógico y digital.
- Proveer nuevas características (p.e. Servicio de mensajes cortos)
- Asegurarse que el equipo estuviera disponible para 1991
- Establecer estándares para alta calidad en el servicio
- El sistema debe operar con el Actual AMPS, entre otros

Como resultado se obtuvieron primeros Sistemas Digitales como son: Interim Standard 54 (IS-54) usa Acceso por Multiplexaje en División de Tiempo (TDMA) y fue lanzado en 1991, sin embargo el TDMA IS-54 no cumplió con todas sus metas y por lo que fue creado el IS-54, El Centro de Conmutación Móvil realiza algunas funciones como la Oficina de Conmutación móvil telefónica (MTSO), las modificaciones para el MTSO para actualizar a sistema digital incluyeron Software, Hardware y otras interfaces de comunicaciones. Fig. 4.23



Sistema Celular en Modo Dual (Analógico/Digital)

Fig. 4.23 Sistema Celular Dual

En 1982, la CEPT ayudó a encontrar un proceso para estandarización de la siguiente generación de sistemas celulares europeos. Por lo que se estableció el grupo especial de estándares móviles GSM (Sistema de Comunicaciones Globales). En 1985 la CCITT creó la lista de recomendaciones técnicas que se debían utilizar para actualizar el sistema, esta tecnología permitió incrementar la capacidad de suscriptores y compartir el mismo espectro, para dar servicio a múltiples usuarios en el mismo canal. Se asigna a cada uno una trama de tiempo con códigos únicos separados por cada llamada. Esta técnica reduce el tamaño del espectro necesario, y permite a más suscriptores usar una misma área de servicio, de esta forma se reduce el costo de equipo por consumidor.

Para actualizar el sistema para un servicio digital, los canales digitales reemplazan los canales analógicos o se agregan racks a la estación base. Los proveedores de sistemas digitales simplemente proveen canales digitales que reemplazan a los canales analógicos, tales reemplazos pueden proveer servicio analógico o digital. Los mismos sistemas pueden autoevaluarse de varias formas: eficiencia de canales y eficiencia en infraestructura, espectral, eficiencia y medición de conversaciones que puede ser asignadas por ancho de banda por unidad de servicio de área.

Descripción de un radio móvil (medio de transmisión): Atenuación en la propagación. En general, la pérdida en el patrón de propagación se incrementa no solo con la frecuencia, sino también con la distancia. Si la altura de la antena al sitio celular es de 30 a 100 metros, la unidad móvil está cerca de los 3 metros, y la distancia entre el sitio celular y la unidad móvil es usualmente dos kilómetros o más, entonces los ángulos de incidencia θ_i y de ambos, crean un ángulo de onda incidente y otro ángulo de onda reflejada θ_r . θ_i es también conocido como ángulo de elevación, el patrón de pérdida por propagación es de 40 dB/dec, o sea, la señal de recepción se atenúa 40 dB en una unidad móvil que se mueve de 1 a 10 Km. Fig.4.24

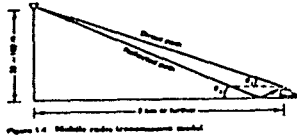


Fig. 4.24 Modelo de transmisión móvil

Así se puede dar la relación:

$$C \propto R^{-4} = \alpha R^{-4}$$

Donde C= la potencia de la portadora recibida

R= distancia medida del transmisor al receptor (-440dB/decada)

α = constante

Así, la diferencia entre la potencia de recepción a dos diferentes distancias R_1 y R_2 resulta:

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{-4} \quad \Delta C (dB) = C_2 - C_1 (dB)$$

$$\Delta C (dB) = 10 \log \frac{C_2}{C_1} = 40 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)$$

y expresado en decibeles

donde $R_2 = 2R_1$, $\Delta C = -12dB$; donde $R_2 = 10R_1$, $\Delta C = -40dB$

Los 40dB/dec es la regla general para las variables de radio móviles y de manera análoga en comparación con la propagación con el espacio libre es de 20 dB/dec

$$\Delta C (dB) = 10 \log \alpha = 20 \log \left(\frac{R_1}{R_2} \right)$$

Nivel de ruido en la banda de frecuencia celular: El ruido térmico kTB a una temperatura T de $17^\circ C$ y un ancho de banda B de 30 kHz es de -129 dBm. Si se asume que el ruido del front-end es de 9 dB, entonces el nivel de ruido es de -120 dBm. Una señal de radio recibida por una antena receptora de un sitio celular o de una unidad móvil será amplificada. Cuando la señal que se amplificara es una señal pequeña, puede ser afectada por ruido, se considera que el amplificador tiene una potencia disponible y una ganancia g y la potencia de ruido es N_i . La relación señal a ruido de entrada se define como P_s/N_i , y la relación señal a ruido de salida como P_o/N_o , y el ruido interno generado como N_g de esta forma se puede definir la relación de salida como:

$$\frac{P_o}{N_o} = \frac{g P_s}{g(N_i) + N_g} = \frac{P_s}{N_i + (N_g/g)}$$

Y la figura de ruido se define como:

$$F = \frac{\text{Relación señal a ruido máxima posible}}{\text{Actual señal a ruido}}$$

Al realizar la sustitución

$$F = \frac{P_o / kTB}{P_o / N_o} = \frac{N_o}{(P_o / P_s) kTB} = \frac{N_o}{g(kTB)}$$

el termino kTB es el ruido térmico.

$$F = \frac{P_o / kTB}{P_o / [N_s + (N_o / g)]} = \frac{N_s + (N_o / g)}{kTB}$$

Proceso de llamada:

Inicialización: Cuando un usuario prende su unidad móvil:

- La Estación Móvil deberá sintonizarse al canal de control con la señal mas fuerte (usualmente uno de 21 Canales) en 3 s. Un parámetro del sistema será entonces recibido.
- Si no se puede completar esta tarea sobre un canal de control dedicado, se cambia a un segundo canal de control e intenta completar la tarea sobre los siguientes 3 segundos.
- Comprueba el estado de la preferencia del sistema Disponible/No Disponible (Enable/Disable). Enable = Sistema A, Disable = Sistema B.

Selección del canal de Paging

- La estación móvil deberá sintonizar el canal de paging mas fuerte en 3s. Generalmente los canales de paging son canales de control
- Igualación de page. Si el estado ROAM es DISABLE, la estación móvil deberá intentar empatar con una o dos palabras. Pero si ROAM es ENABLE deberá empatar con mas de dos palabras
- Orden. Después de empatar el MIN, responderá a la orden.
- Canales de acceso por búsqueda: Debido a que hay unidades móviles con mucho movimiento, se deben actualizar constantemente los canales, por lo que se vuelven a buscar canales cada 2 a 5 minutos de intervalo, dependiendo del fabricante de las unidades móviles.

Configuración de los canales: La configuración de canales, también es llamada "canales de control", son los canales designados para realizar las llamadas. Un sistema puede ser operado sin canales configurados, estos sistemas utilizan todos los 333 canales en cada sistema celular (bloque A y bloque B). Pueden ser canales de voz, sin embargo, cada unidad móvil deberá buscar los 333 canales configurados continuamente y detectar señalizaciones. Un consumidor que desee inicializar una llamada deberá buscar todos los canales disponibles (sin ocupar) para usarlo. En un sistema celular se implementa el concepto de reuso de frecuencias, en este caso los canales configurados actúan como canales de control. Los 21 canales configurados son tomados del total de canales. El número 21 se deriva del reuso de frecuencias de la siete células a 120° (1 célula hexagonal + 6 por cada cara de la célula / (3 sectores de $360^\circ/120^\circ$) $7*3 = 21$, cuando el tamaño de la célula decrezca, el uso de los canales configurados deberá incrementarse.

Los canales configurados por el uso son clasificados en dos tipos: canales de acceso y canales de paging. Un canal de acceso es usado para las llamadas originadas por la unidad móvil y los canales de paging para las llamadas originadas por la estación terrena. En un sistema de tráfico bajo, los canales de acceso y los canales de paging son iguales. Por esta razón, un canal configurado es a veces llamado canal de acceso y a veces llamado canal de paging. Normalmente los canales configurados se utilizan para dos tipos de operaciones, como canales de reenvío y como canales de regreso.

Especificaciones de la Estación Terrena:

Potencia: La máxima potencia efectiva radiada (ERP) y la altura de la antena sobre un terreno uniforme (HAAT) deberá tener 100W a HAAT de 150 metros. Normalmente la potencia transmitida es de 20 W a una altura de 30 metros en terreno regular.

Limites en la emision: Se debe contar a una distancia de 100 pies o más de 500 $\mu\text{V}/\text{m}$

Proceso de llamada: Se envía una cabecera en el mensaje para identificar el SID1 y el número de canal de paging.

Funciones extras para la inicialización de la estación terrena: Sobre la cabecera el mensaje, se incluye el identificador del sistema (SID1) y el número de pagina del canal (N).

Canal de control: Dentro de la cabecera del mensaje se indica el valor del número serial (S), Si $S=1$ todas las estaciones móviles deberán enviar su número serial durante el acceso, Si $S=0$ no necesitan enviar el número serial

Registro: La estación terrena es capaz de registrar estaciones móviles.

REGH = 1 Habilita el registro de estaciones móviles "HOME"

REGH = 0 Otro

REGR = 1 Habilita el registro para estaciones en "ROAM"

REGR = 0 Otro

Transmisión discontinua (DTX)

DTX = 1 Permite a las estaciones móviles usar transmisión discontinua para canales de voz (permitiendo una reducción de potencia)

DTX = 0 Otro.

Número de canales de paging(N)

Lector de mensajes de control(RCF)

Número máximo de canales de acceso (CMAX)

Control Local: Control sobre usuarios "HOME" y "ROAM"

Acceso a nuevos canales de Acceso: Permite el cambio de canal por el secundario de mejor potencia de la señal.

Registro Id: Es el número de identificación de la estación terrena.

Rebúsqueda: Continuamente realiza la acción de buscar nuevos mensajes que requieran las estaciones móviles para inicializar tareas.

Sistemas Celulares Digitales: Los sistemas celulares digitales existentes son GSM, NA-TDMA, CDMA, PDC, y 180-DCS, los sistemas analógicos están limitados al esquema de técnicas de acceso por división de frecuencias (FDMA), en sistemas digitales se pueden utilizar (FDMA), acceso por división de tiempo (TDMA), y acceso por división de códigos (CDMA). Cuando los esquemas de acceso se escogen para un sistema en particular, todas las funciones, protocolos y red se tiene que asociar al nuevo esquema.

Sistema Global Móvil (Global System for Movil GSM): Se desarrollo en 1982 con dos objetivos.

Roaming para Pan-European, el cual ofrece compatibilidad sobre el continente Europeo e interactua con los servicios en una red digital (ISDN). A esta fecha se le han realizado 35 revisiones, consiste de varios subsistemas tales como una estación móvil (MS), la base de subsistema (BSS), la red y los subsistemas de switch (NSS) y el subsistema de operacion (OSS)

La estación móvil. La MS soporta para ciertos servicios la conexión de terminales externas, tal como una interfase para computadoras personales o fax. La MS incluye el equipo móvil (ME) y un módulo de identificación del subscriptor (SIM). El ME no necesita ser personalmente asignado a un subscriptor. El SIM es un modulo de subscriptor que almacena toda la informacion relacionada al subscriptor. El ME no esta asociado con el número marcado, es solo el enlace al SIM. Fig. 4.25

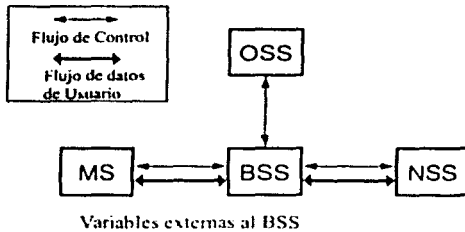


Fig. 4.25 Diagrama de bloques del sistema GSM

Subsistema de estación base. El BSS se conecta al MS a través de una interface de radio y también conecta al NSS. El BSS consiste de una estación de radio (BTS) localizada en el sitio de la antena y controlada por la estación base (BSC) que puede controlar varios BTS's. El BTS consiste de equipos transmisores y receptores de radio similares al ME en un MS. Una unidad adaptada de codificación (TRAU) conduce la voz codificada y una tasa de adaptación para transmitir datos. Una subparte del BTS, el TRAU puede ser situado lejos del BTS, usualmente en el MSC. En este caso, una tasa baja de transmisión de codificación de canales de voz permite comprimir la transmisión entre el BTS y el TRAU, la cual se sitió en el MSC.

El GSM (Fig. 4.26) utiliza interconexión con sistemas abiertos (OSI). Hay tres interfaces comunes basadas en OSI:

- Una interface común llamada "interface de aire" entre el MS y el BTS
- Una interface A entre el MSC y el BSC
- Interface de A bits entre el BTS y el BSC

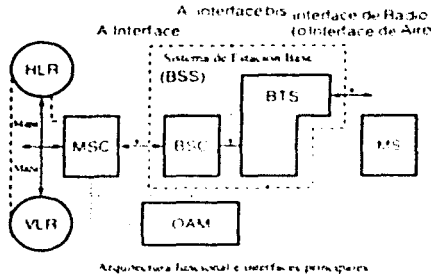


Fig. 4.26 Arquitectura funcional e interfaces principales GSM

Con esas tres interfaces comunes el operador del sistema puede proporcionar el producto de la compañía fabricante A para una interface con el producto de otra compañía B. La diferencia entre las interfaces y los protocolos es que la interface representa el punto de contacto entre dos

entidades adjuntas (equipo y sistema) y el protocolo provee el flujo de información a través de la interface.

Red y Subsistema de Switch. El NSS (Fig. 4.27) en GSM usa una red inteligente (IN). Una señalización de NSS incluye las funciones principales de conmutación de GSM. Los NSS manejan la comunicación entre los usuarios de GSM y usuarios de telecomunicaciones. Los NSS consisten de :

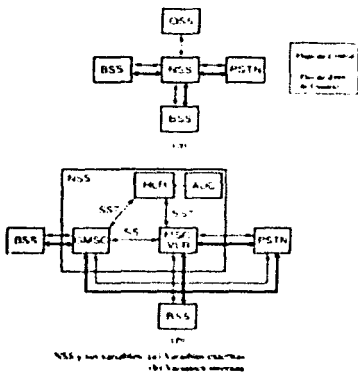


Fig. 4.27 NSS y sus variables

Centro de Switch de servicios Móviles (MSC). Coordinan las llamadas hacia los usuarios de GSM. Un control MSC sirve para varios BSCs

Función de Inter operación (IWF). Es una salida para el MSC hacia la interfase con redes externas para comunicar a los usuarios hacia fuera del sistema.

Registro de localización de HOME (HLR). Consiste de una computadora sin capacidades de conmutación, una base de datos que contiene la información del suscriptor, y la información relacionada a el. Una subdivisión del HLR es el centro de autenticación (AUC). El AUC maneja la seguridad de datos para la autenticación del suscriptor. Otra subdivisión del HLR es el equipo de registro de identidad (EIR) el cual almacena los datos del equipo móvil (ME) o datos relacionados al ME.

Registro de la ubicación del visitante (VLR). Enlaza a uno o mas MSCs, temporalmente almacena datos de una suscripción al correspondiente MSC, mantiene datos detallados del HLR.

Punto de transferencia de señalización (STP). Es un aspecto de la función del NSS como un sólo nodo o en el mismo equipo como el MSC. STP optimiza el costo de transporte de señalizaciones de MSC/VLR, GMSC y HLR.

Operación de Subsistemas: Hay tres áreas de OSS.

- 1.- Operación de la red y manejo de las funciones.
- 2.- Manejo de las Suscripciones, incluyendo cargos y cobros
- 3.- Manejo del equipo móvil

Esas tareas requieren interacción con alguno o toda la infraestructura del equipo. OSS se implementa en cualquier red existente. Fig. 4.28

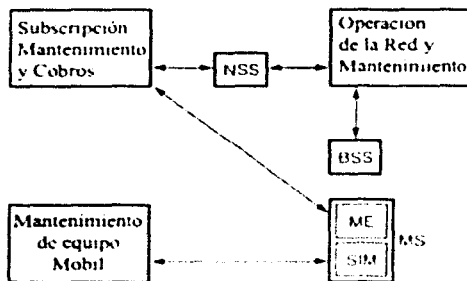


Fig. 4.28 Organización del OSS

Modelo de Capas (Modelo OSI)

La interconexión con Sistemas Abiertos (OSI) de GSM consiste de 5 capas. Fig. 4.29

- Transmisión (TX)
- Manejo de los recursos de radios (RR)
- Manejo de la movilidad (MM)
- Manejo de las comunicaciones (CM)
- Administración y mantenimiento (OAM)

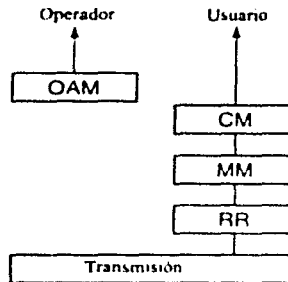


Fig. 4.29 Planes funcionales de GSM

La transmisión se realiza entre el MS y el BTS. El RR se refiere al protocolo para el manejo de la transmisión sobre las interfaces de radio y provee estabilidad entre el enlace de MS y el BSC. El BSS cumple algunas de las funciones del RR. El MM maneja las bases de datos de los suscriptores, incluyendo datos y manejos de autenticaciones, SIM, HLR y AUC. El NSS es un elemento significativo del CM y se compone de :

- o Llamada de control. El CM configura, mantiene y libera las llamadas. El CM interactúa con una parte de MSC/VLR, GMSC, IWF, y HLR para servicio de mantenimiento orientando a los circuitos, incluyendo voz y circuitos de datos.
- o Manejo de servicios suplementarios. Permite a los usuarios tener algo de control de sus llamadas sobre la red, y tiene variaciones específicas desde un servicio básico.
- o Servicio de mensajes cortos (SMS). Se necesita configurar conexiones de señalizaciones entre la estación móvil y el MSC. Las dos funciones principales del SMS son:
 - Mensajes cortos originados por la Estación Móvil
 - Mensajes cortos terminados por la Estación Móvil.

Transmisión de Voz: Una señal analógica de voz de 4 kHz se convierte a una señal digital de 64 kbps, entonces el convertidor la disminuye a una de 13 kbps antes de la modulación. Usando una tasa de 13 kbps ocupar menor ancho de banda y permite más canales para un mismo ancho de banda dado.

Usos de la voz digital:

- 1.- Excitación regular de pulsos (RPE). Genera los impulsos de ruido para simular la voz natural.
- 2.- Código de predicción lineal (LPC). Genera una forma de onda de la voz para usarla como un filtro con ocho coeficientes transmitidos con un tramo de 20 ms; 260 bits representan a 20 ms de tiempo de habla. Hay dos modos de transmisión de voz en GSM, continua (modo normal) y discontinua.

El modo de transmisión discontinuo (DTX) decreta la eficiencia de la codificación de la transmisión de una tasa de 13 kbps a 500 bps, un dispositivo de actividad de voz (VAD) detecta el modo DTX. En el protocolo de voz, la detección de silencio (SID) precede el inicio de el DTX. El codificador de voz provee un bit adicional de información el cual indica la estructura que necesita ser enviada, dependiendo el algoritmo del VAD.

Un SID inicia cada periodo de inactividad y se repite al menos un par de veces por segundo, durante el periodo de inactividad de la voz determinado por el VAD, y durante cualquier periodo inactivo, un ruido artificial es generado al receptor, substituyendo el ruido de fondo.

Servicio de datos. La tasa mas alta de transmisión de datos es de 9600 bps y tiene dos diferentes modos. Un mecanismo de envío de errores provee una transmisión transparente (T). En un modo no transparente (NT) la información es repetida constantemente hasta que llegue a su destino, y puede también realizar peticiones repetidas automáticas (ARQ). Se utilizan tres diferentes tasas de transmisión de usuario 2400 bps, 4800 bps y 9600 bps. Después de la inserción de los bits auxiliares de información correspondientes las tasas crecen a 3.6 kbps, 6 kbps y 12 kbps.

La tasa de datos del GSM es alrededor de 12 kbps (6 kbps sobre medio canal) en una conexión NT, pero la calidad varia de acuerdo al servicio y el retardo en la transmisión. Generalmente, el modo NT tiene menor error en la transmisión pero también menor velocidad. Los datos del usuario son divididos en bloques de 200 bits, y adicionalmente de información de redundancia auxiliar, así llegan a crecer hasta 240 bits por bloque.

BIBLIOGRAFÍA

- **Cellular and PCS**
Lawrence Harte, Steve Prokup y Richard Levine
Mc. Graw Hill
2000
- **Mobile celular telecommunication: Analog and Digital**
Lee William
Mc. Graw Hill
1999
- **Analog Communication System**
Balston D.M.
Artech House
1993

Paginas Electrónicas:

- <http://www.itu.int/newarchive/press/pp48/document.es>
- <http://www.telefoniamovistar.com/pe/news2.htm>
- <http://www.revista.unam.mx/vol2/num2/art3.html>

Capitulo V
Sistemas de 3^a
Generación

Introducción

Actualmente existe un continuo crecimiento de los servicios de voz para las comunicaciones móviles. No obstante, el desarrollo paralelo de las tecnologías de Internet incrementará la demanda de nuevos y revolucionarios servicios de comunicaciones móviles, basados en distintos tipos de transmisión de datos. El sistema GSM esta actualmente lidereando esta industria de las comunicaciones móviles, permitiendo el desarrollo de una nueva era de la comunicación, la comunicación MultiMedia Personal (PMM). Esta continua evolución del sistema GSM hacia servicios de datos más capaces será completada con el desarrollo del sistema de Tercera Generación.

La industria de las telecomunicaciones móviles, esta viviendo la era de los servicios de Comunicación Personal (PCS) dominada por las comunicaciones de voz. El crecimiento de los ingresos que obtiene el operador gracias a los servicios de transmisión de voz, continúa siendo muy importante.

La transmisión de voz está incesantemente pasando a ser móvil. Una buena parte del crecimiento en las suscripciones de telefonía se debe a la migración de usuarios desde redes fijas a redes móviles. Este intenso crecimiento traerá como resultado cerca de 1.000 millones de usuarios de telefonía móvil en el año 2005 conforme se extiende el uso de los ordenadores personales y de los servicios basados en Internet.

La segunda generación de sistemas inalámbricos (2G) incluye el Sistema Global Móvil de comunicación (GSM, IS-135), el Acceso por División de Códigos (CDMA, IS-95), en Japón el Sistema Celular Digital Personal (PDC), y Sistemas de Teléfono de Mano Personal (PHS). GSM es el estándar móvil de radio con la más alta penetración en el mundo. Estos sistemas 2G son limitados en su tasa de transferencia de datos máxima. Por otra parte el porcentaje de usuarios de multimedia móvil podría incrementarse significativamente después del 2001. La Asociación GSM y operadores de GSM, están contemplando un alto grado de asimetría entre la demanda de datos transmitidos y recibidos (uplink y downlink) (p.e. acceso a internet) con una alta capacidad requerida en los datos recibidos.

Con la entrada de 3ª generación se ofrecerán más servicios que los actuales que operan con bajas tasas de transmisión en voz y datos, los servicios se ubicarán sobre una de las siguientes tres categorías básicas:

- Datos de computadora con acceso a Internet, e-mail, transferencia de imágenes en tiempo real, transferencia de documentos multimedia y computadoras móviles
- Telecomunicaciones con movilidad, videoconferencias, GSM, Servicios integrados de redes digitales, videotelefonía y servicios de banda ancha.
- Contenido audiovisual con demanda en video, servicio interactivo de video, noticias electrónicas, telemercado, servicios para internet de valor agregado, televisión y contribución en la radio

5.1 IMT-2000

La tercera generación de sistemas móviles celulares (IMT-2000) nació con el objetivo de superar las limitaciones de los sistemas móviles de segunda generación. Estos últimos superaban a su vez a los analógicos -la primera generación- por su tecnología digital, mayor eficiencia espectral y la capacidad de transmitir datos de forma nativa y de cifrado. Sin embargo, desde el lanzamiento de los sistemas de segunda generación (GSM en Europa, PCS en América y PDC en Japón) se planteó la necesidad de superar ciertos inconvenientes, iniciándose el estudio de alternativas viables para la tercera generación. Ya en 1992 se reserva espectro para el futuro sistema de telefonía móvil terrestre. La Unión Internacional de Telecomunicaciones y Radio (UIT-R) desarrolló la especificación para la IMT-2000. El IMT-2000 es un acrónimo de Telefonía Móvil Internacional del año 2000. La UIT-R esta definiendo los estándares para telefonía inalámbrica de tercera generación. El IMT-2000 fue creado para facilitar el desarrollo de estándares para habilitar la infraestructura inalámbrica global en conjunto con sistemas terrestres y satélites de acceso fijo y móvil para redes públicas y privadas. El IMT-2000 incluye la capacidad de habilitar usuarios inalámbricos para comunicarse desde cualquier parte del mundo, previendo cobertura global completa para combinar estaciones terrestres y satelitales. Los miembros del IMT-2000 son sistemas de tercera generación programados para iniciar servicios en 2002 sujetos a las consideraciones del mercado. Los sistemas de 3G proveerán accesos, de uno o más radio enlaces, para un amplio rango de servicios soportados por redes de telecomunicación fijas, y para otros servicios que son específicos para usuarios móviles.

Los grandes objetivos de IMT-2000 son:

- Reserva de una porción de espectro común en todo el mundo, tanto para sistemas terrestres como de satélite.
- Uso de terminales móviles de bolsillo, con capacidad de itinerancia mundial y capacidad para acceder a servicios multimedia.
- Maximizar la compatibilidad de las interfaces de radio para poder operar en distintos entornos, como son vehículos, personas caminando, oficinas y sistemas de acceso fijo inalámbrico (FWA) De esta forma se puede utilizar una red común, para prestar servicios que hasta ahora han utilizado infraestructuras específicas.
- Alta velocidad de transmisión de datos, con capacidad para soportar tanto conmutación de circuitos como de paquetes, así como sistemas multimedia. Las capacidades mínimas especificadas son las siguientes:
 - Entorno de vehículos: 144 kbit/s
 - Entorno pedestre: 384 kbit/s
 - Entorno en interior de oficinas: 2 048 Mbit/s.
 - Entorno de satélite: 9,6 kbit/s
- Capacidad de soportar servicios simétricos y asimétricos en todos los entornos de operación.
- Compatibilidad de servicios dentro de IMT-2000 y con la red fija.
- Favorecer la normalización de un entorno de creación de servicios que pueda ser utilizado por los operadores para definir sus propios servicios.
- Eficiencia espectral, flexibilidad en el uso y reducción de costos, como resultado de la utilización de nuevas tecnologías.

El resultado de los trabajos de la UIT se recoge en una serie de recomendaciones, documentos de carácter general que delimitan las características que deben tener los sistemas de tercera generación. De estas recomendaciones, la M.1457 recoge un resumen de las interfaces radioeléctricas de los sistemas IMT-2000.

Espectro de IMT-2000

En la conferencia WARC-1992 (WARC'92) de la UIT, se recomendó la reserva de 230 MHz de espectro para IMT-2000 en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz, que incluyen 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la componente de satélite. Esta banda ha sido ampliamente utilizada en la concesión de licencias de tercera generación en Europa. Sin embargo, en la mayor parte del continente americano toda esta banda está ya ocupada por los sistemas de segunda generación y en China gran parte del espectro para 3G está dedicado a aplicaciones WLL (*Wireless Local Loop*). Por esto, es por lo que uno de los objetivos de IMT-2000, la reserva de una banda única en todo el mundo, no se ha alcanzado plenamente. Ante el incremento de tráfico y necesidades de espectro, en la conferencia WRC-2000 se aprobó espectro adicional de 160 MHz para IMT-2000, aunque no con carácter exclusivo, ya que se reconoce que éste pueda estar ocupado por otros servicios móviles, de forma que se deja en manos de las administraciones de cada país la decisión sobre cuándo y cómo utilizarlo para IMT-2000. Incluyen las bandas de los sistemas actuales de segunda generación, por lo que los operadores de 2G podrían migrar a 3G en sus mismas bandas. Este cambio sería ventajoso no sólo por la posibilidad de dar servicios más avanzados, sino también por la mayor eficiencia espectral, que, manteniendo los mismos servicios de 2G, permitirá admitir más usuarios. En la Figura 5.1, se muestran las bandas asignadas a IMT-2000, dentro de WRC'92, y las nuevas bandas, identificadas en el año 2000, pueden observarse los conflictos y posibilidades señalados.

Actualmente, el grupo de trabajo 8F de la UIT-R está trabajando en la elaboración de una recomendación sobre el uso de estas bandas adicionales. Dicha recomendación es necesaria para la utilización de dichas bandas, ya que sin ella no es posible coordinar aspectos como la separación dúplex, la cantidad de espectro emparejado y no emparejado, la asignación de sentidos de enlace a cada porción, la coordinación con los usos de la 2G, etc. Todo ello es necesario, ya que de no ser así se produciría un escenario de uso basado en múltiples configuraciones, en el que la economía de escala se iría al traste.

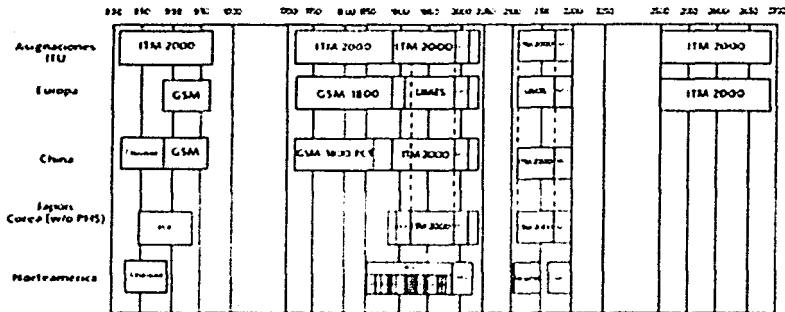


Fig. 5.1 Espectro de IMT-2000, reservado desde 1992, situación del mismo en el mundo

Características del IMT-2000:

- Alto grado de estandarización del diseño mundial.
- Compatibilidad del servicio IMT-2000 y las redes fijas.
- Alta Calidad
- Pequeñas terminales para uso mundial
- Capacidad de Roam Mundial
- Capacidad para aplicaciones multimedia y un amplio rango de servicios y terminales.

La evolución desde los teléfonos móviles de 2G a redes de 3G no ocurrirá en una sola etapa. El IMT-2000 permite mezclar las nuevas y actuales tecnologías de acceso móvil inalámbrico, para coexistir con la existente tecnología inalámbrica y tecnología de acceso fijo. Bajo estas especificaciones, los proveedores pueden liberar un amplio rango de servicios de voz, datos e Internet con un mejor costo.

Los sistemas de tercera generación soportan un amplio rango de servicios variados de voz, tasas bajas y altas de servicios de datos por arriba de los 144 kbps en vehículos, 384 Kbps en lugares cerrados, y 2Mbps en interiores fijos. Asimismo circuitos conmutados y servicios de paquetes conmutados para tráfico simétrico y asimétrico.

El alcance de 3G tendrá un alcance nacional (incluyendo zonas metropolitanas, urbanas y suburbanas, áreas de bosques y montañas, micro células), una mayor cobertura en 3G de lo que existe en 2G. Los sistemas 3G podrán ser optimizados, para vehículos, interiores y varias redes fijas.

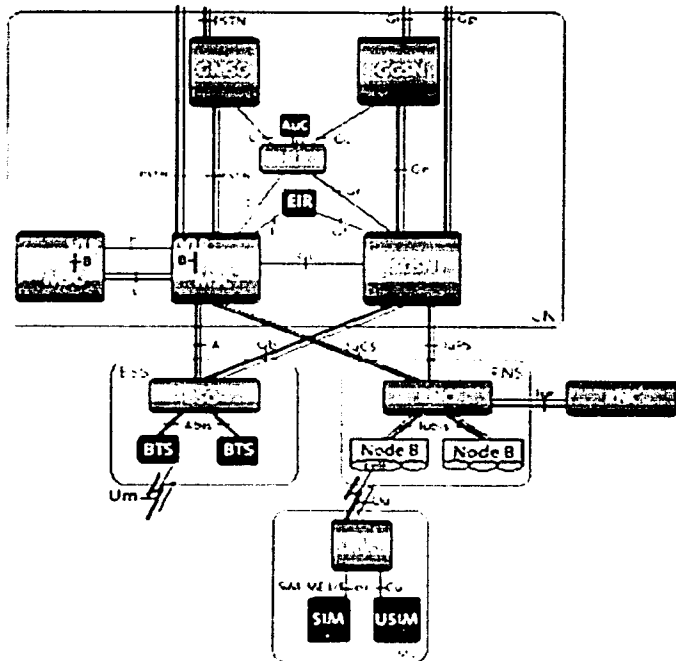
5.2 El sistema UMTS

Descripción general

En la Figura 5.4 se muestra el esquema general de la arquitectura del sistema UMTS. Como ocurre en GSM, el sistema se compone de tres grandes bloques:

1. Red troncal o núcleo de red (*Core Network, CN*).
2. Red de acceso radio (*Radio Access Network, RAN*).
3. Terminales móviles (*User Equipment, UE*).

La red troncal realiza labores de transporte de información, tanto de tráfico como de señalización, y contiene también la inteligencia del sistema (encaminamiento de las llamadas, así como la lógica de prestación de servicios y su control y gestión de la movilidad). Por otra parte, a través de la red troncal el sistema UMTS se conecta a otras redes de comunicaciones. La red troncal es una evolución de la de GSM+GPRS, por lo que consta de sus mismos elementos, que no se describen por brevedad: HLR, VLR, AuC, EIR y centros de SMS. Los elementos del dominio de circuitos MSC y GMSC pasan a denominarse U-MSC y U-GMSC, anteponiendo el calificativo "UMTS", y, de modo similar, los del dominio de paquetes SGSN y GGSN pasan a denominarse U-SGSN y U-GGSN. La separación de los dominios de paquetes y circuitos se concibe como necesaria, en principio, debido a la evolución desde las redes actuales, si bien la tendencia es hacia una única red troncal "Todo IP" (*All IP*), que incluiría también a la red de acceso. La red de acceso radio tiene una arquitectura similar a la de GSM, si bien los elementos se han denominado de forma distinta para distinguirlos: el equivalente a la BTS de GSM se denomina Nodo B y el equivalente a la BSC se denomina RNC. El aspecto más novedoso respecto a GSM es probablemente que se ha definido una interfaz normalizada (la Iur) entre RNCs, interfaz que no existía en GSM entre BSCs. El procedimiento de acceso radio se basa en la tecnología CDMA (*Code Division Multiple Access*) de ensanchamiento directo (*Direct Spread*). Se trata de una técnica de espectro ensanchado (frente a los 200 kHz de cada portadora GSM, cada portadora UMTS ocupa 5 MHz) en la que todos los usuarios de la celda comparten la misma portadora, utilizando distintos códigos para distinguir su señal. Los dos sistemas que abarca UMTS, los llamados modos FDD y TDD, se distinguen por la forma de conseguir la transmisión dúplex: mientras en FDD se emplean distintas portadoras para el enlace ascendente y el descendente, en TDD se emplea una única portadora para todos los usuarios y ambos enlaces, pero dividiéndola en *slots* temporales para ambos enlaces.



——— Interfaces que llevan tráfico de usuarios
 ——— Interfaces que llevan señalización

Nota 1: La figura muestra conexiones directas entre entidades. Las conexiones reales pueden hacerse a través de una red intermedia (por ejemplo, SS7 o IP); esto está en fase de estudio.

Nota 2: Cuando la MSC y el SGSN se integran en una misma entidad física, esta entidad se llama UMTS MSC (UMSC).

Fig. 5.4 Arquitectura del sistemas UMTS

La interfase básica para aire y las interfaces para acceso a la red están siendo desarrolladas en Proyectos para Tercera Generación (3GPP y 3GPP2). Los "3rd Generation Partnership Project" (3GPPs) y la organización de desarrollos estándares (SDO) están trabajando en especificaciones particulares para algunos miembros.

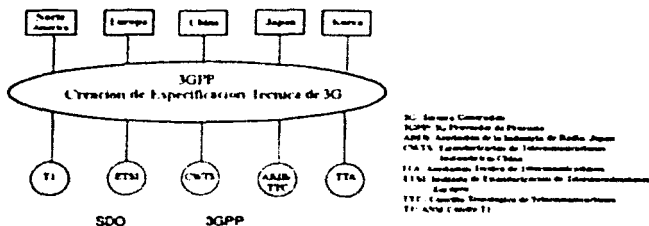
5.3 Interfaces en 3G

Dos diferentes interfaces de aire basadas con tecnología de acceso CDMA (FDD) para 3G están en modo multiportadora (MC) basados en CDMA2000, y de modo de Dispersión Directa (DS) basados en UTRA CDMA. El principal requisito de estas dos interfaces aéreas, es la habilidad de soportar velocidades altas de transmisión de datos y nuevos servicios multimedia. La meta es soportar al menos 384 Kbps por segundo con una amplia cobertura y arriba de 2 Mbps con cobertura de area local.

La siguiente tabla provee un resumen de los actuales interfaces áreas del IMT2000 3G propuestos por UIT y sus interfaces de redes.

2G system	Cdma2000	ARIB/DOCOMO	UMTS	UWC-136
	IS-95/cdmaOne	PDC	GSM	IS-136
Interface de aire 3G	Cdma2000	W-CDMA	UTRA (W-CDMA/TD-CDMA)	IS-136/IS-136+ / IS-136 HS
Interface de Red 3G	ANSI-41 MAP	GSM MAP	GSM MAP	ANSI-41
Otros Standars	TI TR-45	ARIB	ETSI	TIA TR-4

Los estándares 3G basados en una evolución de GSM-MAP e interfaces aéreas UTRA W-CDMA serán desarrolladas basadas con la Organización Desarrolladora de Estándares Regionales 3GPP (SDO) así como los estándares 3G basados para redes ANSI-41. Fig. 5.5



a)

b)

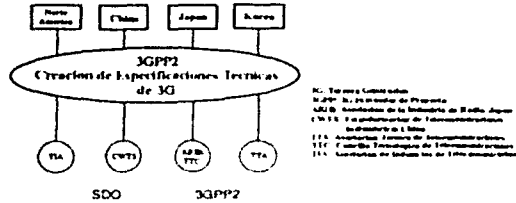


Fig 5.5 Creación de especificaciones de 3GPP (a) y de 3GPP2 (b)

En los Estados Unidos diferentes sistemas de 2G tienden a ser desarrollados con diferentes requerimientos con respecto a anteriores compatibilidades. Hay dos redes actuales totalmente establecidas que están usando sistemas 2G en el mercado U.S. ANSI-41 y GSM-MAP. La red ANSI-41 es usada por AMPS, IS-136, y los sistemas de interfase de aire IS-95. La red GS-MAP es sistemas basados en interfaces de aire GSM, dichas redes se integraran en el 3G, y se trabajaran simultáneamente.

Las redes basadas en ANSI-41 serán usadas por CDMA2000, redes basadas en acceso de radio, la evolución GSM a la tercera generación será a través de estándares 3GPP. Las redes basadas en GSM-MAP serán usadas por redes de acceso de radio basadas en UTRA-CDMA.

5.4 Descripción de 3GPP

Este foro fue creado como consecuencia del carácter global que tomó en su momento el sistema UMTS, que tuvo como consecuencia la necesidad de abandonar el ETSI como grupo competente para la definición del sistema (aunque no para la elaboración de sus especificaciones). El 3GPP es un grupo compuesto por un núcleo de organismos de normalización y se rige, en lo que a estrategia y nivel político se refiere, por un grupo de coordinación, en el que sólo pueden intervenir los organismos normalizadores, pero no sus miembros constituyentes. El 3GPP no es un organismo normalizador; es decir, no tiene atribuciones legales para aprobar estándares, ya que los organismos que las tienen son organismos nacionales o supranacionales, como ETSI en Europa o ARIB en Japon. Los tipos de socios que forma este foro son

- "Organizational Partners". Entidades de normalización regionales con capacidad para aprobar normas. Son ETSI (Europa), TTC (EEUU), CWTS (China), TTA (Corea), ARIB y TTC (Japon). Las empresas que pertenecen a estas organizaciones pueden participar directamente en el 3GPP como "Individual members", y son las que realizan las contribuciones técnicas y aportan los delegados que participan en los grupos de trabajo (Working groups, WGs), elaborando las especificaciones. Son precisamente los miembros individuales los que pueden contribuir a la UIT, dentro del proceso de aprobación de IMT-2000. Sin embargo, las normas que se aprueban legalmente como estándares regionales las realizan las entidades de normalización regionales.

- "Market Representation Partners" Son *Global Mobile Suppliers Association (GSA)*, *GSM Association*, *UMTS Forum*, *Universal Wireless Communications Consortium (UWCC)*, *IPv6 Forum*, *Mobile Wireless Internet Forum (MWIF)* y *3G.IP*.
- "Observers" Son *TIA (Telecommunications Industry Association)*, *TSACC (Telecommunications Standards Advisory Council of Canada)* y *ACIF (Australian Communications Industry Forum)*.

Las relaciones ante estas entidades se ilustran en la Figura 5.6, en la que se muestra también la estructuración del 3GPP en cinco TSGs (*Technical Specification Groups*), cada uno de ellos con varios grupos de trabajo WGs (*Working Groups*). Por otra parte, existen organizaciones que pueden clasificarse como grupos de presión, que intentan orientar los resultados según sus intereses, tales como *Operators Harmonization Group (OHG)* y la *Asociación de GSM (GSM-A)*.

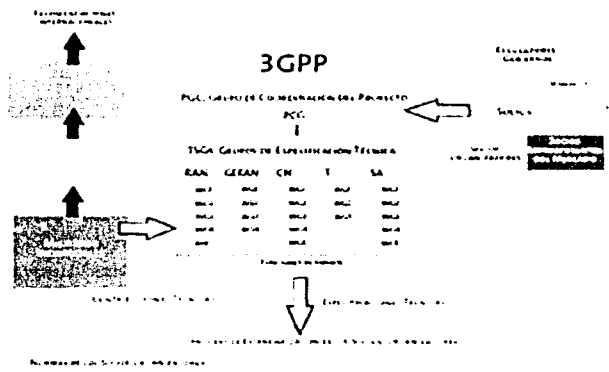


Fig. 5.6 Estructura, tipos de socios e interfaces externas del 3GPP

Estas entidades presentan sus contribuciones a través de las empresas (miembros individuales) que las componen. El 3GPP se organiza en un **PCG (Project Coordination Group)** y los siguientes TSGs:

- Red de Acceso Radio (TSG RAN -*Radio Access Network*-).
- Red Troncal (TSG CN -*Core Network*-).
- Terminales (TSG T -*Terminals*-).
- Servicios (TSG SA -*Service and System Aspects*-).

El grupo Red de Acceso Radio de GSM/EDGE (TSG GERAN -*GSM/EDGE RAN*-) ha asumido el trabajo de mantenimiento y evolución de la interfaz de radio del sistema GSM. Uno de sus principales objetivos será el posibilitar la conexión de una red radio GSM/GPRS a un núcleo de red UMTS.

La Figura 5.7 muestra la organización de los TSGs en grupos de trabajo.

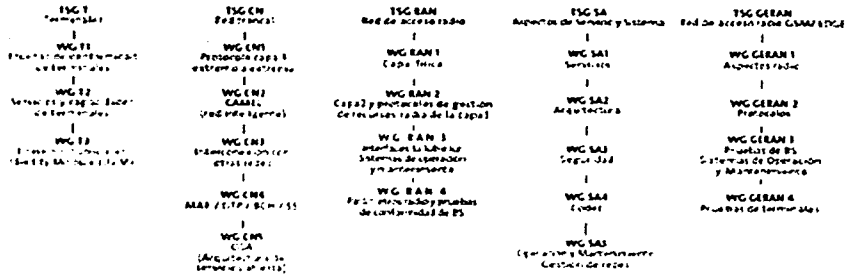


Fig 5.7 Organización de los TSGs en Grupos de Trabajo

En la Figura 5.4, donde se muestra la arquitectura del sistema UMTS, también se pueden apreciar los grandes bloques que coinciden con los TSGs: la red troncal (CN), la red de acceso radio de UMTS (*Radio Network Subsystem*, RNS) que especifica el TSG RAN, la de GSM (*Base Station Subsystem*, BSS) que normaliza el TSG GERAN y los terminales (MS -*Mobile Station*-o UE -*User Equipment*-) que normaliza el TSG T. Los aspectos de servicios y sistema que normaliza el grupo.

5.5 Armonización de Sistemas G3G

Una armonización de sistemas G3G basados en las recomendaciones OHG es requerida para soportar:

- Servicio de datos a alta velocidad incluyendo aplicaciones de Internet e Intranet
- Aplicaciones de Voz y datos
- Roaming Global
- Evolución de embebidos basados en 2G
- Redes basadas en ANSI-41 y GSM-MAP
- Requerimiento de Espectro Regional
- Minimización de Equipo Móvil y costo de infraestructura
- Minimización del IPR's
- El libre flujo de IPR's
- Requerimientos de Usuario en tiempo.

Como parte de la armonización de sistemas G3G CDMA, el Grupo de Organización de Operaciones (OHG) considera los siguientes tres modos de operación:

- Multiportadora (Multicarrier "MC"). Esta soporta N X 1.25 Mhz canales del CDMA2000 sobre N existentes portadoras adyacentes o desplegando en un espectro limpio.
- Espectro Directo (Direct Spectrum "DS"). Tiene un sola portadora de 5 Mhz o mas en W-CDMA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Modo de Doble División de Tiempo (Time División Duplex Mode "TDD"). Se usara en la misma trama y estructura de ranura de tiempo como el modo FDD, en la cual, cada ranura puede individualmente alojar datos de envío o recepción, de acuerdo a las especificaciones de operación.

5.6 El proceso de estandarización

La estandarización de una norma como el UMTS supone la definición de un extenso conjunto de especificaciones que garanticen el funcionamiento global del sistema. Al ser un proceso gradual con continuas evoluciones y revisiones, el 3GPP se propuso proporcionar cada cierto tiempo un conjunto de normas que constituyeran de por sí el estándar. Dicho conjunto se conoce con el nombre de *Release*. Esta forma de trabajo permite tener un sistema funcionando, a la vez que se va mejorando y completando. El proceso de normalización adoptado por el 3GPP se basa en una planificación anual. De este modo, se habla de *Release 1999* (R99), *Release 4* (Rel-4) (inicialmente llamada *Release 2000*, R00) o *Release 5* (Rel-5), que se hubiera llamado *Release 2001*, para hacer referencia al conjunto de especificaciones que se definen cada año. Según esto, la R99 debería haber sido terminada en diciembre de 1999. Sin embargo, no todas las especificaciones se pudieron aprobar a tiempo, quedando aspectos pendientes de ser concluidos que se han ido finalizando a lo largo del año 2000, al mismo tiempo que se corregían errores e inconsistencias. Paralelamente a la tarea de finalización, ajuste y revisión de las especificaciones de la R99, llevada a cabo durante 2000, se acometió la especificación de las nuevas funcionalidades del sistema incluidas en la *Release 4*. Durante el año 2000 se invirtió entre un 40 por ciento y un 50 por ciento del esfuerzo para finalizar y ajustar la *Release 1999*, y el resto en especificar la *Release 4*. En cualquier caso, la experiencia en procesos de estandarización indica que no es posible que se "termine" o "cierre" una *Release* de las especificaciones, sino que, más bien, se puede hablar de *distintas fases de la vida de las especificaciones*. Se pueden distinguir las cinco fases que se describen en la Figura 5.8

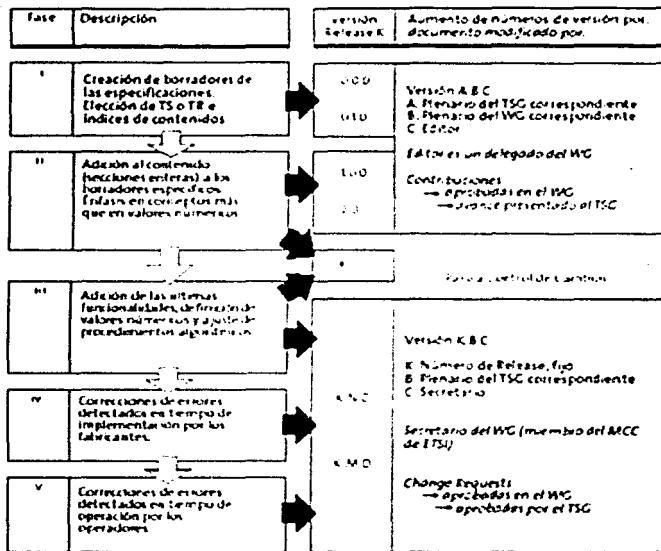


Fig 5.8 Proceso de desarrollo de una especificación 3GPP

Según estas cinco fases, puede decirse que se ha "cerrado" una *Release* cuando las especificaciones han finalizado la fase iii, son consistentes (salvo errores) y se acuerda no añadir nuevas funcionalidades al sistema. Según esta definición, la R99 se cerró en la reunión de junio de 2000 del plenario del 3GPP. Es incorrecto que se cierre una *Release* cuando se elevan las especificaciones a versión 3.0.0, aunque pudiera parecer más lógico. En cualquier caso, el cierre corresponde con lo que formalmente se denomina "congelación" de las especificaciones; esto supone que a partir de este punto no se pueden añadir sino correcciones, quedando descartada la adición de nuevas funciones o prestaciones. Sin embargo, la cantidad de cambios, introducidos desde la congelación de la versión 99, ha sido de tal magnitud y envergadura que hoy por hoy no se puede hablar de una versión lo suficientemente estable como para considerarla verdaderamente cerrada. La *Release 99* se encuentra en la fase iv avanzada, y entraría en la fase v a mediados de este año, con el comienzo de operación en Japón anunciado por NTT DoCoMo. La *Release 4* se encuentra en la fase iii. La transición entre ambas *Releases* se realiza de forma suave, modificando especificaciones existentes o añadiendo nuevas, si se considera preciso.

5.7 La red de acceso de radio

Los objetivos generales de la versión 99 se pueden resumir como sigue:

- El resultado de la *Release 99* fue la especificación completa de un nuevo sistema de acceso radio en un periodo de algo mas de un año, lo que puede considerarse un gran logro en estandarización:

- La tecnología es totalmente nueva respecto a GSM, CDMA de banda ancha frente a TDMA.
- Dos modos de operación: FDD y TDD (ambos a 3.84 Mchip/s).
- Los dos modos han sido aceptados por la UIT como parte de la familia IMT-2000.

- La *Release 4* incorpora nuevas funciones, sobreescribiendo la definición de la opción de banda estrecha del modo TDD (1,28 Mchip/s TDD *option*), propuesta por China, que supone una capa física distinta (distinta tasa de *chip*), conservando la señalización de las capas superiores. Se incluyen también en la *Release 4* las especificaciones de los repetidores, diversas mejoras en señalización (procedimientos para la modificación de los transportes en las interfaces Iu, Iub y Iur, optimización del RRM en las interfaces Iu, Iub y Iur, mejoras en el control de potencia en *soft handover* y otros).

- Se ha concluido el estudio de viabilidad de HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), cuyo resultado ha sido positivo, estas mejoras se incluirán en la *Release 5*.

- Estaba previsto incluir en esta *Release* la especificación de UTRA FDD en la banda de 1800 MHz utilizada por GSM DCS, pero el trabajo no está suficientemente avanzado. Se ha aprobado, sin embargo, que las bandas de frecuencia del sistema sean independientes de las *Releases*, de modo que sea posible definir mas bandas de frecuencia para el sistema y el operador decida que *Release* utilizar sobre ellas.

- En marzo de 2001 se han concretado los contenidos de la *Release 5*: las principales funciones sobre las que se trabaja son HSDPA, la inclusión de la capa de transporte IP en las interfaces de RAN y la definición de diferentes clases de BS (dos en principio *Wide Area* y *Local Area*). También se han previsto diversas mejoras menores.

- Una vez congelada la *Release 4*, los grupos de trabajo se centraran en la *Release 5*, si bien la conclusión de las especificaciones de RRM de la *Release 99* todavía absorbe gran cantidad de recursos, continuamente se introducen cambios y correcciones.

5.8 La red troncal o núcleo de red

En su fase inicial, el núcleo de red del sistema UMTS será una evolución de los sistemas GSM/GPRS, para permitir la inclusión de la nueva interfaz radio UTRAN que ha sido definida para UMTS. Esta visión se concreta en la *Release 99*.

Los elementos principales de la *Release 99*, en el ámbito de la red troncal, son la fase 3 de la especificación de CAMEL, la interconexión de redes GSM y UMTS y la primera versión de la arquitectura abierta de servicios (OSA). La *Release 4* se plantea como una evolución y mejora de la red de circuitos *Release 99*, previa a la introducción en la *Release 5* de las especificaciones que permitirán una red troncal totalmente basada en IP.

Se incluyen en la *Release 4* la opción de utilizar un transporte IP para los protocolos de red troncal (por ejemplo, MAP o CAP), la finalización de las mejoras en las llamadas de emergencia sobre una red de circuitos, la posibilidad de operación sin transcodificación (TrFO) y otras mejoras menores. El principal elemento, previsto para la *Release 5*, será el soporte de la arquitectura IP de servicios multimedia. También se incluye la versión 4 de la plataforma CAMEL, las mejoras para las llamadas de emergencia, tanto para transporte IP como para circuitos, y el control sobre la QoS extremo a extremo.

5.9 Los terminales

Para lograr el objetivo final de los sistemas de comunicaciones móviles, consistente en permitir al usuario comunicarse en cualquier lugar y en cualquier instante de tiempo, es necesario que los terminales móviles estén dotados de una serie de capacidades y características de las que no disponen hoy en día. En el proceso de estandarización del 3GPP se detectó esta necesidad y por ese motivo se creó un grupo de trabajo dedicado al estudio y definición de las características y requisitos de los terminales móviles 3G.

Debe tenerse en cuenta que los terminales 3G ya no serán meros teléfonos móviles, sino dispositivos avanzados que permitirán intercambiar distintos tipos de información. Todas estas nuevas funcionalidades deben ser estandarizadas en la medida de lo posible, para garantizar el correcto interfuncionamiento de los distintos modelos de terminal y las distintas redes.

En cuanto al estado actual de la estandarización, cabe señalar que las especificaciones de las pruebas de terminales se encuentran más atrasadas que el resto, pero esto es una situación asumida, ya que no se pueden comenzar hasta que las especificaciones radio y de capas superiores están finalizadas.

En la *Release 99* se incluyen elementos ya presentes en GSM (SMS, comandos AT, etc.), y la primera versión del MEXE (entorno de ejecución móvil) y de la mensajería multimedia (MMS). Las *Releases 4* y *5* incorporan básicamente el *toolkit* para la tarjeta USIM y diversas mejoras, en el MEXE, la MMS y las interfaces internas del terminal.

5.10 Características de redes 3G y Servicio

Las características del Manejo de Redes 3G y Servicio (3G NSM) deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- Deberán tener capacidad de suministrar y manejar equipos para cada proveedor de servicios
- El manejo de la arquitectura permitira una fácil creación de servicios o manejo de negocios.
- La complejidad de 3G NSM deberá ser minimizada
- Deberá contener manejo integrado (configuración, seguridad, rendimiento, cuentas)
- Deberá permitir interoperabilidad con otras redes 3G
- Deberá soportar nuevos requerimientos de seguridad
- Deberá simplificar las tareas de operación
- Deberá proveer y soportar una administración sencilla para el cobro y acceso de sistemas UMTS y no UMTS.

Un sistema 3G consiste de múltiples tecnologías y diferentes tipos de servicios. En un sistema los nuevos servicios serán creados rápidamente, por lo que requiere una arquitectura de sistemas 3G que lo permita. Así como apropiados API's (Interfase para programación de Aplicaciones) para las capas de red que estén involucradas en el desarrollo de servicios.

Un sistema 3G que opera bajo múltiples tecnologías y uso de productos de diferentes proveedores implica una 3G NSM mas complicado, por lo que se realizan reglas para minimizar la complejidad :

- 1.- Interfase para manejo del sistema en las capas mas altas, permitiendo al proveedor de productos el uso y manejo de las capas mas bajas.
- 2.- Reusar el modelo actual de información definido para CMIP o SNMP. CMIP ha sido usado en redes de telecomunicaciones y SNMP ha sido usado para manejar redes con IP.
- 3.- Reusar los principios, arquitectura física, y arquitectura lógica descrita para los estándar TMN.

Las 3G NMS implantarán procesos de mantenimiento basados en mapa de operaciones ampliamente aceptados de Foro de TeleMantenimiento los cuales operan bajo definiciones del a UIT-T cuyas funciones son:

- Falla en Manejo
- Manejo del inventario de Configuraciones
- Manejo de el rendimiento y calidad del servicio
- Manejo de Cuentas
- Manejo de Seguridad
- Manejo de Fraudes
- Manejo de Software
- Manejo de Servicios
- Manejo del Roam
- Manejo de perfil de usuario

El manejo de 3G arroja varios requerimientos sobre el manejo del sistema comparado con los 2G. Algunos de los requerimientos que afectan a la arquitectura física son:

- Capacidad de manejo de equipo suministrado por varios proveedores
- Manejo y flexibilidad de configuraciones que permitan desarrollo rápido de servicios
- Accesibilidad a la información
- Escalabilidad y Aplicabilidad para sistemas pequeños y grandes
- Interoperatibilidad entre redes de diferentes proveedores para intercambio de información de manejo de cargos y abonos
- Capacidad de reportar eventos y reacciones de forma que permita el control remoto.
- Manejo de las Telecomunicaciones (TM) basados en costo-eficiencia.

5.11 Sistemas de Acceso de CDMA2000

La tecnología de radio transmisión (RTT) cdma2000 es, una interfase de radio de espectro distribuido que usa acceso por división múltiple de códigos para satisfacer las necesidades de tercera generación. El cdma2000 es compatible con el actual cdmaOne (IS-95), provee un amplio rango de opciones para implementar soporte de transferencia de datos a partir del TIA/EIA-95B-compatible con tasas de 9.6 kbps hasta arriba de los 2 Mbps. El cdmaOne ofrece: Fig. 5.9

- Tamaños de canal de 1,3,6,9 y 12 X 1.25 Mhz
- Soporte para tecnologías de antenas avanzadas
- Tamaño de células (cdma2000 incrementa el desempeño reduciendo el número de sitios celulares)
- Alta velocidad de transferencia que puede ser soportada por todos los tamaños de células
- Soporte para posibles servicios avanzados o prácticamente otro sistema

El cdma2000 puede ser operado económicamente en:

- mega células (célula > 35 Km. de radio)
- macro células (célula de 1 Km. hasta 35 Km.)
- micro células (arriba de 1 Km. de radio)
- pico células (menos de 50 metros)

Además soporta servicios de redes inteligentes 3G (WIN) y servicios definidos por la UIT u otro estándar internacional debido a la evolución de un sistema de 2G utilizando tecnología TIA/EIA-95B. Esto incluye las siguientes características:

- Soporte para re-configuraciones
- Soporte para compatibilidad de señalizaciones y redes TIA/EIA-95B
- Soporte para actualización gradual de 2G a 3G
- Compartir canales comunes con sistemas TIA/EIA-98

Las capas superiores de cdma2000 contienen tres servicios básicos:

Servicios de voz: Servicios de telefonía, incluyendo acceso a la red pública telefónica (PSTN), servicios de voz de terminal a terminal e Internet móvil.

Servicios de datos para usuario final. Servicios enviados desde cualquier unidad móvil al usuario final, incluyendo paquetes de datos (p.ej. Servicio de Protocolo Internet, emulación de servicios ISDN, conexiones ISO, OSI)

Señalizaciones: Servicios que controlan todos los aspectos de operación de la terminal móvil.

Nombre del Canal	Canal Físico
F/R-FCCH	Canal Fundamental para envío y regreso(E/R)
F/R-SCCH	Canal codificado suplementario (E/R)
F/R-SCH	Canal suplementario (E/R)
F/R-DCCH	Canal de control Dedicado (E/R)
F-PCH	Canal de localización (E)
R-ACH	Canal de Acceso (R)
R-EACH	Canal de Acceso de Mejor Eficiencia (R)
F/R-CCCH	Canal de Control Común (F/R)
F-DAPICH	Canal Piloto Auxiliar Dedicado (F)
F-APICH	Canal Piloto Dedicado
F/R-PICH	Canal Piloto Dedicado (F/R)
F-SYNC	Canal de Envío de Sincronía
F-TDPICH	Canal Piloto (F/R)
F-ATDPICH	Canal Piloto Transmisor de Diversidad
F-ATDPICH	Canal Pitoto Auxiliar de Tran. De Diversidad
F-BCH	Canal de difusión (F)
F-QPCH	Canal de Paginación Rapida
F-CPCH	Canal de control de potencia de envío comun
F-CACH	Canal común asignado

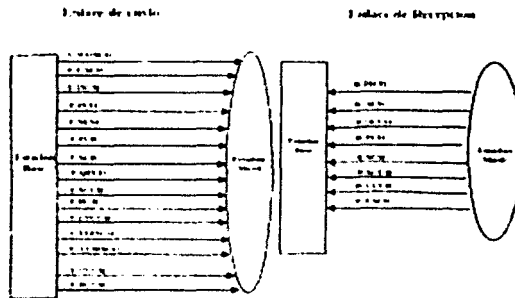


Fig 5.9 Canales Físicos de CDMA2000

El sistema cdma2000 se ha planteado como una evolución compatible con sistemas de segunda generación americano IS-95, el cual actualmente soporta datos en paquetes de hasta 64 kbit/s (IS-95-B). La tecnología de acceso también es CDMA, y para facilitar la evolución desde IS-95 se han propuesto dos versiones: cdma2000 RTT-1X, empleando una portadora de 1,25 MHz (al igual que en IS-95), y cdma2000 RTT-3X, con 3 portadoras de 1,25 MHz (3,75 MHz en total). En la Figura 5.10 se representa la arquitectura de las capas de alto nivel

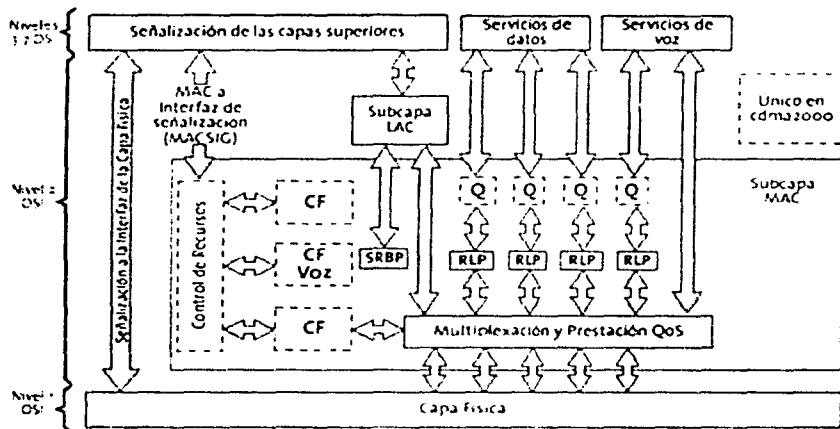


Fig 5.10 Arquitectura de capas de la interfaz radioeléctrica del sistema cdma2000

y de la interfaz radio-eléctrica, en este último caso sobre la arquitectura original IS-95. La capa de enlace se subdivide en la subcapa MAC (*Medium Access Control*), que interactúa con la capa física, y en la subcapa LAC (*Link Access Control*), que proporciona servicios y señalización a las capas superiores. La arquitectura propuesta soporta multiservicios y multimedia, es decir, que cualquier combinación de servicios de voz, datos por paquetes y datos por circuitos de alta velocidad, puede funcionar simultáneamente, siempre limitada por las capacidades de la interfaz aire. Incluye un mecanismo de control de calidad de servicio QoS (*Quality of Service*) para balancear los diferentes requisitos de múltiples servicios concurrentes.

Otra característica importante de esta arquitectura es que los servicios de la capa de enlace pueden ser utilizados por distintos tipos de clientes en las capas superiores. La red troncal se basa en ANSI-41, pero las especificaciones incluyen las capacidades necesarias para el funcionamiento sobre redes basadas en GSM MAP. El sistema cdma2000 también es conocido como multiportadora (*multicarrier*) debido a que hace uso de una o varias portadoras para la transmisión de la información. En la propuesta RTT 1X se hace uso de un ancho de banda de 1,25 MHz y una tasa de chip de 1,2288 Mcchip/s, siendo el funcionamiento similar a IS-95. En RTT 3X, en el enlace descendente se demultiplexan los datos de usuario para ser transmitidos por tres portadoras de 1,25 MHz cada una, con una tasa de chip por portadora de 1,2288 Mcchip/s, y en el sentido ascendente

los datos de usuario son ensanchados con una tasa de chip de $3 \times 1,2288 = 3,6864$ Mchip/s, y se transmiten con la única portadora de ancho de banda $3 \times 1,25 = 3,75$ MHz. En la propuesta a la UIT se contemplaban también los casos de 6X, 9X y 12X. Para los canales de tráfico se especifican unas configuraciones radioeléctricas (RC, *Radio Configurations*) que definen las velocidades de datos, la codificación de canal y los parámetros de modulación. Hay definidas seis configuraciones de radio para el enlace ascendente y nueve para el enlace descendente. Las configuraciones radioeléctricas RC1 y RC2 se han especificado para ser compatibles con IS-95-B.

En la Tabla se resumen las principales características técnicas del cdma2000

Parámetro	Valor
Técnica de acceso múltiple y esquema de modulación	Técnica de acceso múltiple CDMA (Esquema de difusión en DSS)
Tasa de datos	1,2288 Mchip/s (actualmente se especifica N=1 y 3, y N puede fácilmente ampliarse a N=1, 3, 12)
Funcionamiento de notificación entre estaciones base	Se requiere funcionamiento a través de
Estructura de pilotaje	Piloto dedicado por división de códigos (piloto común por división de códigos) o piloto a mitad común dedicado por división de códigos (E1)
Longitud de trama y sincronización	Trama de 5,13 (2,4) 60 ms y sincronización de canales
Modulación y detección	Modulación de datos: PSK y QPSK Modulación por dispersión: PPSS, DSSS y OPS(DL) Estrategia de detección referente a la estructura de piloto
Código de canalización	Códigos Walsh (en el caso de los canales de voz) Códigos Walsh (en el caso de los canales de datos)
Código de sincronización (en el caso de los canales de datos)	Código largo y código Pseudo
Codificación de canal	Código corrector de errores R=9 y R=1/2 (1/3, 1/4 y 1/6) Código turbo (en el caso de R=4 y R=1/2 1/3 y 1/4)
Esquema de acceso múltiple (en el caso de los canales de datos)	Acceso base a través controlado en potencia, acceso con reserva de canales designados
Modo de potencia	Puede estar en: Estate cerrado (00) (en el caso de los canales de voz) Estate de control de potencia (1, 2, 3 y 4) (en el caso de los canales de datos)

5.12 Wireless IP en cdma2000

El 3GPP2 está estandarizando un procedimiento para llevar el transporte IP hasta el terminal móvil. La arquitectura de la "Wireless IP Network" se ha diseñado con la idea de usar, en la medida de lo posible, protocolos definidos por el IETF. De esta manera se minimiza el número de protocolos nuevos y se emplean protocolos estándar ya aceptados globalmente, lo cual redundará en una mayor flexibilidad y rapidez de diseño del sistema.

Los objetivos perseguidos son los siguientes:

- Soportar un amplio rango de tipos de direccionamiento, tales como: asignación estática y dinámica de direcciones IP y soporte de múltiples direcciones simultáneas.
- Proporcionar itinerancia sin límites, es decir, capacidad de obtener servicio en cualquier red, teniendo una relación el cliente con un único proveedor de servicios y un único proveedor de red.
- Ofrecer servicios robustos de autenticación y autorización.
- Soportar QoS, mediante el concepto de servicios diferenciados.
- Ofrecer servicios de contabilidad para la tarificación.

La arquitectura del sistema IP en Radio se soporta sobre un sistema de transmisión de paquetes. Al usuario móvil se le ofrece el acceso a dos tipos de redes:

1. Locales y públicas.
2. Privadas.

Se definen para ello dos métodos de acceso, llamados IP simple (*Simple IP*) e IP móvil (*Mobile IP*). En un acceso tipo IP simple, un proveedor de servicio asigna al móvil una dirección IP dinámica. El usuario sólo puede mantener esta dirección dentro de una zona geográfica determinada.

En un acceso IP móvil, es la red IP local en la que está registrado el usuario la que le provee de una dirección IP estática o dinámica. El usuario mantiene esta dirección, incluso si está moviéndose por la red IMT-2000 o por otras redes.

5.13 Servicios 3G

El grupo de *Aspectos de Servicio y Sistema* tiene una doble tarea: por una parte, se ocupa de la labor de especificación técnica propiamente dicha y, por otra, tiene la responsabilidad de la coordinación entre el resto de los grupos de especificación. Dentro de la *Release 99*, se incluyen las especificaciones requeridas para prestar los servicios ya existentes en GSM GPRS, la plataforma básica para los servicios de localización y la definición de un nuevo codec, denominado AMR de banda estrecha.

Las principales novedades en la *Release 4* son la arquitectura de red de circuitos, independiente de la portadora (con la que el MSC se divide en "Media Gateway" para el tráfico y "MSC server" para la señalización) y el soporte a aplicaciones que requieren *streaming* de paquetes. Otras funcionalidades importantes, aprobadas para la *Release 4*, son el fax, el modo de operación "Tandem free" y los nuevos codecs multimedia.

La *Release 5* será fundamental en lo que a arquitectura y servicios se refiere. Está previsto que incluya la fase 4 de CAMEL, que supone diversas funciones nuevas de red inteligente, y la introducción de la arquitectura de servicios multimedia sobre transporte IP, así como la finalización del nuevo códec AMR de banda ancha.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) indica los requerimientos mínimos para la velocidad de datos en los estándares del IMT-2000. Estos requerimientos son definidos de acuerdo con el grado de movilidad que involucra a 3G.

Alta movilidad 144 kbps para usuarios en zonas rurales. Esta tasa de transmisión de datos es habilitada para los usuarios de 3G que viajen a no más 120 Km/hr en las cercanías de dichas zonas rurales. Permitiendo a los usuarios de automóviles, trenes, etc. Hacer uso de dispositivos 3G.

Movilidad Completa 384 Kbps para usuarios peatonales que viajan a no más de 120 Km/hr en zonas urbanas y sus cercanías

Movilidad Limitada Al menos 2Mbps con baja movilidad (menos de 10 Km/hr) en lugares estacionarios y corto alcance en las cercanías de la zona.

Audio, Video

El contenido es transmitido usando varios y diferentes algoritmos de compresión tales como los de "Microsoft" o "Real Networks" o el "MPEG-1" "Audio Layer 3 protocolo" (mejor conocido como MP3, y es un algoritmo de codificación compresión/descompresión). Con 3G, los archivos MP3 se descargarán desde el aire directamente a la terminal (teléfono) como un servicio dedicado, debido a que contarán con un ancho de banda suficiente para garantizar la calidad de sonido o imagen.

Otra aplicación de audio de 3G es voz sobre IP (protocolo de internet). La habilidad de rutear llamadas telefónicas en internet, para proveer servicios de telefonía (voz) a cualquier parte del mundo como una llamada local. Con las tecnologías de 3G tales como EDGE, VoIP puede ser habilitado en teléfonos móviles. Para hacer una llamada de voz, VoIP puede ser usado como una alternativa para servicios regulares. VoIP no es sin embargo un reemplazo para estándares de servicios de voz por que los servicios de VoIP demandan gran ancho de banda, estos requieren un alto grado de conmutación en IP para minimizar el retraso y la pérdida de paquetes.

Imágenes Fijas

Imágenes fijas tales como fotografías, pinturas, cartas, postales, tarjetas de felicitaciones, presentaciones y paginas web fijas o estáticas pueden ser enviadas y recibidas en redes móviles tal como se hace en redes de telefonía (fija)

Dos variables de utilidad de dicha aplicación son el ancho de banda y el tiempo que están inversamente relacionados. El menor tiempo requerido para transmitir imágenes, y viceversa. Esta es la razón por la que la transmisión de imágenes se basa textualmente en rangos de información que no son propiamente aplicaciones de voz. Una imagen puede ser enviada directamente a sitios en Internet, permitiendo publicarla en tiempo real. El tamaño de una imagen dependen de la

resolución y del tipo de compresión. Típicamente una imagen ocupa entre 50K y 100K en formato JPG. Esta puede ser transmitida rápidamente usando paquete de datos móviles (mobile packet data).

Imagen en movimiento

Transmitir imagen en movimiento en un móvil tiene una gran variedad de aplicaciones en las que se incluyen monitoreo de estacionamientos o sitios en construcción para detectar intrusos o robos, mandar imágenes de pacientes en el traslado de ambulancias a los hospitales. Aplicación en videoconferencias. La transmisión de video es una aplicación de GPRS y terminales 3G.

5.14 Planeación de una red W-CDMA

Los sistemas CDMA tienen características únicas que hacen que el diseño de su infraestructura sea diferente a otros estándares.

Para realizar una planeación de una red celular se deben tomar en cuenta múltiples factores como son:

- **Clasificación del Ambiente:** El área de cobertura indica la capacidad del sistema requerido y se puede clasificar dentro de cuatro categorías:
 - o Metropolitana, 20,000 subscriptores
 - o Urbana, 7,500 a 20,000 subscriptores
 - o Suburbana, 500 a 7500 subscriptores
 - o Rural, hasta 500 subscriptores
 - o
- **Potencia de la Señal:** Es la cantidad mínima necesaria de Potencia Efectiva Radiada (ERP) capaz de alcanzar a las unidades móviles considerando características de propagación, pérdidas y obstrucciones, se considerará de 10 - 20 dB. de pérdida en un radio de un kilómetro
- **Calidad de la Señal:** La meta en un sistema CDMA es tener el 1% de pérdidas en frames, y se realiza el cálculo a través de la ecuación E_b/I_T cuyos valores deberán oscilar entre los 5-7 dB para garantizar una buena calidad.
- **Altura promedio de una Célula:** Para reducir el costo eficiencia sobre áreas rurales las torres se alzan a una altura de 4.5 a 6 m. y en áreas urbanas de 3 m.
- **Unidad Subscriptora:** Las unidades receptoras para W-CDMA deberán tener 200mW de RF de salida en una antena dipolo con 8 dB de recepción.

- **Factor de carga del enlace de subida (UpLink)**
El factor de carga del enlace de subida se define como

$$\left(\frac{E_b}{I_t} \right) = \frac{R_i}{R_i \cdot v_i} \cdot \frac{S_i}{I_{total} - S_i}$$

donde

R_c = Tasa del Chip

S_i = Potencia de recepción del i -ésimo usuario

v_i = Factor de actividad del canal del i -ésimo usuario

R_i = Tasa de bits del i -ésimo usuario

I_{TOTAL} = Potencia total recibida incluyendo potencia de ruido térmico de la estación base

ϕ_i = Es el factor de carga de la i -ésima conexión

Despejando:

$$S_i = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{(E_b/I_t) \cdot R_i \cdot v_i}} \cdot I_{TOTAL}$$

y si $S_i = \phi_i \cdot I_{TOTAL}$

$$\phi_i = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{(E_b/I_t) \cdot R_i \cdot v_i}}$$

La potencia Total recibida es la suma de la potencia de todos los M usuarios y se define como:

$$I_{TOTAL} - N_f = \sum_{i=1}^M S_i = \sum_{i=1}^M \phi_i \cdot I_{TOTAL} \quad \text{Ruido} = \frac{I_{TOTAL}}{N_f}$$

$$\text{Por lo que se obtiene: } \text{Ruido} = \frac{I_{TOTAL}}{N_f} = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^M \phi_i} = \frac{1}{1 - \eta_{ul}}$$

donde η_{ul} es la eficiencia del enlace de subida. Si β es la relación de interferencia de otras células con la propia el factor de carga de subida se escribe:

$$\eta_{ul} = (1 - \beta) \cdot \sum_{i=1}^M \phi_i + (1 + \beta) \cdot \sum_{i=1}^M \frac{1}{1 + \frac{R_i}{(E_b/I_t) \cdot R_i \cdot v_i}}$$

- **Factor de carga del enlace de bajada (DownLink)**

El factor de carga del enlace de bajada se define como

$$\eta_{dl} = \sum_{i=1}^M v_i \cdot \left(\frac{E_b}{I_t} \right) \cdot \left[(1 - \psi_i) + \beta \right]$$

donde ψ es el factor de ortogonalidad del enlace de bajada

y β es la interferencia generada por otras células.

- **Radio enlaces propuestos y eficiencia de la cobertura de CDMA:** Los parámetros de especificaciones son:
 - o **Margen de Interferencia:** Requeridos para W-CDMA debido que el factor de carga afecta la cobertura. Para sistemas limitados en cobertura es pequeña y es de 1 a 3 dB, correspondientes del 20 al 50% de la carga de la célula.
 - o **Margen de desvanecimiento rápido:** Es requerido para unidades móviles (movimiento lento) que necesitan transmitir la potencia adecuada para no perder el ciclo de control, manejan un margen de interferencia de 2 a 5 dB.
 - o **Ganancia de Handoff:** El Handoff provee ganancia de macrodiversidad reduciendo la relación E/I₀ a un solo enlace, obteniendo una ganancia entre 2.0 y 3.0 dB.

CALCULOS:

Para el cálculo de la tasa de transmisión en el enlace de subida y asumiendo una tasa de dispersión de 3.84 Mcps y $\beta=0.6$ se utiliza la ecuación para el cálculo de enlaces uplink, el cual dependerá del ruido total η_{tot} por lo que se puede construir una tabla señal a ruido.

$$0.4988 = (1 + 0.6) * \frac{1}{1 + \frac{R_i}{Sum}} = (1 + 0.6) * \frac{1}{1 + \frac{1740}{Sum}} \quad \text{donde Sum} = 1740 \text{ Kbps}$$

Considerando que el ruido crece a razón de 3 dB (Mitad de la señal), la tasa es de 868 Kbps.

Despejando la tasa de Transmisión { $T_x = (E_b/I_0) * R_i * \eta_c$ } resulta

$$T_{x,up} = \frac{\eta_{rssi} \eta_c R_i}{((1 + \beta) - \eta_c)}$$

Ruido (dB)	η_c	Tasa de Transmisión uplink (Kbps)
1	0.2057	450
2	0.3692	642
3	0.4988	868
4	0.6019	922
5	0.6838	832
6	0.7488	600
Para el mejor Caso		
1	0.9	3921
Para el peor Caso		
6	0.2	137.14

Para calcular el máximo radio de una célula a partir de máxima patrón de pérdidas de una red de acceso celular W-CDMA

Parámetros de Estación Base:

Densidad de ruido térmico (N_0) = -174 dBm/Hz

Tasa de Información a 9,600 bps R_b = 39.8 dB

Figura de Ruido F_{dB} : 8 dB

E_s/I_t requerido: 7 dB

Ganancia de la antena de la estación base: G_A = 15 dB

Pérdidas con conectores de la estación base: L_c = 2.5 dB

Margen de atenuación normal: M_{atd} = 8 dB

Ganancia de handoff Sh_o = 4 dB

Margen de Interferencia del sistema I_{sm} = 3 dB

Pérdidas por penetración: L_{pen} = 10 dB

ERP de la célula = 3.55 W; P_{traff} = 35.5 dBm

Número de canales de Trafico = 13; N_{traff} = 11.1 dB

Porcentaje total de potencia en canales de tráfico = -75% ($P_{traffic}$) = 1.3 dB

Parámetros de la unidad móvil:

Potencia de transmisión de la unidad móvil: P_m = 23 dBm

Ganancia de la antena móvil: G_m = 0 dB

Pérdidas del equipo L_{eqs} = 3 dB

Parámetros de Propagación:

Caída: 38.4 dB/década

Altura de Torre: 200 pies

Pérdida a una milla = -75 dB

Solución:

ERP del subscriptor = $P_m - L_{eqs} = 23 - 3 = 20$ dBm

BS sensibilidad = Densidad de ruido térmico + Tasa de Información + Figura de ruido + E_s/I_t requerido + Pérdida de conectores + margen logaritmico de atenuación + margen de interferencia del sistema + Penetración - ganancia de antena - ganancia de handoff

$$= N_0 + R_b + F_{dB} + (E_s/I_t)_{req} + L_c + M_{atd} + I_{sm} + L_{pen} - G_A - Sh_o$$
$$= -174 + 39.8 + 8 + 7 + 2.5 + 8 + 3 + 10 - 15 - 4 = -114.7 \text{ dB}$$

Máximo patrón de pérdidas permitido = $ERP_{sub} - B_{sens} = 20 - (-114.7) = 134.7$ dB

ERP-TCE por elemento de canal de tráfico = ERP por canal - No de canales - % total de potencia radiada - Pérdida por conectores + Ganancia de antena

$$= P_{traff} - N_{traff} - p_{traff} - L_c + G_A$$
$$= 35.5 - 11.1 - 1.3 - 2.5 - 15 = 35.4 \text{ dBm}$$

Umbral de señal optima = (ERP - TCE) - Máximo patrón de pérdidas permitido

$$= 35.4 - 134.7 = 99.3 \text{ dBm}$$

Para una altura de 200 pies, la distancia R es
 $-99.3 = -75 - 38.4 \log(R) + 10 \log(3.55/100) + 15 \log(200/150)$

$\log R = 0.3048$ $R = 2.014$ millas

Para el diseño de un sistema celular CDMA en un área de 2 millones de residentes, considerando que cada usuario tiene en promedio 1 llamada por hora y la duración promedio es de 1.73 minutos y la penetración del mercado es del 2% se calculara el número de canales por célula. El grado de servicio GoS es del 1%:

Población = 2 millones

Tasa de penetración en hora pico = 2 %

Número de usuarios en hora pico = $0.02 * 2 * 10^6 = 40,000$

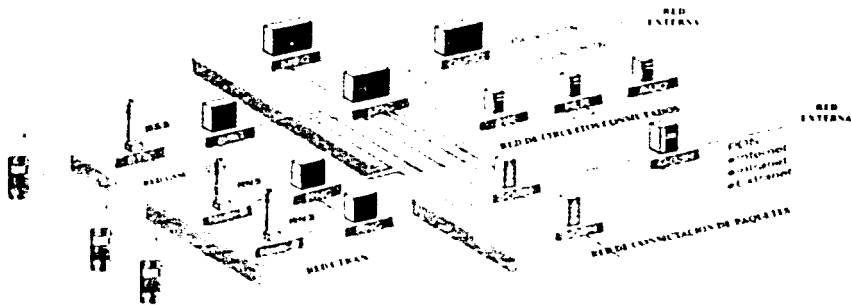
Trafico por usuario = $1 * 1.73 * 60 / 3600 = 0.0288$ Earlangs

Trafico total = $0.0288 * 40,000 = 1153.3$ Earlangs

Asumiendo que la cobertura indica que los servicios pueden ser cubiertos por 200 omnícelulas

Tráfico por células = $1153.3 / 200 = 5.767$ y de tablas con GoS = 0.01 indica que el número de canales por célula es 12

Convivencia de Sistema 2G y Sistema 3G



BSS Sistema de Estación Base
 BTS Estación Transceptora Base
 BSC Controlador de Estación Base
 EIR Registro de Identidad de Equipos
 HLR Registro de Posición Base
 AUC Centro de Autenticación
 GMSC Centro de conmutación móvil cliente

RNS Sistema de Radio Red
 RNC Controlador de Red de Radio
 SGSN Nodo de Soporte GPRS Servidor
 GGSN Nodo de Soporte GPRS Cliente
 PDN Red Pública
 MSC Centro de conmutación móvil

BIBLIOGRAFÍA

- **Wireless Network Evolution: 2G to 3G**
Vijay K. Gang
Prentice Hall
2002
- **Wireless Personal Communication: What is it?**
Donald C. Cox
1995
- **Cellular and PCS**
Lawrence Harte, Steve Prokup y Richard Levine
Mc. Graw Hill
2000
- **TELCEL . Curso Básico de Ingeniería Celular**
Dirección de Ingeniería
Abril 2000
- **Mobile cellular telecommunication: Analog and Digital**
Lee William
Mc. Graw Hill
1999

Paginas Electrónicas:

- <http://www.itu.int/newarchive/press/pr48/document.es>
- <http://www.lies.es/teleco/publicac/publbit/bit113/otros.htm>
- <http://www.3gpp.org>

Capítulo VI
Implicaciones de la
evolución de sistemas
2G a 3G

6.1 Evolución de sistemas de 2G para alta velocidad (2.5 G)

Los Sistemas IS-136 y GSM están basados en TDMA y su desarrollo consiste en varios pasos intermedios para CDMA, mientras la evolución de cdmaone no los requiere para cdma2000.

La introducción del Servicio General de Paquetes de Radio (General Packet Radio Service "GPRS") es uno de los factores clave en la evolución de redes GSM compatibles con 3G, el siguiente paso es la implementación del proceso EDGE (referido como 2.5G) el cual permitirá a los operadores de GSM continuar utilizando su existente banda de radio para ofrecer servicios y aplicaciones multimedia inalámbricos basados en protocolo de Internet (IP).

EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution) va a permitir a los operadores GSM y TDMA (IS-136) de 2G utilizar el espectro de radio existente, con las bandas de 200 kHz, la estructura por canales y los planes de frecuencia actuales para prestar servicios de 3G. Permitirá ofrecer servicios y aplicaciones de multimedia móvil basada en IP a velocidades de 384 kbits/seg con una velocidad de 48 kbits/seg por intervalo de tiempo en condiciones de radio normales y hasta 554 kbits/seg con una cuota de bits de 69,2 kbits/seg por intervalo de tiempo en condiciones óptimas.

EDGE esta situado en el marco de la evolución 3G, no sólo para los operadores GSM, sino también para la comunidad TDMA. EDGE está reconocido hoy en día como un estándar 3G que cumple todos los requisitos de la especificación IMT-2000. Esto se confirmó durante la reunión celebrada en Helsinki en diciembre de 1999 por el Grupo de trabajo 8 de la UIT-R. EDGE también es conocido como Universal Wireless Communications (UWC-136) según el ITA-FIA-136 de American National Standards. GPRS y EDGE se van a desarrollar tanto en redes GSM como TDMA, pero los pasos para llevar acabo esta migración tendran que ser ligeramente distintos.

En el entorno TDMA, en el que ya se está utilizando CDPD (Cellular Digital Packet Data) para los primeros servicios de Internet y de datos móviles, es probable que la transición hacia GPRS y EDGE se lleve a cabo en un solo paso, desplegando al mismo tiempo los recursos necesarios de red básica GPRS.

Al establecer una ruta de transición a la 3G para las redes GSM y TDMA, EDGE va a contribuir al éxito comercial de los sistemas 3G de las primeras fases fundamentales, garantizando a los abonados los servicios de itinerancia y conexión entre los entornos GSM y TDMA.

EDGE mejora sustancialmente el ancho de banda existente a través de diversas tecnologías de radio, como GSM, TDMA y GPRS, mediante el uso de un sistema de modulación de nivel superior 8PSK.

EDGE reutiliza el ancho de banda de portadora GSM y la estructura de intervalos de tiempo. Se puede considerar como una interfaz aérea genérica para ofrecer de un modo eficiente velocidades de transmisión superiores en todos los sistemas basados en el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). EDGE también ha sido evaluado y aceptado por el Universal Wireless Communications Consortium (UWCC) para la evolución del TDMA (IS-136).

EDGE va a utilizar la actual infraestructura 2G de un modo enormemente eficaz: la planificación de las redes de radio no se va a ver afectada en exceso, se podrán reutilizar muchos de los emplazamientos de estaciones base existentes y los nodos de conmutación por paquetes GPRS quedarán invariables, ya que funcionan con independencia de la cuota de bits del usuario. Además, cualquier modificación realizada en los nodos de conmutación se limitaría sólo a realizar actualizaciones del software.

Los canales compatibles con EDGE también podrán utilizarse para los servicios habituales de 2G, sin necesidad de asignar canales fijos entre EDGE, GPRS y GSM/TDMA. Desde el punto de vista del operador esto permite introducir sin obstáculos los nuevos servicios EDGE, comenzando por el despliegue en los puntos conflictivos del servicio e ir aumentando progresivamente la cobertura de acuerdo con la demanda. El equipo necesario para la instalación de las estaciones base para EDGE forme parte del proceso habitual de la ampliación y mejora de la capacidad de la red.

Además de las altas velocidades para el usuario, una de las ventajas claves de EDGE es su mejora en capacidad. Por ejemplo, en un momento dado un usuario GPRS puede necesitar tres intervalos de tiempo de un tranceptor. Con el sistema EDGE operando sobre GPRS, se puede prestar servicio a este usuario con un solo intervalo de tiempo. Los otros dos quedarían libres y pueden ser empleados para otros dos usuarios adicionales a la misma velocidad, o bien triplicar la velocidad de procesamiento de los datos para el primer usuario.

EDGE también se puede introducir en el espectro existente sin necesidad de solicitar nuevas licencias ni efectuar grandes reestructuraciones en la planificación de la red de radio. Emplea los mismos protocolos, estructura de canales y planificación de frecuencias de las redes actuales GSM/TDMA.

Los operadores de 2G que obtengan licencias de 3G pueden tener acceso a más de una banda de frecuencia de 2G, así como a la nueva banda de 2 GHz (3G). La combinación de GSM/TDMA, EDGE y WCDMA permitirá aprovechar al máximo el espectro combinado. Por ejemplo, una forma eficaz de prestar los servicios 3G sería utilizar EDGE/GSM para conseguir una cobertura inicial en todo el territorio para los servicios de datos de alta velocidad, centrando el despliegue del WCDMA en áreas de gran densidad de tráfico. De este modo, los operadores pueden proporcionar servicios 3G a través de la red de forma muy rápida y rentable.

EDGE es una evolución de GSM con un esquema de alto nivel de modulación (HLM) y características de adaptación de enlace. La elección de modulación depende de la tasa de transferencia. El EDGE cumple los siguientes requerimientos de IMT-2000

- 384 Kbps de capacidad en células terrestres y para vehículos en movimiento en baja velocidad.
- 144 kbps para vehículos en movimiento en alta velocidad o realizando handoff.
- 2 Mbps en oficinas donde se utilicen portadoras de ancho de banda de 1.6 Mhz

El IS-2000 provee especificaciones para un ancho de banda en CDMA que soporta una variedad de servicios. El estándar IS-2000 se compone de dos fases:

- Fase I, es elegida una sola portadora CDMA (también conocida como 3G1X) que es compatible con cdmaOne.
- Fase II, concierne a múltiple portadoras CDMA para proveer servicios de banda ancha.

La principal característica de 3G1X es el incremento significativo de más de dos veces la capacidad de Erlang para tráfico de voz (disponibilidad de canales). Provee muy alta capacidad en llamadas, lo cual implica un alta rentabilidad de subscribers. El IS-2000 es compatible con sistemas 2G y 3G, tal que una estación base previendo servicios de 3G puede servir un cdmaOne móvil, y una terminal 3G dual mode puede ser atendida por una estación base 2G.

6.2 Evolución de Técnicas de Acceso para 3G

Los sistemas de tercera generación ofrecerán servicios a cualquier terminal, los anteriores límites entre telefonía, información y servicios de entretenimiento desaparecerán. La terminal móvil tendrá construidos muchos servicios que actualmente se consideran como fijos, especialmente los servicios con acceso a altas tasas de transferencia de información como es el Internet. Las aplicaciones 3G para redes no serán exclusivas para voz, sino para video, datos, voz y multimedia. Uno de los principales beneficios de 3G es que permitirá eficientar los servicios que actualmente se ofrecen. Su tecnología orientada al Protocolo Internet (IP) será la base de los servicios 3G, los usuarios tendrán continuo acceso a la información en línea. Los correos e-mail llegarán a las terminales de mano al instante y los negocios estarán permanentemente conectados desde su Intranet. Fig. 6.1

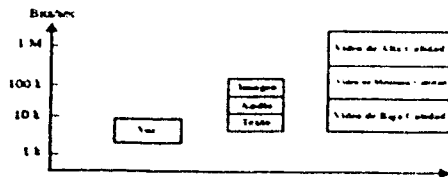


Fig. 6.1 Requerimientos de Usuario

6.2.1 Evolución del TDMA hacia tercera generación

En 1997, la TIA/EIA IS-136 a través del Consorcio Universal de Comunicaciones Inalámbricas (UWCC) y la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) TR adoptó tres estrategias para el acceso por división del tiempo (TDMA) basado en los requerimientos de la IMT-2000

- Conjuntar capacidades de voz y datos de la existente portadora de 30 KHz
- Agregar una portadora de 200 KHz (para las velocidades en evolución de GSM [EDGE] para aplicaciones de alta velocidad)
- Introducir una portadora de 1.6 Mhz para datos de muy alta velocidad en aplicaciones de muy baja movilidad(W-TDMA,FMA1)

La estrategia de conversión de IS-136 TDMA con el sistema de comunicaciones global (GSM) soportara la portadora de alta velocidad de 200 khz y aplicaciones de 384 Kbps.

6.2.2 Evolución de GSM

Agregar servicios de 3G a sistemas de 2G dependerá del espectro disponible. Existen dos diferentes propuestas:

- Re-entramado de bandas existentes del espectro
- Una nueva o modificación de la banda del espectro

Dos esquemas de acceso han sido identificados para soportar los diferentes escenarios de espectros:

- Enlazar tasas de datos para evolución GSM (EDGE) con un alto nivel de modulación en canales de 200 KHz TDMA. Está basado en equipos transmisor receptor, de aquí que permita la migración
- Nuevas redes de telecomunicación móvil basadas en 5Mhz de ancho de banda CDMA (W-CDMA) y optimización de los servicios de 3G.

La capacidad de 3G implica agregar servicios de paquetes conmutados (PS), acceso a internet e conectividad IP. Actualmente el tráfico que se presenta en las redes GSM es regular, menos del 3 por ciento del total de tráfico. Pero con el inicio de 3G, en tres años se predice un crecimiento exponencial en el tráfico de datos, con un margen de penetración del 25%.

Velocidad de Datos para Evolución de GSM (EDGE)

EDGE provee una forma de evolución que establece que los existentes sistemas 2G (GSM, IS-136) ofrezcan servicios 3G en sus actuales bandas de espectro. La ventaja que incluye es la disponibilidad de reusar el existente GSM, IS-136, y la infraestructura PDC, para soportar gradualmente la introducción de las capacidades 3G. EDGE reusa el ancho de banda de la portadora GSM y la estructura de ranuras de tiempo. Puede considerarse como una interfaz de aire genérica para eficientar el proveer altas tasas de transferencia para a su vez facilitar la evolución de sistemas 2G hacia 3G.

EDGE (sistema 2.5G) fue diseñado para eficientar el uso del ancho de banda GPRS, utilizando esquemas de alto nivel de modulación. A través de EDGE se reusa el ancho de banda de la portadora de GSM y la estructura de tiempo de ranura; la técnica no implica restricciones en el uso del GSM, esta puede ser usada como una interfaz genérica para eficientar a una mayor velocidad de transferencia para sistemas TDMA. El esquema de modulación está basado en el uso de 8-PSK para aumentar la capacidad de la tasa de transferencia. La modulación GMSK esta definida como parte del GSM y a su vez como parte del EDGE. La tasa de símbolos es 271 kbps para ambos GMSK y 8-PSK, permitirá ofrecer servicios y aplicaciones de multimedia móvil basados en IP a velocidades de 384 kbits/seg con una velocidad de 48 kbits/seg por intervalo de tiempo, en condiciones de radio normales y hasta de 554 kbits/seg con una tasa de transferencia de 69.2 kbits/seg por intervalo de tiempo en condiciones optimas. Fig. 6.2

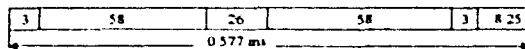


Fig. 6.2 Formato de trama EDGE

Una de las principales ventajas de EDGE es que se puede añadir a las actuales redes GSM, TDMA y GPRS llevando a cabo inversiones de bajo riesgo y rentabilidad. Por ejemplo, la solución de Ericsson no requiere nuevas estaciones base, sino que sólo es necesario añadir nuevos transceptores EDGE a los ya existentes. Los nuevos transceptores ofrecerán una gran flexibilidad, ya que pueden manejar tanto llamadas normales GSM/TDMA como tráfico de datos GPRS/EDGE. Esta posibilidad de realizar actualizaciones por etapas hace de EDGE un sistema extremadamente rentable y eficaz, puesto que la adición de nuevos transceptores es parte fundamental de los programas de ampliación de capacidad de los operadores.

6.3 Sistemas Actuales en Evolución

La Estandarización Internacional basada en IMT-2000 están concentradas en el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI) Grupo Especial Móvil (SMG), el Instituto de Investigación de Transmisiones de Telecomunicaciones en China (RITT), la Asociación de la industria de Radio y Negocios (ARIB), y el Comité Tecnológico de Telecomunicaciones en Japón (TTC), la Asociación de Tecnología en Telecomunicaciones en Korea (TTA), y la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) y T1P1 en los Estados Unidos. La compatibilidad de sistemas 2G existentes (GSM, IS-136, IS-95 CDMA, y PDC) serán tomadas para proporcionar una estructura de 3G dependiendo de la región y sistema que contenga, estos sistemas serán conectados a dos tipos de redes, Partes de Aplicaciones Móviles (MAP) GSM-MAP y ANSI-41, y estas evolucionaran a sistemas 3G.

El proceso de ETSI inicia en 1996 y fue dividido en fases: agrupamiento, refinamiento, síntesis, y definición. En 1998, ETSI SGM decide un esquema básico para un enlace por ancho de banda en CDMA llamado CDMA de Banda Ancha o W-CDMA, en bandas pares (FDD) y por división de tiempo CDMA (TD-CDMA) en bandas impares (TDD). Permitiendo con esto, la implementación de terminales de modo dual para FDD y TDD haciéndolas económicas, incluyendo la armonización para GSM.

China presenta un TD-SCDMA propuesto por UIT-R basado en un esquema sincrono TD-CDMA para TDD y aplicaciones "wires local loop (WLL)". Los japoneses estandarizan ARIB basado en W-CDMA. Japoneses y europeos proponen W-CDMA para FDD. Korea prepara 2 propuestas para UIT-R; una es cerrar el esquema W-CDMA, y el otro es muy similar para TIA cdma2000.

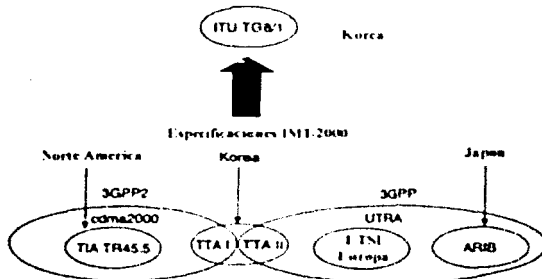


Fig. 6.3 Ancho de Banda Propuestos para CDMA

En los Estados Unidos, TTA prepara algunas propuestas de 3G tales como que UWC-136 que sea una evolución de IS-136, cdma2000 una evolución de IS-95, y que W-CDMA un sistema de servicio multimedia de llamadas inalámbricas (WIMS). El comité TTP1 soporta W-CDMA-NA, con correspondencia para UTRA FDD, W-CDMA-NA y WIMS serán introducidos en el ancho de banda en paquetes CDMA (WP-CDMA). De todo esto se establecen dos grupos:

- El 3GPP para armonizar y estandarizar en detalle para ETSI, ARIB, TTC, TTA, y T1 W-CDMA y lo relacionado TDD.
- 3GPP2 para los sistemas basados en cdma2000 de TTA y TTA.

En Europa los Futuros Sistemas de Acceso de Múltiple Ancho de Banda (FRAMES) serán sólo los Servicios y Tecnologías de comunicación Avanzada (ACTS) proyecto que marcará los componentes terrestres de las interfaces de radio UMTS. La definición original de FRAMES de acceso múltiple (FMA) satisface dichos requerimientos y toma como punto de apoyo a nivel mundial para armonizar parámetros de radio en redes GSM.

Resultado y propósito de los FRAMES son usados satisfactoriamente como entrada para los estándares ETSI y procesos de evaluación para el concepto UTRA. Además, FRAMES contribuye en el proceso de estandarización japonesa en ARIB, para TTA en Korea, y para la TTA en los Estados Unidos. La decisión de ETSI SMG en el concepto de FDD en modo W-CDMA esta basado velocidad en FMA 2, y el TDD en modo TD-CDMA esta basado en FMA 1 con dispersión. UWC-136 en los Estados Unidos esta basada en FMA 1 y una velocidad de datos mejorada de GSM que evoluciona a EDGE.

Mientras tanto el Comité Tecnológico de Telecomunicaciones de Japón (TTC) forma el grupo de trabajo UPT/EPLMTS (EPLMTS también llamado comité de estudio IMT-2000) para mejorar estudios sobre aspectos relacionados a redes de sistemas de la siguiente generacion.

El comité de estudio del IMT-2000 formó el grupo especial de Tecnología de Transmisión de Radio (RTT) para seleccionar y evaluar la interfase de radio para ser propuesta para ITU-R de Japón. Para TDMA se obtuvieron dos propuestas MTDMA y BTDMA, y el grupo especial de tecnología de radio transmisión concluyó que para W-CDMA el mejor candidato es RTT para ser usado en Japón.

6.4 3G en México

El 22 de Agosto del 2000, la operadora Telcel manifestó su intención de encabezar el desarrollo de las comunicaciones móviles en México. Planea una tecnología 3G por medio de TDMA-EDGE basada en protocolo Internet para una alta calidad de voz móvil, servicios de datos multimedia y datos para sus subscriptores

Ericsson contribuirá con Telcel para que esta sea la primera operadora en Latino América en desarrollar EDGE, basándose en tecnología de Ericsson. Telcel cuenta con 7.6 millones de subscriptores (hasta el 2001) contando con roaming automático. EDGE ofrece a TDMA y GSM una forma de mejorar las redes para capacidad de 3G sin requerir mayor o un nuevo espectro

Telcel tiene planeado 2 fases de migración, la primera es a Sistema 2.5G (EDGE), con la capacidad de terminales 3G que utilicen servicios 2.5G, manejando el mismo espectro para finales del año 2002 y la segunda fase implementar a sistemas 3G (Aun no del todo definido CDMA2000 o WCDMA) para finales del año 2003. Fig 6.4

Evolución Sistemas IMT-2000

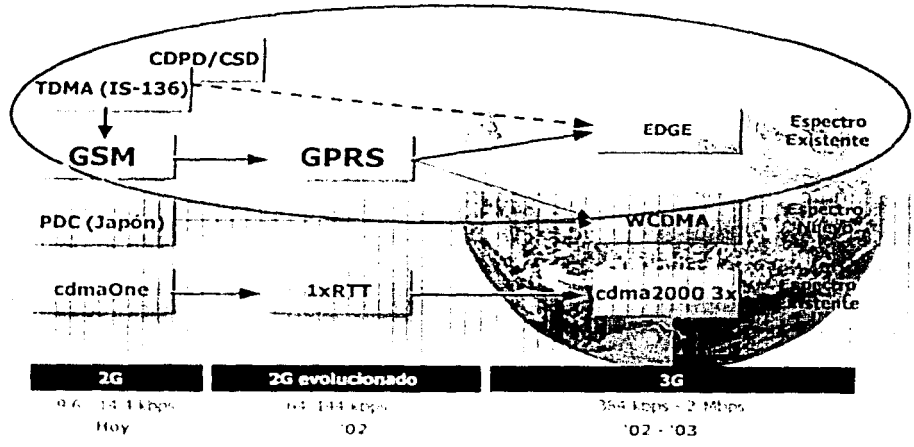


Fig. 6.4 Plan de evolución del Sistema Telcel hacia Tercera Generación

BIBLIOGRAFÍA

- **Wireless Network Evolution: 2G to 3G**
Vijay K. Gang
Prentice Hall
2002

REFERENCIAS

- **Wireless Summit Mexico 2001**
The latest wireless solution in Mexico and abroad
27-28 Noviembre 2001, Mexico D.F.

Paginas Electrónicas:

- <http://www.itu.int/newarchive/press/pp-18/document.es>
- <http://www.qualcom.com>
- <http://www.3gpp.org>

Capítulo VII

Conclusiones

VII. Conclusiones.

Debido a la creciente demanda de comunicación rápida y eficiente, surgen los sistemas de telecomunicaciones los cuales han tenido un amplio desarrollo tecnológico. Actualmente uno de los de mayor auge y demanda es la telefonía móvil celular, debido a las ventajas de comunicación personalizada que ofrece.

Limitantes que se observan en los sistemas actuales de comunicación celular móvil son las siguientes:

- La disponibilidad de Espectro
- La renovación de la infraestructura
- Las áreas de cobertura son muy pequeñas (solo de algunos kilómetros), dentro de las cuales el servicio es aceptable
- Los Estándares de estos sistemas varían de una región a otra, esta limitante trae como consecuencia que cuando un usuario del servicio se traslada de un punto a otro, quede desconectado del resto del mundo.
- Los servicios basados en redes de baja velocidad están limitados.

El objetivo del presente trabajo es concluir sobre contar con un panorama donde se puedan destacar los beneficios e implicaciones de la migración de las redes de segunda a tercera generación de telefonía celular móvil; con base en esto, las conclusiones de este trabajo se han desarrollado desde dos enfoques: tecnológico y económico.

Desde el punto de vista tecnológico se concluyo que:

- ❖ Con los sistemas de 3G se pretende contar con una cobertura total en cualquier territorio, pudiendo ampliarse dicha cobertura a nivel mundial.
- ❖ Con las nuevas tecnologías en telecomunicaciones se obtendrán tasas de transmisión mucho más altas que las actuales, mejorando los servicios 2G y dando lugar a una gran cantidad de nuevos servicios y alternativas con las que no se cuentan hoy en día.
- ❖ El costo de infraestructura debido a la migración dependerá del grado de evolución de la red.
 - La migración hacia 2.5G y debido a que se reutilizará el espectro asignado, la infraestructura de la red y su actualización está basada en hardware y software que implicarán que el costo sea menor.
 - La migración hacia 3G implicará la actualización de los componentes de las radio bases, diseño de células, adquisición de terminales móviles con capacidad 3G, reasignación del ancho de banda lo que redundará en un mayor costo.

- ❖ Debido a la alta capacidad para transferir información y una cobertura total se podrá ofrecer un servicio continuo, flexible y confiable.
- ❖ Con las nuevas técnicas de acceso se obtendrán bajas tasas de error lo cual se debe reflejar en la calidad de la voz y la reducción de retransmisión de paquetes de datos.

Desde el punto de vista económico se concluye que:

- Los servicios que prestarán estos sistemas, están orientados a ofrecer una cobertura más amplia que la de los sistemas ya establecidos.
- Con los nuevos estándares 3G será posible encontrar una compatibilidad total entre sistemas y equipos terminales.
- Las tarifas para el uso del servicio resultará por encima de las actuales inicialmente; sin embargo se espera que conforme las compañías se establezcan y por ende la competencia del mercado aumente, tienda a disminuir los costos.
- Las operadoras de servicio han implementado diversas estrategias para incrementar su rentabilidad como son múltiples planes de contratación mensual, prepagos y planes mixtos. La principal causa de la migración de 1G a 2G fue la capacidad de usuarios del sistema, costo de infraestructura y servicios implícitos, para 3G la principal causa será cubrir la creciente demanda del mercado actual y soportar la gama de servicios móviles que se requieren hoy en día.

Entre otros factores de consideración se pueden mencionar los siguientes:

Administrativos:

- ARPU, que es el consumo de tiempo aire por usuario, por medio del cual se decidirá a que sector va a estar enfocado el servicio y los recursos que se van a asignar a tales servicios.
- Ofertas del fabricante, el costo de tiempo-aire y la actualización de terminales móviles dependerán de los precios del fabricante y las ofertas que genere el mismo.
- Razón costo beneficio, es la valoración sobre beneficios esperados contra los costos económicos, políticos, culturales y de imagen de las empresas prestadoras de servicio.
- Vigencia esperada: Es el tiempo que se pretende que este operando 3G o sus variantes. Por decir 2.5G tentativamente tendrá en México una vigencia de 2 años.

Social y político:

- Definición internacional de bandas, debido a que 3G pretende ser un sistema Global, se requiere una definición internacional de bandas para la compatibilidad de frecuencias en las unidades móviles.
- Aplicaciones: Las aplicaciones como videoconferencias, enlaces de datos, enfocados al contexto social, cultural y económico, son factores que pueden agilizar la puesta a punto de 3G.

- Leyes regionales de telecomunicaciones: Se tendrán que regular las leyes regionales de comunicaciones para soportar características 3G.
- Percepción por parte de los usuarios: Una de las partes fundamentales es la percepción de los usuarios de 3G, ya que es el sector para quien esta dirigido.

Sistemas:

- Actualizaciones de hardware y software, para la implantación de EDGE (2.5G) solo se basará en actualizaciones de hardware y software, y de la compatibilidad de la infraestructura para esta tarea.
- Desarrollo: Uno de los factores más importantes son las fechas para las cuales se podrá contar con terminales móviles 2.5G y 3G, tiempo de su implementación, así como las fechas de disponibilidad de aplicaciones inalámbricas, además del tiempo de vida de la batería.

Como resultado del trabajo se enumeran las implicaciones de la migración:

- 1.- Definición del estándar de telefonía 3G a utilizar (W-CDMA o Cdma2000), los cuales difieren en el ancho de banda que se utilizara y los estándares de las terminales (3GPP y 3GPP2)
- 2.- Reasignación o redefinición del espectro asignado para sistemas 2G hacia sistemas 3G.
- 3.- En caso de utilizar redes 2G basados en GSM o TDMA, se podrá realizar la actualización a EDGE(2.5G) para utilizar servicios 3G sobre redes aun en 2G, lo anterior será mediante hardware y software, utilizando parcialmente la misma infraestructura de comunicaciones para ofrecer servicios 2G y 2.5G.
- 4.- Se reemplazaran las terminales móviles tanto para 2.5G como para sistemas 3G, según el estándar a utilizar (UMTS/W-CDMA-3GPP) y (Cdma2000-3GPP2).
- 5.- De acuerdo a especificaciones de fabricante, no se incrementaran significativamente la potencia de equipos, lo que implica que no se pretende incrementar el radio de cobertura de las células ni los esquemas de cobertura 3G.

Como comentario final en este trabajo se considera en el caso particular de México. Para las operadoras en México 3G no implica una tecnología, si no mas bien un concepto de servicios, por lo que no todas las operadoras están plenamente convencidas de actualizar sus sistemas hacia servicios 3G. En los casos de UNEFON, Iusacell y Pegaso los estudios del mercado mexicano demuestran que los servicios que se ofrecen en 2G son suficientes para cubrir las necesidades, en dado caso se pretenderia incrementar la eficiencia que actualmente ofrecen; debido a que de los 33.7 millones de usuarios (telefonía fija y móvil), 20.5 millones usan líneas celulares, de los cuales, para el primer trimestre del 2001 el 90% se ubicaba en el plan de prepago, es por esto que las operadoras no están plenamente convencidas del éxito económico de la puesta en marcha de sus sistemas en 3G.

En el caso de Telcel, el metodo de acceso que utiliza es TDMA, es por esto que tiene la facilidad de evolucionar a sistemas 2.5G (EDGE) con una tasa de transferencia de 144 Kbps; sin embargo EDGE no puede operar con tecnologías 3G. Lo que implica que Telcel en su ultima fase de migración contará con un sistema completamente 3G. Para este ultimo paso Telcel tendra que decidir entre que tipo de sistema planea usar WCDMA o cdma2000

APÉNDICE A

Acrónimos	Definición
3G1X	Estandar Internacional tambien conocido como IS-2000
3G1X	Estandar Internacional tambien conocido como IS-2000
3GPP	Proveedor de Partes de Tercera Generación
8PSK	Codificación Octal de Cambios de Fase
ACTS	Servicios y Tecnologías de Comunicación Avanzada
AMPS	Sistema Avanzado de Telefonía Móvil
ARIB	Asociación de la Industria de Radio y Negocios
ATM	Modo de Tránsito Asíncrono
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código
cdma 2000	Acceso Múltiple por División de Código 2000
CDPD	Paquetes de Datos Celular Digitales
CEPT	Conferencia de Administradores de Correos y Telecomunicaciones
DAMPS	Versión Digital de AMPS
DCCH	Canal de Control Digital
DECT	Telecomunicaciones inalámbricas Digitales
DSP	Procesador Digital de Señales
DTC	Transformada Discreta de Coseno
EDGE	Rango de Datos aumentado para Evolución Mundial
EGPRS	Enhanced GPRS
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas
ETSI	Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FDD	División de Frecuencia Duplex
FDM	Multiplexaje por División en Frecuencia
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
FMA	Frames de Acceso Múltiple
FMA-1	Frames de Acceso Múltiple
FRAMES	Sistema de Acceso de Múltiple Ancho de banda
GOP	Grupo De Imágenes
GPRS	Servicio General de Paquetes de Radio
GPS	Sistema Global de Posicionamiento
GS	Group Switch
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
GUI	Interfaz de Usuario Gráfica
HCMT	Telefonía Móvil de Alta Capacidad
HIPERLAN	Redes de Acceso Local de Radio de Alto Rendimiento
HLM	Alto Nivel de Modulación
HRL	Registro de localización Local
HSCSD	Circuito Modificado de Alta Velocidad

IMT-2000	Telecomunicaciones Moviles Internacionales 2000
IMTS	Sistema Mejorado de Telefonía Movil
IN	Redes Inteligentes
IP	Protocolo Internet
IS	Estandar Internacional
IS-136	Estandar Internacional
IS-2000	Estandar Internacional
IS-95	Estandar Tecnologia basada en CDMA utilizada a 800mhz
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados
ITU	Union Internacional de Telecomunicaciones
IVR	Reconocimiento Interactivo de Voz
LAN	Redes de Acceso Local
MAP	Partes de Aplicaciones Móviles
MPEG	Grupo de Expertos en Imagenes en Movimiento
MSRP	Mensaje de Respuesta
MTDMA	Propuesta Japonesa de Multimodo y Multimedia en TDMA
NMT900	Nordico de Telefonía Movil
OMC	Centros de operación y de mantenimiento
PCN	Comunicaciones Personales en Red
PDC	Comunicaciones Personales Digitales
PDCP	Paquetes de datos Celulares Personales
PMM	MultiMedia Personal
PS	Paquetes Conmutados
PSC	Sistema de Comunicación Personal
RAH	Reconocimiento Automatico del Habla
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RITT	Instituto de Investigacion de Transmisiones de Telecomunicaciones
RTT	Tecnologia de Transmision de Radio
SMG	Grupo Especial Movil
SMS	Servicio de Mensajes Cortos
T1P1	Grupo de Trabajo
TACS	Sistema de Comunicaciones de Acceso Total
TDCDMA	Acceso Multiple por Division de Código y por Division de Tiempo
TDD	Division de Tiempo Duplex
TDMA	Acceso Multiple por Division de Tiempo
TD-SCDMA	Acceso Sincrono Multiple de Division de Código y División de Tiempo
TIA	Asociacion de Industrias de Telecomunicaciones
TR	Reporte de Problemas
TTA	Asociacion Tecnologica en Telecomunicaciones
TTC	Comite Tecnologico de Telecomunicaciones
UIT-R	Union Internacional de Telecomunicaciones Ramo Radiocomunicaciones
UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones Moviles
UPT	Telefonia Personal Universal
UTRA	UMTS acceso de Radio Terrestre

UTRA FDD	UMTS acceso de Radio Terrestre-División de Frecuencia Duplex
UWC-136	Comunicaciones inalámbricas universales
UWCC	Consortio Universal de Comunicaciones Inalámbricas
VLR	Registro de localización de Visitantes
WAP	Protocolo para Aplicaciones Inalámbricas
WCDMA	Acceso Múltiple de banda ancha por División de Códigos
W-CDMA-NA	Banda Ancha-Acceso Múltiple por División de Código-Norte América
WIMS	Sistema de Servicio Multimedia de Llamadas inalámbricas
WLAN	redes de área local sin hilos
WLS	Servicio de Localización inalámbrica
WLL	Circuito Local Cableado
WTDMA	Acceso Múltiple de banda ancha por División de tiempo
WWW	Red de Alcance Mundial

APÉNDICE B

Modulación Digital

El término comunicaciones digitales abarca un área extensa de técnicas de comunicaciones, incluyendo transmisión digital y radio digital. La transmisión digital es la transmisión de pulsos digitales, entre dos o más puntos, de un sistema de comunicación. El radio digital es la transmisión de portadoras analógicas moduladas, en forma digital, entre dos o más puntos de un sistema de comunicación. Los sistemas de transmisión digital requieren de un elemento físico, entre el transmisor y el receptor, como un par de cables metálicos, un cable coaxial, o un cable de fibra óptica. En los sistemas de radio digital, el medio de transmisión es el espacio libre o la atmósfera de la Tierra.

En un sistema de transmisión digital, la información de la fuente original puede ser en forma digital o analógica. Si está en forma analógica, tiene que convertirse a pulsos digitales, antes de la transmisión y convertirse de nuevo a la forma analógica, en el extremo de recepción. En un sistema de radio digital, la señal de entrada modulada y la señal de salida demodulada, son pulsos digitales.

Radio digital

Los elementos que distinguen un sistema de radio digital de un sistema de radio AM, FM, o PM, es que en un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de ondas analógicas. El radio digital utiliza portadoras analógicas, al igual que los sistemas convencionales. En esencia, hay tres técnicas de modulación digital que se suelen utilizar en sistemas de radio digital: transmisión (modulación) por desplazamiento de frecuencia (FSK), transmisión por desplazamiento de fase (PSK), y modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

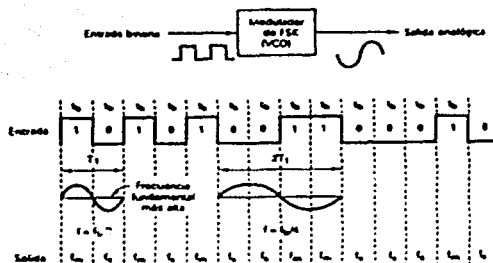
TRANSMISIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA (FSK)

El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general para una señal FSK binaria es

$$v(t) = V_c \cos [(\omega_c + v_m(t) \Delta\omega) \Delta t + 2\theta] \quad (1)$$

donde

- $v(t)$ = forma de onda FSK binaria
- V_c = amplitud pico de la portadora no modulada
- ω_c = frecuencia de la portadora en radianes
- $v_m(t)$ = señal modulante digital binaria
- $\Delta\omega$ = cambio en frecuencia de salida en radianes



De la ecuación 1 puede verse que con el FSK binario, la amplitud de la portadora V_c se mantiene constante con la modulación. Sin embargo, la frecuencia en radianes de la portadora de salida (ω_c) cambia por una cantidad igual a $\pm \Delta\omega/2$. El cambio de frecuencia ($\Delta\omega/2$) es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria. Por ejemplo, un uno binario podría ser +1 volt y un cero binario -1 volt, produciendo cambios de frecuencia de $+\Delta\omega/2$ y $-\Delta\omega/2$, respectivamente. Además, la rapidez a la que cambia la frecuencia de la portadora es igual a la rapidez de cambio de la señal de entrada binaria $v_m(t)$. Por tanto, la frecuencia de la portadora de salida se desvía entre $(\omega_c + \Delta\omega/2)$ y $(\omega_c - \Delta\omega/2)$ a una velocidad igual a f_m (la frecuencia de marca).

Transmisor de FSK

La salida de un modulador de FSK binario, es una función escalón en el dominio del tiempo. Conforme cambia la señal de entrada binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Un transmisor de FSK binario sencillo se muestra en la figura 1

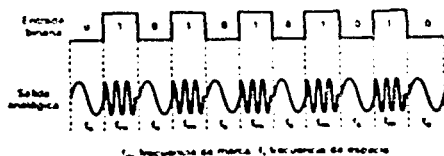


FIGURA 1

Consideraciones de ancho de banda del FSK

La figura 2 muestra un modulador de FSK binario que a menudo son osciladores de voltaje controlado (VCO). El más rápido cambio de entrada ocurre, cuando la entrada binaria es una onda cuadrada. En consecuencia, si se considera sólo la frecuencia fundamental de entrada, la frecuencia modulante más alta es igual a la mitad de la razón de bit de entrada.

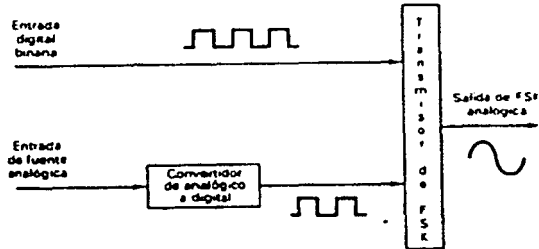


FIGURA 2

La frecuencia de reposo del VCO se selecciona de tal forma que, cae a medio camino, entre las frecuencias de marca y espacio. Una condición de 1 lógico, en la entrada, cambia el VCO de su frecuencia de reposo a la frecuencia de marca; una condición de 0 lógico, en la entrada, cambia al VCO de su frecuencia de reposo a la frecuencia de espacio. El índice de modulación en FSK es

$$MI = \Delta f / f_c \quad (2)$$

donde

- MI = índice de modulación (sin unidades)
- Δf = desviación de frecuencia (Hz)
- f_c = frecuencia modulante (Hz)

El peor caso, o el ancho de banda más amplio, ocurre cuando tanto la desviación de frecuencia y la frecuencia modulante están en sus valores máximos. En un modulador de FSK binario, Δf es la desviación de frecuencia pico de la portadora y es igual a la diferencia entre la frecuencia de reposo y la frecuencia de marca o espacio. La desviación de frecuencia es constante y, siempre, en su valor máximo. f_c es igual a la frecuencia fundamental de entrada binaria que bajo la condición del peor caso es igual a la mitad de la razón de bit (f_b). En consecuencia, para el FSK binario,

$$MI = \frac{f_m - f_s}{f_b} = \frac{f_m - f_s}{2f_b} \quad (3)$$

donde $|f_m - f_s|/2$ = desviación de frecuencia
 f_b = razón de bit de entrada
 $f_b/2$ = frecuencia fundamental de la señal de entrada binaria

En un FSK binario el índice de modulación, por lo general, se mantiene bajo 1.0, produciendo así un espectro de salida de FM de banda relativamente angosta. Debido a que el FSK binario es una forma de modulación en frecuencia de banda angosta, el mínimo ancho de banda depende del índice de modulación. Para un índice de modulación entre 0.5 y 1, se generan dos o tres conjuntos de frecuencias laterales significativas. Por tanto, el mínimo ancho de banda es dos o tres veces la razón de bit de entrada.

Receptor de FSK

El circuito que más se utiliza para demodular las señales de FSK binarias es el circuito de fase cerrada (PLL), que se muestra en forma de diagrama a bloques en la figura 3. Conforme cambia la entrada de PLL entre las frecuencias de marca y espacio, el voltaje de error de cc a la salida del comparador de fase sigue el desplazamiento de frecuencia. Debido a que sólo hay dos frecuencias de entrada (marca y espacio), también hay sólo dos voltajes de error de salida. Uno representa un 1 lógico y el otro un 0 lógico. En consecuencia, la salida es una representación de dos niveles (binaria) de la entrada de FSK. Por lo regular, la frecuencia natural del PLL se hace igual a la frecuencia central del modulador de FSK. Como resultado, los cambios en el voltaje de error de cc, siguen a los cambios en la frecuencia de entrada analógica y son simétricos alrededor de 0 V.

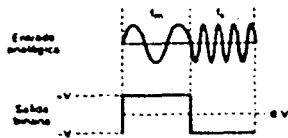
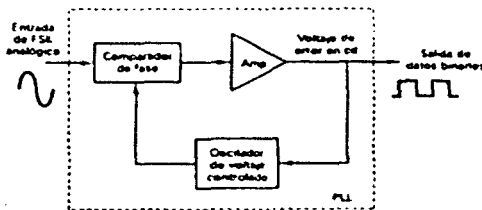


FIGURA 3

Transmisión de desplazamiento mínimo del FSK

La transmisión de desplazamiento mínimo del FSK (MSK), es una forma de transmitir desplazando la frecuencia de fase continua (CPFSK). En esencia, el MSK es un FSK binario, excepto que las frecuencias de marca y espacio están sincronizadas con la razón de bit de entrada binario. Con MSK, las frecuencias de marca y espacio están seleccionadas, de tal forma que están separadas de la frecuencia central, por exactamente, un múltiplo impar de la mitad de la razón de bit [f_m y $f_s = n(f_b / 2)$, con $n =$ entero impar]. Esto asegura que haya una transición de fase fluida, en la señal de salida analógica, cuando cambia de una frecuencia de marca a una frecuencia de espacio, o viceversa.

TRANSMISIÓN DE DESPLAZAMIENTO DE FASE (PSK)

Transmitir por desplazamiento en fase (PSK) es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante. El PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida.

TRANSMISIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE BINARIA (BPSK)

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua.

Transmisor de BPSK

La figura 4 muestra un diagrama a bloques simplificado de un modulador de BPSK. El modulador balanceado actúa como un conmutador para invertir la fase. Dependiendo de la condición lógica de la entrada digital, la portadora se transfiere a la salida, ya sea en fase o 180° fuera de fase, con el oscilador de la portadora de referencia.

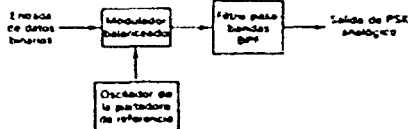


FIGURA 4

La figura 5 muestra la tabla de verdad, diagrama fasorial, y diagrama de constelación para un modulador de BPSK. Un diagrama de constelación que, a veces, se denomina diagrama de espacio de estado de señal, es similar a un diagrama fasorial, excepto que el fasor completo no está dibujado. En un diagrama de constelación, sólo se muestran las posiciones relativas de los picos de los fasores.

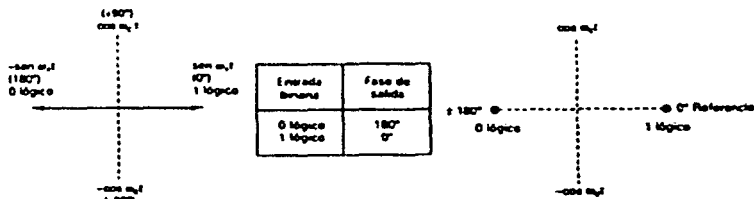


FIGURA 5

Consideraciones del ancho de banda del BPSK

Para BPSK, la razón de cambio de salida, es igual a la razón de cambio de entrada, y el ancho de banda de salida, más amplio, ocurre cuando los datos binarios de entrada son una secuencia alterativa 1/0. La frecuencia fundamental (f_a) de una secuencia alterativa de bits 1/0 es igual a la mitad de la razón de bit ($f_b/2$). Matemáticamente, la fase de salida de un modulador de BPSK es

$$\begin{aligned}
 \text{(salida)} &= \text{(frecuencia fundamental de la señal modulante binaria) } \times \text{ (portadora no modulada)} \\
 &= (\text{sen } \omega_a t) \times (\text{sen } \omega_c t) \\
 &= \frac{1}{2} \cos(\omega_c - \omega_a) - \frac{1}{2} \cos(\omega_c + \omega_a)
 \end{aligned} \tag{4}$$

En consecuencia, el mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado (f_N) es

$$2\pi f_N = (\omega_c + \omega_a) - (\omega_c - \omega_a) = 2\omega_a$$

y como $f_a = f_b/2$, se tiene

$$f_N = 2\omega_a / 2\pi = 2f_a = f_b \tag{5}$$

La figura 6 muestra la fase de salida contra la relación de tiempo para una forma de onda BPSK. El espectro de salida de un modulador de BPSK es, sólo una señal de doble banda lateral con portadora suprimida, donde las frecuencias laterales superiores e inferiores están separadas de la frecuencia de la portadora por un valor igual a la mitad de la razón de bit. En consecuencia, el mínimo ancho de banda (f_N) requerido, para permitir el peor caso de la señal de salida del BPSK es igual a la razón de bit de entrada.

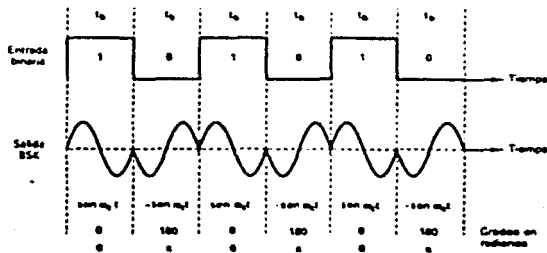


FIGURA 6

Receptor de BPSK

La figura 7 muestra el diagrama a bloques de un receptor de BPSK. La señal de entrada puede ser $+\sin \omega_c t$ ó $-\sin \omega_c t$. El circuito de recuperación de portadora coherente detecta y regenera una señal de portadora que es coherente, tanto en frecuencia como en fase, con la portadora del transmisor original. El modulador balanceado es un detector de producto; la salida es el producto de las dos entradas (la señal de BPSK y la portadora recuperada). El filtro pasa-bajas (LPF) separa los datos binarios recuperados de la señal demodulada compleja.

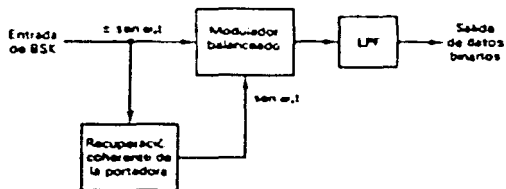


FIGURA 7

Codificación en M-ario

M-ario es un término derivado de la palabra "binario". La M es sólo un dígito que representa el número de condiciones posibles. Las dos técnicas para modulación digital que se han analizado hasta ahora (FSK binario y BPSK), son sistemas binarios; sólo hay dos condiciones posibles de salida. Una representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico; por tanto, son sistemas M-ario donde $M = 2$. Con la modulación digital, con frecuencia es ventajoso codificar a un nivel más alto que el binario. Por ejemplo, un sistema de PSK, con cuatro posibles fases de salida, es un sistema M-ario en donde $M = 4$. Si hubiera ocho posibles fases de salida, $M = 8$, etcétera. Matemáticamente,

$$N = \log_2 M \quad (6)$$

en donde $N =$ número de bits
 $M =$ número de condiciones de salida posibles con N bits

TRANSMISIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE CUATERNARIA (QPSK)

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o, en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario, en donde $M=4$ (de ahí el nombre de "cuaternaria", que significa "4"). Con QPSK son posibles cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes. Ya que la entrada digital a un modulador de QPSK es una señal binaria (base 2), para producir cuatro condiciones diferentes de entrada, se necesita más de un solo bit de entrada. Con 2 bits, hay cuatro posibles condiciones: 00, 01, 10 y 11. En consecuencia, con QPSK, los datos de entrada binarios se combinan en grupos de 2 bits llamados dibits. Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit de 2 bits introducidos al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que, la razón de cambio en la salida es la mitad de la razón de bit de entrada.

Transmisor de QPSK

En la figura 8 se muestra un diagrama a bloques de un modulador de QPSK. Dos bits (un dibit) se introducen al derivador de bits. Después que ambos bits han sido introducidos, en forma serial, salen simultáneamente en forma paralela. Un bit se dirige al canal I y el otro al canal Q. El bit I modula una portadora que está en fase con el oscilador de referencia (de ahí el nombre de "I" para el canal "en fase"), y el bit Q modula una portadora que está 90° fuera de fase o en cuadratura con la portadora de referencia (de ahí el nombre de "Q" para el canal de "cuadratura").

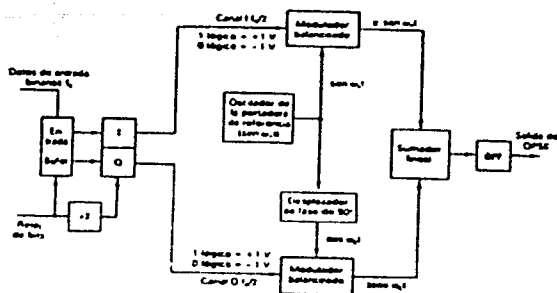


FIGURA 8

Puede verse que una vez que un dicit ha sido derivado en los canales I y Q, la operación es igual que en el modulador de BPSK. En esencia, un modulador de QPSK son dos moduladores, de BPSK, combinados en paralelo.

En la figura 9 puede verse que, con QPSK, cada una de las cuatro posibles fases de salida tiene, exactamente, la misma amplitud. En consecuencia, la información binaria tiene que ser codificada por completo en la fase de la señal de salida.

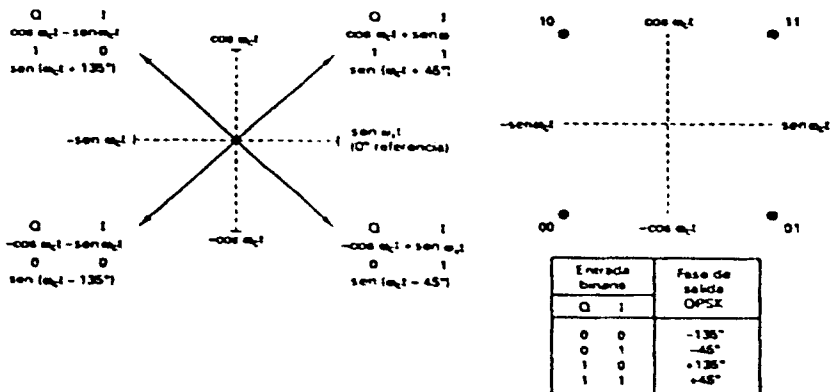


FIGURA 9

Consideraciones de ancho de banda para el QPSK

Con QPSK, ya que los datos de entrada se dividen en dos canales, la tasa de bits en el canal I, o en el canal Q, es igual a la mitad de la tasa de datos de entrada ($f_b/2$). En consecuencia, la frecuencia fundamental, más alta, presente en la entrada de datos al modulador balanceado, I o Q, es igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada (la mitad de $f_b/2$: $f_b/4$). Como resultado, la salida de los moduladores balanceados, I y Q, requiere de un mínimo ancho de banda de Nyquist de doble lado, igual a la mitad de la tasa de bits que están entrando.

$$f_N = 2(f_b/4) = f_b/2 \quad (7)$$

Por tanto con QPSK, se realiza una compresión de ancho de banda (el ancho de banda mínimo es menor a la tasa de bits que están entrando).

Receptor de QPSK

El diagrama a bloques de un receptor QPSK se muestra en la figura 10. El derivador de potencia dirige la señal QPSK de entrada a los detectores de producto, I y Q, y al circuito de recuperación de la portadora. El circuito de recuperación de la portadora reproduce la señal original del modulador de la portadora de transmisión. La portadora recuperada tiene que ser coherente, en frecuencia y fase, con la portadora de referencia transmisora. La señal QPSK se demodula en los detectores de producto, I y Q, que generan los bits de datos, I y Q, originales. Las salidas de los detectores de productos alimentan al circuito para combinar bits, donde se convierten de canales de datos, I y Q, paralelos a un solo flujo de datos de salida binarios.

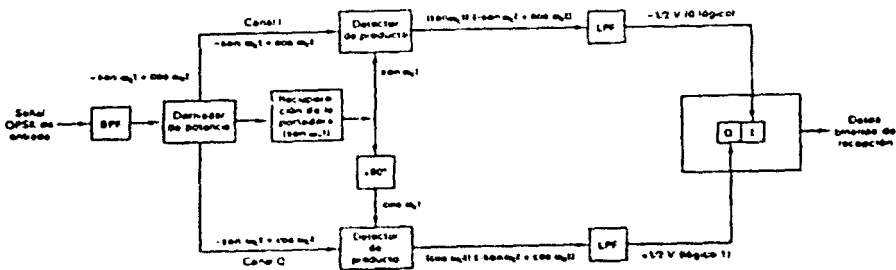


FIGURA 10

APÉNDICE C

TABLA Y DIAGRAMA DE EARLANG

n	.00001	.00005	.001	.0005	.001	.002	.003
4 0	19 027	20 606	21 371	23 434	24 444	25 599	26 346
4 1	19 715	21 326	22 106	24 189	25 239	26 416	27 177
4 2	20 405	22 049	22 845	24 967	26 037	27 235	28 01
4 3	21 101	22 776	23 587	25 748	26 837	28 057	28 846
4 4	21 800	23 507	24 332	26 532	27 641	28 832	29 684
4 5	22 503	24 240	25 080	27 319	28 447	29 706	30 525
4 6	23 209	24 977	25 832	28 109	29 256	30 538	31 357
4 7	23 918	25 717	26 586	28 901	30 066	31 369	32 212
4 8	24 631	26 460	27 343	29 696	30 879	32 203	33 059
4 9	25 346	27 206	28 103	30 493	31 694	33 039	33 906
5 0	26 065	27 954	28 866	31 292	32 512	33 876	34 759
5 1	26 787	28 706	29 631	32 094	33 332	34 716	35 611
5 2	27 511	29 459	30 399	32 898	34 153	35 538	36 466

Tabla E. Tabla de Erlang. No. de Troncales vs. Probabilidad de Bloqueo

