

11126
5



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**COMUNICACIONES
"COMUNICACIONES MOVILES GSM"**

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

UBALDO ANGELES MARTINEZ

ASESOR: ING. RODOLFO LOPEZ GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO.

2003.

A



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

N. A. M.
UNIDAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



SECRETARÍA NACIONAL
DE EDUCACIÓN PÚBLICA

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones
Comunicaciones Moviles GSM

que presenta el pasante: Ubaldo Angeles Martínez

con número de cuenta: 9462808-5 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 8 de Enero de 2003

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Jorge Ramirez Rodriguez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Juan Gonzalez Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Rodolfo Lopez Gonzalez</u>	<u>[Firma]</u>

B

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A quienes siempre me han demostrado su inmenso amor
mis padres Ubaldo y Julia, por su inagotable confianza en mí,
por su oportuno consejo, por su paciencia,
gracias a ustedes he llegado a esta meta.

A Elisa, mi inspiración y hermosa compañía.

A Patricia, Beatriz y Maricela, mis mejores amigas y hermanas.

A mis familiares que siempre me han apoyado
cuñados, sobrinos, etc. en especial Jorge.

A mis amigos de la FESC: Sergio, Rodrigo, Neftali, Salvador, Saúl, Alfredo, Francisco,
Moisés, Benjamín, Gustavo, Santiago, etc. gracias por su amistad.

A esta gran Institución de conocimiento que me abrió sus puertas y me dio las
herramientas necesarias para poder crecer profesionalmente.

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

C

CONTENIDO

OBJETIVO	1
I. INTRODUCCION	2
1.1 GSM: EL NACIMIENTO DE UN ESTANDAR.....	3
1.2 ESTANDARES MOVILES.....	3
1.3 ELECCIONES TÉCNICAS.....	8
1.4 FASES GSM.....	11
1.5 BANDAS DE FRECUENCIA.....	12
II. ARQUITECTURA DE LA RED GSM	14
2.1 EL SISTEMA DE CONMUTACION (SS).....	16
2.2 EL SISTEMA DE ESTACION BASE (BSS).....	16
2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONMUTACION.....	16
2.3.1 EL CENTRO DE CONMUTACION DE SERVICIOS MOVILES (MSC).....	16
2.3.2 EL REGISTRO DE LOCALIZACION DE LLAMADA (HLR).....	17
2.3.3 EL REGISTRO DE LOCALIZACION DE VISITANTE (VLR).....	18
2.3.4 EL CENTRO DE AUTENTICACION (AUC).....	18
2.3.5 EL REGISTRO DE IDENTIFICACION DE EQUIPO (EIR).....	18
2.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ESTACION BASE (BSS).....	19
2.4.1 ESTACION BASE DE CONTROL (BSC).....	19
2.4.2 ESTACION TRANSCIBIDORA DE BASE (BTS).....	19
2.5 CENTROS DE MONITOREO DE RED.....	19
2.5.1 CENTRO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO (OMC).....	19
2.5.2 CENTRO DE ADMINISTRACION DE LA RED (NMC).....	19
2.6 ESTACION MOVIL (MS).....	20
III. ESTRUCTURA DE GEOGRAFICA DE LA RED GSM	21
3.1 CELULA.....	22
3.2 AREA DE LOCALIZACION (LA).....	23
3.3 AREA DE SERVICIO MSC.....	23
3.4 AREA DE SERVICIO PLMN.....	24
3.5 AREA DE SERVICIO GSM.....	24
IV. CONCEPTOS DE FRECUENCIA	25
4.1 FRECUENCIA.....	25
4.1.1 LONGITUD DE ONDA.....	27
4.2 ANCHO DE BANDA.....	29
4.3 CANALES.....	30
4.3.1 DISTANCIA DUPLEX.....	31
4.3.2 SEPARACION DE PORTADORA O ANCHO DE CANAL.....	31
4.3.3 CAPACIDAD Y REHUSO DE FRECUENCIAS.....	32
4.4 VELOCIDAD DE TRANSMISION.....	33
4.5 METODO DE MODULACION.....	33
4.6 METODO DE ACCESO: ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA).....	34
V. TRANSMISION DIGITAL Y ANALOGICA	35
5.1.1 INFORMACION ANALOGICA.....	36
5.1.2 SEÑALES ANALOGAS.....	36
5.1.3 INFORMACION DIGITAL.....	36
5.1.4 SEÑAL DIGITAL.....	37
5.2 VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DIGITALES.....	37

D

VI.	PROBLEMAS DE TRANSMISIÓN.....	39
6.1	PÉRDIDA POR TRAYECTORIA.....	40
6.2	SOMBRA.....	41
6.3	PÉRDIDA POR MÚLTIPLES TRAYECTORIAS.....	41
6.3.1	PÉRDIDA DE RAYLEIGH.....	41
6.3.2	DISPERSIÓN DE TIEMPO.....	42
6.4	ALINEACIÓN DE TIEMPO.....	43
6.5	PÉRDIDAS DE SEÑALES COMBINADAS.....	44
VII.	SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE TRANSMISIÓN.....	46
7.1	CODIFICACIÓN DE CANAL.....	47
7.2	ENTRELAZADO.....	47
7.3	DIVERSIDAD DE ANTENA.....	49
7.3.1	DIVERSIDAD DE ESPACIO.....	49
7.3.2	DIVERSIDAD DE POLARIZACIÓN.....	50
7.4	SALTO DE FRECUENCIA.....	50
7.5	ADELANTO DE TIEMPO.....	51
VIII.	PROCESO DE TRANSMISIÓN GSM.....	53
8.1	ETAPA 1: CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL (A/D).....	54
8.1.1	PASO 1: MUESTREO.....	54
8.1.2	PASO 2: CUANTIZACIÓN.....	55
8.1.3	PASO 3: CODIFICACIÓN.....	56
8.2	ETAPA 2: SEGMENTACIÓN ETAPA 3: CODIFICACIÓN DE VOZ.....	57
8.3	ETAPA 4: CODIFICACIÓN DE CANAL.....	58
8.4	ETAPA 5: ENTRELAZADO.....	60
8.4.1	PRIMER NIVEL DE ENTRELAZADO.....	60
8.4.2	SEGUNDO NIVEL DE ENTRELAZADO.....	60
8.5	ETAPA 6: CIFRADO/ENCRIPCIÓN.....	62
8.6	ETAPA 7: FORMATEO DE RAFAGA.....	62
8.7	ETAPA 8: MODULACIÓN Y TRANSMISIÓN.....	63
IX.	CONCEPTOS DE CANAL.....	64
9.1	INTRODUCCIÓN A LOS CANALES LÓGICOS Y FÍSICOS.....	65
9.2	CANALES LÓGICOS.....	66
9.3	CANALES DE CONTROL.....	66
9.3.1	CANALES DE DIFUSIÓN (BCCH).....	67
9.3.2	CANALES DE CONTROL COMÚN (CCCH).....	68
9.3.3	CANALES DE CONTROL DEDICADOS (DCCH).....	69
9.4	CANALES DE TRAFICO.....	69
9.5	RAFAGAS.....	70
9.6	RELACION ENTRE RAFAGAS Y TRAMAS.....	71
9.7	HANDOVER.....	72
9.8	CASO TRAFICO SIMPLE.....	73
X.	CONCLUSIONES.....	75
	GLOSARIO DE TERMINOS.....	78
	BIBLIOGRAFIA.....	84

E

OBJETIVO

Las telecomunicaciones móviles son unas de las tecnologías mas crecientes y demandantes hoy en día, con este trabajo se pretende tener una visión general de las comunicaciones móviles GSM, explicando cada uno de los conceptos fundamentales del mismo, posteriormente se profundizara en el estudio de su proceso de transmisión tratando de comprender tanto el canal de radio como los métodos de comunicaciones de esta interfaz. Finalmente se presentara el caso de tráfico de una llamada en la que se podrán apreciar mejor los conceptos explicados durante el desarrollo de este trabajo.

CAPITULO I.

INTRODUCCION

1.1 GSM: EL NACIMIENTO DE UN ESTANDAR

A inicios de los años 80s los sistemas de telefonía celular analógica presentaron un rápido crecimiento en Europa, principalmente en Inglaterra, Francia y Alemania, cada país desarrolló su propio sistema, los cuales eran incompatibles uno con otro en equipo y operación, esto era una situación no deseable debido a que los equipos móviles estaban limitados a operar solo dentro de las fronteras nacionales además de existir un limitado mercado para cada tipo de equipo.

En consecuencia a la incompatibilidad de los diversos sistemas telefónicos en una Europa en proceso de liberalización y de regulación fue que en 1982 se formo un grupo de estudio llamado Groupe Spécial Mobile (Que dio nombre al sistema) que tenia como objetivo desarrollar un sistema móvil terrestre público europeo

A causa de que GSM provee un standard común, suscriptores celulares pueden usar sus teléfonos sobre la totalidad del área de servicio GSM la cual incluye todos los países alrededor del mundo donde el sistema GSM es usado.

En adición GSM provee la integración de servicios como mail, datos de alta velocidad, fax, radio localizador y mensajes cortos (SMS) Las especificaciones técnicas de GSM están también diseñadas para trabajar con otros estándares así garantizar compatibilidad entre sus interfaces.

Finalmente, Un aspecto clave de GSM es que las especificaciones están abiertas y pueden ser construidas en base a futuros requerimientos

1.2 ESTANDARES MOVILES

Los estándares juegan un importante rol en las telecomunicaciones por: permitir que productos de diversos proveedores sean interconectados, por facilitar innovación para la creación de mercados extensos para productos comunes

El proceso de realización de estándares es una cooperación en muchos niveles, nacionales e internacionales e incluye cooperación entre: industrias concernientes dentro de un país, estas industrias concernientes y sus gobiernos, gobiernos nacionales en un nivel internacional

El primer objetivo de un estándar para comunicaciones es especificar como las llamadas de un teléfono móvil son manejadas por una red móvil. Estas especificaciones deben incluir:

- Las señales a ser transmitidas y recibidas por un teléfono móvil
- El formato de esa señal
- La interacción de nodos de red
- Los servicios básicos de red los cuales deberán estar disponibles a los suscriptores móviles
- La estructura básica de la red

Desde el desarrollo de la NMT 450 en 1981, muchos estándares para comunicaciones móviles han sido desarrollados por todo el mundo. Cada estándar móvil ha sido desarrollado para satisfacer los requerimientos particulares del país o grupos de intereses involucrados en sus especificaciones. Por esta razón, a pesar que los estándares sean tal vez adecuados para un país, este tal vez no lo sea para otro. El principal estándar y los principales mercados en los cuales los estándares son usados son mostrados en la tabla 1

Desde el principio de los 80, después de que el NMT ("Nordic Mobile Telephone"), sistema de telefonía móvil analógico de cobertura escandinava, funcionara con éxito, fue obvio para varios países europeos que los sistemas analógicos existentes, tenían limitaciones [3]. Primero, la potencial demanda de servicios móviles fue mayor de la capacidad esperada de las existentes redes analógicas. Segundo, las diferentes formas de operación no ofrecían compatibilidad para los usuarios de móviles: un terminal TACS (servicio de telefonía móvil analógico puesto en funcionamiento en el Reino Unido en 1985) no podía acceder dentro de una red NMT, y viceversa. Además, el diseño de un nuevo sistema de

telefonía celular requiere tal cantidad de investigación que ningún país europeo podía afrontarlo de forma individual. Todas estas circunstancias apuntaron hacia el diseño de un nuevo sistema, hecho en común entre varios países.

Año	Estándar	Sistema de telefonía móvil	Tecnología	Mercado primario
1981	NMT 450	Nordic Mobile Telephony	Análoga	Europa, Este medio
1983	AMPS	Advanced Mobile Phone System	Análoga	Norte América y Sudamérica
1985	TACS	Total Access Communication System	Análoga	Norte América y Sudamérica
1986	NMT900	Nordic Mobile Telephony	Análoga	Europa, Medio Este
1991	GSM	Global System for Mobile communication	Digital	Alrededor del mundo
1991	TDMA (D-AMPS) (IS136)	Time Division Multiple Acces	Digital	Norte América y Sudamérica
1993	CdmaOne (IS95)	Codedivisionmultipleacces One	Digital	Norte América, Korea
1992	GSM 1800	Global System for Mobile communication	Digital	Europa
1994	PDC	Personal Digital Celular	Digital	Japón
1995	PCS 1900	Personal Communication Services	Digital	Norte América

Tabla 1. Los principales estándares celulares

El principal requisito previo para un sistema de radio común, es el ancho de banda de radio. Esta condición había sido ya prevista unos pocos años antes, en 1978, cuando se

decidió reservar la banda de frecuencia de 900 ± 25 MHz para comunicaciones móviles en Europa.

Este problema fue el mayor obstáculo solucionado. Quedaba organizar el trabajo. El mundo de la telecomunicación en Europa, siempre había estado regido por la estandarización. El CEPT ("Conférence Européene des Postes et Télécommunications") es una organización para la estandarización presente en más de 20 países europeos. Todos estos factores, llevaron a la creación en 1982 de un nuevo cuerpo de estandarización dentro del CEPT, cuya tarea era especificar un único sistema de radiocomunicaciones para Europa a 900 MHz. El recién Nacido "Groupe Spécial Mobile" (GSM) tuvo su primer encuentro en Diciembre de 1982 en Estocolmo, bajo la presidencia de Thomas Haug de la administración sueca. Treinta y una personas de once países estuvieron presentes en este primer encuentro. En 1990, por requerimiento del Reino Unido, se añadió al grupo de estandarización la especificación de una versión de GSM a la banda de frecuencia de 1800 ± 75 MHz. A esta variante se le llamó DCS1800 ("Digital Cellular System 1800"). El significado actual de las siglas GSM se ha cambiado y en la actualidad se hacen corresponder con "Global System for Mobile communications".

La elaboración del estándar GSM llevó casi una década. Las principales metas alcanzadas a lo largo de esta década, se muestran en la tabla 2

FECHA	ACTIVIDAD
1982-1985	<ul style="list-style-type: none"> Conférence Européene des Postes et Télécommunications (CEPT) empieza a especificar un estándar de telecomunicaciones Europeo en la banda de frecuencia de 900 MHz. Este estándar después llegaría a ser conocido como Global System for Mobile communication (GSM)
1986	<ul style="list-style-type: none"> Se creó un núcleo permanente Pruebas de campo fueron sostenidas en Paris para seleccionar cual tecnología de transmisión digital usar. La elección fue Time División Múltiple Access (TDMA) o Frequency División Múltiple Acces (FDMA)
1987	<ul style="list-style-type: none"> Se escogen las principales técnicas de transmisión de radio basadas en la evaluación de un prototipo Una combinación de TDMA y FDMA fue seleccionada como la tecnología de transmisión para GSM

1987	<ul style="list-style-type: none"> • Operadores de 12 países firman un memorandum para introducir GSM para 1991
1988	<ul style="list-style-type: none"> • CEPT empieza produciendo las especificaciones GSM para una fase de implementación • Otros 5 países firman el MoU (Memorandum of Understanding)
1989	<ul style="list-style-type: none"> • GSM se convierte en un comité técnico del ETSI • La European Telecommunication Standards Institute (ETSI) toma responsabilidad sobre las especificaciones GSM
1990	<ul style="list-style-type: none"> • La fase 1 de las especificaciones del GSM900 se finaliza se comienza con el estándar DCS 1800 • Las especificaciones de la fase 1 fueron congeladas para permitir manufacturar el equipo de red
1991	<ul style="list-style-type: none"> • el estándar GSM 1800 fue liberado • Una adición fue sumada al el MoU permitiendo firmar a países fuera de la CEPT
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Las especificaciones de la fase 1 fueron completadas • La mayoría de los operadores europeos de GSM900 comienzan las operaciones comerciales de la fase 1 • El primer convenio de roaming internacional fue establecido entre Telecom. Finland y Vodafone en UK
1993	<ul style="list-style-type: none"> • Australia llega a ser el primer país no europeo en firmar el MoU • El MoU ahora tiene un total de 70 integrantes. La red GSM fue lanzada en Noruega, Austria, Irlanda, Hong Kong y Australia • El número de suscriptores GSM llega a un millón • El primer sistema comercial DCS 1800 fue lanzado en U.K.
1994	<ul style="list-style-type: none"> • El MoU tiene 100 integrantes cubriendo 60 países • Mas redes GSM fueron lanzadas • El número total de suscriptores GSM excede los 3 millones
1995	<ul style="list-style-type: none"> • Las especificaciones para los Servicios de comunicación personal (PCS) fueron desarrolladas en los E.U. Esta versión de GSM opera a 1900 MHz. • El crecimiento de GSM es constante en 1995, con el número de suscriptores GSM incrementándose a un promedio de 10,000 por día.

1995	<ul style="list-style-type: none"> En abril de 1995, hay 188 miembros del MoU de 69 países
1996	<ul style="list-style-type: none"> El primer sistema GSM 1900 llega a estar disponible. Este cumple con el estándar PCS 1900
1998	<ul style="list-style-type: none"> Al principio de 1998 el MoU tiene un total de 253 miembros en 100 países y hay cerca de 70 millones de suscriptores GSM alrededor del mundo. Los suscriptores GSM se estiman en un 31 % del mercado móvil mundial.

Tabla 2. Principales metas alcanzadas

1.3 ELECCIONES TECNICAS

GSM fue diseñado para ser una plataforma independiente. Las especificaciones GSM no contienen los requerimientos de hardware actual, pero en lugar de eso detalla las funciones de la red e interfaces. Esto permite a los diseñadores de la red ser creativos en la manera como ellos proveen la funcionalidad actual, pero al mismo tiempo hace posible para operadores comprar equipo de diferentes proveedores.

Las recomendaciones GSM consisten de 12 series las cuales están listadas en la tabla 3. Estas series fueron escritas por diferentes grupos expertos. Un núcleo permanente fue establecido en orden de coordinar las partes de trabajo y administrar la edición de las recomendaciones. Todos estos grupos fueron organizados por el ETSI.

Serie	Contenido
01	General
02	Aspectos de servicio
03	Aspectos de red
04	Interfase y protocolos MS – BSS
05	Capa física en la trayectoria de radio
06	Especificaciones de código de habla
07	Adaptador terminal para MS
08	BSS – MSC Interface
09	Interconexión de red
10	Interconexión de servicios
11	Equipamiento y especificaciones aprobadas
12	Operación y mantenimiento

Tabla 3. Recomendaciones GSM

Algunos de los propósitos del sistema estaban claros desde el principio: uno de ellos era que el sistema debía permitir la libre circulación de los abonados en Europa ("roaming"). Prácticamente hablando, esto significa que un abonado de una determinada red nacional pueda acceder a todos los servicios cuando viaje entre varios países. La propia estación móvil GSM debe permitir al usuario el llamar o ser llamado donde quiera que se encuentre dentro del área internacional de cobertura.

Estaba claro también que la capacidad ofrecida por el sistema debería ser mejor que las existentes redes analógicas.

En 1982, los requerimientos básicos para GSM, estaban establecidos. Estos fueron revisados someramente en 1985, quedando establecidos principalmente como siguen:

Servicios:

- El sistema será diseñado de forma que las estaciones móviles se puedan usar en todos los países participantes.
- El sistema debe permitir una máxima flexibilidad para otros tipos de servicios, p. ej. los servicios relacionados con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Los servicios ofrecidos en las redes PSTN ("Public Switching Telephone Network") e ISDN ("Integrated Services Digital Network"), así como otras redes públicas deben ser posibles, en la medida de las posibilidades, en el sistema móvil.
- Debe ser posible la utilización de las estaciones móviles pertenecientes al sistema a bordo de barcos, como extensión del servicio móvil terrestre. Se debe prohibir el uso aeronáutico de las estaciones móviles GSM.
- En lo referente a las estaciones, aparte de las montadas en vehículos, el sistema debe ser capaz de suministrar estaciones de mano así como otras categorías de estaciones móviles.

Calidad de los servicios y seguridad:

- Desde el punto de vista del abonado, la calidad de voz telefónica en el sistema GSM debe ser al menos tan buena como la que tenía la primera generación de sistemas analógicos a 900 MHz.

- El sistema debe ser capaz de ofrecer encriptación de la información del usuario pero debe permitir la posibilidad de que esto no influya en el coste de aquellos abonados que no requieran este servicio.
- Utilización de la radio frecuencia:
- El sistema permitirá un gran nivel de eficiencia espectral así como la posibilidad de servicios para el abonado a un coste razonable, teniendo en cuenta tanto las áreas urbanas como rurales y el desarrollo de nuevos servicios.
- El sistema permitirá la operación en el rango de frecuencias comprendido entre los 890-915 MHz y entre los 935-960 MHz.
- El nuevo sistema de 900 MHz para comunicaciones móviles del CEPT, debe coexistir con los anteriores sistemas en la misma banda de frecuencias.

Aspectos de Red:

- El plan de identificación debe estar basado en la recomendación correspondiente del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones).
- La numeración del plan estará basada en la recomendación correspondiente del CCITT.
- El diseño del sistema debe permitir diferentes estructuras de carga y velocidades para su utilización en diferentes redes.
- Para la interconexión de los centros de conmutación y los registros de localización, se usará un sistema de señalización internacionalmente estandarizado.
- No se debe requerir ninguna modificación significativa de las redes públicas fijas.
- El sistema GSM debe habilitar la implementación de la cobertura común de las redes públicas móviles terrestres "Public Land Mobile Network" ó PLMN.
- La protección de la información y el control de la información de la red debe ser proporcionada por el sistema.

Aspectos de costes:

- Los parámetros del sistema deben ser escogidos teniendo en cuenta un coste límite del sistema completo, principalmente el de las unidades móviles.

1.4 FASES GSM

En los 80s el grupo involucrado en el desarrollo del estándar GSM se dio cuenta que dentro del tiempo dado no podrían completar las especificaciones para el rango integro de servicios GSM y características como inicialmente fueron planeadas. A causa de esto, se decidió que GSM debería ser liberado en fases, con la fase 1 consistiendo de un número limitado de servicios y características. Cada nueva fase mantiene los servicios ofrecidos por fases ya existentes.

FASE 1

La fase 1 contiene los servicios más comunes incluyendo:

- Telefonía
- Roaming internacional
- Fax básico /Servicios de datos (hasta 9.6 kbits/s)
- Transferencia de llamadas a otros teléfonos
- Bloqueo de llamada
- Servicio de mensajes cortos "Short Message Service" (SMS)

La fase 1 también incorpora características tales como cifrado "cipherng" y el modulo de identidad del suscriptor "Subscriber Identity Module" (SIM) cards. Las especificaciones de fase 1 fueron entonces establecidas y no pueden ser modificadas.

FASE 2

Características adicionales fueron introducidas en la fase GSM 2 incluyendo:

- Aviso de cargo
- Identificación de llamadas
- Llamada en Espera
- Llamada retenida
- Comunicación en conferencia
- Llamada en conferencia

- Grupo de usuarios cerrados
- Capacidad de comunicación de datos

FASE 2+

Los grupos de estandarización han ya empezado a definir la siguiente fase, 2+. El programa de fase 2+ cubrirá múltiples números de suscriptor y una variedad de características orientadas a los negocios.

Algunas de las mejoras ofrecidas por la fase 2+ son:

- Contorno de servicios múltiples
- Plan de numeración privada
- Acceso a servicios Centrex
- Interacción con GSM 1800, GSM 1900 y el estándar Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)

Prioridades y programa de tiempo para nuevas funciones y características depende primariamente de los intereses mostrados por las compañías operadoras, y de los desarrollos técnicos en las áreas relacionadas.

1.5 BANDAS DE FRECUENCIA GSM

Debido al crecimiento de GSM a través del mundo, este se ha expandido para operar a 3 bandas de frecuencia: 900, 1800 y 1900 MHz, las bandas de frecuencia GSM se muestran en la fig. 1.

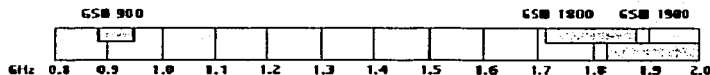


Figura1. Bandas de frecuencia GSM

GSM 900

La banda de frecuencia especificada originalmente para GSM fue 900 MHz. Muchas de las redes GSM en el mundo usan esta banda. En algunos países una versión extendida de GSM 900 puede ser usada, la cual provee capacidad extra a la red. Esta versión extendida de GSM es llamada E-GSM, mientras que la versión primaria de GSM es llamada P-GSM.

GSM 1800

En 1990, en orden de incrementar la competencia entre operadores, el Reino Unido solicito el inicio de una versión de GSM adaptada a la banda de frecuencia de 1800 MHz. Las licencias para esta banda han sido emitidas en varios países y las redes están en completa operación.

Mediante la concesión de licencias para GSM 1800* en adición a GSM 900, un país puede incrementar el número de operadores, de esta manera con el incremento de competencia entre operadores, el servicio a los suscriptores es mejorado.

GSM 1900

En 1995 el concepto de Servicio de Comunicaciones Personales (PCS) fue especificado en Los E.U. La idea básica es habilitar la comunicación "persona-persona" en lugar de "estación-estación". PCs no requiere que tales servicios sean implementados usando la telefonía celular, pero este medio ha demostrado ser el método más efectivo. Las frecuencias disponibles para PCS son alrededor de 1900 MHz. GSM 900 no puede ser usado en América debido a la anterior asignación de frecuencias.

GSM 1900 MHz es visto como una oportunidad para saltar este inconveniente.

La principal diferencia entre el estándar Americano GSM 1900 y el GSM 900 es que este soporta la señalización ANSI.

* Esta banda fue nombrada originalmente Digital Cellular System (DCS) 1800 MHz. En 1997 esta fue renombrada GSM 1800

CAPITULO II.

ARQUITECTURA DE LA RED GSM

GSM esta dividida en 2 sistemas, cada uno de ellos esta compuesto por un número de unidades funcionales, los cuales son componentes individuales de la red móvil. Los dos sistemas son:

- SISTEMA DE CONMUTACION "SWITCHING SYSTEM" (SS)
- SISTEMA DE ESTACION BASE "BASE STATION SYSTEM" (BSS)

La operación, mantenimiento y administración de la red GSM es realizada desde centros computarizados: La Fig. 2 muestra un modelo de arquitectura de la red GSM.

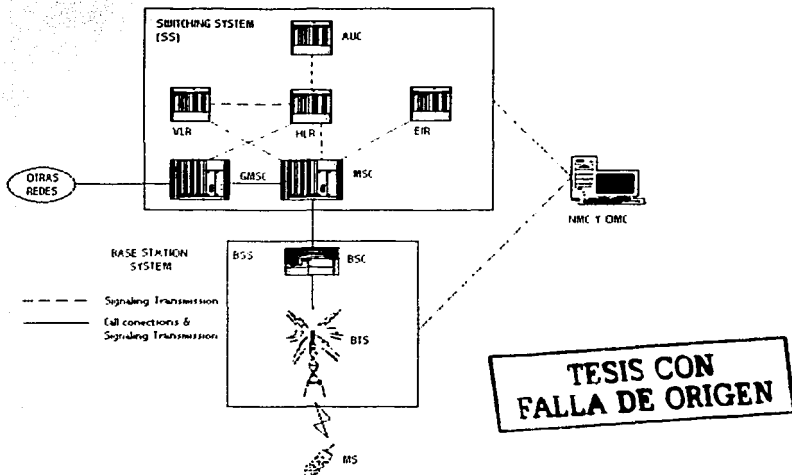


Figura 2. modelo del sistema

GSM tiene acceso a otras redes (red fija o pública, la red inteligente móvil, la red digital de servicios integrados RDSI)

2.1 EL SISTEMA DE CONMUTACION (SS)

es responsable de desarrollar el procesamiento de una llamada y de las funciones relacionadas al suscriptor, el SS incluye las siguientes unidades funcionales:

- Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC)
- Registro de localización de llamada (HLR)
- Registro de Localización de Visitante (VLR)
- Centro de Autenticación (AUC)
- Registro de Identificación de Equipo (EIR)

2.2 EL SISTEMA DE ESTACION BASE (BSS)

Desarrolla todas las funciones relacionadas al radio, el BSS esta compuesto por:

- Estación Base Controladora (BSC)
- Estación Transreceptora de Base (BTS)

El OMC desarrolla todas las operaciones y tareas de mantenimiento de la red tales como monitoreo de tráfico de la red y monitoreo de alarmas. El OMC tiene acceso al SS y al BSS.

El MS no pertenece a ninguno de los 2 sistemas.

2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONMUTACIÓN (SS)

2.3.1 CENTRO DE CONMUTACIÓN DE SERVICIOS MOVILES (MSC)

El MSC ejecuta todas las funciones de conmutación telefónica para la red móvil, los MSC's de la red móvil están basados en una tecnología modular, el MSC controla las llamadas de entrada y salida a otros teléfonos y sistemas de datos, tales como la Red Publica de Telefonía Conmutada (PSTN), Red digital de Servicios Integrados (ISDN), Redes de datos publicas, Redes privadas y otras redes móviles. Este también ejecuta funciones tales

como: tollticking, Interface de red "network interfacing", señalización por canal común y otros, el MSC interconecta abonados.

Funcionalidad Gateway

Un Gateway es un nodo para interconectar dos redes, La funcionalidad gateway habilita a una MSC para interrogar un HLR de una red en orden de enrutar una llamada a una Estación Móvil (MS). Por ejemplo si una persona conectada al PSTN quiere hacer una llamada a un suscriptor móvil GSM, entonces la central PSTN accedera a la red GSM conectando la llamada primero a un GMSC.

Cualquier MSC en una red móvil puede funcionar como una Gateway mediante la integración del software apropiado.

2.3.2 REGISTRO DE LOCALIZACIÓN DE LLAMADA (HLR)

El HLR es una base de datos de red centralizada que almacena y administra a todos los suscriptores móviles pertenecientes a un operador específico. Este actúa como un almacén permanente de la información de suscripción de una persona hasta que la suscripción es cancelada. La información almacenada incluye:

- Identidad del suscriptor
- Servicios suplementarios del suscriptor
- Información de localización del suscriptor
- Información de autenticación del suscriptor

Si la capacidad de un HLR es excedida por el número de suscriptores, adicionales HLRs pueden ser implementados a la red.

2.3.3 REGISTRO DE LOCALIZACIÓN DEL VISITANTE (VLR)

La base de datos VLR contiene información acerca de todos los suscriptores que se encuentren localizados en una área de servicio MSC. Existe un VLR por cada MSC en una red. El VLR temporalmente almacena información de abonados en modo libre (teléfono prendido), así que el MSC puede servir a todos los suscriptores que se encuentren visitando en ese momento al área de servicio MSC. El VLR puede ser considerado como un HLR distribuido como este mantiene una copia de la información almacenada en el HLR acerca de el suscriptor.

Cuando un suscriptor entra en una nueva área de servicio MSC, el VLR conectado a esa MSC solicita información acerca de el desde el HLR del visitante. El HLR envía una copia de la información a el VLR y actualiza su propia información de localización. Cuando el suscriptor haga una llamada el VLR tendrá ya la información requerida para el inicio de esta.

2.3.4 CENTRO DE AUTENTICACIÓN (AUC)

La principal función de el AUC es autenticar las tentativas de suscriptores para usar la red. De esta manera el AUC es usado para proteger a los operadores de la red contra fraudes. El AUC es una base de datos conectado a el HLR que proporciona los parámetros de autenticación y llaves de encriptamiento usadas para la seguridad de la red.

2.3.5 REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO (EIR)

El EIR es una base de datos que contiene información de los equipos móviles que ayuda a bloquear llamadas de equipos robados, no autorizados o móviles defectuosos. Debe de notarse que debido a la separación suscriptor-equipos en GSM, el barrido de equipo móvil no resulta en una automático barrido de un suscriptor.

El EIR es actualmente un componente opcional en la red GSM.

2.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ESTACIÓN BASE (BSS)

2.4.1 ESTACION DE BASE CONTROLADORA (BSC)

El BSC administra todas las funciones de radio de una red GSM. Este es un switch de alta capacidad que provee funciones tales como MS handover, asignamiento de canal de radio y la colección de datos de configuración de célula. Un número de BSCs puede ser controlado por cada MSC.

2.4.2 ESTACIÓN TRANSRECIPIDORA DE BASE (BTS)

La BTS controla la interfase de radio al MS. La BTS comprende el equipo de radio tales como transceivers y antenas que se necesitan para servir cada célula en una red. Un grupo de BTS's es controlado por una BSC.

2.5 CENTROS DE MONITOREO DE RED

2.5.1 CENTRO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (OMC)

Un OMC es un centro de monitoreo computarizado que esta conectado a otra red tal como MSCs y BSCs vía X.25 data network links. En el OMC, el monitoreo presenta información del status de la red y además se puede controlar una variedad de parámetros del sistema. En el OMC se pueden monitorear fallas a nivel particular para reducirle carga a la red. Pueden existir uno o muchos OMCs dentro de una red dependiendo del tamaño de esta.

2.5.2 CENTRO DE ADMINISTRACION DE RED (NMC)

El NMC coordina todos los elementos de la red. Solo se requiere de un NMC por red y este controla todos los OMCs subordinados

2.6 ESTACION MOVIL (MS)

Un MS es el medio de acceso a la red celular, Existen muchos tipos de MSs los cuales permiten al suscriptor recibir y hacer llamadas o recibir servicios. Los fabricantes de MSs ofrecen una variedad de diseños y características para cubrir las necesidades de diferentes mercados.

El rango de área de cobertura de un móvil depende de la potencia de salida de este, del área geográfica o de la potencia de la RBS. La fig. 3 muestra el rango de cobertura para diferentes móviles.



Figura 3. Rangos para diferentes tipos de MSs

Un MS en GSM consiste de:

- Una terminal móvil
- Un Modulo de identidad de suscriptor (SIM)

A diferencia de otros estándares, en GSM el suscriptor es separado de la terminal móvil, cada información de suscriptor es contenida en una "smart card" SIM. El SIM es conectado dentro del MS. Esto tiene como ventaja la seguridad y portabilidad para los suscriptores. Por ejemplo Un móvil de un suscriptor "A" ha sido robado, de cualquier forma el SIM de el suscriptor "A" puede ser usado en otra terminal y las llamadas seguirán siendo facturadas a el suscriptor "A".

CAPITULO III.

ESTRUCTURA GEOGRÁFICA DE LA

RED GSM

Cada red telefónica necesita una estructura específica para enrutar las llamadas dentro de la red y hacia otras redes. En una red móvil, esta estructura es muy importante porque el suscriptor es móvil. Como el suscriptor se mueve a través de la red, esta estructura es usada para monitorear sus localizaciones.

3.1 CELDA O CELULA

Una célula es la unidad básica de un sistema celular y es definida como el radio de cobertura dado por una RBS. A cada célula se le asigna un identificador global de celda (CGI). En un área de red completa en un país el número de celdas puede ser muy alto. La fig. 4 muestra una celda y un grupo de celdas.

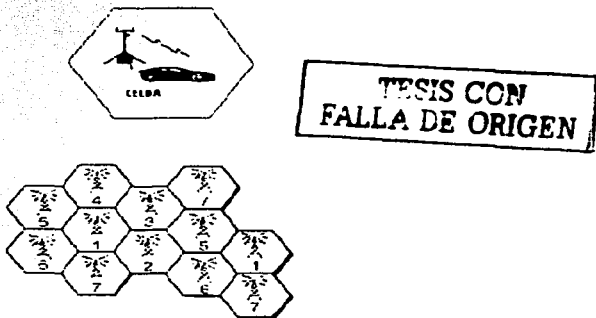


Figura 4. Celda y grupo de celdas

3.2 AREA DE LOCALIZACIÓN (LA)

Un área de localización (LA) se define como un grupo de células. Dentro de la red la localización de un suscriptor es conocida por el LA en el cual se encuentra. LA identidad de el LA en que el MS se encuentra actualmente localizado es almacenada en el VLR.

Cuando un MS cruza la frontera de una célula perteneciente a un LA a otra La, este debe reportar su nueva localización a la red¹. Cuando un MS cruza la frontera de célula dentro de una LA, este no necesita reportar su nueva localización a la red. Cuando hay una llamada para un MS, un mensaje de voceo es difundido dentro de todas las células pertenecientes a un LA.

3.3 AREA DE SERVICIO MSC

Un número de LAs controladas por una MSC forma un área de servicio MSC y representa la parte geográfica de la red controlada por un MSC. En orden de poder enrutar una llamada a un MS el área de servicio MSC del suscriptor es también grabada y monitoreada. El área de servicio MSC del suscriptor es almacenada en el HLR. La fig. 5 esquematiza el área de servicio MSC.

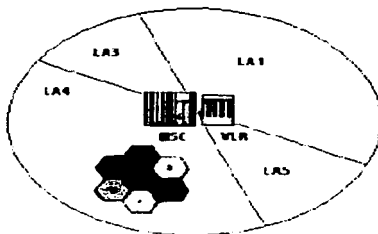


figura 5. Área de servicio MSC

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹ Nota: esto solo ocurre cuando el MS esta en modo libre. Cuando el MS esta efectuando una llamada, su localización no esta actualizada aun cuando cambie de LAs.

3.4 AREA DE SERVICIO PLMN

El conjunto total de células servidas por un operador de células se conforman para formar una Red móvil publica Terrestre (PLMN) y es definida como el área en que un operador ofrece cobertura y acceso a su red. En cualquier país pueden existir diferentes áreas de servicio PLMN. Una por cada red de operador móvil.

3.5 ÁREA DE SERVICIO GSM

El área de servicio GSM es el área geográfica completa en la cual un suscriptor puede acceder a la red GSM. El área geográfica GSM se incrementa conforme más operadores firman contratos acordando trabajar juntos. Actualmente la red GSM se expande a través de el mundo desde Irlanda a Australia y Sudáfrica, EU y algunos países sudamericanos. En la fig 6 se puede apreciar la relación entre áreas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 6. Relación entre áreas en GSM

El termino roaming internacional es aplicado cuando un MS se mueve de un PLMN a otro fuera de su país.

CAPITULO IV.

CONCEPTOS DE FRECUENCIA

La tabla 4 resume las especificaciones relacionadas de frecuencia de cada sistema GSM. Los términos usados en la tabla son explicados en el contenido de este capítulo.

<i>Sistema</i>	<i>P-GSM 900</i>	<i>E-GSM 900</i>	<i>GSM 1800</i>	<i>GSM 1900</i>
Frecuencias:				
- Uplink	890-915 MHz	880-915 MHz	1710-1785 MHz	1850-1910 MHz
- Downlink	935-960 MHz	925-960 MHz	1805-1880 MHz	1930-1990 MHz
Longitud de onda	~ 33 cm	33cm	17 cm	16 cm
Ancho de Banda	25 MHz	35 MHz	75 MHz	60 MHz
Distancia Duplex	45 MHz	45 MHz	95 MHz	80 MHz
Separación de Portadora	200 kHz	200 kHz	200 kHz	200 kHz
Canales de Radio	125	175	375	300
Velocidad de transmisión	270 kbits/s	270 kbits/s	270 kbits/s	270 kbits/s

Tabla 4. Especificaciones de frecuencia

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4.1 FRECUENCIA

Un MS se comunica con una BTS mediante la transmisión o recepción de ondas de radio, que consisten de energía electromagnética. La frecuencia de una onda de radio es el número de ciclos que la onda oscila por segundo. La frecuencia es medida en Hertz (Hz). Donde 1 Hz indica una oscilación por segundo. Actualmente en el mundo las frecuencias de radio son usadas para muchas aplicaciones.

Algunos usos más comunes son:

- Televisión: 300 MHz aprox.
- Radio FM: 100 MHz aprox.
- Radio de policía dependiendo del país
- Redes móviles 300 – 2000 MHz aprox.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Las frecuencias usadas por las redes móviles varían de acuerdo a los estándares usados. Un operador recurre a las frecuencias disponibles o, como en los E.U., el operador ofrece por las bandas de frecuencia en una subasta.

La figura 7 muestra las frecuencias usadas por la mayoría de los estándares móviles:

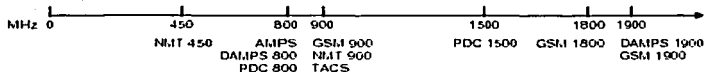


Figura 7. Frecuencias usadas por estándares

4.1.1 LONGITUD DE ONDA

Existen diferentes tipos de ondas electromagnéticas. Estas ondas electromagnéticas pueden ser descritas por una función sinusoidal, que se caracteriza por la longitud de onda. La longitud de onda (λ) es la longitud de una oscilación completa y es medida en metros (m).

La frecuencia y la longitud de onda se relacionan mediante la velocidad de propagación, que para ondas de radio es la velocidad de la luz (3×10^8 m/s)

La longitud de onda de una frecuencia puede ser determinada mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{longitud de onda} = \frac{\text{velocidad}}{\text{frecuencia}}$$

La longitud de onda para GSM 900 es:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{900 \text{ MHz}}$$

$$\lambda = \frac{300,000,000 \text{ m/s}}{900,000,000}$$

$$\lambda = 0.33 \text{ m } \text{ ó } 33 \text{ cm}$$

De esta formula se puede observar que entre mas alta sea la frecuencia, la longitud de onda es menor. Y a más baja frecuencia la longitud de onda es mayor.

Bajas frecuencias, con largas longitudes de onda, son más convenientes para la transmisión sobre largas distancias ya que existe una mayor penetración de las frecuencias al rebotar ellas en la superficie de la tierra y en la atmósfera. La televisión y la radio FM son ejemplos de aplicaciones que usan bajas frecuencias.

Altas frecuencias con pequeñas longitudes de onda , son más convenientes para la transmisión sobre pequeñas distancias a causa de que son sensitivas a problemas tales como obstáculos en la línea del camino de transmisión.

Altas frecuencias son convenientes para áreas de cobertura pequeñas, donde el receptor se encuentre relativamente cercano a el transmisor.

Las frecuencias usadas por los sistemas móviles se encuentran en un termino medio entre las ventajas de cobertura larga ofrecidas por las bajas frecuencias y las ventajas de la recepción corta ofrecidas por el uso de altas frecuencias.

Ejemplo de Asignación de Frecuencias – E.U.

En 1994, la comisión federal de comunicaciones (FCC) en E.U. subasto licencias a diferentes operadores de red. Cada operador de red tiene los derechos de licencia por 10

años. Las concesiones futuras son dadas por el mismo periodo de años. La FCC ha especificado 6 bloques dentro de la banda de frecuencias: 3 bloques dobles A, B, Y C. (30 MHz cada uno) y otros 3 bloques dobles D, E y F (10 MHz cada uno).

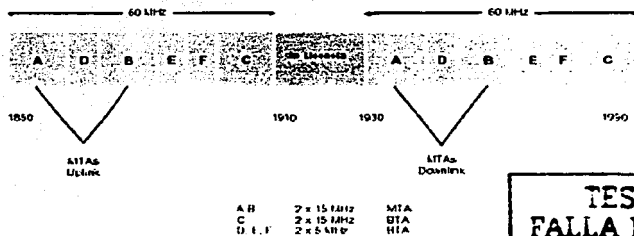


Figura 8. Asignación de Espectro para PCS 1900 en los E.U.

Para objetivos de las telecomunicaciones, los E.U. están divididos en 51 regiones o áreas de Comercio Mayor (MTA) y 493 áreas de Comercio Básico (BTA). Un MTA puede ser tan largo en área geográfica como un estado, mientras que un BTA puede ser del tamaño de una ciudad grande. El FCC emitió 2 licencias PCS 1900 para cada MTA y 4 licencias para cada BTA* de esta manera, una ciudad como Los Angeles será servida por 6 operadores: 2 compañías MTA operando en California y 4 compañías BTA operando en los Angeles. En la fig. 8 se muestra la asignación de espectro en los E.U. para PCS 1900.

4.2 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es un termino usado para describir el rango de frecuencia asignada para una aplicación. El ancho de banda para una aplicación depende de el espectro de frecuencia disponible. La total de ancho de banda disponible es un factor importante en la

* La elección de la tecnología a usar con la frecuencia de 1900 MHz es hecha por las compañías. D-AMPS 1900 y GSM 1900 han sido elecciones muy populares.

determinación de capacidad de un sistema móvil. Por ejemplo, el número de llamadas, que serán manejadas

$$\# \text{ CHANNELS GSM } 1900 = \frac{\Delta B}{\text{separación de canal}} = \frac{60\text{MHz}}{200\text{kHz}} = 300 \text{ Canales.}$$

4.3 CANALES

Otro factor importante En la determinación de capacidad de sistema móvil, es el canal. Un canal es una frecuencia o grupo de frecuencias que pueden ser asignadas para la transmisión y posiblemente la recepción de información. Los canales de comunicación de cualquier tipo pueden ser de las siguientes formas:

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>
Simplex	Una sola vía	Radio FM, Televisión
Half duplex	Dos vías, solamente una a la vez	Radio de policía
Full duplex	Dos vías, ambas al mismo tiempo	Sistemas móviles

Un canal Simplex como las estaciones de radio FM, usan una frecuencia sencilla en una única dirección. Un canal Duplex como los que se usan en una llamada móvil, usan dos frecuencias: una al MS y otra desde el MS. La dirección de el MS a la red es llamada Uplink. La dirección de la red a el MS se conoce como Downlink.

A causa de que requiere menos potencia para transmitir a bajas frecuencias sobre cierta cobertura, las frecuencias de uplink en un sistema móvil son siempre las bandas de frecuencia mas bajas, esto ayuda a consumir potencia a la batería del MS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

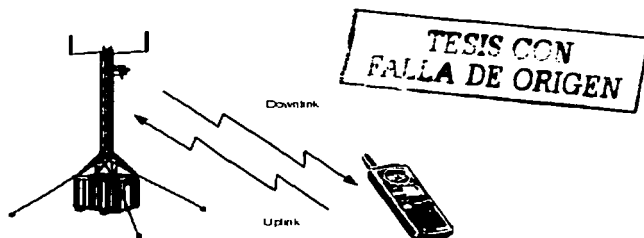


Figura 9. Uplink y Downlink en un canal de radio.

4.3.1 DISTANCIA DUPLEX

Para la transmisión y recepción de la RBS se requiere que las transmisiones uplink y el downlink estén separadas en frecuencia por una distancia mínima. Sin esta las frecuencias de downlink y uplink interferirían una con otra.

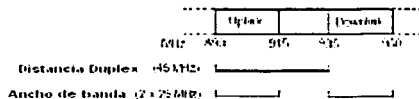


Figura 10. Distancia Duplex

4.3.2 SEPARACION DE PORTADORA O ANCHO DE CANAL

En adición a la distancia duplex, cada sistema móvil incluye una separación de canal. Esta es la separación que existe entre un canal y otro siendo transmitidos en la misma dirección, para evitar que se traslape la información de un canal con otro canal adyacente.

El ancho de la separación entre dos canales depende de la cantidad de información que es transmitida dentro del canal. Entre más grande sea la cantidad de información a transmitir es más grande la separación de canales requerida, Este valor es de 200 Khz. Para GSM.

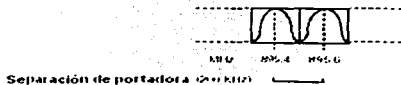


Figura 11. Separación de canal

En la figura 11, se puede observar que la información enviada es modulada alrededor del canal de frecuencia de 895.4 MHz.

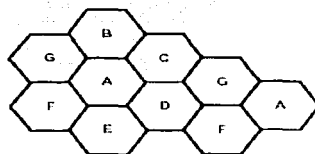
Lo mismo se puede observar en la información enviada a 895.6 MHz. Para evitar la interferencia entre dos grupos de información, es requerida una distancia de separación de 200 kHz. Si fuera ocupada una separación menor, una llamada de un Canal podría sufrir interferencia o ruido del otro canal.

4.3.3 CAPACIDAD Y RE-USO DE FRECUENCIAS

Este es el número de frecuencias en una célula que determina la capacidad de célula. A cada compañía con una licencia para operar una red móvil es asignada un número de frecuencias. Estas son distribuidas a través de las células en sus redes. Dependiendo de la carga de tráfico y de la disponibilidad de frecuencias, una célula puede tener una o más frecuencias asignadas en esta.

Es muy importante que cuando se asignen frecuencias se eviten interferencias. Las interferencias pueden ser causadas por diversos factores. Un factor muy común es el uso de frecuencias similares cerca una de otra. Entre más alta interferencia exista, mas baja será la calidad de llamada.

Para cubrir un país, por ejemplo, las frecuencias deben ser rehusadas muchas veces en diferentes localizaciones geográficas para proveer a la red con suficiente capacidad. Las mismas frecuencias no pueden ser usadas en células vecinas para no interferir entre ellas, así es como diversos patrones de uso de frecuencia son determinados durante la planeación de la red



RE-UTILIZACIÓN CON
CÉLULA DE ORIGEN

Figura 12. Células vecinas no pueden tener la misma frecuencia

Esos patrones de re-uso de frecuencia aseguran que cualquier frecuencia siendo re-usada este localizada a una distancia de separación considerable para asegurar que exista una mínima interferencia entre ellas. El termino "distancia de re-uso de frecuencia" es usado para describir la distancia entre dos idénticas frecuencias en un patrón de re-uso. Entre menos distancia de re-uso de frecuencia, hay mas capacidad disponible en la red.

4.4 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

Es la cantidad de información transmitida por un canal de radio en un periodo de tiempo, la velocidad de transmisión es expresada en bits por segundo o bit/s. Para GSM el bit rate sobre la interfase de aire es de 270 kbit/s.

4.5 MÉTODO DE MODULACIÓN

El método de modulación usado en GSM es el Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK). GMSK habilita la transmisión a 270 kbit/s dentro de un canal de 200 kHz. Esto da un bitrate de 1.3 bit/s por Hz. Este es un bitrate algo bajo pero aceptable porque el canal usado tiene un alto nivel de interferencia en el aire.

La capacidad de canal no se compara favorablemente con otros estándares móviles digitales,

4.6 MÉTODO DE ACCESO: ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDMA)

Muchos de los sistemas celulares digitales usan la técnica de Acceso Múltiple por División de tiempo (TDMA) para transmitir y recibir señales de habla.

Con TDMA. Una portadora es usada para llevar un numero de llamadas, cada llamada usando esa portadora a periodos designados de tiempo. A estos periodos de tiempo se le llaman time slots. A cada MS durante una llamada es asignado un time slot en la frecuencia de uplink y uno en la frecuencia de downlink. La información enviada durante un time slot es llamada "burst" ráfaga.

En GSM una trama TDMA consiste de 8 time slots, o sea que cada canal de radio GSM lleva 8 conversaciones.

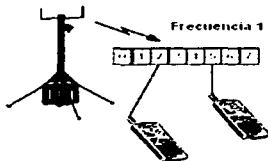


Figura 13. TDMA

RECIBIDO CON
FECHA DE ORIGEN

CAPITULO V.

TRANSMISIÓN DIGITAL Y

ANALÓGICA

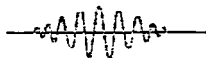
5.1.1 INFORMACION ANALÓGICA

La información analógica es continua y no se detiene en valores discretos, un ejemplo de información analógica es el velocímetro de un automóvil, en el cual la deflexión de la aguja representa el valor de la velocidad de un automóvil, y la aguja sigue cualquier cambio que ocurra conforme el vehículo aumenta o disminuye la velocidad.

Las cantidades analógicas tienen una característica importante: pueden variar gradualmente sobre un intervalo continuo de valores.

5.1.2 SEÑALES ANÁLOGAS

Una señal análoga es una forma de onda continua que cambia de acuerdo con las propiedades de la información representada. La fig. 14 esquematiza lo que sería una señal analógica.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 14. Señal Análoga

5.1.3 INFORMACION DIGITAL

Una información digital es un grupo de valores discretos. Las cantidades no se representan por valores proporcionales, sino por símbolos denominados dígitos, para dar un ejemplo mencionemos el reloj digital, el cual da la hora del día en forma de dígitos decimales que representan horas o minutos, como sabemos la hora varía en forma continua, pero la lectura del cronómetro digital no cambia continuamente: mas bien, lo

hace en etapas de uno por minuto (o por segundo), en otras palabras, esta representación digital de la hora del día varía en etapas discretas.

La diferencia principal entre las cantidades analógicas y la digitales se puede enunciar en forma simple de la siguiente manera:

Analogico Ξ continuo

Digital Ξ discreto (paso por paso)

5.1.4 SEÑAL DIGITAL

Para sistemas móviles, las señales digitales pueden ser consideradas como grupos de formas de onda discretas.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 15. Señal digital

5.2 VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DIGITALES

El habla humana es una forma de información analógica. Esta es continua y cambia en ambas frecuencias (altas y bajas) y en amplitud.

Los sistemas análogos pueden parecer el mejor medio para transportar información analógica como el habla. La información analógica es continua y si está fuera representada por muestras discretas de información (señales digitales), entonces alguna parte de la información sería perdida (como los segundos en el reloj digital). Una señal análoga no perdería ningún valor y también sería continua.

Todas las señales, análogas y digitales, se llegan a distorsionar a través de la distancia. En las señales análogas, la única solución a esto es amplificar la señal. De cualquier forma al

hacer esto la distorsión también es amplificada. En las señales digitales la señal puede ser completamente regenerada como nueva, sin la distorsión.

Regeneración de señales digitales

El problema con el uso de señales digitales para transferir información analógica es que alguna información será perdida debido a la técnica de toma de muestras. De cualquier forma entre mas muestras se tomen, lo cercano de los valores digitales serán una verdadera representación de la información analógica.

Si las muestras tomadas son suficientes, la señales digitales proveen una mejor calidad de transmisión de información análoga que señales analógicas. En la figura 16 se aprecia el proceso de regeneración de señal.



Figura 16. Regeneración de señal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VI.

PROBLEMAS DE TRANSMISIÓN

Algunos de los problemas que pueden ocurrir durante la transmisión de señales de radio son las pérdidas por trayectoria, sombra, pérdidas por múltiple trayectoria, dispersión de tiempo, alineación de tiempo

6.1 PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA (PATH LOSS)

Las pérdidas por trayectoria ocurren cuando las señales recibidas se debilitan debido al incremento de distancia entre el MS y la BTS, incluso si no hay obstáculo entre el transmisor (Tx) y el receptor (Rx) la antena. Las pérdidas por trayectoria raramente conducen a la caída de una llamada, aunque los problemas seas extremos, una nueva trayectoria de transmisión es establecida mediante otra BTS.

6.2 SOMBRA (SHADOWING)

La sombra ocurre cuando existen obstáculos físicos incluyendo montañas y edificios entre la BTS y el MS. Los obstáculos crean un efecto de sombra que puede disminuir la potencia de la señal recibida. Cuando un MS se mueve, la potencia de la señal fluctúa dependiendo de los obstáculos entre el MS y la BTS.

Una señal influenciada por fading provoca que varíe la potencia de la señal, caídas de potencia son llamadas *fading dips*.

La Fig. 17 muestra los diversos obstáculos entre la BTS y el MS.



Figura 17. Sombra "Shadowing"

TESIS CON
PALABRA DE ORIGEN

6.3 PÉRDIDA POR MULTIPLE TRAYECTORIA (MULTIPATH FADING)

Las pérdidas por múltiple trayectoria ocurren cuando existe mas de un camino de transmisión al MS o a la BTS, y por lo tanto hay mas de una señal llegando al receptor. También se puede definir como rebotes de las señales, esto puede ser debido a edificios o montañas como si fueran cristales, ambos cerca de o lejos de el dispositivo receptor.

Rayleigh fading y time dispersión son formas de perdidas por múltiple trayectoria.

6.3.1 PÉRDIDA DE RAYLEIGH (RAYLEIGH FADING)

Esto ocurre cuando una señal toma más de un camino entre el MS y las Antenas de la BTS. En este caso, la señal no es recibida en una línea de vista directamente desde la antena Tx, antes esta es reflejada en los edificios por ejemplo, y es recibida desde diferentes caminos indirectos, Rayleigh fading ocurre cuando los obstáculos están cerca de la antena receptora., la figura 18 muestra los diversos caminos de señal entre MS y BTS.

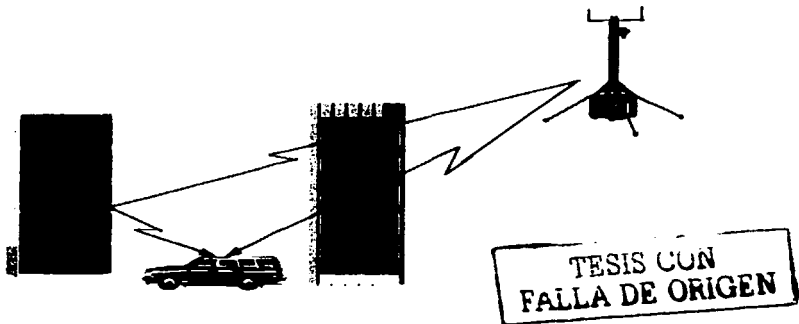


Figura 18. Rayleigh fading

La señal recibida es la suma de varias señales idénticas que difieren únicamente en fase (y un poco en la amplitud) un fading dip y el tiempo que transcurre entre dos fading dips depende de dos cosas, de la velocidad de el MS y de la frecuencia de transmisión, como una aproximación, la distancia entre dos dips causada por Rayleigh fading, es aproximadamente la mitad de una longitud de onda, hasta ahora para GSM 900 la distancia entre dos dips es aproximadamente 17 cm.

6.3.2 DISPERSIÓN DE TIEMPO (TIME DISPERSION)

Dispersión de tiempo es otro problema relacionado a los múltiples caminos a la antena Rx de cualquiera de los dos un MS o BTS. De cualquier manera, en contraste al rayleigh fading, la señal reflejada viene desde un objeto lejos de la antena Rx.

La dispersión de tiempo causa interferencia Inter-Símbolo (ISI) donde símbolos consecutivos (bits) interfieren uno con otro haciendo difícil para el receptor determinar cual símbolo es el correcto. Un ejemplo de esto es mostrado en la figura 19 donde una secuencia 1, 0 es enviado desde la BTS.

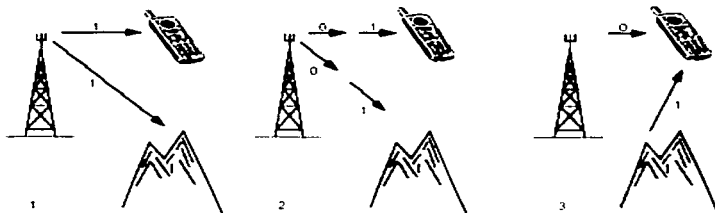


Figura 19. Dispersión de tiempo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si de la señal reflejada llega un bit tiempo después de la señal directa entonces el receptor detecta un 1 desde la onda reflejada, al mismo tiempo el MS detecta un 0 desde la onda directa, el símbolo 1 interfiere con el símbolo 0 y el MS no sabe cuál es el correcto.

6.4 ALINEACIÓN DE TIEMPO (TIME ALIGNMENT)

Cada MS durante una llamada es asignado a un time slot en una trama TDMA.

Esto es una cantidad de tiempo durante el cual el MS transmite información a la BTS. La información debe también llegar a la BTS dentro del mismo time slot. El problema de Time Alignment ocurre cuando parte de la información transmitida por el MS no llega dentro de el time slot asignado. En lugar de eso, esa parte quizás llegue durante el siguiente time slot, y podría interferir con la información de otro MS usando el otro time slot.

Una distancia larga entre el MS y la BTS causa Time Alignment. Efectivamente, la señal no puede viajar a través de una larga distancia dentro de un tiempo dado.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 20. El problema de alineación de tiempo

Por ejemplo en la figura 20, un MS se encuentra cerca de una BTS y ha sido asignado al time slot 3 (TS 3). Durante la llamada, el MS se mueve lejos de la BTS causando que la información enviada desde la BTS llegue al MS retardada cada vez más. La respuesta desde el MS también llega tardía a la BTS. Si nada es hecho, el retraso llegara a ser tan largo que la transmisión desde el MS en el time slot 3 coincidirá con la información que la BTS recibe en el time slot 4.

6.5 PÉRDIDA DE SEÑALES COMBINADAS

Cada uno de los problemas descritos anteriormente ocurre independientemente uno de otro. De cualquier forma, en muchas llamadas algunos de esos problemas pueden ocurrir al mismo tiempo. Una ilustración de las pérdidas de señal en la antena Rx de un MS alejándose de una antena Tx de la BTS es mostrada en la figura 21. El problema de path loss, shadowing y Rayleigh fading son presentados para este camino de transmisión.

La potencia de la señal como un valor medio global se reduce con la distancia (path loss) y finalmente resulta en una pérdida de conexión. Sobre esta señal, lentas variaciones se presentan debido a los efectos de shadowing y variaciones rápidas son presentadas debido al Rayleigh fading.

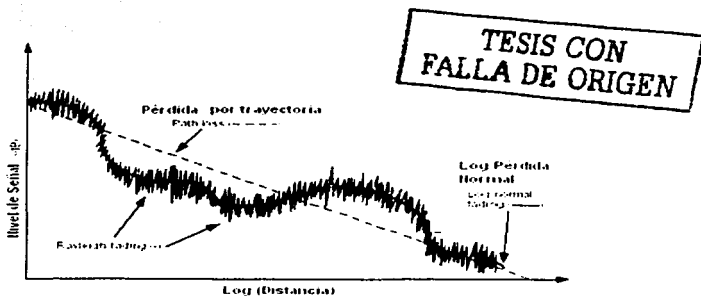


Figura 21. Potencia de señal Rx contra distancia

En cualquier punto desde la antena Tx, la señal del receptor puede lucir como la señal mostrada en la Fig. 22



Figura 22. Potencia de la señal Rx

El valor de potencia mas bajo de la señal requerido para un rendimiento especificado es llamado nivel de sensibilidad de receptor. Para detectar la información enviada desde la antena TX, X watts deben ser recibidos, si la señal disminuye debajo de X, la información será perdida y la llamada podría caerse. Para asegurar que la información no sea pérdida, el valor global medio debe ser muchos dB sobre el nivel de sensibilidad de receptor así como un el valor mas alto de un fading dip.

Este margen de fading es la diferencia entre el valor global medio y la sensibilidad de receptor.

CAPITULO VII.

SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE

TRANSMISIÓN

Este capítulo describe algunos de métodos para resolver algunos de los problemas de transmisión.

7.1 CODIFICACIÓN DE CANAL (CHANNEL CODING)

En la transmisión digital, la calidad de la señal de transmisión es a veces expresada en términos de que cantidad de los bits recibidos son incorrectos, a esto se le llama Bit Error Rate (BER). El BER define que porcentaje del número total de bits recibidos son incorrectamente detectados.

Bits transmitidos	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Bits Recibidos	1	0	0	1	0	0	1	0	1
Errores									

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este porcentaje debe ser tan bajo como sea posible. No es posible reducir el porcentaje a cero porque la trayectoria de transmisión cambia constantemente., esto significa que deben permitirse una cierta cantidad de errores y al mismo tiempo una capacidad de restaurar la información, o al menos detectar los errores para que la información incorrecta no se interpretada como correcta. Esto es muy importante durante la transmisión de datos, al contrario de el habla, para la cual un BER alto es aceptable.

La Codificación de Canal es usada para detectar y corregir errores en un flujo de bits recibidos. Esto suma bits a un mensaje. Estos bits habilitan un canal decodificador para determinar si los mensajes tienen bits erróneos, y para corregir estos bits.

7.2 ENTRELAZADO (INTERLEAVING)

En realidad los errores de bit ocurren a consecuencia de largos fading dips afectando muchos bits consecutivamente. La Codificación de Canal es mas efectiva en la detección y corrección de errores simples y pequeñas secuencias de error. Este no es conveniente para el manejo de grandes secuencias de errores de bit.

Por esta razón, un proceso llamado entrelazado es usado para separar bits consecutivos de un mensaje así que estos son transmitidos de una forma no consecutiva.

Por ejemplo, un bloque de mensaje puede consistir de 4 bits (1234). Si cuatro bloques de mensaje deben ser transmitidos, y uno es perdido en la transmisión, sin el entrelazado existe un 25% de BER completo, pero un 100% de BER para esos bloques de mensajes perdidos, no es posible recuperar desde estos.

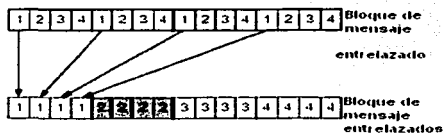


Figura 23. Entrelazado

Si es usado el "interleaving" entrelazado, como se muestra en la figura 23, los bits de cada bloque deberían ser enviados en una manera no consecutiva. Si uno de los bloques es perdido en la transmisión, otra vez existe un BER total de 25%. De cualquier forma, esta vez el 25% es desplegado sobre el grupo total de bloques de mensaje, dando un BER de 25% para cada uno. Esto es más manejable y existe una gran posibilidad de que el canal decodificador pueda corregir los errores, finalmente en la figura 24 se muestra un bloque de mensajes entrelazados recibidos.

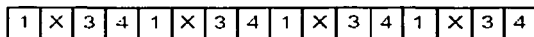


Figura 24. Bloques de mensajes entrelazados recibidos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.3 DIVERSIDAD DE ANTENA

La diversidad de antena incrementa la potencia de la señal recibida tomando ventaja de las propiedades de las ondas de radio. Existen dos métodos primarios de diversidad: diversidad de espacio y diversidad de polarización.

7.3.1 DIVERSIDAD DE ESPACIO

Un incremento de la potencia de señal recibida en la BTS puede llevarse a cabo mediante el montaje de dos antenas de recepción en lugar de una. Si las dos antenas Rx están físicamente separadas, la probabilidad que ambas sean afectadas por un gran fading dip al mismo tiempo es menor. A 900 MHz, es posible obtener una ganancia de 3dB con una distancia de 5 o 6 metros entre las antenas. A 1800 MHz, la distancia puede ser disminuida a causa de la disminución de la longitud de onda.

Mediante la elección de lo mejor de cada señal, el impacto del fading puede ser reducido, la diversidad de espacio ofrece pequeñas ganancias mejores que la diversidad de polarización, pero requiere mas espacio. La figura 25 muestra los niveles de señal en una antena con diversidad y una sin diversidad.

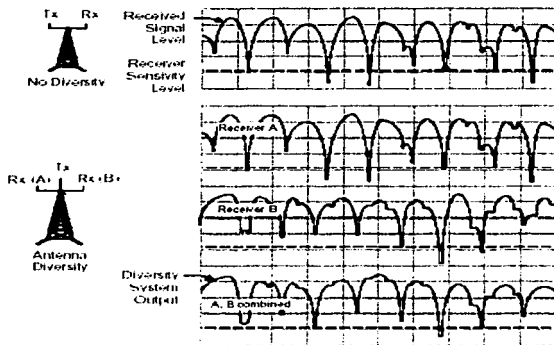


Figura 25. Diversidad de espacio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.3.2 DIVERSIDAD DE POLARIZACIÓN

Con la diversidad de polarización el espacio entre dos antenas de diversidad de espacio es remplazado por una antena de polarización dual. Esta antena tiene un tamaño normal pero contiene dos diferentes campos de polarización, los tipos mas comunes son campos vertical/horizontal y campos a ± 45 grados de inclinación. Los dos campos están conectados a sus respectivas ramas Rx en la BTS. Los dos campos pueden se también una combinación de antenas Tx/Rx. Para mas aplicaciones la diferencia entre la ganancia por diversidad de espacio y polarización diversa es inexistente, pero la diversidad por polarización educe el espacio requerido entre antenas.

7.4 SALTO DE FRECUENCIA (FREQUENCY HOPPING)

Como se menciona anteriormente el Rayleigh fading es una frecuencia dependiente, esto significa que el fading dips ocurre en diferentes lugares para diferentes frecuencias. Para

beneficio de este echo, es posible para la BTS y el MS es posible saltar de frecuencia en frecuencia durante una llamada. El frequency hopping de la BTS y el MS es sincronizado.

En GSM existen 64 patrones de salto de frecuencia, uno de ellos es un simple patrón de secuencia cíclica. Las restantes 63 son conocidas como patrones pseudo-aleatorios. Los cuales el operador puede elegir entre ellos.

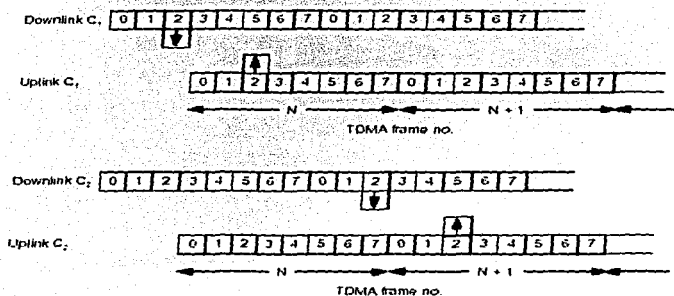


Figura 26. Salto de frecuencia

En la figura 26, durante la trama TDMA N, C₁ es usado y durante la trama TDMA N+1, C₂ es usado. La llamada usa el mismo time slot pero cambia de frecuencia de acuerdo a un patrón definido.

7.5 ADELANTO DE TIEMPO (TIMING ADVANCE)

El adelanto de tiempo, es una solución específicamente diseñada para contrarrestar los problemas de alineación de tiempo. Este trabaja instruyendo al MS no alineado para transmitir antes del time slot o después de lo que normalmente este debería.

En GSM la información de adelanto de tiempo esta relacionada a tiempos de bits. Así es como un MS puede ser instruido para hacer su transmisión por un cierto número de bit

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

times antes o después de su posición prevista, Para alcanzar su timeslot en la BTS en el momento correcto. Un máximo de 63 bittimes pueden ser usados en el sistema GSM. Esto limita el tamaño de célula normal a 35 km de radio. De cualquier forma. De cualquier forma con un rango extendido de equipo, se pueden manejar distancias hasta 70 km o incluso 121 km, usando 2 timeslots. La figura 27 muestra el adelanto de tiempo enviando la información en el time slot 4.

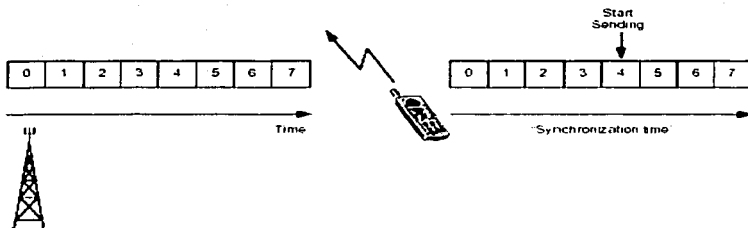


Figura 27: Adelanto de tiempo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VIII. PROCESO DE TRANSMISIÓN GSM

8.1 ETAPA 1: CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL (A/D)

Una de las funciones primarias de un MS es convertir el habla analógica a forma digital para la transmisión usando señal digital. El proceso de análogo a digital (A/D) produce una colección de bits : unos binarios y ceros que representan la entrada de voz. La figura 28 representa la conversión Analógica / Digital.



figura 28. A/D conversión

La conversión A/D se desarrolla mediante un proceso llamado Pulse Code Modulation (PCM). PCM comprende 3 pasos principales:

- Muestreo
- Cuantización
- Codificación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.1.1 PASO 1: Muestreo

Muestreo implica mediciones de señales analógicas a intervalos de tiempo específicos

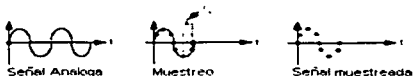


Figura 29. Señal analógica muestreada

La exactitud de la descripción de la señal analógica en términos digitales depende de la cantidad de señales analógicas muestreadas. Esto es expresado como la frecuencia de muestreo. La teoría de muestreo establece que:

Para reproducir una señal analógica sin distorsión, la señal debe ser muestreada a al menos dos veces la frecuencia de la más alta componente de frecuencia de la señal analógica.

El habla normal principalmente se desarrolla a frecuencias mas bajas que 3400 Hz. Altos componentes tienen baja energía y pueden ser omitidos sin afectar la calidad de habla. Aplicando el teorema de muestreo a señales de habla analógicas, la frecuencia de muestreo, debe ser al menos $2 \times 3.4 \text{ kHz} = 6.8 \text{ kHz}$.

Los sistemas de telecomunicaciones usan una frecuencia de muestreo de 8 kHz que es aceptable basándose en los teoremas de muestreo. La figura 29 muestra el proceso de muestreo a partir de una señal analógica.

8.1.2 PASO 2: Cuantización

El siguiente paso es dar a cada muestra un valor. Por esta razón, la amplitud de la señal en el tiempo de la muestra es medida y aproximada a un grupo de valores finitos. La figura 30 muestra los principios de cuantización aplicados a una señal analógica, en esta se puede apreciar que un mínimo error es introducido en el proceso cuando la señal es cuantizada o aproximada. El rango de exactitud depende de el número de niveles de cuantización usados. Dentro de la telefonía común son usados 256 niveles mientras que en GSM son usados 8,192 niveles.

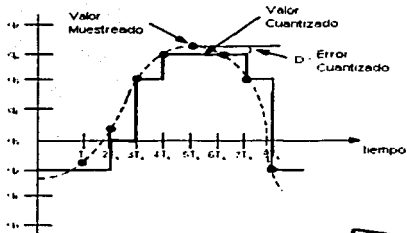


Figura 30. Cuantización

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

8.1.3 PASO 3: Codificación

La codificación es la conversión de valores cuantizados a binarios. Cada valor es representado por un código binario de 13 bits ($2^{13} = 8192$). Por ejemplo, un valor cuantizado de 2,157 debe tener un patrón de bits de 0100001101101:

Bit	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Total
	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	
Valor	0	2048	0	0	0	0	64	32	0	8	4	0	1	2157

Codificación del valor 2157

RESUMEN DE LA CONVERSIÓN A/D

El resultado de el proceso de conversión A/D es 8,000 muestras por segundo de 13 bits cada una. Esto es un bit rate de 104 kbits/s

Cuando es considerado que 8 suscriptores usan un canal de radio el bit rate completo debería ser $8 \times 104 \text{ kbits/s} = 832 \text{ kbits/s}$. Recordando la regla general de 1 bit por Hertz. Este bit rate ajustaría dentro de 200 kHz disponibles para 8 suscriptores. El bitrate por lo

tanto debe ser reducido de alguna forma, eso es realizado mediante la segmentación y codificación del habla.

8.2 ETAPA 2 SEGMENTACIÓN Y ETAPA 3: CODIFICACIÓN DE VOZ (SPEECH CODING)

La llave para reducir el bit rate es enviar información acerca de el habla en lugar de la misma voz. Esto se puede explicar con la siguiente analogía:

Una persona A desea escuchar una cierta pieza musical y sabe que la persona B la tiene grabada. A le habla a B pidiéndole la grabación por algún tiempo. Desafortunadamente, la grabación esta descompuesta y no puede ser usada. En lugar de prestársela B envía a A parámetros de cómo fue hecha la música – Las notas – junto con la información acerca de que tan rápido deberá ser tocada – la frecuencia – y A reproduce la música.

En GSM, el proceso de codificación de voz analiza muestras de voz y produce parámetros de los tonos consistentes de la voz, duración de tono, tono, etc. Esto es entonces transmitido a través de la red a otro MS, que genera el habla basado en esos parámetros.

El proceso de segmentación y codificación de la voz es explicado más a detalle como sigue:

El proceso de habla humana empieza en las cuerdas vocales u órganos vocales, donde el tono es generado, La lengua, la garganta, dientes, labios, etc. actúan como un filtro cambiando la naturaleza de ese tono. El propósito de la codificación de la voz en GSM es enviar únicamente información acerca del tono original y del filtro.

Segmentación: Dado que los órganos del habla son relativamente lentos en adaptarse a cambios, los parámetros de los filtros representando los órganos del habla son aproximadamente constantes durante 20 ms. Por esta razón, cuando se codifica la voz en GSM, un bloque de 20 ms es codificado dentro de un grupo de bits. En efecto, esto es

similar a muestrear la voz a una velocidad de 50 tiempos por segundo en lugar de 8,000 usadas por la conversión A/D.



Figura 31. Segmentación y codificación de voz

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Codificación de voz: En lugar de usar 13 bits por muestra como en la conversión A/D, La codificación de voz GSM usa 260 bits, esto se calcula como $50 \times 260 = 13 \text{ kbits/s}$. Esto provee una calidad de voz que es aceptable para telefonía móvil y comparable con los teléfonos PSTN. La figura 31 esquematiza el proceso de segmentación y codificación de voz.

RESUMEN DE SEGMENTACIÓN Y CODIFICACIÓN DE VOZ

El codificador de voz GSM produce un bit rate de 13 kbits/s por suscriptor. Cuando se considera que 8 suscriptores usan un canal de radio, el bit rate completo debería ser $8 \times 13 \text{ kbits/s} = 104 \text{ k bits/s}$. Esto se compara favorablemente con los 832 kbits/s de la conversión A/D.

De cualquier forma la codificación de voz no considera los problemas que pueden hallarse en la trayectoria de transmisión de radio. El siguiente nivel en el proceso de transmisión, *codificación de canal* y la *intercalación* ayudan a sobrepasar esos problemas.

8.3 ETAPA 4: CODIFICACIÓN DE CANAL

Codificación de canal en GSM usa los 260 bits de la codificación de voz como entrada a canal de codificación y produce 456 bits codificados.

Los 260 son divididos de acuerdo a su importancia

- Bloque 1 : 50 bits muy importantes
- Bloque 2: 132 bits importantes
- Bloque 3: 78 no tan importantes bits

El primer bloque de 50 bits es enviado a través de un bloque codificador, que suma 3 bits de paridad que resultaran en 53 bits. Estos tres bits son usados para detectar errores en un mensaje recibido.

Los 53 bits de el primer bloque, los 132 bits de el segundo bloque y 4 bits de cola (total = 189) son enviados a un codificador convertidor 1:2 que produce 378 bits. Los bits sumados por el codificador convertidor habilitan la corrección de errores, cuando el mensaje es recibido.

Los bits del bloque 3 no son protegidos.

En la figura 32 se muestra la codificación de canal.

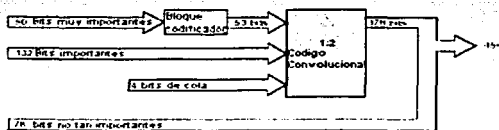


Figura 32. Codificación de Canal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.4 ETAPA 5 ENTRELAZADO

8.4.1 PRIMER NIVEL DE ENTRELAZADO

El canal codificador provee 456 bits por cada 20 ms de voz. Estos son intercalados, formando 8 bloques de 57 bits cada uno como se muestra en la figura 33.

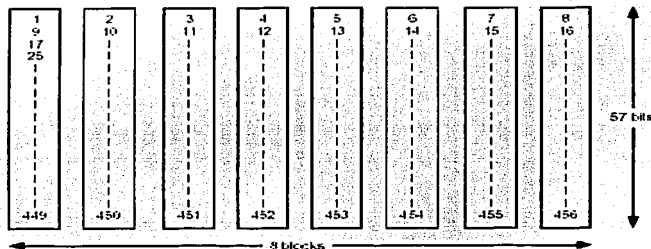


Figura 33. Intercalación de 20 ms de voz codificada

En una ráfaga normal existe espacio para 2 de esos bloques de voz de 57 bits, esto se puede observar en la siguiente figura.

De este si una ráfaga de información es perdida, existe un BER de 25% por los 20 ms totales de voz ($2/8=25\%$). La figura 34 muestra una ráfaga normal.

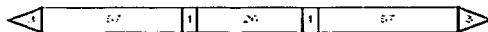


Figura 34. Ráfaga Normal

8.4.2 SEGUNDO NIVEL DE ENTRELAZADO

Si únicamente un nivel de intercalación es usado, una pérdida de esta ráfaga resulta en una pérdida total de 25%. Esto es demasiado para que el canal codificador lo corrija. Un

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

segundo nivel de intercalación puede ser introducido para mejorar la reducción del BER a un 12.5%.

En lugar de enviar 2 bloques de 57 bits de los mismos 20 ms de voz dentro de una ráfaga, Un bloque de 20 ms y un bloque de la siguiente muestra de 20 ms son enviados juntos. Un retraso es introducido en el sistema cuando el MS debe esperar por los siguientes 20 ms de voz. De cualquier forma, el sistema ahora puede exponerse a perder una ráfaga en conjunto. Como la pérdida es únicamente 12.5% de los bits totales de cada trama de voz de 20 ms. 12.5% es el máximo nivel de pérdida que un canal codificador puede corregir. La figura 35 y 36 esquematizan una trama de voz y el segundo nivel de entrelazado respectivamente.



Figura 35. Trama de voz

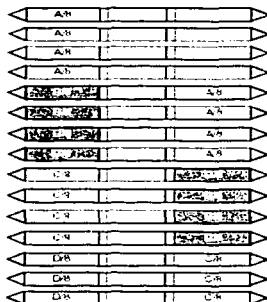


Figura 36. Segundo nivel de entrelazado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.5 ETAPA 6: CIFRADO/ENCRIPCIÓN

El objetivo de el cifrado es codificar la ráfaga de tal forma que esta no pueda ser interpretada por cualquier otro dispositivo mas que el receptor indicado.

El algoritmo de cifrado en GSM es llamado Algoritmo A5, este no suma bits a la ráfaga, esto significa que la entrada y salida de bits al proceso de cifrado es el mismo: 456 bits por cada 20 ms.

8.6 ETAPA 7: FORMATEO DE RÁFAGA (BURST FORMATTING)

Como se explico previamente, cada transmisión de un MS/BTS debe incluir alguna información extra como la secuencia de instrucciones. El proceso de burst formatting es sumar estos bits(acompañados con otros como los bits de cola) a la voz/datos siendo enviados. Esto incrementa el bit-rate completo, pero es necesario para neutralizar problemas encontrados en la trayectoria de radio.

En GSM, la entrada a el formateo de ráfaga es de 456 bits recibidos de el cifrado. Burst formatting suma un total de 136 bits por bloque de 20 ms. Dando un total de 592 bits.

De cualquier forma, cada time slot en cada trama TDMA es de 0.577 ms.

Esto provee suficiente tiempo para 156.25 bits a ser transmitidos (cada bit toma 3.7 μ s) pero una ráfaga únicamente contiene 148 bits. El resto de el espacio, tiempos de bit de 8.25, es desocupado y es llamado periodo de guarda (GP). Este tiempo es usado para habilitar el "ramp up" y "ramp down" MS/BTS. *Ramp up* significa obtener energía de la fuente de poder/batería para la transmisión. *Ramping down* es desarrollado después de cada transmisión para asegurar que el MS no esta transmitiendo durante time slots asignados a otros MSs.

El resultado de el *formateo de ráfaga* es una ráfaga de 156.25 bits o 625 bits por 20 ms. Cuando es considerado que hay 8 suscriptores por trama TDMA, el bit rate total para GSM puede ser estimado en 270.9 kbits/s.

8.7 ETAPA 8: MODULACIÓN Y TRANSMISIÓN

Los bits deben entonces ser enviados sobre el aire usando una frecuencia de portadora. Como se menciono anteriormente GSM usa la técnica de modulación GMSK. Los bits son modulados sobre una frecuencia de portadora y transmitidos (ejemplo 912.2 MHz).

La figura 37 resume el proceso de transmisión GSM

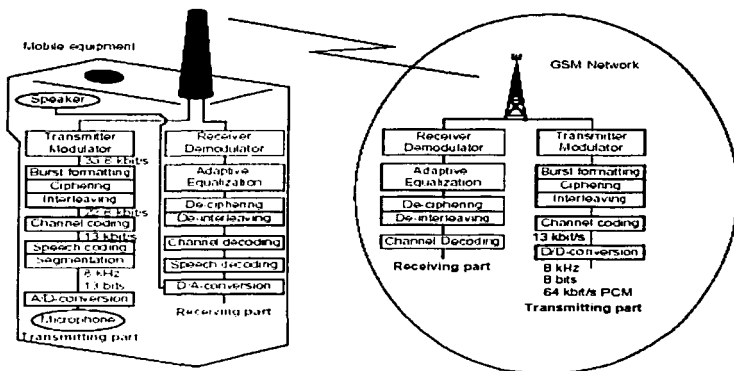


Figura 37. Proceso de transmisión GSM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IX.

CONCEPTOS DE CANAL

9.1 INTRODUCCIÓN A LOS CANALES FÍSICOS Y LÓGICOS

Cada time slot en una trama TDMA es llamado canal físico. Por lo tanto. Existen 8 canales por portadora de frecuencia en GSM.

Los canales físicos pueden ser usados para transmitir voz, datos o información de señalización.

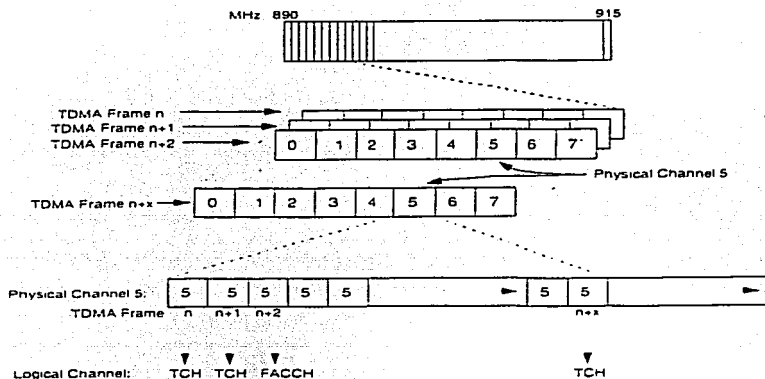


Figura 38. El concepto de canal TDMA

Un canal físico puede transportar diferentes mensajes, dependiendo de la información que será enviada. Estos mensajes son llamados canales lógicos. La figura 38 esquematiza el concepto de canal TDMA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9.2 CANALES LÓGICOS

Existen muchos tipos de canales lógicos, cada uno designado para llevar diferentes mensajes a o desde un MS.

Toda la información a y desde un MS debe estar formateada correctamente, así el dispositivo de recepción podrá entender el significado de los diferentes bits en el mensaje. Por ejemplo, la ráfaga usada para llevar tráfico, algunos bits representan voz o datos, mientras que otros son usados para secuencias de instrucciones.

Existen diferentes tipos de ráfaga. La relación entre ráfagas y canales lógicos es mostrada en la figura 39.

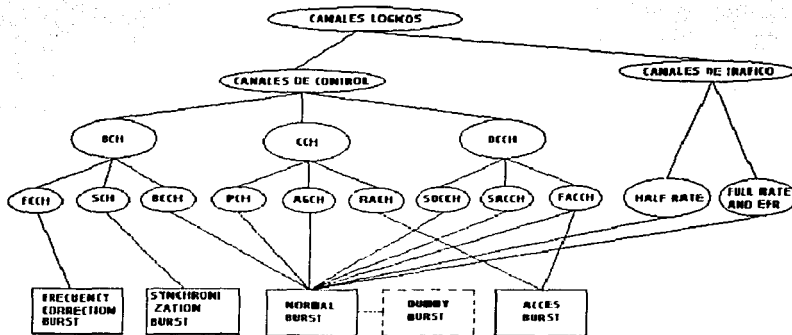


Figura 39. Canales lógicos y ráfagas.

9.3 CANALES DE CONTROL

Cuando se prende un MS. Este busca una BTS a la cual conectarse. El MS escanea la banda de frecuencia total, o opcionalmente usa una lista que contiene las frecuencias portadoras asignadas para el operador. Cuando el MS encuentra la portadora mas fuerte.

Este debe determinar si esta es un canal de control. Esto lo realiza para buscar una particular canal lógico de difusión llamado Broadcast Control Channel (BCCH). Una frecuencia portando un BCCH contiene información importante para un MS, incluyendo, por ejemplo la identidad (LA), información de sincronización e identidad de red), sin esta información, un MS no puede trabajar dentro de una red. Esta información es difundida a periodos regulares.

9.3.1 CANALES DE DIFUSIÓN (BCH's)

Canales de difusión (BCH's)			
Canal lógico	Dirección	BTS	MS
Canal de corrección de frecuencia (Frequency Correction Channel) (FCCH)	Downlink Punto a multipunto	Transmite frecuencia portadora	Identifica el BCCH y se engancha o sincroniza con esa frecuencia
Canal de sincronización (Synchronization Channel) (SCH)	Downlink Punto a multipunto	Transmite información acerca de la estructura de la trama TDMA (ej. Numero de trama) y el numero de identificación de la BTS	Sincroniza su estructura de la trama con la de la celda que le corresponde y se asegura que sea la red GSM que le corresponde
Canal de control de difusión (Broadcast Control Channel) (BCCH)	Downlink Punto a multipunto	La BTS manda el identificador del área de sección y la potencia de salida en la celda	Identifica el área de localización y lo compara con el que tiene en su SIM, setea a la potencia de salida basada en la información recibida, hace mediciones de intensidad, en las células vecinas, para que pueda asistir al móvil cuando requiera un "handoff" "handover"

Cuando un móvil ha finalizado de analizar la información en un BCH, entonces este tiene toda la información requerida para trabajar con una red. De cualquier forma, si el MS entra a otra celda, este debe repetir el proceso de lectura de FCCH, SCH y BCCH en la nueva célula.

Si el suscriptor móvil desea hacer o recibir otra llamada, el Canal de Control Común debe ser usado. Common control Channels (CCCH).

9.3.2 CANALES DE CONTROL COMÚN (CCCH)

Canales de control Común (CCCH)			
Canal lógico	Dirección	BTS	MS
Canal de Voceo (Paging Channel) (PCH)	Downlink Punto a punto	Transmite un voceo indicando que esta entrando un servicio al móvil, el voceo contiene el número de identificación del abonado	A ciertos intervalos tiempo escucha el PCH y verifica que sea el a quien están voceando
Canal de Acceso Aleatorio (Random Acces Channel) (RACH)	Uplink, Punto a punto	Recibe la petición del móvil para canal de señalización	Responde al voceo requiriendo un canal de señalización
Canal de Acceso Garantizado (Acces Grant Channe)l (AGCH)	Downlink, Punto a punto	Asigna para el móvil un canal de señalización (SDCCH)	Recibe el canal asignado de señalización (SDCCH)

En esta etapa el MS y el BSS están listos para iniciar los procedimientos de inicio de llamada. Para esto el MS y el BSS usan Canales de Control Dedicado (DCCH's) Dedicated Control Channels

9.3.3 CANALES DE CONTROL DEDICADOS (DCCH)

Canales de Control Dedicados (DCCH)			
Canal Lógico	Dirección	BTS	MS
Canal de Control Dedicado (Stand Alone Stand Alone Dedicated Control Channel) (SDCCH)	Uplink y downlink, punto a punto	Asigna el canal SDCCH que se utiliza para transmitir mensajes cortos (60 caracteres de texto), la BTS switchea a el SDCCH asignado. El procedimiento de inicio de llamada es desarrollado en modo libre.	El MS ya sabe en que TCH y que time slot va a utilizar, el MS conmuta a el SDCCH asignado, el inicio de llamada se desarrolla.
Canal de Difusión de Celda (Cell Broadcast Channel) (CBCH)	Downlink punto a multipunto	Manda mensajes cortos de la celda a través del canal lógico	Recibe mensajes cortos solo en la celda
Canal de Control Asociado Lento (Slow Associated Channel) (SACCH)	Uplink y downlink, punto a punto	La BTS le da la orden al móvil de regular su potencia, si es el caso le indica que empiece a transmitir <i>time Advance</i>	envía las mediciones del "hand off" asistido por móvil
Canal de Control Asociado Rápido (Fast Associated Channel) (FACCH)	Uplink y downlink, punto a punto	Transmite información de los parámetros necesarios para el "hand over"	Transmite información necesaria de "hand over" pero en ráfagas.

9.4 CANALES DE TRAFICO

Cuando los procedimientos de inicio de llamada han sido completados en el canal de control físico. El MS sintoniza a un canal de trafico físico, el MS usa el Canal de Trafico (TCH). Existen dos tipos de TCH

- full rate (TCH): transmite voz full rate(13 kbits/s) un full rate TCH ocupa un canal físico.
- Half rate (TCH/2): transmite a la mitad del full rate (6.5 kbits/s). 2 half rate TCH's pueden compartir un canal físico, así se dobla la capacidad de una célula.

9.5 RÁFAGAS (BURSTS)

Tipos de ráfagas: Existen 5 tipos de ráfagas

TIPO	OBJETIVO	USADA POR	CONTIENE
Normal	Para llevar información de tráfico y canales de control	BCCH, PCH, AGCH, SDCCCH, CBCH, SACCH, FACCH, TCH	- dos bloques de 57 bits cada uno para tráfico - secuencia de instrucción (26 bits) - Steal flags (1 bit cada una) para indicar que FACCH ha tomado temporalmente 57 bits - bits de cola (siempre 000) - Periodo de guarda: 8.25
Corrección de Frecuencia	Usada para sincronización de frecuencia de el móvil	FCCH	- 142 bits de corrección de frecuencia - bits de cola - Periodo de guarda: 8.25
Sincronización	Usado para trama de sincronización de el móvil	SCH	- 2 bloques de 39 bits para información de estructura de trama TDMA - 64 bits de sincronización
Acceso	Usada para acceso aleatorio y de handover	RACH FACCH	- 41 bits de sincronización -36 bits de información de acceso - bits de cola -periodo de guarda:68.25 tiempos de bit. Un GP largo es usado debido a que es la primera transmisión de el mobile y por lo tanto no existe información de avance de tiempo
Libre (Dummy)	Usada cuando ningún otro canal requiere que se envíe una ráfaga y no lleva información	Todos los TS libres en CO. (1,3-7)	El patrón es idéntico al de una ráfaga normal pero no acarrea información

9.6 RELACION ENTRE RAFAGAS Y TRAMAS

La relación entre ráfagas y tramas se muestra en la fig. 40, existen 2 tipos de multitramas.

- Multitrama de 26 tramas TDMA: usada para llevar TCH, SACCH y FACCH
- Multitrama de 51 tramas TDMA: usada para llevar BCCH, CCCH, SDCCH y SACCH

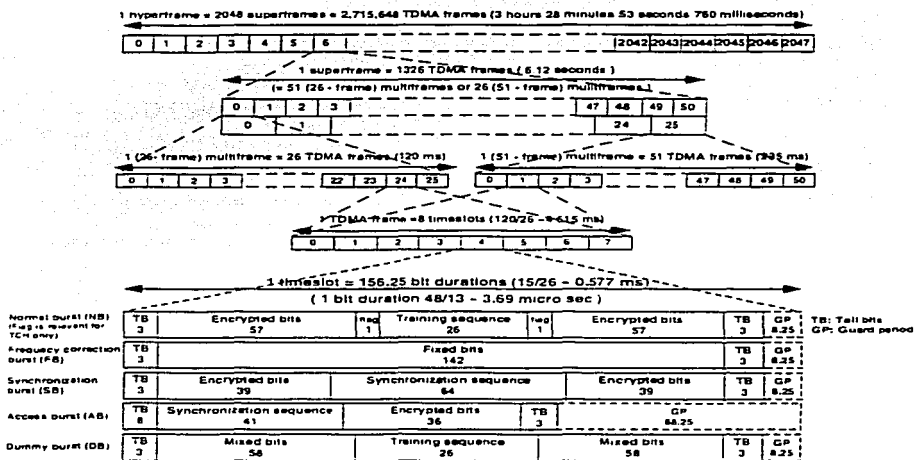


Figura 40. Relación entre ráfagas y tramas

TESIS CON
PALA DE ORIGEN

9.7 HANDOVER

En una red celular, el radio y el enlace requeridos durante una llamada no esta permanentemente asignado mientras dura la llamada. Handover o Handoff como se le llama en América, es la conmutación de una llamada a un diferente canal o célula. La ejecución de un handover es con el fin de mantener un nivel de potencia mínimo de la señal o mejorar la calidad del nivel de la señal.

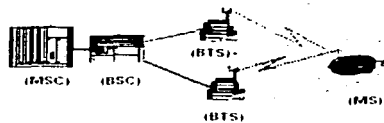
En el sistema GSM existen 4 diferentes tipos de handover, que involucran la transferencia de llamadas entre:

Canales (time slots) en la misma célula

Células (BTS) bajo el control del mismo BSC

Células bajo control de diferentes BSCs, pero pertenecientes al mismo MSC, y

Células bajo control de diferentes MSCs.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 41. handover

Los dos primeros tipos de handover, llamados handover internos, involucran únicamente un BSC. Para conservar el ancho de banda de señalización, el handover es administrado por el BSC sin involucrar al MSC, excepto para notificar a este de la terminación de el handover. Los dos últimos tipos de handover, llamados handovers externos, son manejados por los MSCs involucrados. Un aspecto importante de GSM, es que el MSC original, el "MSC ancla", permanece responsable de muchas de las funciones relacionadas a la llamada, con la excepción de subsiguientes Inter-BSC handovers bajo el control de la nueva MSC, llamada la "MSC relevo".

Los handovers pueden ser iniciados por un MS o el MSC con la intención de balancear la carga de tráfico, el MS escanea el Canal de Control de Difusión (BCCH) de hasta 16 células vecinas, y forma una lista de los 6 mejores candidatos para un posible handover, basado en la potencia de la señal recibida esta información es pasada a el BSC y MSC y es usada para el handover. La figura 41 muestra el handover.

9.8 CASO DE TRAFICO SIMPLE: LLAMADA A UN MS

El siguiente caso de tráfico en la figura 42 describe una llamada a un MS y el uso de algunos canales lógicos durante la llamada

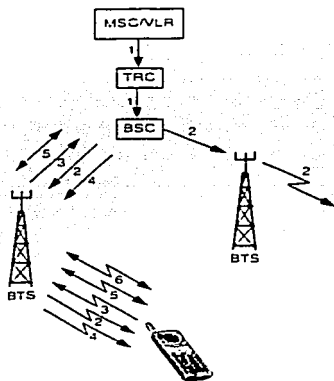


Figura 42. Llamada a un MS

1. El MSC/VLR sabe en que LA esta localizado el MS, un mensaje de voceo es enviado al BSC controlando el LA.
2. El BSC distribuye el mensaje de voceo a la BTS en el LA deseado. El BTS transmite el mensaje sobre la interfase de aire usando el PCH
3. cuando el MS detecta un PCH identificándose el mismo, este envía una petición para canal de señalización usando el RACH
4. El BSC usa el AGCH para informar al MS del canal de señalización (SDCCH y SACCH) a usar
5. SDCCH y SACCH son usados para el establecimiento de llamada. Un TCH es asignado y el SDCCH es liberado.
6. El MS y la BTS conmutan a la frecuencia TCH y al time slot. El MS suena. Si el suscriptor responde, se establece la conexión. Durante la llamada, la conexión de radio es mantenida por la información enviada y recibida por el MS usando el SACCH.

CAPITULO X.

CONCLUSIONES

En este trabajo se han conocido diversos aspectos del estándar GSM como la organización interna a nivel de subsistemas tal y como se explica en las especificaciones además hemos visto las características del canal de radio y en ellas hemos podido conocer sus parámetros fundamentales así de las interfaces y desvanecimientos que pueden aparecer en las transmisiones así como su solución.

En el proceso de transmisión se ha podido apreciar los procesos de modulación y desmodulación digitales, los procesos de aplicación de codificación de canal tanto los códigos cíclicos como los convolucionales, hemos podido apreciar el proceso completo con un ejemplo de una llamada y el uso de los canales lógicos además de la interacción entre los subsistemas durante la realización de la misma.

GSM es un estándar que surgió como una solución digital a los estándares analógicos incompatibles de las diferentes redes celulares que operaban en Europa gracias a la cooperación de la industria tecnológica, y la cooperación entre distintos gobiernos con la finalidad de beneficiar al suscriptor en términos de calidad de servicio y costo. La interfase abierta o arquitectura modular favoreció la competencia entre operadores para escoger equipos de diferentes vendedores.

Es importante comentar que la tarea original del comité GSM fue el demostrar que la cooperación internacional en proyectos de esta magnitud por medio de industria, academia y gobierno pueden llegar a ser un éxito, asegurándonos la interoperabilidad que nos da beneficios públicos en términos del precio, así como de la calidad en el servicio.

Full roaming fue la mas importante de las características de entre todos los objetivos a desarrollar. Con GSM las telecomunicaciones se encuentran en un periodo hacia las redes de comunicaciones personales cuyo objetivo es la disponibilidad de todos los servicios de comunicaciones a cualquier hora, en cualquier lugar, y para todos. Mediante un número de identidad y una terminal de comunicaciones teniendo estándares compatibles.

La SIM card agiliza la activación de servicios, así como la sustitución de un móvil por otro, implementa la movilidad personal y de terminal, junto con el roaming internacional y

soporte para muchos otros servicios como la transferencia de datos, SMS, identificación de llamadas, mensajes de voz, transmisión de fax, conexión y navegación a Internet y mayor vida de la batería entre otros de los servicios suplementarios. GSM se acerca por mucho a los servicios y requerimientos para un sistema de comunicación personal, tan cerca que esta siendo usado como una base para la siguiente generación de tecnología.

GSM fue el primer sistema en estimular la incorporación de la filosofía PCS en una red celular, estas y otras innovaciones en la red GSM lo hacen un proyecto exitoso con una aceptación mundial.

GLOSARIO

- A AGCH Access Grant Channel**
Canal de Acceso Garantizado
- ARFCN Absolute Radio Frequency Channel Number**
Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos
- AuC Authentication Center**
Centro de Autentificación
- B BER Bit Error Rate**
Tasa de Error de bit
- BCCH Broadcast Control Channel**
Canal de Control de Difusión
- BCH Broadcast Channel**
Canal de Difusión
- BSC Base Station Controller**
Controlador de la Estación Base
- BSS Base Station Subsystem**
Subsistema de Estación Base
- BTS Base Transceiver Station**
Transceptor de la estación Base
- C CBCH Cell Broadcast Channel**
Canal de Difusión de Celula
- CCCH Common Control Channel**
Canal de Control Común
- CCITT International Telegraph & Telephone Consultative Committee**
Comité Consultivo Internacional de Telégrafos y Teléfonos
- CDMA Code Division Multiple Access**
Acceso Múltiple por División de la Codificación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- CEPT** Conference of European Postal and Telecommunications Administration
Confederación de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones Europeas
- D DCCH** Dedicated Control Channel
Canal de Control Dedicado
- DCS** Digital Celular System
Sistema Celular Digital
- E ETSI** European Telecommunications Standard Institute
Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones
- F FACCH** Fast Associated Control Channel
Canal de Control Asociado Rápido
- FCCH** Frequency Correction Channel
Canal de Corrección de Frecuencia
- FCC** Federal Communications Commission
Comisión Federal de Comunicaciones
- FDMA** Frequency Division Multiple Access
Acceso Múltiple por División de Frecuencia
- G GMSC** Gateway MSC (Jambala)
Pasarela del MSC
- GMSK** Gaussian Minimum Shift Keying
Modulación de Desplazamiento Mínimo Gaussiana
- GSM** Groupe Spécial Mobile or Global System for Mobile Communications
Grupo Especial Móvil ó Sistema Global para Comunicaciones Móviles
- H HLR** Home Location Register
Registro de Localización de Abonados Propios

I	ISDN	Integrated Services Digital Network Red Digital de Servicios Integrados
	ISI	Inter-Symbol Interference Interferencia Ínter simbólica
L	LA	Location Area Área de Localización
M	MoU	Memorandum of Understanding Memorando de entendimiento
	MS	Mobile Station Estación Móvil
	MSC	Mobile Switching Center Centro de Conmutación de Servicios Móviles
N	NSS	Network Switching Subsystem Subsistema de Conmutación de Red
	NMC	Network Maintenance Center Centro de Administración de Red
	NMT	Nordic Mobile Telephone Telefonía Móvil Nórdica
O	OMC	Operational & Maintenance Center Centro de Operación y Mantenimiento
	OSS	Operation and Service Subsystem Subsistema de Operaciones y Mantenimiento
P	PCM	Pulse Code Modulation Modulación por codificación de pulso
	PCH	Paging Channel Canal de Búsqueda

PIN	Personal Identification Number Número de Identificación Personal
PLMN	Public Land Mobile Network Red Pública Móvil Terrestre
PSTN	Public Switched Telephone Network Red Pública Conmutada de Telefonía
R RACH	Random Access Channel Canal de Acceso Aleatorio
S SACCH	Slow Associated Control Channel Canal de Control Asociado Lento
SCH	Synchronization Channel Canal de Sincronización
SDCCH	Stand Alone Dedicated Control Channel Canal de Control Dedicado Independiente
SIM	Subscriber Identity Module Módulo de Identidad de Abonado
SMS	Short Message Service Servicio de Mensajes Cortos
SS	Switching System Sistema de Conmutación
T TACS	Total Access Communication System Sistema de Comunicación de Acceso Total
TCH	Traffic Channel Canal de Tráfico
Ts_i	Time Slot number i "Slot" de Tiempo número "i"

- TDD** Time Division Duplex
Dúplex por División en el Tiempo
- TDMA** Time Division Multiple Access
Aceso Múltiple por División en el Tiempo
- TRAU** Transcoder and Rate Adaptation Unit
Unidad de Codificación y Adaptac
- V VLR** Visitor Location Register
Registro de Localización de Visitantes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

- **Wireless Technology Protocols, Standard, and Techniques**
Michel Daoud Yacoub
CRC Press.
- **Sistemas de Comunicaciones Electronicas**
Prentice Hall, Wayne Tomasi, 2a Ed.
- **The GSM System for Mobile Communications**
M. Mouly, M.B. Pautet, Telecom Publishing; ASIN
- **An Introduction to GSM**
by Siegmund Redl, Matthias K. Weber, Malcolm Oliphant
Mobile communications Series, Artech House Publishers
- **GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation**
by Gunnar Heine, Mobile communications Series, Artech House Publishers
- **Wireless Communications, principles and practice**
2a. Ed. Prentice Hall, by Theodore S. Rappaport, Theodore Rappaport
- **Manual del Curso GSM system survey**
C.I.E.T.E. Ericsson
- **Manual del Curso GSM cell planning overview**
C.I.E.T.E. Ericsson

Direcciones electrónicas

- http://www.gsmSpain.com/info_tecnica/gsm/
- <http://www.gsmworld.com>
- <http://www.gsmSMS.net>
- <http://www.auladatos.movistar.com/Aula-de-Datos/Tutoriales-y-Documentacion/GSM/>
- <http://www.pt.com/products/gsmintro.html>
- <http://www.etsi.org/>
- <http://www.techonline.com>