



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
UNIDAD CULHUACAN**

**SEMINARIO DE TELEFONIA CELULAR Y SU PROTECCION
EN SUS ENLACES**

“PROTOCOLO DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MOVILES”

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
**INGENIERO EN COMUNICACIONES
Y ELECTRONICA**

PRESENTA :

**BAUTISTA HERNANDEZ JOSE ALBERTO
QUIROZ TORRES ANDRES
RIVERA ROSAS MIGUEL ANGEL**

ASESORES:

M. EN C. J. EFREN PÉREZ CARMONA
M. EN C. OSVALDO LÓPEZ GARCÍA
ING. MARISOL MANCERA CASIMIRO



MÉXICO, D.F. NOVIEMBRE 2007

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESINA
“REPORTE TECNICO”

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

POR LA OPCIÓN DE TITULACION: SEMINARIO

DENOMINADO: “TELEFONIA CELULAR Y PROTECCIONES DE SUS ENLACES EN COMUNICACIONES” No. VIGENCIA D.E.P. FNS35099/21/2007

DEBERAN DESARROLLAR LOS C.C.: BAUTISTA HERNÁNDEZ JOSÉ ALBERTO
QUIROZ TORREZ ANDRES
RIVERA ROSAS MIGUEL ANGEL

“PROTOCOLO DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES”

ESTE TRABAJO TIENE COMO OBJETIVO PRESENTAR EL PROTOCOLO DEL GSM, ESPECIFICAMENTE EN CUANTO A LOS BENEFICIOS QUE APORTA AL USUARIO FINAL, LA SEGURIDAD QUE BRINDA EN EL MANEJO DE LA INFORMACION, LAS ENTIDADES FUNCIONALES Y LAS INTERFACES ENTRE ELLAS, ASIMISMO SE EFECTUARÁ UNA DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE AIRE (LA INTERFAZ QUE SE ENCUENTRA ENTRE EL MÓVIL Y EL SUBSISTEMA DE ESTACIONES BASE) Y LOS SERVICIOS QUE BRINDA. FINALMENTE SE PRESENTAN LOS ANÁLISIS COMPARATIVOS CORRESPONDIENTES DE CADA UNO, ASÍ COMO LAS APORTACIONES QUE SE HAN DADO EN CUANTO AL CAMPO DE LAS COMUNICACIONES.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES HISTORICOS

CAPITULO 2. ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

CAPITULO 3. EVOLUCION DE TECNOLOGÍAS

CAPITULO 4. CONCLUSIONES

MÉXICO, DF. NOVIEMBRE DEL 2007

ASESORES

M. en C. JOSÉ EFREN PEREZ CARMONA

M. en C. OSVALDO LÓPEZ GARCÍA

ING. MARISOL MANCERA CASIMIRO



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



DEDICATORIAS

A ti mi dios, por cuidarme todo este tiempo y darme salud

A mi madre, por darme la vida, por su cariño, ejemplo y comprensión;

A mi padre, por que se que esta feliz y orgulloso mirando desde el cielo;

Al Instituto Politécnico Nacional, especialmente a mi Universidad ESIME Culhuacán por brindarme un recinto en donde aprender y por darme la oportunidad de ser uno de sus egresados;

A mis maestros por compartir generosamente sus conocimientos;

A mis compañeros de estudio, por brindarme su amistad y apoyo moral.

J. Alberto Bautista Hernández



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



A DIOS:

Gracias te doy por darme la oportunidad de lograr uno de los más grandes sueños, que ahora es una hermosa realidad.

A MIS PADRES:

JESUS RIVERA Y LUCIA ROSAS

Gracias por alentarme a seguir siempre adelante, por el cariño, su dedicación y el apoyo incondicional que me han brindado siempre, con el cual he continuado en la senda del estudio para alcanzar una de las metas deseadas por mi.
Los amo mucho.

A MI ESPOSA E HIJAS:

MONTSERRAT, ALINE Y ROMINA

Gracias por todo el apoyo que hasta hoy me han brindado, por el esfuerzo que realizaron en este momento tan importante y por ser una fuente de inspiración para culminar esta meta.
Las amo.

A MIS HERMANOS:

AZUL Y LUCIANO

Gracias hermanos por su apoyo que me han demostrado durante todo este tiempo para la realización de esta meta.

AL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Por haberme abierto sus puertas.

A LA ESIME CULHUACÁN

Por hacer de mi una persona preparada.

A MIS MAESTROS

Por brindarme sus conocimientos incondicionalmente.

Con todo respeto.

GRACIAS

Miguel Ángel Rivera Rosas



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones móviles son el campo de más rápido crecimiento en la industria de las telecomunicaciones.

Las redes de comunicaciones hacen uso de protocolos para facilitar la comunicación entre diferentes entidades dentro de una red. Un protocolo de comunicaciones es un conjunto de mensajes y reglas que corresponden a mensajes comunicados entre dos o más entidades de una red. Una entidad en la red usualmente hace uso de un conjunto completo de tales protocolos, los cuales están organizados en una pila en capas.

Las pilas de protocolos GSM corresponden al modelo de referencia OSI; las capas 1 y 2 del modelo GSM corresponden a la capa física y vínculo como se definen en el modelo OSI. La capa física especifica como se transmiten los datos de una entidad a otra a través del medio de transporte físico. El medio de transporte físico entre la MS y la BST es el aire.

Los datos se transmiten a través del aire al modular ondas electromagnéticas de radio. El sistema de red celular facilita la movilidad en las comunicaciones. Los sistemas logran movilidad al transmitir datos a través de ondas de radio.



INDICE

Introducción.....	3
Índice.....	4
1. Antecedentes Históricos.....	8
1.1. HISTORIA DEL GSM.....	8
1.2. CONCEPTOS BÁSICOS PARA LAS REDES GSM.....	11
1.2.1. Arquitectura.....	11
1.2.2 Estación Móvil (Mobile Station, MS).....	12
1.2.3 Sistema de Estación Base (Base Station System, BSS).....	13
1.2.4 Central de Conmutación y Control (MSC).....	13
1.2.5 Registro de Suscriptores Locales (Home Location Register, HLR)....	13
1.2.6. Registro de Suscriptores Visitantes (VLR).....	14
1.2.7. Centro de Autenticación (Authentication Center, AUC).....	14
1.2.8 Registro de Identidad del Equipamiento (EIR).....	14
1.2.9. Centro de Operaciones y Manutención (OMC).....	14
2. ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	16
2.1 El Modelo OSI y los Protocolos de Comunicación.....	16
2.1.1. Funciones y características de las capas.....	17
2.2 Capas del Modelo OSI en Redes GSM.....	20
2.3. INTERFACES Y PROTOCOLOS.....	21
2.4ASPECTOS DE RADIO – TRANSMISIÓN.....	24
2.4.1. Servicio de Datos.....	25
2.4.2 Modulación.....	27
2.4.3. Estructura del canal.....	28
2.4.3.1. Canales Lógicos.....	29
2.4.3.2. Canales de Tráfico.....	30
2.4.3.3. Canales de Control.....	31
2.4.3.4. Canal Broadcast (BCH).....	32



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



2.4.3.5. Canales de Control comunes (CCCH).....	33
2.4.3.6. Canales de Control Dedicados (DCCH).....	35
2.5. ESQUEMA DE ACCESO MULTIPLE.....	37
2.5.1. Retardo de tiempos constante entre Uplink y Downlink.....	37
2.5.2. Frequency Hopping.....	38
2.5.3. Diferentes tipos de time-slots.....	39
2.5.4. Secuencias de tramas y training.....	41
2.6 Codificación del canal e Interleaving.....	43
2.6.1 Codificación del canal.....	43
2.6.2 Interleaving.....	45
2.6.3 Ejemplos.....	47
2.6.4 Gestión de recursos de radio (RR).....	51
2.6.5 Protocolos de enlace.....	52
2.6.6 Interfaces asociadas con el protocolo de enlace.....	53
2.6.7 Gestión de movilidad (MM).....	54
2.6.8 Gestión de actualización de ubicación.....	54
2.6.8.1 Selección de celda.....	55
2.6.8.2 Autenticación.....	56
2.6.8.2.1 Primera fase.....	56
2.6.8.2.2 Segunda fase.....	56
2.6.8.3 Encriptación	57
2.6.8.4 Protección de identidad de usuario- Gestión de seguridad.....	58
2.6.9 Control de llamada (CC).....	59
2.6.10 Handoff.....	61
2.6.11 Gestión de servicios suplementarios (SSM).....	61
2.6.12 Servicio de mensajes cortos (SMS).....	62
2.7 Gestión de Red (NM).....	62



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



3. EVOLUCION DE TECNOLOGIAS.....	65
3.1 Fases de despliegue de una red GPRS.....	65
3.2 Características de GPRS.....	66
3.3 Planificación de la red	68
3.4 Como definir la calidad del servicio.....	70
3.5 Prueba de protocolos.....	71
3.6 Optimización de la red.....	73
4. CONCLUSIONES.....	76
4.1. REFERENCIAS.....	77
4.2. Glosario Acrónimos Y Abreviaturas.....	78



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)*

GSM



CAPITULO 1

“ANTECEDENTES HISTORICOS”



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

1.1. HISTORIA DEL GSM.

La historia la podemos situar cuando en 1982 la Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) tomo dos decisiones.

La primera fue, establecer un equipo con el nombre de (Groupe Special Mobile) de aquí viene la abreviatura GSM, que desarrollare a un conjunto de estándares para una futura red celular de comunicaciones móviles de ámbito Europeo.

La segunda fue recomendar la reserva de dos subbandas de frecuencias próximas a 900 Mhz para este sistema. Estas decisiones fueron tomadas para tratar de solventar los problemas que habían creado el desarrollo descoordinado de sistemas móviles celulares individualmente en los diferentes países de la CEPT y que eran incompatibles.

Dos de estos problemas eran, el no poder disponer de un mismo terminal al pasar de un país al otro y el otro el no disponer de un mercado propio suficientemente extenso que dificulta una industria europea de sistemas móviles competitiva a nivel mundial.

En 1984 empieza a surgir otro factor adicional, los sistemas celulares de la primera generación, y en particular en los países del norte de Europa, experimentan una aceptación y penetración en el mercado extraordinariamente superior a la prevista.

En 1986 las cifras indicaban la saturación de la capacidad de estos sistemas para principio de la década de los 90. Ante esto surgió la tentación de utilizar parte de las



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



subbandas de frecuencias destinadas al GSM como ampliación de las usadas por los sistemas móviles celulares de primera generación.

En consecuencia la Comisión de las Comunidades Europeas emitió una Directiva en la que reservaban dos subbandas de frecuencias en la banda de 900 Mhz, para el sistema paneuropeo, que empezaría a funcionar en 1991, pero más pequeñas que las recomendadas por la CEPT. Asimismo contemplaba que las frecuencias en estas subbandas que estuvieran siendo utilizadas por sistemas móviles celulares de la primera generación (analógicos), deberían abandonarlas en los próximos diez años (o sea hasta el 2001).

Mientras tanto los miembros del GSM realizaban excelentes progresos en el desarrollo y acuerdo de estándares.

Se adoptó la decisión de que el sistema sería digital, en lugar de analógico lo que redundaría en mejorar la eficiencia espectral, mejor calidad de transmisión, posibilidades de nuevos servicios y otras mejoras como la seguridad.

También permitiría la utilización de tecnología VLSI, pudiendo fabricar terminales móviles más pequeños y baratos, y en definitiva el uso de un sistema digital complementaría el desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) con la que GSM debería tener un interfase.

Se siguieron haciendo progresos y el 7 de septiembre de 1987 trece operadores de red europeos formaron un **MoU** (Memorandum of Understanding) para continuar con el proyecto y lanzarlo el 1 de julio de 1991. Esto fue seguido con la invitación simultánea hecha el 29 de febrero de 1988 a todos los operadores de red involucrados en el sistema.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



Pronto se dieron cuenta de que había más problemas de los previstos. Por lo que se acordó que se efectuaría el desarrollo de la especificación en dos fases. Además la implantación en términos geográficos se vislumbró que debía realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y se seguiría con autopistas, calculando que se tardarían años en lograr un servicio completo a todo Europa.

En 1988 se inició una intensa actividad en pruebas de validación particularmente en relación con la interfase Radioeléctrica. Como resultado se ajustaron ligeramente las especificaciones GSM y se pudo comprobar que el sistema funcionaría.

No se alcanzó la fecha acordada de 1 de julio de 1991 para el lanzamiento comercial del sistema GSM. A ello contribuyeron el retraso del desarrollo y acuerdo de pruebas de certificación, la necesidad de modificar algunas especificaciones GSM ya que la complejidad técnica del desarrollo de terminales portátiles se tardó en resolver más de lo previsto. Fue en junio de 1992 cuando aparecieron los portátiles de mano.

El servicio comercial del sistema GSM llegó en 1992, si bien el tamaño de las áreas de cobertura y el número de usuarios era bastante dispar. Las redes que estaban funcionando se basaban en las especificaciones de la fase 1 y no todos los servicios contemplados en la fase 1 estaban disponibles.

A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado de trece a cuarenta y cinco, entre los que estaban la mayor parte del mundo excepto América del Norte y Japón. Treinta redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo.

A finales del 1994 el número de miembros del MoU había crecido a 102 operadores de red y Administraciones reguladoras de Telecomunicaciones de 60 países.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



El mercado de redes y equipamientos GSM se ha extendido más allá de las fronteras de Europa occidental. Europa del Este, la Commonwealth, Oriente, Asia, África y Oceanía son reas donde existen sistemas GSM operativos. Actualmente la mayor parte de los firmantes del MoU no pertenecen a países europeos. Esta amplitud del mercado es la razón por la que las siglas GSM han tomado otra acepción -Global System for Mobile communications- que es diferente de la original de 1982.

1.2. CONCEPTOS BÁSICOS PARA LAS REDES GSM.

1.2.1. Arquitectura.

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications, GSM) tiene la estructura básica de los sistemas celulares y ofrece las mismas funcionalidades básicas de los demás sistemas celulares asociadas a la movilidad como ROAMING y HANDOVER entre celdas o células (Figura 1.2.1).

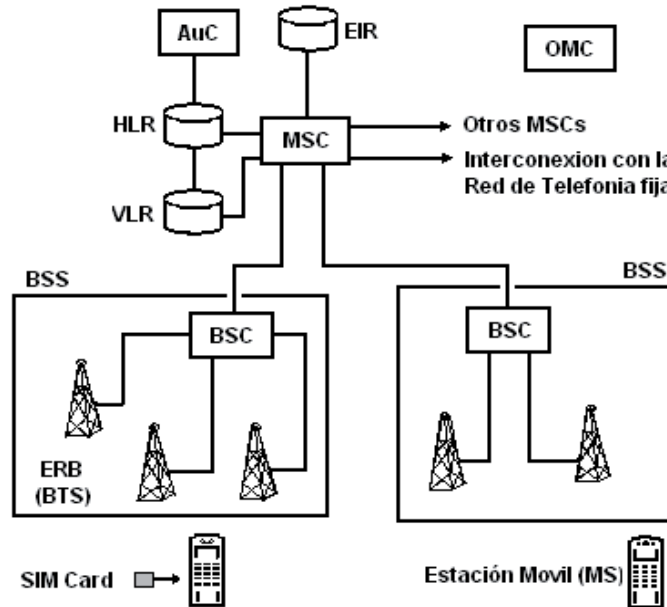


Fig.1.2.1 Arquitectura de GSM

1.2.2 Estación Móvil (Mobile Station, MS).

Estación Móvil o Mobile Station (MS) es el terminal utilizado por el suscriptor cuando cargado con una tarjeta inteligente conocida como SIM Card o Módulo de Identidad del Suscriptor (Subscriber Identity Module (SIM)). Sin el SIM Card, la Estación Móvil no está asociada a un usuario y no puede hacer ni recibir llamadas.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



1.2.3 Sistema de Estación Base (Base Station System, BSS).

Es el sistema encargado de la comunicación con las estaciones móviles en una determinada área. Esta conformado por varios equipos como son la Estación Base de Telefonía Móvil o Base Transceiver Station (BTS), que a la vez también se le llama Estación Radió Base (ERBs), que constituyen una celda o célula, y una Estación Base de Control (Base Station Controller (BSC)), que controla a las BTSs.

1.2.4 Central de Conmutación y Control (Mobile Service Switching Center, MSC).

La Central de Conmutación y Control (Mobile-Service Switching Center MSC) es la central responsable por las funciones de conmutación y señalización para las estaciones móviles localizadas en un área geográfica designada como el área de La Central de Conmutación y Control (MSC).

La diferencia principal entre la Central de Conmutación y Control y una Central de Conmutación fija es que la MSC tiene que llevar en consideración la movilidad de los suscriptores (locales o visitantes), incluso el handover de la comunicación cuando estos suscriptores se mueven de una célula o celda para otra. La Central de Conmutación y Control que se encargada de rutear llamadas para otros MSCs es llamado Gateway MSC.

1.2.5. Registro de Suscriptores Locales (Home Location Register, HLR).

Registro de Suscriptores Locales o Home Location Register es la base de datos que contienen informaciones sobre los suscriptores de un sistema móvil celular.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



1.2.6. Registro de Suscriptores Visitantes (Visitor Location Register, VLR).

Registro de Suscriptores Visitantes o Visitor Location Register es la base de datos que contiene la información sobre los suscriptores en visita (roaming) a un sistema celular.

1.2.7. Centro de Autenticación (Authentication Center, AUC).

Centro de Autenticación o Authentication Center es responsable por la autenticación de los suscriptores en el uso del sistema. El Centro de Autenticación está asociado a un HLR y almacena una llave de identidad para cada suscriptor móvil registrado en aquel HLR posibilitando la autenticación del IMSI (Identidad Internacional del Abonado a un Móvil, International Mobile Subscriber Identity) del suscriptor. Es también responsable por generar la llave para criptografiar la comunicación entre MSC y BTS.

1.2.8 Registro de Identidad del Equipamiento (Equipment Identity Register, EIR)

Registro de Identidad del Equipamiento o Equipment Identity Register es la base de datos que almacena los IMEI (Identidad Internacional de Equipo Móvil Internacional, Mobile Equipment Identity) de los terminales móviles de un sistema GSM.

1.2.9. Centro de Operaciones y Manutención (Operational and Maintenance Center, OMC)

Centro de Operaciones y Manutención o Operational and Maintenance Center es la entidad funcional a través de la cual la operadora monitorea y controla el sistema.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



CAPITULO 2

“ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN”



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



2. ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACION

2.1 El Modelo OSI y los Protocolos de Comunicación

A principios de la década de 1980 el desarrollo de redes sucedió con desorden en muchos sentidos. Se produjo un enorme crecimiento en la cantidad y el tamaño de las redes. A medida que las empresas tomaron conciencia de las ventajas de usar tecnología de comunicación con las redes ya que se agregaban o expandían a casi la misma velocidad a la que se introducían las nuevas tecnologías de red.

Para mediados de la década de 1980, estas empresas comenzaron a sufrir las consecuencias de la rápida expansión. De la misma forma en que las personas que no hablan un mismo idioma tienen dificultades para comunicarse, las redes que utilizaban diferentes especificaciones e implementaciones tenían dificultades para intercambiar información.

El mismo problema surgía con las empresas que desarrollaban tecnologías de *networking* privadas o propietarias. "Propietario" significa que una sola empresa o un pequeño grupo de empresas controlan todo uso de la tecnología.

Las tecnologías de *networking* que respetaban reglas propietarias en forma estricta no podían comunicarse con tecnologías que usaban reglas propietarias diferentes.

Para enfrentar el problema de incompatibilidad de redes, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) investigó modelos de *networking* como



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



La red de Digital Equipment Corporation (DECnet), la Arquitectura de Sistemas de Red (SNA) y TCP/IP a fin de encontrar un conjunto de reglas aplicables de forma general a todas las redes. Con base en esta investigación, la ISO desarrolló un

Modelo de red que ayuda a los fabricantes a crear redes que sean compatibles con otras redes **EL MODELO DE REFERENCIA OSI.**

El modelo OSI esta constituido por 7 capas (TABLA 2.1) que definen las funciones de los protocolos de comunicaciones. Cada capa del modelo representa una función realizada cuando los datos son transferidos entre aplicaciones cooperativas a través de una red intermedia, pero para entender y comprender mejor este modelo aprendamos ¿Que es un protocolo? ¿Qué es una Capa?

Protocolo: Es el conjunto de normas y reglas, organizadas y convenidas de mutuo acuerdo entre todos los participante s en una comunicación

Capas: Las redes de ordenadores, proveen al usuario de una serie de servicios, e internamente poseen unas funciones. Todo esto es realizado por las capas o niveles de la arquitectura que posee el tipo de red. Las arquitecturas de las redes tienen una serie de capas superpuestas, una encima de otra, en la que cada una desempeña su función.

2.1.1. Funciones y características de las capas:

1. Permiten fraccionar el desarrollo del protocoló, que usa.
2. Las capas facilitan el entendimiento del funcionamiento global de un protocolo.
3. Facilitan las compatibilidades, tanto de software como hardware de los distintos ordenadores conectados.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



4. La arquitectura o estructuras de capas son flexibles a la hora de modificarlas.

Esta representación en forma de pila, en la que cada capa reposa sobre la anterior suele llamarse pila de protocolos o simplemente pila.

En una capa no se define un único protocolo sino una función de comunicación de datos que puede ser realizada por varios protocolos. Así, por ejemplo, un protocolo de transferencia de ficheros y otro de correo electrónico facilitan, ambos, servicios de usuario y son ambos parte de la capa de aplicación.

Cada protocolo se comunica con su igual en la capa equivalente de un sistema remoto. Cada protocolo solo ha de ocuparse de la comunicación con su gemelo, sin preocuparse de las capas superior o inferior. Sin embargo, también debe haber acuerdo en como pasan los datos de capa en capa dentro de un mismo sistema, pues cada capa esta implicada en el envío de datos.

Las capas superiores delegan en las inferiores para la transmisión de los datos a través de la red subyacente. Los datos descienden por la pila, de capa en capa, hasta que son transmitidos a través de la red por los protocolos de la capa física. En el sistema remoto, irán ascendiendo por la pila hasta la aplicación correspondiente.

La ventaja de esta arquitectura es que, al aislar las funciones de comunicación de la red en capas, minimizamos el impacto de cambios tecnológicos en el juego de protocolos, es decir, podemos añadir nuevas aplicaciones sin cambios en la red física y también podemos añadir nuevo hardware a la red sin tener que reescribir el software de aplicación.



TABLA 2.1 MODELO DE REFERENCIA OSI

7	APLICACIÓN	Se entiende directamente con el usuario final, al proporcionarle el servicio de información distribuida para soportar las aplicaciones y administrar las comunicaciones por parte de la capa de presentación.
6	PRESENTACIÓN	Permite a la capa de aplicación interpretar el significado de la información que se intercambia. Esta realiza las conversiones de formato mediante las cuales se logra la comunicación de dispositivos.
5	SESIÓN	Administra el diálogo entre las dos aplicaciones en cooperación mediante el suministro de los servicios que se necesitan para establecer la comunicación, flujo de datos y conclusión de la conexión.
4	TRANSPORTE	Esta capa proporciona el control de extremo a extremo y el intercambio de información con el nivel que requiere el usuario. Representa el corazón de la jerarquía de los protocolos que permite realizar el transporte de los datos en forma segura y económica.
3	RED	Proporciona los medios para establecer, mantener y concluir las conexiones conmutadas entre los sistemas del usuario final. Por lo tanto, la capa de red es la más baja, que se ocupa de la transmisión de extremo a extremo.
2	ENLACE	Asegura con confiabilidad del medio de transmisión, ya que realiza la verificación de errores, retransmisión, control fuera del flujo y la secuenciación de las capacidades que se utilizan en la capa de red.
1	FISICO	Se encarga de las características eléctricas, mecánicas, funcionales y de procedimiento que se requieren para mover los bits de datos entre cada extremo del enlace de la comunicación.



2.2 Capas del Modelo OSI en Redes GSM

El modelo OSI de GSM consiste de cinco capas (Figura 2.2)

- Transmisión (TX)
- Gestión de recursos de Radio (RR)
- Gestión de movilidad (MM)
- Gestión de comunicación (CM)
- Operación, administración y mantenimiento (OAM)

Las capas inferiores corresponden a las funciones en escala a corto plazo (short-time-scale), y las capas superiores son funciones en escala a largo plazo (long – time –scale).

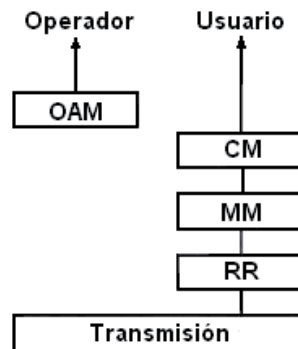


Figura 2.2. Plano funcional de GSM

La capa TX establece una conexión entre la estación móvil y la BTS. La capa RR se refiere al protocolo para la gestión de la transmisión sobre una interfaz de radio y provee un enlace estable entre la estación móvil y el BSC. El BSS realiza la mayoría de las funciones RR.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



La capa MM gestiona la base de datos de usuarios, incluyendo la información de localización y además gestiona las actividades de autenticación SIM, HLR y AuC.

El NSS (principalmente el MSC) es un elemento significativo en la capa CM. Las siguientes funciones son parte de la capa CM.

- **Control De Llamada.** La capa CM establece las llamadas, las mantiene y las libera. La capa CM interactúa entre el MSC/VLR, el GMSC, el IWF y HLR para la gestión del servicio orientado a la conmutación de circuitos, incluyendo voz y circuitos de datos.
- **Servicio Suplementario De Gestión.** Permiten a los usuarios tener algún control de sus llamadas en la red y tiene variaciones específicas con respecto al servicio básico.
- **Servicio De Mensaje Corto (Short Message Service, SMS).** Relacionado al SMS punto a punto. Un centro de servicio SMS puede conectar varias redes GSM. La transmisión de mensajes cortos requiere establecer una señalización de conexión entre la estación móvil y MSC. Las dos funciones del MSS son:

1. Mensaje corto de inicialización del móvil.
2. Mensaje corto de finalización del móvil.

OSS es una parte integral de la capa OAM. Todos los subsistemas tales como BSS y NSS Contribuyen a la operación de OAM y mantenimiento de las funciones.

2.3. INTERFACES Y PROTOCOLOS

Entre cada par de elementos de la arquitectura GSM existe una interfaz independiente. Cada interfaz requiere de su propio conjunto de protocolos. En la Tabla 2.2 se describen las principales interfaces, los tipos de información y los protocolos de la arquitectura GSM.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM



Tabla 2. 2 Interfaces GSM

Interfaz	Situada entre	Descripción	Intercambio de información	
			Tráfico Usuario	Protocolo Señalización
A	MSC-BSC	Permite el intercambio de información sobre la gestión del subsistema BSS, de las llamadas y de la movilidad. A través de ella, se negocian los circuitos que serán utilizados entre el BSS y el MSC.	SI (1)	SS7
Abis	BSC-BTS	Permite el control del equipo de radio.	SI	LAPD
B	VLR-MSC Asociados	VLR es la base de datos que contiene toda la información que permite ofrecer el servicio a los clientes que se encuentran en el área de influencia de sus MSC asociados. Por lo tanto, cuando un MSC necesite proporcionar información sobre un móvil acudirá a su VLR. Esta interfaz NO debe ser externa (por desempeño, por el volumen de información intercambiado).	NO	MAP/B (2)
C	HLR-GMSC	Es la interfaz utilizada por los gateways GMSC para enrutar la llamada hacia el MSC destino. La GMSC no necesita contar con un VLR, se trata de un nodo que sólo transmite llamadas.	NO	MAP/C
D	HLR-HLR	Permite intercambiar información entre ambas bases de datos, esta información se encuentra relacionada con la posición del móvil y la gestión del servicio contratado por el usuario.	NO	MAP/D
E	MSC-MSC	Permite intercambiar la información necesaria para iniciar y realizar un intercambio Inter-MSC cuando el móvil cambia de área de influencia de un MSC a otro.	SI 64 Kbps	MAP/E, RDSI, ISUP (3)
F	MSC-EIR	Utilizada cuando el MSC desea comprobar el IMEI de un equipo.	NO	
G	VLR-VLR	Utilizada para permitir la interconexión entre dos VLRs de diferentes MSCs	NO	MAP/G
H	MSC-SMS-G		SI	MAP/H
I	MSC-MS	Permite el intercambio transparente de datos entre el MSC y el MS a través del BSS		
Um	BSS-MS	Es la interfaz de radio, se encuentra entre la estación móvil y el BSS.	Voz:13Kbps Datos:9.6 bps	LAPDm



En la Figura 2.3 Se muestran los protocolos de señalización entre la estación móvil (MS) y la estación base (BTS), entre la estación base (BTS) y la controladora de estaciones base (BSC) y entre la controladora de estaciones base (BSC) y el centro de conmutación de móviles (MSC).

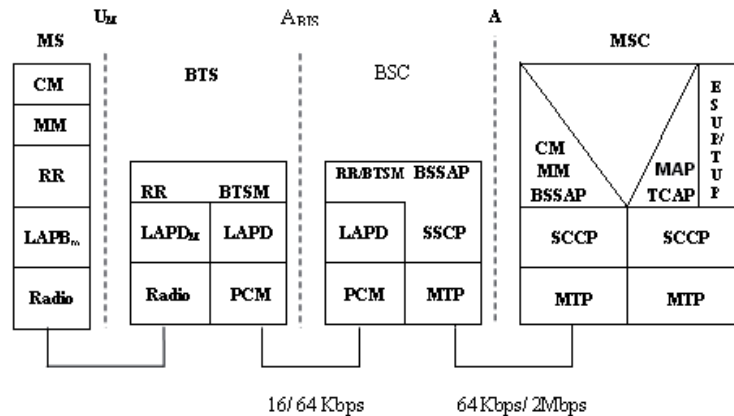


Figura. 2.3 Protocolos sobre las interfaces A, A_{BIS} Y U_M

En el gráfico aparecen tres niveles:

CM, MM y RR. El nivel CM-*Communications Management* es responsable por la gestión de las llamadas a solicitudes de los usuarios. El nivel MM-*Mobility Management* es responsable por el mantenimiento de la información de localización del usuario. El nivel RR-*Radio Resource* es responsable por el establecimiento y mantenimiento del enlace entre el MS y el MSC, que corresponden con el nivel 3 del modelo de referencia OSI. El nivel RR' corresponde con aquella parte de la funcionalidad del nivel RR que es administrada por el BTS. Los protocolos LAPD y LAPm corresponden con el nivel dos del Modelo OSI. El protocolo BTSM (*Base Transceiver Station Management*) es responsable por la transferencia de información de nivel RR al BSC. Los protocolos SSCP (*Signalling Connection Control Part*) y MTP (*Message Connection Control*) hacen parte del sistema de señalización 7 (SS7).

1. La BSC se comunica con el GMSC a través de la unidad de transcodificación (TRAU) que se encarga de efectuar el traslado entre una tasa de 16 Kbps, que recibe del lado de la BTS, a una tasa de 64 Kbps, que debe entregar del lado del GMSC.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



2. A través de algunas interfaces se transfiere únicamente información de señalización, para hacerlo, se utiliza el protocolo *Mobile Application Part-MAP* del protocolo SS7.
3. El GMSC establece una llamada de tráfico (64 Kbps) en la RTPC a través del protocolo *ISDN User Part-ISUP* que es un protocolo SS7.

2.4. ASPECTOS DE RADIO – TRANSMISIÓN

La señal de voz de 4 KHz. se ancho de banda es convertida a una señal digital de 64 Kbps y luego convertida por métodos de compresión a 13 Kbps antes de la modulación. Usando una tasa de 13 Kbps en vez de 64 Kbps, permite que el flujo de datos se haga a través de un canal narrowband o de banda angosta. Dado que el espectro de radio es un recurso limitado, usando un ancho de banda menor por el canal permite un mayor número de canales para un dado espectro.

La Voz en forma digital utilizada

- **Regular Pulse Excitacion (RPE).** Genera ruido impulsivo para simular la naturaleza del habla.
- **Linear Prediction Coding (LPC).** Genera la forma de onda de la voz utilizando un filtro con ocho coeficientes de transmisión con una trama de voz de 20 ms; 260 bits representan una trama de voz de 20 ms. Hay dos modos de transmisión de voz en GSM, continua (modo normal) y discontinua.

El modo de transmisión discontinuo (DTX) decrementa la tasa de transmisión efectiva de la voz, de 13 Kbps, a una tasa de alrededor de 500 bps sin voz. Si la voz esta activa, la trama es de 260 bits en 20 ms, en cambio, si la voz está inactiva, la trama es de 260 bits cada 480 ms (tiempo de 24 veces mayor que en modo normal).



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



Un dispositivo Voice Activity Device (VAD) detecta el modo DTX. En el protocolo de voz, una trama de detección de silencio Silence Detection (SID) precede el comienzo del modo DTX. El codificador de voz provee un bit adicional de información indicado como la trama de voz necesita ser enviada, dependiendo del algoritmo VAD.

Una detección de SID comienza en cada periodo inactivo y se repite al menos dos veces por segundo, mientras que perdure el estado inactivo. Durante el periodo de voz inactiva determinado por el VAD y durante cada periodo inactivo, se genera ruido artificial en el receptor para tener un ruido de fondo.

2.4.1 SERVICIO DE DATOS

La mayor tasa de datos es 9600 bps y tiene dos modos diferentes, transparente (T) y no transparente (NT).

En modo T se provee de un mecanismo de corrección de errores directo. En el modo NT la información repetida cuando el otro extremo no ha enviado el acuso de recibo (acknowledge), llamado ARQ (Automatic Repeat Request).

Se utiliza tres diferentes tasas de datos en una conexión modo T: 2400 bps, 4800 bps y 9600 bps. Luego de la inserción de los bits auxiliares de información, la tasa de bits intermedia es 3.6 Kbps, 6 Kbps y 12 Kbps correspondientes a las tasas 2.4 Kbps, 4.8 Kbps y 9.8 Kbps de usuario, respectivamente.

La tasa de datos básica de GSM es también de 12 Kbps (6 Kbps en el canal half-rate) en una conexión NT, pero la tasa efectiva varía con las cualidades de la transmisión básica y el retardo de transmisión. Generalmente, el modo NT tiene menor error de transmisión pero también menor tasa efectiva. El modo NT puede ser considerada para aplicaciones de datos en paquetes. El flujo de datos del usuario es



reducido a bloques de 200 bits y con el agregado de redundancia e información auxiliar, el flujo de datos del usuario se transforma en 240 bits por bloque. Estos bloques son usados en modo NT cuando se aplica el esquema ARQ.

Para acomodar las tasas de transmisión variables se utiliza una función de adaptación, llamada Interworking Function (IWF) del lado de la red, y una función Terminal Adaption Function (TAF) en el Terminal, como se muestra en la Figura 2.4.. El protocolo de enlace de radio (RLP) es usado para transportar mensajes de señalización entre el TAF y el IWF.

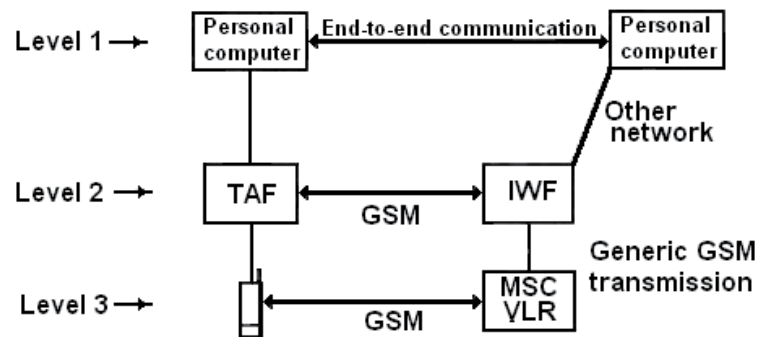


Figura 2.4. Planes De Transmisión De Datos

Los datos pueden ser transmitidos bajo lo siguiente:

- Transmision End To End—Transmisión directa a través de Hard Wire
- Transmisión de TAF a IWF a través de unidades de abonados.
- Transmisión de radio GSM a través de unidades de abonados; actúa como una llamada de aire.

Por otro lado, aunque la interconexión de voz con ISDN no es un problema, la transmisión de datos presenta sus propios problemas, como muestra la figura 5. ISDN utiliza la capacidad del canal de 64 Kbps bidireccional, pero GSM debe usar el



espectro de radio en forma eficiente, a través de dos canales bidireccionales de 13 Kbps. La interconexión de servicio de datos entre GSM e ISDN no es posible sin un adaptador de tasa Rate- Adapter (RA), como se muestra en la Figura 2.5.

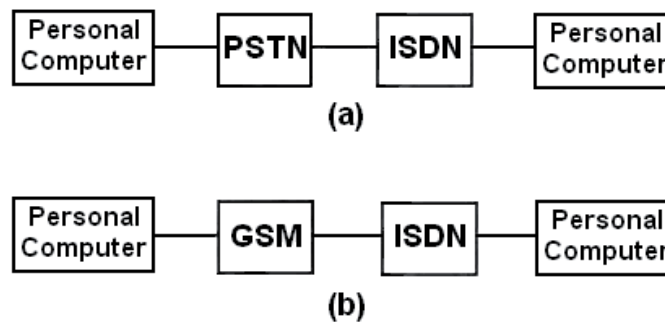


Figura 2.5. Interconexión con ISDN. (a) Usuario PSTN a usuario ISDN. (b) Usuario GSM a usuario ISDN

2.4.2 MODULACIÓN

El esquema de modulación es Gaussian Minimum- Shift Keyng (GMSK), donde $B \cdot T = 0.3$ es el ancho de banda normalizado de un filtro Gausiano. B es el ancho de banda en banda base, y $1/T$ es la tasa de transmisión.

$$B = \frac{1}{T} \cdot 0,3 = 270 \text{ Kbps} \cdot 0,3 = 81 \text{ KHz}$$

Minimun quiere decir minimum tone separation o separación mínima de tono GMSK utiliza un espectro de ancho de banda pequeño para enviar la portadora del canal GSM.

La tasa de modulación de la portadora del canal GSM es de 270 kbps.



2.4.3. Estructura del canal

GSM utiliza dos bandas de 2.5 Mhz para transmitir y para recibir (utilizando FDD – Frequency Duplex Division) al mismo tiempo. La banda de 890- 915 Mhz se usa para las transmisiones desde la estación móvil la estación base (link) y la banda de 935- 960) Mhz se usa para las transmisiones desde la estación base a la estación móvil (downlink). GSM usa FDD y una combinación de TDMA y FDMA para proporcionar a las estaciones base y a los usuarios un acceso múltiple. Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 Khz., llamados ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). El ARFCN indica un par de canales uplink y downlink separados 45 Mhz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios usando TDMA.

Cada uno de los 8 usuarios usa el mismo ARFCN y ocupan un único time-slot por trama. Las transmisiones de radio se hacen a una variedad de 270,833 Kbps usando modulación digital binaria GMSK con $BT = 0.3$ EL BT es el producto del ancho de banda del filtro por el periodo de bit transmisión. Por lo tanto la duración de un bit es de $3,692 \mu s$, y la velocidad efectiva de transmisión de cada usuario es de 33,854 kbps (270,833 kbps/ 8 usuarios). Con el estándar GSM, los datos se envían realmente a una velocidad máxima de 24,7 kbps. Cada time-slot tiene un tamaño equivalente en un canal de radio de 156,25 bits, y una duración de $576,92 \mu s$ y una trama TDMA simple en GSM dura 4,615 ms.

La estructura común de time-slot mas conocida se muestra en la Figura 2.6 El número total canales disponibles dentro de los 25 Mhz de banda es de 125 (asumiendo que no hay ninguna banda de guarda). Dado que cada canal de radio esta formado por 8 time-slot, hacen un total de 1000 canales de tráfico en GSM. En Implementaciones practicas, se proporciona una banda de guarda en la parte más alta y más baja del espectro de GSM, y por lo tanto disponemos de tan solo 124



canales. La combinación de un número de time-slot y un ARFCN constituyen un canal físico tanto para el uplink como para downlink.

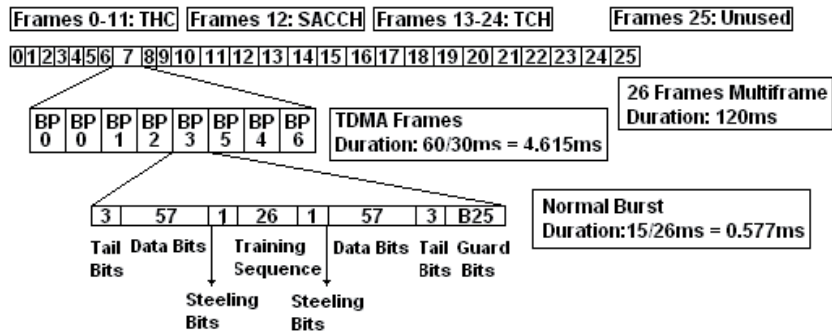


Figura 2.6 Trama más común GSM

Cada canal físico en un sistema GSM se puede proyectar en diferentes canales lógicos en diferentes tiempos. Es decir, cada time-slot específico o trama debe estar dedicado a manipular el tráfico de datos (voz, fax o teletexto), o a señalar datos (desde el MSC, la estación base o la estación móvil). Las especificaciones GSM definen una gran variedad de canales lógicos que pueden ser usados para enlazar la capa física con la capa de datos dentro de las capas de la red GSM. Estos canales lógicos transmiten eficientemente los datos de usuario, a parte de proporcionar el control de la red en cada ARFCN. GSM proporciona asignaciones explícitas de time-slot de las tramas para los diferentes canales lógicos.

2.4.3.1 Canales Lógicos

Los canales lógicos se pueden separar en dos categorías principales, los Canales de Tráfico (TCHs) y los canales de Control.

Los TCHs transportan voz codificada digitalmente o datos y tienen formatos y funciones idénticas tanto para el downlink como para el uplink. Los canales de



control llevan comandos de señalización y control entre la estación base y la estación móvil. Se definen ciertos tipos de canales de control exclusivos para el uplink o para el downlink. Hay siete clases diferentes de TCHs y un número aun mayor de Canales de Control, que se describen a continuación

2.4.3.2 Canales de Tráfico

Los canales de tráfico en GSM pueden ser full-rate o half-rate, y pueden llevar voz digitalizada o datos de usuario. Cuando se transmite a full-rate, los datos están contenidos en un mismo time-slot por trama. En definitiva, un canal físico transporta tanto un canal de tráfico full-rate, en un time spot, como dos canales de tráfico half-rate, colocados en un mismo time spot.

En GSM, los datos TCH no se pueden enviar en el time-slot "0" sobre ciertos ARFCNs ya que este time-slot esta reservado para los canales de control en la mayoría de las tramas. Además, cada trece tramas TCH se envía un canal de control asociado lento (SACCH, Show Associated Control Channel) o tramas idle. A cada grupo de 26 tramas consecutivas TDMA se le llama multitrama. De cada 26 tramas, las 13° y la 26° se corresponden con datos SACCH, tramas idle. La 26° trama contiene bits idle para el caso cuando se usan TCHs a velocidad completa, y contiene datos SACCH cuando se usa TCHs a velocidad mitad de canales de tráfico.

- Canal de Tráfico full-rate (TCH/F). Este canal transporta información a una velocidad de 22.8 Kbps.
- Canal de Tráfico half-rate (TCH/H). Este canal transporta información a una velocidad de 11,4Kbps.

Para llevar datos de usuario se definen los siguientes tipos de canales de tráfico.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



- Canal de Trafico full-rate para datos a 9,6 Kbps (TCH/F9.6). Lleva datos de usuario enviados a 9600 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22,8 Kbps.
- Canal de Trafico full-rate para datos a 4,8 Kbps (TCH/F4.8). Lleva datos de usuario enviados a 4800 a 22,8 bps.
- Canal de Trafico full-rate para datos a 2,4 Kbps (TCH/F2.4). Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores según el estándar GSM, los datos se envían a 22,8 Kbps.
- Canal de Trafico half-rate para datos a 4,8 Kbps (TCH/H4.8). Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores según el estándar GSM, los datos se envían a 11,4 Kbps.
- Canal de Trafico half-rate para datos a 2,4 Kbps (TCH/H2.4). Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores según el estándar GSM, los datos se envían a 11,4 Kbps.

2.4.3.3 Canales de Control

Se definen en tres categorías de canales de control: difusión (Broadcast Channel, BCH), comunes (CCCH) y dedicados (DCCH). Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias en GSM. Los canales de control downlink BCH y CCCH se implementan solo en ciertos canales ARFCN y se localizan en los time-slots de una forma específica. Concretamente, estos canales se localizan solo en el time-slot y se emiten solo durante ciertas tramas dentro de una secuencia repetitiva de 51 tramas (llamada multitrama de control del canal) sobre aquellos ARFCNs que se diseñan como canales broadcast. Desde el time-slot 1 hasta el time-slot 7 son canales de tráfico regulares.



En GSM se definen 34 ARFCNs como canales broadcast estándar. Para cada canal broadcast, la trama 51 no contiene ningún canal downlink BCH o CCCH y se considera como una trama idle. Sin embargo, el canal uplink CCCH puede recibir transmisiones durante el time-slots 0 de cualquier trama (incluso la trama idle). Por otra parte, los datos DCCH se pueden enviar durante cualquier time-slot y en cualquier trama, y hay tramas completas dedicadas específicamente para algunas transmisiones DCCH. Se describen tipo de canales de control.

2.4.3.4 Canal Broadcast (BCH)

El BCH opera en el downlink de un ARFCN específico dentro de cada celda, y transmite datos solo en el primer time-slot (time-slot 0) de algunas tramas GSM. Al contrario que los TCHs que son duplex, los BCHs solo usan el downlink. EL BCH sirve para un canal guía para cualquier móvil cercano que lo identifique y se enganche a él. El BCH proporciona sincronización para todos los móviles dentro de la celda y es monitoreada ocasionalmente por los móviles de celda vecinas para recibir datos de potencia y poder realizar decisiones sobre handoff. Aunque los datos BCCH se transmiten en el time-slot 0, los otros siete time-slots de una trama GSM del mismo ARFCN están disponibles para datos TCH, DCCH o están fijados por ráfagas vacías (dummy).

Dentro de los canales BCH se definen tres tipos de canales que tienen acceso al time-slot 0 durante varias tramas de la multitrama de control formada por 51 tramas. Se describen los tres tipos de canales BCH

(a) Canal de control de Broadcast (BCCH) – El BCCH es un canal downlink que se usa para enviar información de identificación de celda y de res, así como



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



características operativas de la celda (estructura actual de canales de control, disponibilidad de canales y congestión). El BCCH también envía una lista de canales

que están en uso en una celda. Desde la trama 2 a la 5 de una multitrama de control están contenidos los datos BCCH. Debe notarse que el time-slot 0 contiene datos BCCH durante tramas específicas, y contiene otro tipo de canales BCH, canales de control comunes (CCCHs), o tramas idle en otras tramas hasta completar las 51 tramas que forman la multitrama de control

(b) Canal Corrector de Frecuencia (FCCH)- El FCCH es una ráfaga de datos que ocupa el time-slot 0 para la primera trama dentro de la multitrama de control, y que se repite cada diez tramas. El FCCH permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base.

(c) Canal de sincronización (SCH) – se envía en el time-slot 0 de la trama inmediatamente después del FCCH y se usa para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base. El número de tramas, que oscila entre 0 hasta 2.715.647, se envía con el código de identificación de la estación base (BSIC) durante la ráfaga SCH. El BSIC es asignado individualmente a cada BTS en un sistema GSM. Dado que un móvil puede estar hasta 30Km de la BTS, es necesario frecuentemente ajustar la temporización de un usuario móvil particular de forma que la señal recibida en la estación base se sincronice con el reloj de la estación base.

2.4.3.5 Canales de Control comunes (CCCH)

En aquellos ARFCNs reservados para BCHs, los CCCHs ocupan el time-slot 0 de cada trama que no este ocupada por los BCHs o por tramas idle. Un CCCH puede estar formado por tres tipos diferentes de canales:



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM



- El canal de búsqueda (PCH) downlink,
-
- El canal de acceso aleatorio (RACH) uplink
- El canal de acceso concedido (AGCH) downlink

Los CCCHs son los más comunes dentro de los canales de control y se usan para buscar a los abonados, asignar canales de señalización a los usuarios, y recibir contestaciones de los móviles para el servicio. Se describen estos tipos de canales.

- (a) Canal de Búsqueda (PCH) – EL PCH proporciona señales de búsqueda a todos los móviles de una celda, y avisa a los móviles si se ha producido alguna llamada procedente de la PSTN. EL PCH transmite el IMSI (Identificación de Abonado móvil Internacional) del abonado destino, junto con la petición de reconocimiento, la que es contestada por la unidad móvil a través de un RACH. Alternativamente, el PCH se puede usar para proporcionar envíos de mensajes tipo ASCII en las celdas, como parte del servicio SMS de GSM
- (b) Canal de Acceso Aleatorio (RACH) – El RACH es un canal uplink usado por el móvil para confirmar una búsqueda procedente de un PCH, y también se usa para originar una llamada. EL RACH usa un esquema de acceso slot de ALOHA. Todos los móviles deben de pedir acceso o responder ante una petición por parte de un PCH dentro del time-slot 0 de una trama GSM. En la estación base, cada trama (incluso la trama idle) aceptará transmisiones RACH de los móviles durante el time-slot 0. Para establecer el servicio, la estación base debe responder a la transmisión RACH dando un canal de tráfico y asignando un canal de control dedicado (SDCCH) para la señalización durante la llamada. Esta conexión se confirma por la estación base a través de un AGCH.



- (c) Canal de Acceso Concedido (AGCH)- EL AGCH se usa por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil, y transporta

- (d) datos que ordenan al móvil operar en un canal físico en particular (en un determinado time-slot y en un ARFCN) con un canal de control dedicado. EL AGCH es el ultimo mensaje de control enviado por la estación base antes de que el abonado es eliminado del control del canal de control. El AGCH se usa por la estación base para responder a un RACH enviado por una estación móvil en la trama CCCH previa.

2.4.3.6 Canales de Control Dedicados (DCCH)

Hay tres tipos de canales de control dedicados en GSM, como los canales de tráfico, son bidireccionales y tienen el mismo formato y función en el uplink y en el downlink. Como los TCHs, los DCCHs pueden existir en cualquier time-slot de cualquier ARFCN excepto en el time- spot "0" de los ARFCN de los BCHs. Los Canales de Control Dedicados (SDCCH) se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por el usuario. Los canales de control asociados Lentos y Rápidos (SACCH y FACCH) se usan para supervisar las transmisiones de datos entre la estación móvil y la estación base durante una llamada.

- (a) Canales de Control Dedicados (SDCCH)- El SDCCH lleva datos de señalización siguiendo la conexión del móvil con la estación base, y justo antes de la conexión, lo crea la estación base. El SDCCH se asegura que la estación móvil y la estación base permanezcan conectados mientras que la estación base y el MSC verifica la unidad de abonado y localiza los recursos para el móvil. SDCCH se puede pensar como un canal intermedio y temporal



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



- que acepte una nueva llamada procedente de un BXH y mantiene el tráfico mientras que esta esperando que la estación base asigne un TCH. El SDCCH se usa para enviar mensajes de autenticación y de alerta (pero no de voz). Al SDCCH se le puede asignar su propio canal físico o pueden ocupar el time-slot 0 del BCH si la demanda de BCHs o CCCHs es baja.
- (b) Canal de Control Asociado Lento – El SACCH está siempre asociado a un canal de tráfico TCH o a un SDCCH y se asigna dentro del mismo canal físico. Por lo tanto, cada ARFCN sistemáticamente lleva datos SACCH para todos sus usuarios actuales: EL SACCH lleva información general entre la estación móvil y la estación base. En el downlink, el SACCH se usa para enviar información lenta pero regular sobre los cambios de control al móvil, tales como instrucciones sobre la potencia a transmitir e instrucciones específicas de temporización para cada usuario del ARFCN. En el uplink, lleva información de la potencia de la señal recibida y de la calidad del TCH, así como las medidas BCH de las celdas vecinas. EL SACCH se transmite durante la 13^o trama (y la 26^o si se usa half-rate) de cada multitrama de control y dentro de esta trama, los 8 time-slots se usan para proporcionar datos SACCH a cada uno de los 8 usuarios (o 16) del ARFCN
- (c) Canales de Control Asociados Rápidos (FACCH) – El FACCH lleva mensajes urgentes contienen esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH. Un FACCH se asigna cuando un SDCCH no se ha dedicado para un usuario particular y hay un mensaje urgente (como respuesta de handoff). EL FACCH gana tiempo de acceso aun time-slot “robando” tramas del canal de tráfico al que está asignado. Esto se hace activando dos bits especiales, llamados bits de robo (stealing bits), de una ráfaga TCH. Si se activan los stealing bits, el spot sabe que contiene datos FACCH y no es un canal de tráfico, para esa trama.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



2.5. ESQUEMA DE ACCESO MULTIPLE.

GSM es una combinación de FDMA Y TDMA .El numero total de canales en FDMA es 124 y cada canal es de 200 KHz. La banda del espectro usada en Europa para redes móviles es:

*Estación móvil-> Estación base (uplink) es 890 – 915 Mhz

*Estación móvil-> estación móvil (downlink) 935 – 960 Mhz

Se compone de dos espectros de 25MHz cada uno, para un total de 50 Mhz, con separación de 45MHz. Hay un sistema (DCS-1800) el cual posee la misma arquitectura que GSM, pero es convertido a la frecuencia de 1800 Mhz. Downlink (1805-1880 Mhz) uplink (1700-1785 Mhz).

2.5.1 Retardo de tiempos constante entre Uplink y Downlink.

La numeración de los slots de uplink es derivado del spot de downlink mediante un retardo de 3 time-slots.

Esto permite que los time-slots de un canal lleven el mismo número de time-slot en ambas direcciones. En este caso, la estación móvil no transmitirá y recibirá simultáneamente por que los dos time-slots esta físicamente separados. Es mejor considerar un retardo de propagación cuando la estación móvil esta muy lejos de la estación base.

Por ejemplo, el retardo de propagación por round trip entre la estación móvil y la estación base, las cuales esta a una distancia de 35 Km., es de 233 μ s. Como resultado, el numero de time-slots asignado de los canales uplink y downlink pueden no ser los mismos (si no están apartados menos de 3 time-slots). La solución



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



es dejar a la estación base computar el retardo. El punto más importante es permitir un guarda de tiempo significativo tomando en cuenta que el BCCH es usado en time-slots pares. Esto evita la incertidumbre de numerar erróneamente un time-slot. Una vez establecida una conexión dedicada, la estación base continuamente mide el offset de tiempo entre su propio buró y el recibo de la estación móvil en el canal bidireccional SACCH. La compensación de tiempo debido al retardo de propagación (enviado a la estación móvil a través del SACCH) es 3 time-slot menos el tiempo de avance (advance time).

2.5.2 Frequency Hopping

Un canal físico es un sistema TDMA se define se define como time –slot con un time-slot number (TN) en una secuencia de trama TDMA. El sistema GSM utiliza el método TDMA combinado con salto de frecuencia (Frequency Hopping. FH). Por b tanto el canal físico es particionado tanto en tiempo como en frecuencia. Frequency Hopping combinado con interleaving es conocido por ser muy eficiente combatiendo el desvanecimiento tipo Rayleigh del canal, resultando en un performance aceptable. Lo principal de FH es que cada trama TDMA es transmitida a través de diferentes canales de RF (ARFCN). Si la presente trama TDMA esta a punto de presentar gran desvanecimiento, la siguiente trama probablemente no lo presente. Consecuentemente, el canal físico es definido como una secuencia de canales de radio frecuencias y time slots. Cada frecuencia de portadora soporta 8 canales físicos mapeando en 8 time slots en una trama TDMA. El salto de frecuencia esta definido en bits por salto. Su tasa regular es de 217 saltos por segundo, por lo tanto, con una tasa de transmisión de 270 Kbps, el resultado es aproximadamente de 1200 bits por salto.



Si el PAGCH y el RACH fuesen canales con saltos de frecuencia, entonces las secuencias de salto podrían ser emitida (broadcast) en el BCCH. Se le prohíbe la utilización de salto de frecuencia al canal común y usa la misma frecuencia.

2.5.3 Diferentes tipos de time-slots.

Como se puede observar a la derecha de la Figura 2.6.2. 51 tramas TDMA BCCH y CCCH son mapeadas en una multitrama de $51 \cdot 4,615 \text{ ms} = 235 \text{ ms}$ de duración, a diferencia de las 26 multitramas de 120 ms de los canales de trafico. En orden de compensar la trama de 235 ms, 26 multitramas constituyen una supertrama de duración 6,12 s, conteniendo 1326 tramas TDMA.

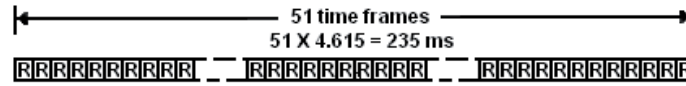
Notar que en la Figura 2.7 la configuración de las tramas de los canales uplink y downlink es diferente, desde que los canales de control existen en una sola dirección.

El canal de acceso aleatorio (RACH) es el único usado por la estación móvil en la dirección uplink si se solicita, por ejemplo, un SDCCH bidireccional para ser mapeado dentro de un canal de RF para registrarse con la red o para establecer una llamada. El RACH uplink tiene una baja capacidad y transporta mensajes de 8 bits en 235 ms de multitrama, lo que es equivalente a una tasa de información de control sin protección de 34 bps. A este mensaje se le aplica una codificación de corrección de errores directa (Forward Error Correcting, FEC) y es llavada a una tasa de 36 bits cada 235 ms, equivalente 153 bps. Esto no es transmitido en tramas normales derivadas de TCH/FS o por canales lógicos SACCH o FACCH, si no que por el Burs de acceso.

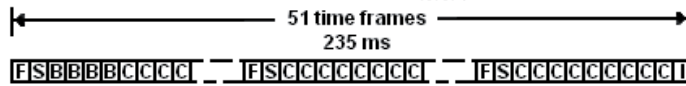


**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



(a) Uplink Direction



(a) Downlink Direction

- R: Random Access Channel
- F: Frequency Correction Channel
- S: Synchronisation Channel
- B: Broadcast Control Channel
- C: Access Grant/Paging Channel
- I: Idle Frame

Figura 2.7 La Multitrama de Control

La ultima trama es una trama es una trama idle, las restantes 50 están divididas en 5 grupos, donde cada una empieza con la trama de corrección de frecuencia (FCCH) seguida por el canal de sincronismo (SCH). En el primer grupo de 10 tramas, las tramas

De FCCH y de SCH están seguidas por 4 tramas BCCH y luego 4 tramas AGCH o PCH. En los restantes 4 grupos de 10 tramas, las ultimas 8 tramas son PCH o AGCH, las cuales son mutuamente exclusivas para una especifica estación base siendo buscada o accediendo.



2.5.4 Secuencias de tramas y training

En TDMA, la señal se transmite en tramas. En un intervalo de tiempo de una trama, se eleva la amplitud de la señal transmitida desde su valor inicial ("0") hasta su valor normal. Luego el paquete de bits es transmitido mediante la modulación de la señal. Posteriormente a esto, la amplitud decrece a cero. Estas tramas ocurren solo en la estación móvil o en la estación base, si las tramas adyacentes no son transmitidas.

Existen bits de cola (tail) y bits de secuencia de training dentro de la trama. Los bits de tail son tres bits "0" en el comienzo y en el final de cada trama los cuales proveen una guarda de tiempo. Esto se observa en la Figura 2.8

La secuencia de training es una secuencia conocida por el receptor el cual ajusta un ecualizador, que es un dispositivo que reduce la interferencia intersimbólica. Los bits de la secuencia de training están insertados en el medio del time-slot, a veces llamado un midamble, con el mismo propósito de un preámbulo. Por lo tanto, el ecualizador puede minimizar su máxima distancia con cualquier bit necesario. Hay 8 secuencias de training diferentes, con poca diferencia entre dos ellas, para diferenciar la señal recibida de la señal interferencia.

Podemos encontrar muchos tipos de tramas

- La trama normal utilizada en TCH (ver también Figura 2.10a, donde se puede apreciar el tiempo de guarda)



Figura 2.8 Trama de Canal de Trafico (Traffic Channel CH)



El bit en “1” de información binaria indicando dato o señalización es llamado stealing flan.

- La trama de acceso usado en. RACH en la dirección uplink (ver también Figura 2.10b, donde se puede apreciar el gran tiempo de guarda)



Figura 2.9 Trama de Acceso usado para el Canal de Acceso Aleatorio (Random Access Channel RACH)

- La trama F es usada en el FCCH y tiene un formato simple. La totalidad de los 148 bits son 0s, produciendo una forma de onda senoidal pura: (ver también Figura 2.10b)
- Cinco tramas S en cada multitrama de canal de control de 51 tramas TDMA. Un Burst S es mostrado a continuación:



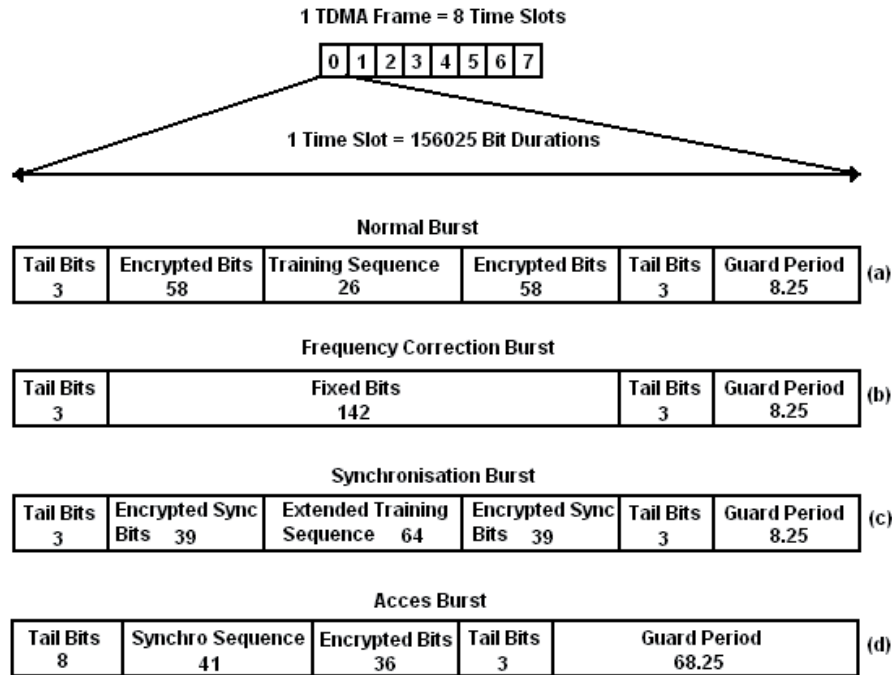


Figura 2.10 Estructuras de las tramas GSM

2.6 Codificación del canal e Interleaving.

2.6.1 Codificación del canal.

La codificación del canal mejora la calidad de transmisión cuando se encuentran problemas debido a interferencia, desvanecimiento por multitrayectoria (*multipath-fading*) o corrimiento debido al efecto Doppler. Como resultado de la codificación se observa una reducción en la tasa de error de bit (*bit error rate, BER*) y en la tasa de error de trama o la tasa de error de palabra. Por otro lado se observa una reducción en la tasa efectiva del canal. Cuatro tipos de codificaciones de canal son utilizados en GSM:



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



- Códigos convolucionales (L, k) son utilizados para corregir errores aleatorios: k es la entrada de bloques de bits y L es la salida de los bloques de bits. Los códigos convolucionales tiene tres tasas diferentes en GSM:
 - (a) La tasa de un medio *one-half* ($L / k = 2$).
 - (b) La tasa de un tercio *one-third* ($L / k = 3$).
 - (c) La tasa de un sexto *one-sixth* ($L / k = 6$).
- Códigos *fire* (L, k) son utilizados como un código de bloque para detectar y corregir burst simples de error, donde k es la información de bits y L son los bits codificados.
- Códigos de chequeo de paridad (L, k) son utilizados para la detección de errores. L son los bits de un bloque, son los bits de información, $L - k$ son los bits de chequeo de paridad.
- Códigos de concatenación utilizan el código convolucional como un código interno y el código *fire* como código externo. Ambos códigos, interno y externo, reducen la probabilidad de error y corrigen la mayoría de los códigos del canal. La ventaja de usar códigos concatenados es una reducción en la complejidad de la implementación comparada con una simple operación de codificación.

Los códigos de voz GSM son enviados a una tasa de 13 Kbps, lo que representa 260 bits de voz de 20ms. Luego de la codificación del canal, cada bloque contiene 456 bits y la tasa de transmisión es 22,8 Kbps, o 114 bits por *time-slot*. Agregando los bits de encabezado como los bits *tail* (6 en total), los bits de training (26), los bits de *flag (stealing)* (2) y los bits de guarda tiempo (8,25) dan un total para el canal de tráfico de 156,25 bits en un *time-slot* de 0,577 ms, como se muestra en la figura 2.11

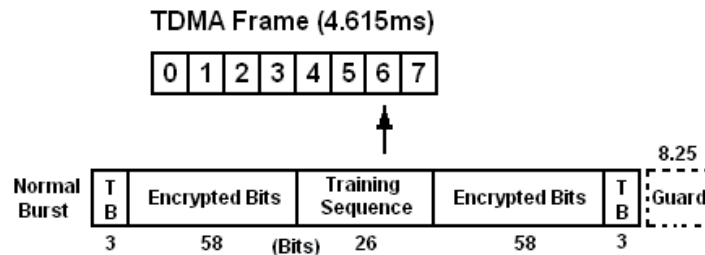


Figura 2.11 Trama Normal TDMA.

2.6.2 Interleaving.

Interleaving alterna y/ o expande una secuencia de bits previo a transmitirla. La secuencia de bits es luego puesta en orden en el receptor. Los errores de trama pueden ocurrir durante la transmisión debido al desvanecimiento de la señal. Luego de ser recibida, estos errores son convertidos a errores aleatorios y puestos nuevamente en la secuencia correcta. La mayor desventaja de *interleaving* es el correspondiente retardo al final del receptor.

Los esquemas de *interleaving* son relativamente simples en GSM. Una palabra de 456 bits puede ser distribuida en el siguiente formato:

- En cuatro tramas completas – divide 456 bits en cuatro partes, cada una llena por completo el *time-slot*. Este formato de *interleaving* toma $4,615 \text{ ms} * 4 = 18,46 \text{ ms}$.
- En ocho tramas por la mitad – divide 456 bits en ocho partes, cada una llenando la mitad de un *time-slot*. Este formato de *interleaving* toma $4,615 \text{ ms} * 8 = 36,92 \text{ ms}$. Cuatro partes comparten con la palabra de código parcial previa y las otras cuatro partes con la nueva.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



El *interleaving* y la codificación para diferentes modos de transmisión son mostrados en la tabla 2.3. *Interleaving* es un esquema potente que convierte errores de burst en errores aleatorios y por lo tanto es muy efectivo para transmisión de datos, esto no es efectivo para la transmisión de voz. La transmisión de voz opera en tiempo real y un gran retardo de respuesta no es bien tolerado.

Sin *interleaving* ni bits de encabezado, la tasa para el canal de voz es de 22,8 kbps, 114 bits por *time-slot* y 456 por cuatro *time-slot*.

TABLA 2.3. INTERLEAVING Y CODIFICACIÓN PARA DIFERENTES MODOS DE TRANSMISIÓN.

Canal y modo de transmisión	Tasa de entrada (Kbit/s)	Bloque de entrada (en bits)	Codificación	Bloque de salida (en bits)	Interleaving	
TCH/F9.6	Ia	50	Paridad (3 bits) Convolucional 1/2			
	Ib	13	132	Convulucional 1/2	456	En 8 medios burst
	II		78	Ninguno		
TCH/F9.6 TCH/H4.8	12 6	240	Convulucional 1/2 quitando un bit de 15	456	Complejo, en 22 porciones de Burst desiguales	
TCH/F4.8	6	120	Adición 32 bits de anulación Convulucional 1/3	456	Complejo, en 22 porciones de Burst desiguales	
TCH/F2.4	3.6	72	Convulucional 1/6	456	En 8 mitades de burst	
TCH/H2.4	3.6	144	Convulucional 1/3	456	Complejo, en 22 porciones de Burst desiguales	
SCH		25	Paridad (10 bits) Convolucional 1/2	78	En un burst S	
RACH (+ acceso de handoff)		8	Paridad (6 bits) Convolucional 1/2	36	En un burst de acceso	
Señalización asociada rápida en TCH/F y /H		184	Código fire 224/184 Convulucional 1/2	456	En 8 medios burst	
TCH/8, SACCH; BCCH, PAGCH					En 4 burst completos	



2.6.3 Ejemplos

Previo a exponer los ejemplos de canal de tráfico y control se debe observar como se conforma la estructura de los canales físicos de GSM. La figura 2.12 ilustra en detalle la forma en que se agrupan tanto los canales de tráfico como los canales de control.

Como ejemplo de *interleaving* o mapeo dentro de un canal físico se utiliza un canal de tráfico de voz *fullrate* (THC/FS). De esta forma se ve como se forma una trama, que como ya se vio, se la denomina burst Normal de una Trama TDMA. Este mapeo es mostrado en la figura 2.13 Este ejemplo puede ser extensivo a otro tipo de tramas, como ser las tramas de corrección de frecuencia (FCB), de sincronización (SB), de acceso (AB) y *dummy* (DB).

En la figura 2.13 se puede observar 260 bits con una duración de 20 ms a una tasa de 13 Kbps, los cuales están divididos en tres clases significativas, clase *1a* (50 bits), clase *1b* (132 bits) y clase 2 (78 bits). Los bits de la clase *1a* están codificados sistemáticamente por un código cíclico de detección de errores (53,50) mediante la adición de 3 bits de paridad. Luego estos 53 bits junto con los 132 de la clase *1b* son reordenados y se le agregan 4 bits de cola en cero. Al total de estos 189 bits se le aplica un código convolucional $\frac{1}{2}$ [CC(2,1,5)] que eleva la cantidad de bits a 378 (el doble), los cuales junto con los 78 bits de la clase 2 (no protegidos) se obtiene un bloque de 456 bits en 20 ms. De esta forma se llega a la tasa de bit codificada de 22,8 Kbps.

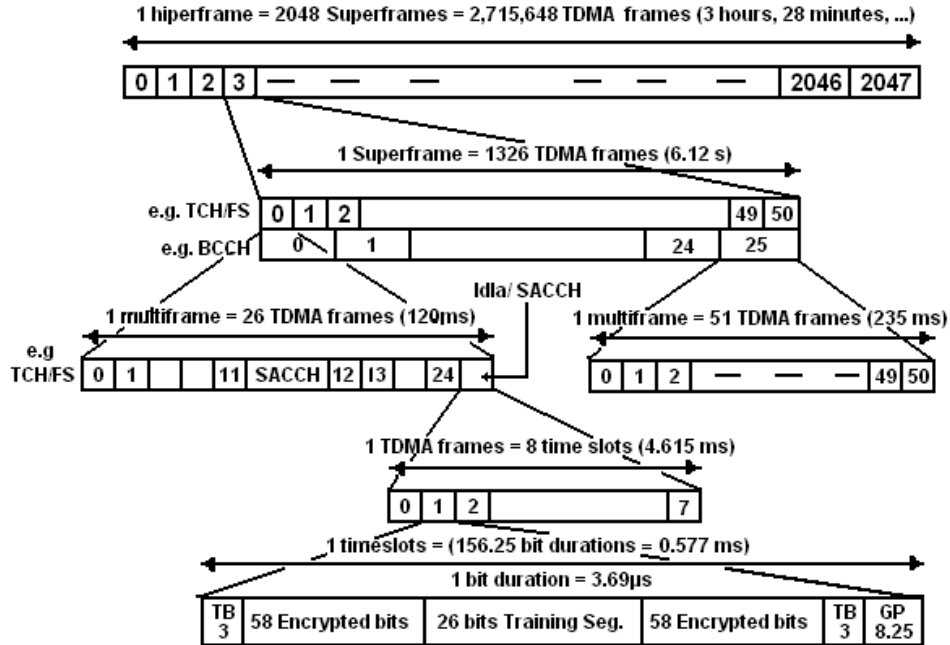


FIGURA 2.12 La Estructura De Trama TDMA de GSM

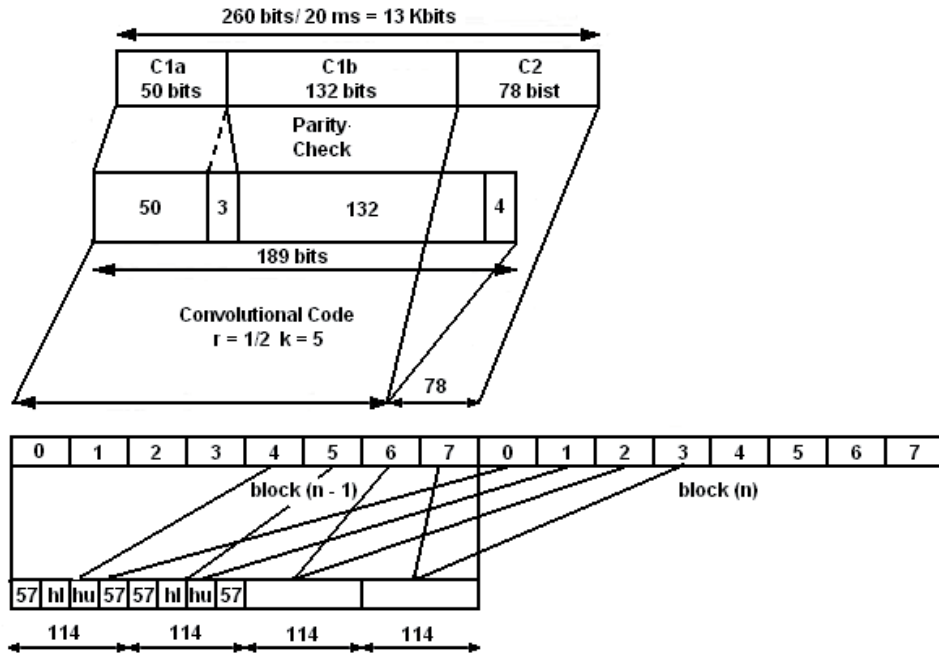


Figura 2.13 Mapeo de un canal lógico (TCH/FS) dentro de un canal físico

Esta trama es dividida en 8 sub-bloques de 57 bits cada uno, los cuales son entrelazados de la manera que se puede observar en la figura 2.13. Cada sub-bloque es combinado con su par del bloque siguiente de 456 bits. Dos sub-bloques construyen el contenido de datos de los *burst* normales de 116 bits, donde los bits *hl* y *hu* (stealing bits) son incluidos para clasificar si la trama es en realidad una TCH/FS o ha sido “robada” por un mensaje de control asociados rápido (FACCH). Luego, los bits son encriptados y posicionados en el *normal burst*, como se puede observar en la figura 2.12, donde se agregan 3 bits de cola (TB) en ambos extremos.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



El tiempo de guarda (GP) de duración de 8,25 bits es colocado al final de la trama para evitar el solapamiento de tramas debido a las fluctuaciones en el retardo. Finalmente, un segmento de entrenamiento de ecualizador (*equalizer training*) de 26 bits es incluido en el centro de la trama de *normal burst*.

La Figura 2.14 muestra un ejemplo de codificación de corrección de errores directa (FEC) y mapeo de los mensajes de 184 bits como es SAC, el FACCH, el SDCCH, el PCH y los canales de acceso, *Access Grant Control Chanel (AGCH)*, dentro de un bloque de 456 bits.

Un esquema de dos capas de código *fire* y código convolucional generan 456 bits, utilizando una tasa de código de trabajo $R = 184 / 456$, el cual da una mejor protección utilizada en los canales de tráfico.

Retomando a la Figura 2.12, como el canal SAC es acomodado en la trama TDMA, las tramas TCH/FS TDMA de 8 usuarios son multiplexadas en multitramas de 24 tramas TDMA, pero la 13ª llevará el mensaje SACCH. La 26ª trama *idle* o *dummy* si se transportan 8 canales TCH/FS, o un mensaje SACCH si se transportan 16 canales TCH/HS.

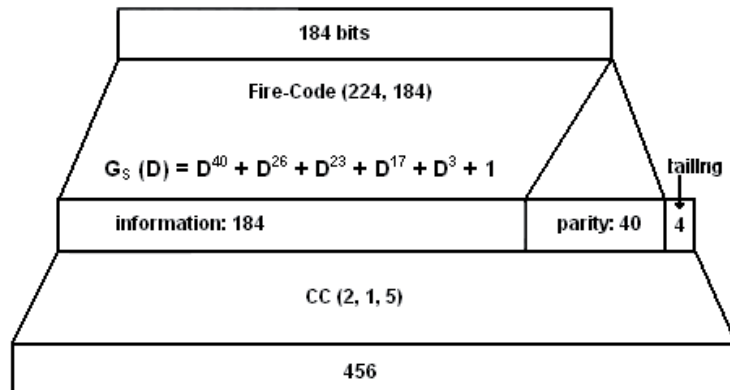


Figura 2.14 FEC en SACCH, FACCH, BCCH, SDCCH, PCH y AGCH

Se debe notar que la construcción y la codificación del canal FACCH se hace de la misma forma que el canal SACCH (Figura 2.6.4), su trama de 456 bits se mapea en 8 *bursts* consecutivos de 114 bits, con la diferencia de que se transmiten dentro de un canal de tráfico TCH/FS reemplazando los datos de usuario por datos de control.

2.6.4 Gestión de recursos de radio (RR)

En redes móviles, se deben dedicar canales de radio para el establecimiento de llamadas, para realizar un *handoff* y también para ser liberadas. Esta gestión es adicional al procedimiento de manipulación de llamadas en la red fija convencional. Existen tres funciones de gestión: Localización, *handoff* y *roaming*. La implementación de las funciones de RR requiere cierto tipo de protocolos entre la estación móvil y la red.



2.6.5 Protocolos de enlace

Ya se han visto los distintos medios de transporte para la información de usuario. Pero en adición a la información de usuarios, la información transferida de señalización intercambiada debe ser enviada y entendida por cada equipamiento de transporte de señalización. La mayoría de la información intercambiada es distribuida a diferentes tipos de equipamientos. Hay tres protocolos de enlaces para proveer información de intercambio.

- Radio Link Protocol (RLP), especifica el protocolo de acceso de enlace en GSM sobre el enlace de radio llamado LAPDm.
- LAPD, Link Access Protocol (LAP), adaptado del canal D de ISDN.
- Message Transfer Part. (MTP), el protocolo usado para transporte de señalización en una red SS7.

La tasa de mensajes de señalización de protocolos de radio enlace es 22,8 Kbps. La tasa de mensajes de señalización en el otro protocolo de enlace es 64 Kbps.



2.6.6 Interfaces asociadas con el protocolo de enlace.

Tabla 2.4 Interfaces y relación con el protocolo de enlace

Interfaz	Protocolo de Enlace
MS → BTS	LAPDm (GSM spec)
BTS → BSC	LAPD (adaptada de ISDN)
BSC → MSC	MTP (protocolo SS7)
MSC / VLR / HLR – Red SS7	MTP (protocolo SS7)
MSC – MSC (call-related signaling)	TUP (telephone user part)
BSC – relay MSC (non-call-related signaling)	ISUP (ISDN user part)
MSC – MSC (non-call-related signaling)	BSS MAP (MAP/B)
	MAP (Mobility Application Part)

Non-call-related signals corresponde a protocolos en el MSC que son diferentes de aquellos en las otras MSCs o en otros HLRs y están agrupados en el MAP. Podemos distinguirlos de los MAP/X, donde X puede ser B, C, D y así sucesivamente.

- MAP/B Protocolo entre BSC y la *relay* MSC.
- MAP/C Protocolo entre GMSC y un HLR.
- MAP/D Protocolo entre otra MSC/VLR y la HLR.
- MAP/E Protocolo entre MSCs.

La Figura 2.15. Muestra la relación de los protocolos MAP/X.

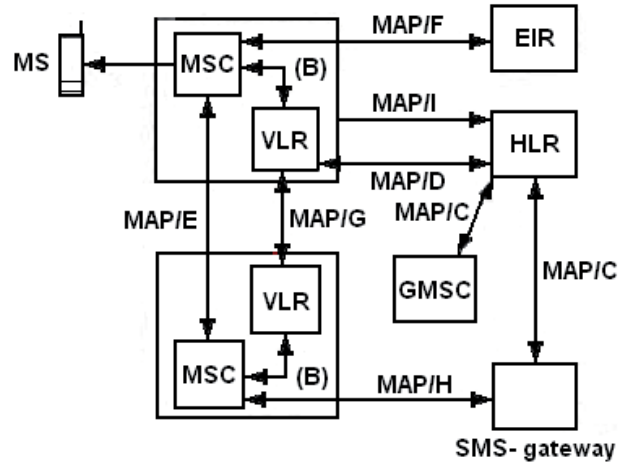


Figura 2.15 Protocolos MAP/C a MAP/I.

2.6.7 Gestión de movilidad (MM)

La movilidad de los usuarios de sistemas celulares requiere gestión de movilidad para la actualización de ubicación, *handoff* y *roaming*. Un *handoff* ocurre cuando un canal de voz cambia a la misma vez que una estación móvil entra a otra celda durante una llamada. *Roaming* es la habilidad para iniciar una llamada en un sistema de red y entregarla a otro sistema mediante el uso de MM y gestión de actualización de ubicación.

2.6.8 Gestión de actualización de ubicación.

La suscripción es en ciertas ocasiones asociada con su *Public Land Mobile Network* (PLMN). El *roaming* de cliente es asociado con las PLMNs visitadas. Podemos identificar cuando la llamada es desde la PLMN o desde la localización de la estación móvil a la PLMN visitada.



En el proceso de selección de la PLMN, la estación móvil normalmente busca celdas en la PLMN local (*servicing*). Si no hay servicio disponible, el usuario puede elegir tanto el modo automático (la red busca) o el modo manual (el usuario busca) para buscar la PLMN deseada. En el caso de servicio limitado (*limited-service*), el MM continuamente monitorea solamente las 30 portadoras mas potentes. Limited-service usualmente se ocupa de la cobertura en el borde del área de un país extranjero.

2.6.8.1 Selección de celda.

La elección de la mejor celda desde una estación móvil depende de tres factores:

- El nivel de la señal recibida por la estación móvil.
- La máxima transmisión de potencia de la estación móvil.
- Dos parámetros p_1 y p_2 especificados por las celda.

Estos factores forman el llamado criterio C_1 , siendo:

$$C_1 = A - \max(B, 0)$$

A= promedio de nivel recibido

B= p_2 – potencia de RF máxima de la MS

p_1 = un valor entre -110 y -48 dBm

p_2 = un valor entre 13 y 43 dBm

Los valores de p_1 y p_2 son emitidos por las celdas.

Potencia máxima de MS = 29 a 43 dBm



El algoritmo de selección de celda es como sigue:

- Un SIM debe ser interesado.
- El C_1 mas potente es elegido entre los C_1 s obtenidos de las celdas candidatas; el C_1 tiene que ser mayor que el nivel 0.

2.6.8.2 Autenticación.

La autenticación protege la red de accesos no autorizados y consta de dos fases.

2.6.8.2.1 Primera fase.

Un código PIN (Personal Identification Number) protege el SIM. El PIN es chequeado por el SIM local, por lo que el SIM no es enviado fuera de la celda en el enlace de radio.

2.6.8.2.2 Segunda fase.

La red GSM efectúa una pregunta mediante el envío de un numero aleatorio (RAND). El RAND, de 128 bits, es enviado por la red a la estación móvil y lo mezcla con un parámetro secreto de la estación móvil, denominado k_i , en un algoritmo de procesamiento A3, el que produce el numero de 32 bits de longitud SRES (Signed Result). El SRES es luego enviado a la red desde la estación móvil para verificación. Este proceso se ilustra en la figura 2.16

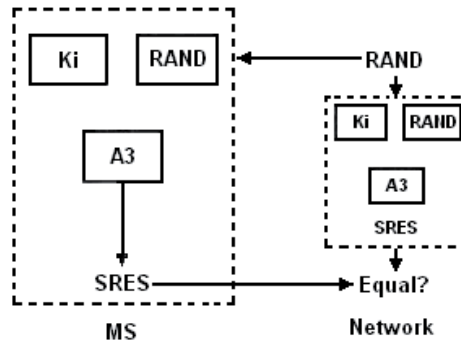


Figura 2.16 El Computo de Autenticación

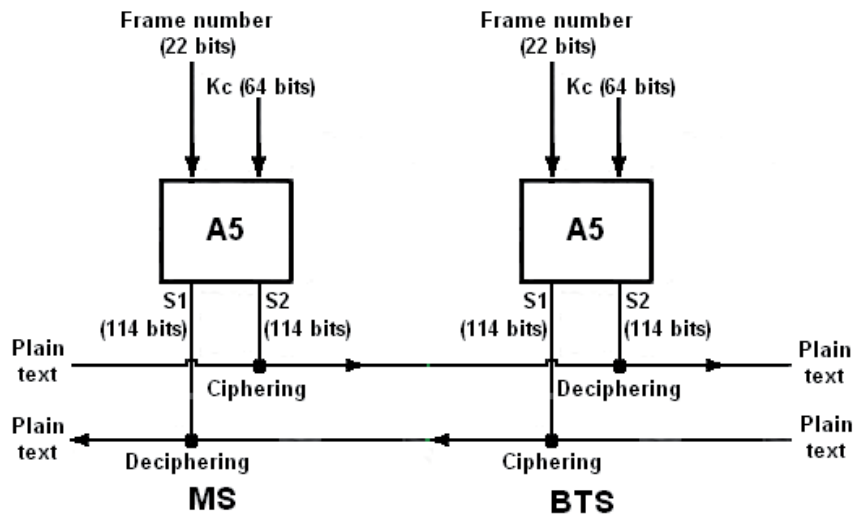
2.6.8.3 Encriptación

La encriptación protege la información contra usuarios no utilizados. La estación móvil utiliza el RAND recibido desde la red y lo mezcla con k_i , a través de un algoritmo diferente, llamado A8, y genera k_c (de 64 bits). La secuencia de cifrado (*ciphering*) es generada a partir de k_c (Figura 2.17). el numero de trama (*frame number*, FN) y el k_c dan como resultado el algoritmo de cifrado, A5, y genera S_2 (de 114 bits), el cual efectúa una operación OR – exclusiva entre los 114 bits de texto plano y la secuencia S_2 de cifrado, como muestra la Figura 2.17

En la figura 2.12 se puede observar 51 multitramas TCH/FS multiplexadas en una súper trama (51120 ms = 6,12 ms), la que contiene $26 * 51 = 1326$ tramas TDMA. En el caso de 1326 tramas TDMA, el numero de trama estaría limitado a $0 < FN < 1326$ y la regla de encriptación no sería lo bastante segura. Es por esto que se agrupan 2048 supertramas en una hipertrama de $1326 * 2048 = 2.715.648$ tramas TDMA con una duración de $2048 * 6,12 \text{ s} = 3 \text{ h } 28 \text{ min.}$, permitiendo un elevado valor de FN para ser usado en el algoritmo de encriptación. La estructura de trama tanto del uplink como del downlink son



idénticas con un corrimiento de 3 time slot entre ellos, lo que no obliga a la estación móvil de tener que transmitir y recibir al mismo tiempo.



Fig

Figura 2.17 Cifrado y Descifrado

2.6.8.4. Protección de identidad de usuario- Gestión de seguridad

El SIM (de parte de la estación móvil) y el AuC (de parte de la rd) son los encargados de guardar (*repositores*) las claves *K*, de los abonados. La clave *K*; jamás debe de transmitida por aire. Ambas partes realizan el algoritmo A3 y A8.

La capa de gestión de comunicación CM provee el servicio de telecomunicación como la voz, fax y datos al usuario a través de las capas de gestión de recursos de radio RR y gestion de movilidad MM, como muestra la figura 2.18 Los usuarios incluyen parte llamante GSM, parte llamada GSM y los usuarios en ambas partes.



Las funciones de gestión de la capa CM son control de llamadas, gestión de servicio y servicio de mensaje corto.

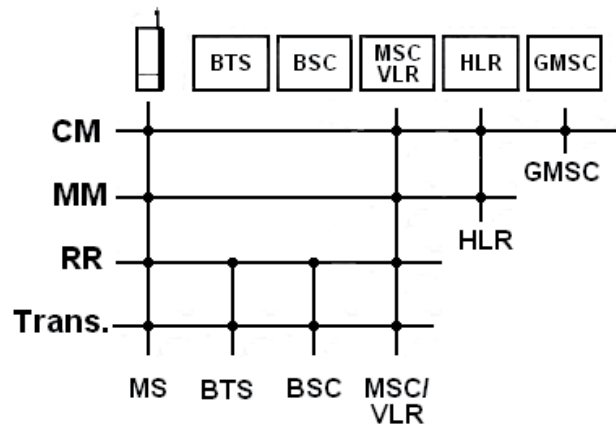


Figura 2.18 Arquitectura de protocolo general GSM

2.6.9 Control de llamada (CC)

CC gestiona la mayoría de los servicios orientados a circuitos (voz, circuito de datos) a través del MSC/VLR, el GMSC, el IWF y el HLR. CC tiene las funciones establecimiento de llamadas (móvil como originador – base como originadora), mantenimiento de llamada y liberación de la misma. Para establecer una llamada, el número de la estación móvil tiene que ser asignado.

MS/ISDN es una estación móvil con número ISDN, que forma parte del mismo plan de numeración, como un número ISDN. El número de *roaming* de estación móvil, *Mobile Station Roaming Number* (MSRN) es el número de ruteo, otro número el cual puede ser un suscriptor GSM o un tercero con identidad internacional del suscriptor



móvil, Internacional *Mivile Subscriber Identity* (IMSI) proveído por la estación móvil para acceder a una red extranjera. La Figura 2.19 ilustra una llamada local a través de GMSC y la Figura 2.20 una llamada internacional.

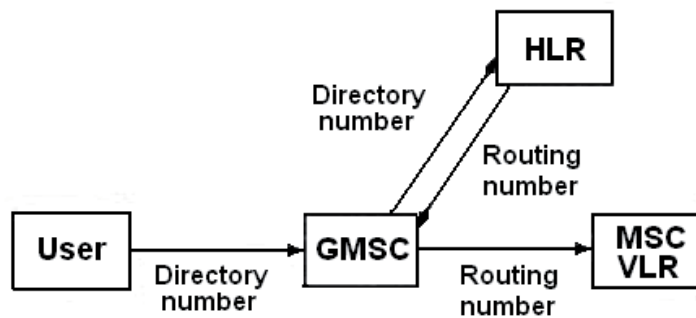


Figura 2.19

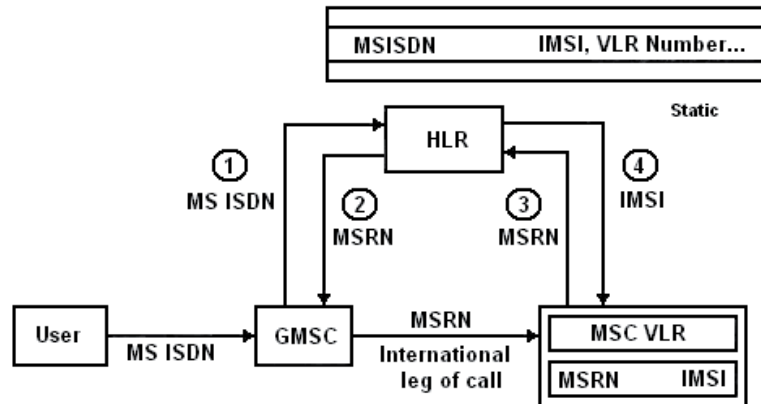


Figura 2.20



2.6.10 Handoff

El algoritmo de *handoff* de GSM no está especificado como un estándar, sino que es una característica de la asistencia al móvil para *handoff*, *Mobile Assistance Handoff*, (MAHO) y es ejecutada dentro de la unidad. La estación móvil busca otra portadora de radio bajo directivas de una estación base. La mencionada estación móvil monitorea aquellos *time-slots* que no son asignados a ella para recibir la señal. En esta caso, bajo el requerimiento de estación base, una portadora de radio es medida en un tiempo de trama (*time frame*), y en respuesta, las medidas son reenviadas a la estación base para asistir el proceso de *handoff*. Este proceso es llamado MAHO. El MSC utiliza dos conjuntos de información para decidir cuando el *handoff* debe ser iniciado y que estación base es la candidata para el *handoff*. Los dos conjuntos son:

- La intensidad de la señal de la estación móvil recibida en las estaciones base vecinas.
- Las intensidades de las señales de las estaciones bases recibidas en la estación móvil.

La última información es de MAHO.

2.6.11 Gestión de servicios suplementarios (SSM).

CC provee servicios suplementarios tales como llamada en espera, reenvío de llamada y contestador automático. Sumes un servicio de gestión punto a punto. Un centro de servicio SSM (SSM-SC) conectará varias redes GSM. SSM consiste de dos funciones: (A borrar)



- Mensajes cortos para finalización al móvil.
- Mensajes cortos para inicialización al móvil.

2.6.12 Servicio de mensajes cortos (SMS)

CC provee servicio de mensajes cortos punto a punto. GSM está conectado al centro de servicio de mensajes cortos. La señalización de la transmisión utiliza tonos de audio digital (*digital tone multifrequency-DTMF*) para controlar la casilla de correo de voz, el contestador automático, llamada en frecuencia, etc.

2.7 Gestión de Red (NM)

Un centro NM supervisa las siguientes tareas de administración.

- Gestión de abonado – Administración de suscripción.
- Facturación y contabilidad.
- Mantenimiento.
- Minimización de fallas.
- Monitoreo de las operaciones e indicación mediante alarma de la situación de la operación.
- Tareas de administración del abonado otorga la aprobación del código para el equipo móvil dentro de el número internacional de identificación del equipo móvil (*Internacional Mobile Equipment Identity, IMEI*). El código total es de 15 dígitos y consiste del código de aprobación (TAC) más el código final de ensamblaje (FAC) más el número de serie con el cual se almacena el EIR (*Equipment Identity Register*).
- En la gestión de redes de telecomunicaciones GSM, todas las operaciones y, máquinas de mantenimiento componen una red que es enlazada a todas las



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



- máquinas que manejan tráfico. El GSM Q3 es un protocolo de gestión de redes para funciones de sistema operativo y máquinas de manejo de tráfico. Dos aspectos al usar el protocolo Q3 son importantes.
- Estandarizar los protocolos de comunicación de datos en el nivel de aplicación, tal como la transferencia de archivos.
- Englobar el modelo de la red en el modelo GSM Q3.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)

GSM



CAPITULO 3

“EVOLUCION DE TECNOLOGIAS”



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



3. EVOLUCION DE TECNOLOGIAS.

El desarrollo de GSM es el primer paso hacia PCS, que permite la comunicación desde cualquier lugar y en cualquier momento. La arquitectura funcional de GSM emplea principios de red inteligente y su principal base es proveer estándares asegurando así la compatibilidad para desarrollos futuros.

Es por este motivo que a continuación se hace una breve introducción al tema de redes GPRS, que será la tecnología que seguramente implementarán los proveedores de GSM, para llegar a la tercera generación.

3.1 FASES DE DESPLIEGUE DE UNA RED GPRS

En respuesta a la demanda de acceso a Internet a través del móvil, y como primer paso a las redes tercera generación o 3G, muchos operadores están desplegando la tecnología de paquetes GPRS (*General Packet Radio Services*). Esta tecnología aumenta las velocidades de transmisión de las redes GSM existentes, al permitir transportar datos agrupados por paquetes. Los nuevos teléfonos GPRS permitirán transferir datos a velocidades muy superiores a los 9,6 o 14,5 kbps que disponen actualmente los usuarios de teléfonos móviles.

En condiciones ideales, GPRS puede alcanzar velocidades de transmisión de 171,2 kbps, superiores a la de un acceso ISDN. Si embargo, una cifra más realista puede estar entre 57,6 y 115 kb/ps. Otro cambio importante es que, a diferencia de las redes de circuitos conmutados de segunda generación, GPRS es un servicio que esta siempre activo. Además, GPRS permite a los proveedores de GSM ofrecer acceso a Internet de alta velocidad a un costo razonable, facturado a los abonados por el volumen de datos que transfieren, y no por el tiempo que están conectados a la red.



Sin embargo, los requisitos que plantea la transmisión de datos introducen una mayor complejidad en las redes móviles. Los técnicos e ingenieros de redes, responsables de planificar, instalar, optimizar y mantener las redes GPRS, necesitan nuevos métodos de pruebas, nuevos conocimientos y nuevas herramientas.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE GPRS.

Las redes GPRS, al igual que las redes 3G que les sucederán tarde o temprano, utilizan tecnologías de comunicación de datos ya existentes para obtener velocidades de transmisión comparables a las que se consiguen con la red de telefonía fija. Al tratarse de una tecnología de comunicación de paquetes, en GPRS solo se asigna un canal físico de usuario cuando se está transfiriendo realmente algún dato. Gracias a ello, puede haber varios usuarios compartiendo los mismos intervalos temporales en la interfaz aérea, lo que permite aprovechar mejor los recursos limitados de la red. Además, GPRS ha sido diseñado para soportar altas velocidades de transmisión de datos, clases de servicio y facturación por uso real, características que los abonados de telefonía móvil esperaban ansiosamente. Pero estas ventajas suponen un costo para los operadores de las redes, que se ven obligados a soportar nuevos procedimientos de transmisión y señalización y de funcionamiento conjunto con el mundo IP (lo que incluye la Internet pública, las Intranets corporativas y las redes X.25), Para los técnicos e ingenieros de redes, ello exige comprender perfectamente las tecnologías TCP-IP y otras de interconexión de redes de datos. Así como los nuevos protocolos de la interfaz aérea GPRS que se superpondrán a la red GSM existente, que seguirá utilizándose para cursar llamadas de voz.

En la figura 3.21 se muestra una visión simplificada de esta nueva red híbrida, con los elementos que añade GPRS. El nodo GGSN (*Gateway GPRS Support Node*),



similar al centro de enlace de comunicación de móviles de GSM (GMSC, *Gateway Mobile Switching Center*), actúa como pasarela (*gateway*) entre la red GPRS y la red de datos de paquetes pública (PDN) u otra redes GPRS. El GGSN se encarga de las funciones de autenticación y gestión de localización, conecta al registro de abonados locales (HLR, *Home Location Register*) por medio de la interfaz G_c y cuenta el número de paquetes transmitidos, para facturar a los abonados con exactitud.

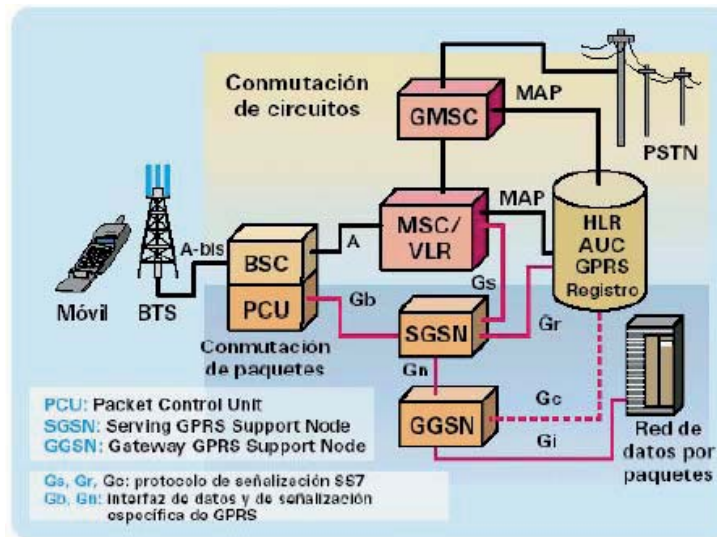


Figura 3.21 GPRS Introduce nuevos elementos para el transporte de datos por paquetes a través de la red móvil

El nodo SGSN (*Serving GPRS Support Node*), al igual que el centro de conmutación de móviles y el registro de abonados visitantes (MSC/VLR) de GSM, controla la conexión entre la red y el terminal móvil. El SGSN se encarga de controlar las sesiones y las funciones de gestión de movilidad de GPRS, como trasposos, radio búsquedas y comandos de enganche o desenganche de la red (*attach/detach*). Se



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



conecta al HLR a través de la interfaz G_r y al MSC/VLR por la interfaz G_s . También cuenta el número de paquetes que encamina.

Entre las funciones que realiza la Unidad de Control de Paquetes (PCU, *Packet Control Unit*) se incluye la conversión de los datos desde el formato de paquetes a otro formato que pueda transferirse a través de la interfaz aérea, la gestión de los recursos de radio y la implementación de medidas de calidad de servicio (QoS).

Entre las nuevas interfaces físicas se encuentra la interfaz G_b , que conecta al SGSN a la PCU y suele residir en el subsistema de estación base (BSS, *Base Station Subsystem*), las interfaces G_n y G_p , que conectan entre si los nodos GGSN SGSN, y las interfaces G_c , G_d , G_r y G_s , que transportan los protocolos basados en SS7.

En GPRS se utilizan dos planos de protocolos. El plano de transmisión consta de una serie de capas de protocolo que transfieren información de usuario y proporcionan procedimientos de control, como el control de flujo y la corrección de errores, El plano de señalización consta de varios protocolos que controlan y soportan las funciones del plano de transmisión. Los protocolos de señalización controlan también la movilidad de los usuarios, la asignación de recursos de la red. Las conexiones de acceso a la red, y el aprovisionamiento de servicios suplementarios.

3.3 PLANIFICACIÓN DE LA RED.

La introducción de las infraestructuras GPRS superpuesta añade una nueva complejidad a las tareas de diseño y planificación de la red. Ahora los operadores deben tener en cuenta qué tipos de servicios van a cursar sus redes, porque esos servicios influirán en las necesidades de cobertura, calidad de señal y capacidad. La planificación requiere un abanico mas amplio de conocimientos de ingeniería tanto



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



GSM como GPRS, propagación de las ondas de RF y diseño de sistema de RF, e ingeniería informática. El software de diseño y planificación de redes puede automatizar muchos procesos complejos y ayudar a cubrir las carencias en cuanto a conocimientos de ingeniería.

La cobertura es un factor fundamental de todas las redes inalámbricas. Sin embargo, con GPRS es probable que los operadores adviertan una reducción del área de cobertura, lo que afectará al grado de disponibilidad de sus servicios. Existen softwares de planificación para obtener una predicción de cobertura de la capa de GPRS superpuesta, identificando las áreas donde puedan producirse problemas. Sin embargo, conseguir una previsión de cobertura precisa, es necesario optimizar el modelo de propagación de la red (de ser posible, antes de desplegarla). Si la red ya está instalada, puede conseguirse lo mismo importando datos de pruebas en vehículo. La optimización del modelo de propagación proporciona una estimación más fiable del número de emplazamientos celulares necesarios y permite predecir mejor el rendimiento del sistema GPRS.

Los operadores deben evaluar la capacidad de la red cada vez que añadan un nuevo servicio, para determinar si la red puede soportar la tasa de bits que el servicio requiere. A menudo existen servicios de elevada velocidad de bits muy populares en zonas de gran densidad en torno a centros empresariales, que necesitan más ancho de banda y suponen una fuerte carga para la infraestructura de red. Una planificación cuidadosa que descargue el tráfico en esas áreas permitirá garantizar una capacidad suficiente para estos servicios de gran velocidad de bits. Los servicios de voz y los datos deben considerarse por separado, ya que los modelos de tráfico son distintos, y se supone que el tráfico de datos es más bien intermitente y presenta asimetría entre los enlaces ascendente y descendente.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



A medida que se añaden a la red nuevos servicios y abonados, el crecimiento del tráfico puede incrementar los niveles de interferencia a la red. La intransferencia provoca una reducción de las velocidades de transmisión y un aumento en el número de retransmisiones y de llamadas interrumpidas. El nuevo plan de frecuencia puede introducirse a continuación en el software de planificación y diseño de la red, para ejecutar un nuevo análisis de cobertura, capacidad, interferencia y otros parámetros.

3.4 COMO DEFINIR LA CALIDAD DE SERVICIO.

Los nuevos protocolos de GPRS son complejos, pues son varias las interfaces y las capas de protocolos que gestionan el flujo de paquetes de datos y de señalización. Como ocurre con cualquier red de paquetes basada en conexiones virtuales y numerosas capas de segmentación y encaminamiento, la probabilidad de error en las transmisiones es alta. En algunas aplicaciones, como la transferencia de video, perder uno o varios paquetes puede ocasionar una degradación muy molesta de la calidad de transmisión. En otras aplicaciones, como el envío de un archivo por correo electrónico, la pérdida de un solo paquete puede impedir abrir el archivo e inutilizar toda la transmisión de datos.

Así, cada tipo de abonado tendrá distintas necesidades en términos de fiabilidad y volumen de datos, e incluso las necesidades de un mismo usuario pueden variar según el caso. Afortunadamente, GPRS es lo bastante flexible como para gestionar los recursos dinámicamente. El estándar GPRS incluye varios parámetros de calidad de servicio (QoS) que pueden emplearse para definir distintas clases de servicio. Entre estos parámetros, que determinan el rendimiento que un abonado puede esperar (y por el que pagará) se encuentran el caudal cursado, el retardo, la fiabilidad y la prioridad.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



Son varios los factores que pueden influir en la calidad de servicio percibida por un cliente. En primer lugar, un operador de móviles sólo puede tener algún control sobre la calidad de la transmisión hasta el nodo GGSN, que el punto de interconexión con la Internet pública. En segundo lugar, en las redes GPRS las llamadas de voz suelen tener prioridad sobre las de datos. En tercer lugar, los abonados que escojan una calidad de servicio inferior pagaran menos, pero pueden sufrir pérdidas de rendimiento durante las franjas horarias de más utilización de la red.

Por tanto, es esencial probar los planos de protocolos de GPRS y las interfaces de comunicación de datos y SS7, para garantizar que la red esté funcionando correctamente y que los abonados experimenten un nivel de servicio adecuado.

3.5 PRUEBA DE PROTOCOLOS.

Las pruebas de la red GPRS incluyen pruebas funcionales cuyo objetivo es determinar si los terminales móviles se enganchan a la red correctamente (*attach*), si pueden iniciar sesiones de contexto de protocolo de datos de paquetes (PDP) y si las funciones de seguridad y movilidad funcionan correctamente. Como las transmisiones de voz y datos comparten recursos de la red, es preciso monitorear el efecto de las restricciones de capacidad sobre la calidad de servicio (QoS). Entre las medidas más habituales de calidad de servicio se encuentra el caudal mínimo, medio y de pico, las tasas de error mínima, media y de pico, el número de sesiones fallidas por hora, y la latencia de la red.

Muchas de estas pruebas pueden llevarse a cabo efectuando llamadas de pruebas y utilizando un analizador de protocolos para monitorizar las interfaces correspondientes. Es importante monitorizar simultáneamente las interfaces de comunicación de datos u SS7, preferiblemente con un mismo instrumento, con el fin



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



de evaluar la eficiencia de las transferencias de datos a través del plano de control y determinar los efectos que los mensajes de control (transferidos a través del plano de señalización) puedan tener sobre el plano de transmisión.

Para resolver problemas en la red GPRS, un analizador de protocolos ofrece un repertorio de herramientas muy útil. Por ejemplo, las aplicaciones de trazado de sesiones GPRS y llamadas GSM de *Signaling Advisor* pueden mostrar los flujos de mensajes entre un terminal móvil y la red, lo que permite a los ingenieros de pruebas localizar los posible problemas con los procedimientos de enganche a la red (*attach*), las sesiones de contexto PDP, los trasposos, etc. Sin un trazado de llamadas o sesiones sería casi imposible extraer del enorme volumen de datos transferidos, datos que resulten útiles para resolver problemas.

Se utilizan funciones de análisis estadísticos para monitorear el rendimiento de la red y capturar información diversa, por ejemplo el porcentaje de utilización de la red, el número de sesiones exitosas y fallidas, la duración media de las sesiones, contadores de causas de rechazo, y el número de paquetes transferidos por el enlace ascendente y el descendente. Pueden ejecutarse análisis estadísticos a lo largo de un período de tiempo para analizar tendencias y poner de manifiesto las diferencias entre los tiempos de inactividad y los de máxima actividad.

Decodificar los protocolos de señalización ayuda a determinar las causas de determinados problemas. La señalización contiene la mayoría de la información necesaria para localizar adecuadamente los problemas de la red. Examinado los complejos mensajes de señalización en forma de texto, los ingenieros de pruebas pueden analizarlos y compáralos con las especificaciones.



3.6 OPTIMIZACION DE LA RED.

Las redes móviles se optimizan por medio de pruebas realizadas sobre vehículo, cuyo objetivo es verificar la cobertura y comprobar que la interfaz aérea no está degradando el rendimiento de la red. Este proceso se realiza antes de desplegar la red y también durante toda su vida útil, ya que las condiciones del entorno radioeléctrico cambian constantemente. Entre los factores que influyen en el rendimiento de la interfaz aérea se encuentran los cambios de estación, la carga del tráfico vehicular, la instalación de nuevos emplazamientos y la construcción de nuevos edificios.

Para optimizar una red GPRS, las herramientas utilizadas tradicionalmente para las pruebas sobre vehículo se deben mejorar con medidas de datos. Con estas herramientas (un teléfono de pruebas, un receptor, software y una PC), los ingenieros de optimización seguirán probando la red GSM de circuitos conmutados que transporta las llamadas de voz. Sin embargo, también tendrán que medir aspectos como la accesibilidad de la red GPRS, la integridad de los datos, y el caudal de datos cursado.

Un sistema de pruebas sobre vehículo con teléfono y receptor integrado, caracteriza el rendimiento de la red desde el punto de vista del abonado. Las medidas se agrupan en tres categorías: rendimiento de datos, calidad de señal y rendimiento de RF.

Las medidas de rendimiento de datos se utilizan por medio de un teléfono de pruebas "cliente" y una PC (conectado a la red IP) "servidor". Esta estructura cliente/servidor es la recomendada para las pruebas de redes de datos. Las medidas se dividen en dos áreas: medidas de la capa IP y medidas de la capa de aplicación,



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



que incluye medidas de fiabilidad (errores de bit, de línea y de paquetes) y de caudal cursado (medio, mínimo y máximo), Las medidas de capas GPRS (fiabilidad y caudal cursado) ofrecen información valiosa acerca de las numerosas capas de protocolo que pueden influir en el rendimiento de las aplicaciones y se utilizan para simular distintos niveles de calidad de servicio y resolver problemas en los nodos. Estas medidas son análogas a las medidas de calidad de voz realizadas en el sistema GSM.

Las medidas de calidad de señal se aplican a la capa física, a la capa de control radio enlaces (RLC, *Radio Link Control*) y la capa de control de acceso al medio (MAC, *Medium Access Control*) de la pila de protocolos GPRS. Estas medidas, que se realizan con el teléfono de pruebas, proporcionan datos acerca de la calidad y el nivel de la señal, como la tasa de error de bloque (BLER) de la capa RLC, registro de los protocolos de gestión de movilidad, gestión de sesiones y capas RLC/MAC, llamadas perdidas y bloqueadas, y el nivel de señal recibido.

Las medidas de rendimiento de RF, que se realizan utilizando un receptor independiente de la red, son idénticas a las empleadas en las redes GSM. Estas medidas incluyen potencia del canal BCH (exploración de la estación base), interferencia del propio canal, interferencia con el canal adyacente, potencia de la onda continua (CW), potencia de canal, y análisis de espectro. El receptor debe tener un excelente factor de ruido, preselección, un magnífico margen dinámico y una adecuada cobertura de frecuencias.

Los sistemas de pruebas sobre vehículo realizan también otras medidas fundamentales en cualquier red móvil, como la amplitud y calidad de la señal recibida de la estación base, las listas de celdas vecinas y la amplitud de la señal procedente de las estaciones incluidas en la lista de celdas vecinas.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)

GSM



CAPITULO 4

“CONCLUSIONES”



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN**

*Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM*



Conclusiones:

La infraestructura de redes celulares de radio está creciendo a tremenda velocidad. La gente está comprando contratos de telefonía celular porque proveen servicio útil y relativamente barato. Los servicios provistos por los operadores de esas redes se están extendiendo para incluir servicios de datos. La cobertura geográfica de las redes aumenta por medio de la movilidad global.

Las redes celulares se están convirtiendo en redes de datos de alta velocidad. La base usuarios celulares es móvil y extremadamente grande. En consecuencia, el desarrollo de aplicaciones de datos móviles depende del desarrollo de nuevos protocolos de comunicaciones.

La industria está trabajando en acelerar el desarrollo de tecnologías de comunicaciones móviles. El sistema de comunicación ideal donde tantos servicios de voz y datos puedan despacharse sin importar la ubicación, red o terminal puede aparecer en un futuro cercano.



Referencias :

- 1.- Akyildiz, McNair, et al. Mobility management in next-generation wireless systems. *Proceedings of the IEEE*, August 1999.
- 2.- Barth, D. Privacy issues in mobile data communication. Internet - http://www.gsmdata.com/today_papers.htm , May 1998. Last Accessed: 28/02/2000.
- 3.- GSM data knowledge site. Internet - <http://www.mobiledata.com>. Last accessed: 28/02/2000.
- 4.- K. Holley and T. Costello. The evolution of GSM towards UMTS. Internet - http://www.gsmdata.com/today_papers.htm, February 1998. Last Accessed: 28/02/2000.
- 5.- S. Nachtsheim. Bluetooth technology - the convergence of computing and communications. Internet - http://www.gsmdata.com/today_papers.htm, February 1999. Last Accessed: 28/02/2000.
- 6.- Rahnema, M. "Overview of the GSM system and protocol architecture." *IEEE Communications*, April 1993.
Rappaport, T. S. *Wireless Communications*. Prentice Hall, 1996.
- 7.- Rysavy, P. The evolution of cellular data: On the road to 3G. Internet - http://www.gsmdata.com/today_papers.htm, 1999. Last Accessed: 28/02/2000.



Glosario Acrónimos Y Abreviaturas

ACRONIMO	SIGNIFICADO
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 Autenticación
B	
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	
C/I	Carrier to Interference Ratio Relación Portadora - Interferencia
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
CEPT	Conference of European Postal and Telecommunications Administration Conferencia de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones Europeas
D	
DCCH	Dedicated Control Channel Canal de Control Dedicado



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM



	DTX	Discontinuous Transmission Transmisión Discontinua
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
	FDD	Frequency Division Duplex Dúplex por División de Frecuencia
	FDMA	Frequency Division Multiple Access Acceso Múltiple por División de Frecuencia
	FHMA	Frequency Hopping Multiple Access Acceso Múltiple por Saltos de Frecuencia
G	GMSC	Gateway MSC Pasarela del MSC
	GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying Modulación de Desplazamiento Mínimo Gausiana
	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 Intersimbólica
L	LPC	Linear Predictive Code Codificación Predictiva Lineal
	LTP	Long Term Predictor Predictor de Periodo largo
M	MS	Mobile Station Estación Móvil



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM



	MSC	Mobile Switching Center
		Centro de Conmutación de Móviles
N	NSS	Network Switching Subsystem
		Subsistema de Red
O	OSI	Open System Interconnection
		Interconexión de Sistemas Abiertos
	OSS	Operation and Service Subsystem
		Subsistema de Operaciones y Mantenimiento
P	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
	RPE	Regular Pulse Exciting
		Excitación por Pulsos Regulares
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
	SIR ó S/I	Signal to Interference Ratio
		Relación Señal - Interferencia
	SNR	Signal to Noise Ratio
		Relación Señal Ruido



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACÁN

Protocolos del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
(Global System for Mobile Communications)
GSM



T	TACS	Total Access Communication System Sistema de Comunicación de Acceso Total
	TCH	Traffic Channel Canal de Tráfico
	TSi	Time Slot number i "Stot" 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	VAD	Voice Activity Detection Detección de Actividad de Voz
	VLR	Visitor Location Register Registro de Localización de Visitantes