



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

OPTIMIZACIÓN DE ANCHO DE BANDA PARA SISTEMAS GSM

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Eléctrica y Electrónica

PRESENTAN:
JOSÉ LUIS CEDILLO MÉNDEZ
FERNANDO RAFAEL ESTEBAN
LUIS OCTAVIO RAMÍREZ SALAS LINARES

DIRECTOR:
M. C. Edgar Baldemar Aguado Cruz.

AGOSTO 2010





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Ingeniería, por darme la oportunidad y los medios necesarios para evolucionar académicamente, formarme como Ingeniero y contribuir en el desarrollo de la sociedad mexicana.

Al M.C. Edgar Baldemar Aguado Cruz, por ser un excelente asesor que me ha compartido su experiencia, tiempo y ha tenido la disponibilidad de asesorarnos durante el proceso y el desarrollo de la tesis.

A mis padres Antonio Cedillo y Regina Méndez por apoyarme incondicionalmente en todo momento y sobre todo por tener mucha confianza en que lograría culminar este reto satisfactoriamente.

A mi novia Erendira Reyes, por alentarme a terminar este trabajo y sobre todo por sus desmedidas muestras de cariño, los cuales me ayudaron a no desistir.

José Luis Cedillo Méndez.

A la U.N.A.M. y a la Fac. de Ingeniería por la oportunidad de formarme como profesionalista.

Al M.C. Edgar Baldemar Aguado Cruz por su tiempo y enseñanzas.

A Ixchel de Alba, por motivarme a seguir adelante, ya que su apoyo fue fundamental para la realización de éste trabajo.

A mi cuñada y mi hermano; Griselda Pérez y Juan Carlos Rafael, por apoyarme siempre incondicionalmente.

A familiares y amigos, por su cariño y amistad.

Fernando Rafael Esteban.

“...al hombre que le agrada, Dios le da sabiduría, ciencia y gozo...” Ec 2:26

Gracias por la Universidad Nacional Autónoma de México
hermosa luz resplandeciente del espíritu de mi raza

Gracias por la Facultad de Ingeniería
incansable forjadora de mi Patria

Gracias por mi familia
que de corazón amo

Gracias por afecto
de amigos sinceros

El paso que busco andar
dedico a ustedes con cariño

Luis Octavio Ramírez Salas Linares

Índice

Índice	vii
Objetivo:	xi
Definición del problema.	xi
Método.	xi
Capítulo 1. Introducción.	1
1.1 Antecedentes históricos.	1
Los primeros sistemas de comunicaciones.	1
Primeros usos de la energía eléctrica.	2
El telégrafo.	3
Evolución mundial de la comunicación móvil.	7
1ª. Generación (analógicos)	7
2ª. Generación (digitales).	8
3ª. Generación (digitales).	10
Introducción a la Red GSM (marco histórico).	11
Técnicas de acceso múltiple.	11
El sistema AMPS.	11
La llegada del GSM.	13
La tercera generación de móviles.	14
1.2. Descripción teórica de los sistemas GSM.	15
1.2.1 Especificaciones de GSM.	21
1.2.2 Fase de GSM.	23
1.2.3 Evolución de GSM hacia UMTS.	24
1.3. Conceptos teóricos generales	26
Longitud de Onda	26
Ancho de Banda	27
Canales	27
Pulso de banda base y señalización digital	28
Modulación por amplitud de pulso.	29
Información analógica	29
Señales analógicas	30
Información Digital	30

Las señales digitales _____	30
Sistema de comunicaciones electrónicas _____	30
Comunicación de datos _____	31
Códigos de comunicación _____	31
Protocolos e interfaces _____	32
Radiocomunicaciones por microondas _____	32
Capítulo 2. Descripción del Sistema GSM. _____	35
2.1. Características generales. _____	35
Equipos funcionales de una red. _____	35
Interfaces de la red. _____	36
Equipamiento de una red GSM. _____	37
Estación Base, BTS. _____	37
Controlador de la Estación Base, BSC. _____	37
Conmutador, MSC. _____	39
Registro de Abonados Locales, HLR. _____	39
Centro de Autenticación, AUC. _____	40
Registro de Localización de Visitantes, VLR. _____	42
Encaminamiento de llamadas. _____	43
Centro de Control y Mantenimiento, OMC. _____	44
Transmisión por radio. _____	45
Canales físicos. _____	45
2.2. Usos y aplicaciones del GSM. _____	46
Teleservicios: _____	47
Servicios portadores: _____	48
Atributos de transferencia de información. _____	49
Atributos de Acceso. _____	50
Servicios de datos _____	51
Tipos de conexiones de datos. _____	52
Aplicaciones de mercado, horizontales y verticales. _____	53
Capítulo 3. Protocolos de Comunicación. _____	55
3.1. Descripción general de los protocolos. _____	55
El protocolo. _____	55
Protocolo OSI/ISO. _____	57
Capa física. _____	59
Capa de enlace de datos. _____	60

Capa de red.	60
Capa de transporte.	60
Capa de sesión.	60
Capa de presentación.	61
Capa de aplicación.	61
Niveles y Servicios OSI	61
Protocolo TCP/IP	63
Las capas en TCP/IP.	64
Capa de Interred:	64
Capa de Transporte:	64
La capa de Aplicación:	65
3.2. Descripción del Sistema de Red de Radio (Radio Network System o RNS, en idioma inglés)	66
Introducción.	66
3.3. Protocolo de comunicación del RNS	68
DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO.	68
Pilas de protocolos de GSM.	69
Capítulo 4. Optimización del Ancho de Banda.	71
4.1 Introducción	71
4.2 Optimización de la interfaz A-bis.	76
Canales lógicos y físicos.	77
Canales lógicos.	78
Canales de control.	79
Mapeo de los canales lógicos hacia los canales físicos.	82
Ejemplo de un caso de llamada.	84
Capítulo 5. Aplicaciones.	89
5.1 Introducción a la teoría de MPLS/IP.	90
5.1.1 Descripción general.	90
Arquitectura MPLS	92
5.1.2 Conceptos básicos.	93
Etiquetas	93
El etiquetado de paquetes.	94
Sello de asignación y distribución	94
Atributos de un enlace de etiquetas	94

Protocolos de distribución de etiquetas _____	95
Cargas de subida no solicitadas vs. Cargas de bajada en demanda. _____	95
La pila de etiquetas _____	95
Selección de ruta _____	96
Etiqueta de distribución en el Protocolo de transporte _____	97
5.1.3 Introducción al Protocolo de Internet, versión 6 (IPv6) _____	97
Formato de la cabecera IPv6. _____	98
Cabeceras de extensión IPv6. _____	99
Orden de las Cabeceras de Extensión _____	100
Cuestiones de Tamaño del Paquete. _____	101
Etiquetas de Flujo. _____	102
Clases de Tráfico. _____	102
Cuestiones de Protocolo de Capa Superior. _____	102
5.2 VPN _____	104
Funcionamiento _____	104
Tipos de VPN. _____	106
VPN de acceso remoto _____	106
VPN punto a punto _____	107
Tunneling _____	107
5.3 Aplicaciones _____	109
5.3.1 MPLS. _____	109
MPLS y ruteo de tráfico salto a salto. _____	109
MPLS y LSP explícitamente enrutados. _____	109
Ingeniería de tráfico _____	110
5.3.2 Aplicaciones A-bis sobre MPLS. _____	112
Capítulo 6. Conclusiones _____	117
Anexos _____	119
Anexo 1. _____	121
Anexo 2 _____	131
Glosario _____	135
Bibliografía _____	139

Objetivo:

Realizar un estudio teórico para recobrar ancho de banda de la Interfaz E1 de transporte entre el Transceptor de la Estación Base, *Base Transceiver Station* (BTS) y Controlador de la Estación Base, *Base Station Controller* (BSC), a través de multiplexar y reorganizar la trama de transporte.

Una vez recobrado el ancho de banda que no se utiliza cuando no se están ocupando las aplicaciones como:

- Sistema Global de Paquetes vía Radio, *Global Packet Radio System* (GPRS).
- Mejora de Tasas de transmisión de Datos para Evolución GSM, *Enhanced Data rates for GSM Evolution* (EDGE) y más.

Se agrupan todos los medios de transporte (E1s) del sistema GSM y el sistema 3G con el propósito de que el sistema 3G utilice el ancho de banda recuperado.

Definición del problema.

Con el creciente número de aplicaciones en los sistemas de comunicación celular, tales como llamadas de video, conexión a Internet, descarga de videos, redes sociales, servicios de conexión GPRS y EDGE, GPS, etc., las interfaces de transmisión se han saturado por lo que es necesario optimar el ancho de banda con el propósito de utilizar al máximo la infraestructura de transporte. Con la reorganización del ancho de banda es posible recuperar parte de él.

Método.

Establecer antecedentes del tema, donde se definan los conceptos básicos generales del sistema GSM. Posteriormente establecer las relaciones existentes entre la BTS y el BSC y sus protocolos de comunicación. Finalmente se analizará el ancho de banda y su posible optimación.

Capítulo 1.

Introducción.

1.1 Antecedentes históricos.

La comunicación en el ser humano ha tenido una función importante, la de expresar sus sentimientos y la de satisfacer sus necesidades.

La humanidad ha desplegado gran energía para comunicarse, ha utilizado y desarrollado diferentes tipos de señales que agrupa en diferentes tipos de lenguajes y expresiones.

Los primeros sistemas de comunicaciones.

La comunicación de datos, actualmente implica el uso de aparatos eléctricos y electrónicos para enviar información en forma de símbolos y caracteres entre dos puntos; puesto que la energía eléctrica, las ondas de radio y las ondas de luz son formas de energía electromagnética, cabe resaltar la importancia de estas cosas ya que hay que señalar que las primeras formas de comunicación, tales como las señales de humo lo fueron para algunos nativos, o el reflejo de la luz del sol manteniendo un espejo con la mano también son formas de algún tipo de comunicación de datos y que desde entonces eran medios importantes para poder intercambiar algún tipo de información y finalmente poder comunicarse. Llevar esta idea al futuro; pensar en las señales de humo como un símbolo discreto, así como los símbolos utilizados en las comunicaciones de hoy en día en los sistemas

discretos es algo que ha logrado la humanidad a través de la búsqueda de formas de poder comunicarse.

Primeros usos de la energía eléctrica.

El descubrimiento y aprovechamiento de la energía eléctrica introdujo muchas nuevas posibilidades para códigos de comunicación más allá de señales de humo, espejos, banderas de señalización y linternas usadas en los siglos XVIII y XIX.

Una de las primeras propuestas, presentada en una revista de Escocia en 1753 por Charles Marshall fue simple, pero tuvo profundas implicaciones para su ejecución o manejo, era el primer aparato telegráfico electrostático. Esta idea fue conectar 26 alambres paralelos de pueblo en pueblo, un alambre para cada letra del alfabeto. Cada uno de los extremos estaba conectado a un péndulo de médula de saúco que, al cargarse con la carga eléctrica generada por una máquina electrostática situada en el otro extremo, atraía papelitos con las letras correspondientes.

En 1774 un inventor suizo construyó un sistema prototipo basado en este principio de los 26 alambres pero sustituyendo en este caso el péndulo de saúco por una disolución electrolítica, contenida en otros tantos vasos de vidrio o en una gran cubeta común de forma paralelepédica, pero tomar esta tecnología eliminaba la idea de un uso serio.

En 1833 Carl Friedrich Gauss usó un código basado en una matriz de 5 por 5 de 25 letras (I y J se combinaron) para enviar mensajes desviando una aguja de una a cinco veces, a la derecha o a la izquierda. La primera serie de desviaciones indicaba el renglón; la segunda la columna.

El telégrafo.

El primer desarrollo importante en la comunicación de datos ocurre en el siglo XIX cuando un americano, Samuel F. B. Morse, inventó el telégrafo el cual patentó en 1837. El telégrafo eléctrico fue el primer medio que tuvo rapidez en las comunicaciones dejando de lado las distancias geográficas para lograr una comunicación instantánea, que fue la base de toda evolución posterior de las telecomunicaciones. En el siglo XVIII varios físicos experimentaron con cables submarinos y telégrafos de agujas, para lograr una comunicación rápida que reemplazara los sistemas que hasta ese momento se manejaban como palomas mensajeras o personas-correo.

El físico británico James Clerk Maxwell estableció en la década de 1860 la teoría de las ondas electromagnéticas, teoría que sustentó los desarrollos de transmisión inalámbrica.

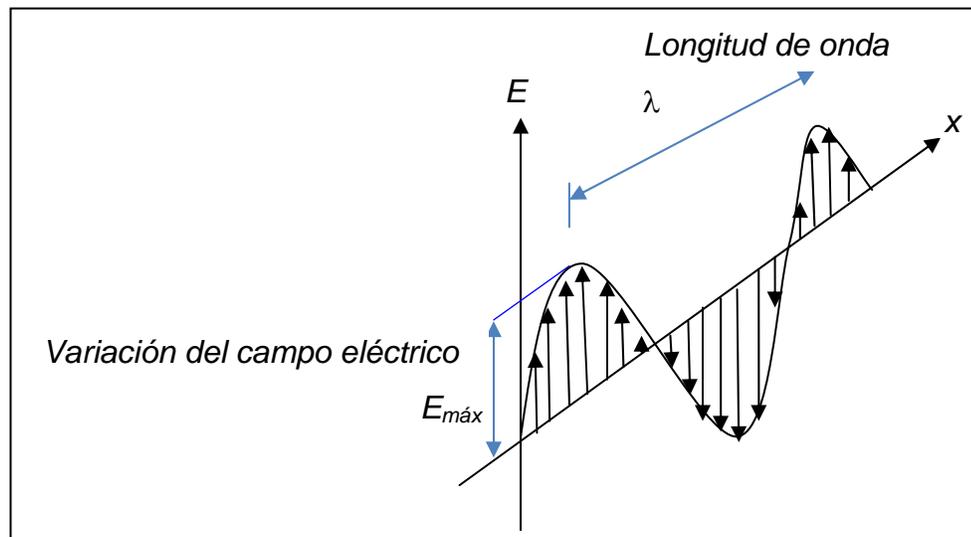


Figura 1.1.1 Plano de onda electromagnética congelada en el tiempo.

Posteriormente, la invención del sistema de radio por Marconi en 1896 inicia la era de las telecomunicaciones con su sistema de telegrafía inalámbrica. Marconi consigue controlar de forma remota un timbre eléctrico, aunque la distancia entre el

emisor y el receptor es de unos pocos metros. Marconi patenta su invento y lo llama telégrafo sin hilos. En 1901 se efectúa la primera transmisión transatlántica por radio, entre Cornualles y Terranova. Este enlace por radio abre la era de las comunicaciones a larga distancia.

Las ondas radioeléctricas permiten establecer una comunicación entre dos estaciones fijas, pero, sobre todo, ofrecen la solución ideal para establecer comunicación entre móviles de cualquier tipo, barcos, aviones, satélites, automóviles y peatones, y esto sin importar la distancia entre los interlocutores.

A comienzos del siglo XX, en diferentes países de Europa y América del norte, a los servicios de policía se les dota con equipos de radio para comunicar la central con los coches patrulla.

A principios de los años 50, en Estados Unidos, la compañía Bell Telephone ofrece a sus abonados un servicio de radiotelefonía. Por primera vez la radiotelefonía se generaliza, de modo que el gran público accede a un servicio hasta ahora reservado para ciertas instituciones. Sin embargo, la red de radiotelefonía no puede acoger más que a un número limitado de abonados.

Para afrontar el creciente número de solicitudes de abonados a este servicio, se impone el desarrollo de nuevas ideas que permitan repartir las bandas de frecuencias de radio entre un mayor número de abonados y que, además, contribuyan a mejorar la cuestión de la red, ya que la cantidad de frecuencias de radio disponibles para la radiotelefonía representa un freno para la difusión de este medio de comunicación.

En 1964, en las redes de radiotelefonía se introduce el concepto de reparto de recursos. La red concede dinámicamente un canal de radio a una nueva comunicación mientras esta dure. El sistema escoge, entre el conjunto de canales libres, una frecuencia que se asigna a una nueva comunicación. Este paso hacia

adelante es muy importante, ya que la gestión de las frecuencias, que hasta entonces era estática, se hace ahora de forma dinámica. A partir de este momento, una red puede contar con más abonados que canales de radio posea.

Las frecuencias de radio son recursos limitados para el radioteléfono, lo que conlleva a la necesidad de optimar sin cesar la utilización de este recurso. En 1971, en Estados Unidos, la compañía Bell Telephone presenta, como respuesta a la demanda de un sistema de radioteléfono abierto a un gran número de abonados, el concepto de red celular, que utiliza una banda de frecuencias de una anchura limitada, formulada por la Federal Communications Commission. La compañía Bell Telephone propone el sistema Advanced Mobile Phone Service que introduce este concepto celular. El sistema se experimenta en la ciudad de Chicago y, a partir de 1978, se hace operativo.

En el futuro el sistema celular con tecnología digital y el empleo de convergencia de servicios se consolidará como el medio de comunicación universal.

La radiocomunicación móvil es usada por primera vez en el año de 1921 por la policía de Detroit. La comunicación se realizaba en un solo sentido, desde el puesto central hasta los móviles.

En la década de los treinta se implantan sistemas de dos vías con equipos transmisores llamados “Push-to-talk” (half-duplex). Los equipos reducen su tamaño y consumo de potencia empleando modulación por frecuencia.

En el año de 1947 se desarrolla el transistor y se concibe el reúso de frecuencias entre áreas exagonales y el hand-off, concepto que lleva al desarrollo de comunicación celular.

Para reutilizar frecuencias, el sistema requería contar con “inteligencia” para intercambiar órdenes.

Para los años cincuenta fueron desarrollados sistemas para utilizar canales separados para hablar y escuchar simultáneamente, estos sistemas de doble banda “Full duplex” evitaban realizar el cambio de función transmisión (Tx) / recepción (Rx).

La compañía Dell desarrolló y utilizó sistemas de troncales hacia 1968. Con el advenimiento de los microprocesadores en los años setenta, se desarrollaron equipos de mayor capacidad y de menor tamaño.

Se establece el primer sistema telefónico celular en 1971 (EEUU) conocido como HCMT (High Capacity Mobile telephone). El sistema resultó del uso de Centrales AT&T enlazadas usando modulación por impulsos codificados (PCM).

El desarrollo definitivo es conocido hasta 1979 con el sistema IMTS (Improved Mobile Telephone System), el cual trabaja en la banda de los 450 MHz.

IMTS cuenta con transceptores (Transmisor-Receptor) “Full Dúplex”, central automatizada y antena para cubrir el área de servicio. La señalización es automática, inclusive para enlazarse a la red pública.

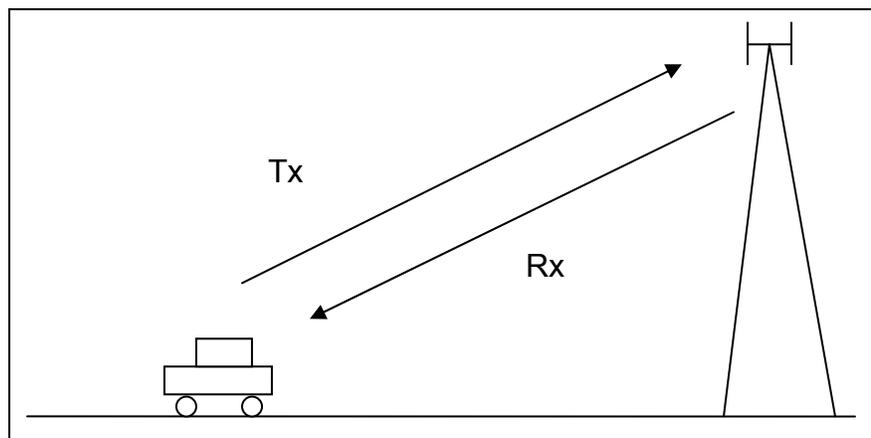


Figura 1.1.2 Full Dúplex

En los años ochenta los sistemas celulares analógicos empleaban bandas de 800 y 900 MHz, usando entre 666 a 1000 frecuencias-AMPS (Chicago, 1983), TACS (1985) y NMT900 (1987), y optimando el uso de frecuencias.

Evolución mundial de la comunicación móvil.

Organizaciones especializadas, proveedores de equipos y servicios han debatido en la implantación de tecnologías con mayores capacidades, de tal forma que favorezcan el mercado de las comunicaciones inalámbricas.

A través del tiempo, el desarrollo tecnológico y la lucha por la dominación de mercados han generado importantes estándares y tecnologías. Los sistemas celulares pueden clasificarse considerando el tipo de acceso, cobertura, tasa de transmisión de datos y eficiencia en el manejo del espectro.

1ª. Generación (analógicos)

NMT: Nordic Mobile Telephone (Europa).

Estándar desarrollado por Ericsson y usado en 30 países alrededor del mundo; parte de Europa, Asia y África. Este sistema opera en dos frecuencias 450 MHz y 900 MHz.

Puede combinarse con sistemas de 900 MHz y operar con otras compañías. Cubre excelentemente campos rurales, urbanos y fronteras internacionales.

AMPS: Advanced Mobile Phone System (América).

Uno de los primeros sistemas analógicos que salió al mercado y es usado en Estados Unidos, América Latina, al este de Europa, Australia y parte de Asia.

Del sistema se desprende lo que es ahora TDMA/IS-136 o previamente conocido como D-AMPS IS-136 versión digital de lo que es AMPS.

TACS: Total Access Communication System (Reino Unido).

Fue usado por primera vez en Inglaterra para los 900 MHz. Tiene la capacidad de 1320 canales en un ancho de banda de 25 kHz. Está diseñado para tener un alto índice de suscriptores de áreas urbanas y rurales. Soporta una velocidad de datos de 14.4 kbps.

2ª. Generación (digitales).

GSM: Groupe System Mobile (Europa, América, Asia).

GSM es uno de los líderes de los sistemas digitales en telefonía celular y salió en 1991. Las siglas principales de método de acceso son TDMA.

Realiza 8 llamadas simultáneas en el mismo radio de frecuencia en que TDMA hace una llamada. GSM simplifica la transmisión de datos utilizados en laptop, palmtop y celulares GSM.

Tiene servicio de alta velocidad de datos, mensajes cortos, Internet, etc.; además de brindar mayor seguridad en la comunicación y mayor calidad de voz.

El sistema se originó en Europa; actualmente existe en más de 100 países. GSM opera sobre los 900 MHz y 1800 MHz en Europa, Asia y Australia; y en los 1900 MHz en Norte América, Latinoamérica y África.

D-AMPS: Digital Advanced Mobile Phone System.

También conocido como TDMA, es una tecnología para transmisión digital de señales de radio. Está basado en el estándar de mayor desarrollo mundial, el IS-136.

D-AMPS es la plataforma ideal para los servicios PCS. El sistema que utiliza es el CMS8800, el cual tiene un alto grado de flexibilidad y funcionalidad en los 800/1900 MHz.

Este sistema le permite al usuario migrar rápidamente de analógico a digital.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CDMA es un sistema de tecnología digital basado en el IS-95, fue comercializado desde 1995. CDMA opera en los 800 y 1900 MHz.

Su primer mercado fue América y Asia (conocido también como cdmaOne), en la próxima generación se llamará CDMA2000 ó IS-2000.

Los servicios que ofrece son voz y datos con una velocidad de 64 kbps, así también ofrece buzón de voz y mensajes cortos (SMS).

La técnica de acceso es diferente a la de D-AMPS. Hace reuso de frecuencias, requiere pocos sitios celulares para cubrir un área en particular. Tiene ganancia de ocho a diez veces más que AMPS, permite una mejor calidad de sonido.

PCS: Personal Communication Services.

Es un concepto de servicios que persigue tener comunicación personalizada. El concepto es independiente de la plataforma tecnológica y del rango de frecuencias a utilizar (1900 MHz, México).

3ª. Generación (digitales).

Está basada en una familia de estándares para todas las aplicaciones y para todos los países reconocidos en el IMT-2000.

Características de esta generación:

- Uso global.
- Uso para todas las aplicaciones móviles.
- Soporte de transmisión de datos tanto por circuitos conmutados (CS) como por paquetes conmutados (PS).
- Tasas de transmisión hasta 2 Mbps (dependiendo de la movilidad/velocidad).
- Alta frecuencia del espectro.

Las propuestas más importantes de la familia IMT-2000 son:

- UMTS (W-CDMA) como el sucesor de GSM, CDMA2000 como el sucesor del IS-95, todos los estándares intermedios están dirigidos a alcanzar la meta IMT-2000.
- UMTS permitirá la introducción de mucho más aplicaciones al mercado global.
- Se ha introducido el concepto multi-operador (MC) para la interfaz de radio UTRA de UMTS, con la cual se espera compatibilidad con CDMA2000.

Introducción a la Red GSM (marco histórico).

Técnicas de acceso múltiple.

Según la técnica de multiacceso empleada, los sistemas de comunicaciones móviles pueden ser FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access) y CDMA (Code Division Multiple Access). Los sistemas FDMA, los primeros en aparecer (de tipo analógico) utilizan la multiplexación en frecuencia, los TDMA, los segundos (digitales), en el tiempo y los CDMA, los terceros (también digitales), en el tiempo y los CDMA, los terceros (también digitales), en código.

El sistema AMPS.

El estándar AMPS Servicio de Telefonía Móvil Avanzado (Advanced Mobile Phone Service), ampliamente utilizado en Estados Unidos, Canadá y varios países de Sudamérica, Australia y China, emplea la técnica FDMA Acceso Múltiple por División de Frecuencia (Frequency Division Multiple Access) con una separación duplex de 45 MHz y frecuencia entre canales de 30 kHz (canalización), consiguiendo inicialmente un total de 666 canales dúplex, de los cuales 624 se utilizan para voz y los otros 42 para control. Más tarde, el rango de frecuencias que se le había asignado por la FCC (Federal Communications Commission) se amplió (E-AMPS) y su capacidad aumentó hasta 832 canales (790 de voz + 42 de control).

Una versión de éste utilizada sólo durante algún tiempo, ha sido la Narrowband AMPS (BAMPS) que utilizaba canales de 10 kHz en orden a incrementar la capacidad de la red por un factor de 3. De esta manera, al reemplazar los canales AMPS con 3 canales NAMPS se multiplica por 3 la capacidad y, al proporcionar más concentración de enlaces se puede dar un mejor grado de servicio, gracias a la ganancia por multiplexación estadística, en las BTS situadas en zonas densamente pobladas.

Su origen se remonta a 1974, en el que la FCC asignó 40 MHz (20+20) del espectro para comunicaciones móviles celulares y solicitó propuestas técnicas que demostrasen el uso eficiente de este espectro. AT&T obtuvo la licencia para operar el servicio, primero de manera experimental en Chicago, y más tarde comercialmente, seguida por otras iniciativas empresariales al adjudicarse varias licencias a lo largo de 1982. En 1989 la FCC añadió 10 MHz resultando los 25+25 MHz actuales, lo que permitió 166 canales nuevos para voz.

Este estándar ha dado paso en 1990 al D-AMPS, o Digital AMPS, también conocido como TDMA (IS-54 y, posteriormente, su evolución IS-136 para operar en la banda de los 1900 MHz asignada a los PCS, Personal Communication System) o ADC (American Digital Celular), que emplea la misma banda de frecuencias y la misma separación de canales (30 kHz), pero hace un uso más eficiente de ellos, al utilizar la técnica TDMA. En lugar de conseguir multiplicar por 3 la capacidad de usuarios reduciendo en la misma proporción el ancho de banda, lo que hace N-AMPS es multiplicar por 3 esta capacidad aplicando la técnica TDMA a cada uno de los canales de 30 kHz; con este método cada llamada se separa en el tiempo. Utilizando codificadores de 8 kbps ofrece 6 veces más capacidad que AMPS.

CDMA (Code Division Multiple Access), basada en el estándar IS-95 CDMA, para proporcionar servicios de alta calidad, fax, datos y voz. Este estándar parte de los métodos de transmisión digital patentados por Qualcomm, en los cuales los usuarios comparten tanto tiempo como frecuencia. Cada uno de ellos posee una función de código que sólo debe conocer el dueño y los usuarios autorizados para conocer información.

Esta función de código consiste en un pseudo-ruido (PN) o código digital compuesto de "chips" (cada bit es independiente dentro del código PN). El código se añade a la información y es modulado con la portadora. Un código PN idéntico se utiliza en el receptor para correlacionar ambas señales. Las funciones PN son ortogonales entre

sí y su correlación cruzada en la práctica es muy baja con lo cual las señales que ocupan el mismo ancho de banda con distinta función de código pueden transmitirse simultáneamente sin interferirse (diversidad en códigos).

El receptor correlaciona el conjunto de señales recibidas con la misma función. Así las señales son separadas, aceptando únicamente la energía de la señal procedente del circuito deseado. Las señales no deseadas se ignoran, siendo procesadas como ruido.

La llegada del GSM.

A principio de los 90 se preveía que los sistemas de telefonía móvil alcanzaran el límite de sus posibilidades. Por otro lado, se contemplaba ya la liberación de las telecomunicaciones, empezando por el sector móvil. Todo ello auspició el desarrollo en Europa de un nuevo sistema con naturaleza paneuropea que permitiera la itinerancia internacional, creándose a tal efecto, en 1982, en el seno de la CEPT (Conference Européenne de Postes et Telecommunications) un grupo de trabajo denominado GSM (Groupe Special Mobile), con el mandato de especificar un sistema de telefonía móvil celular de gran capacidad, con posibilidad de evolución para ir incorporando nuevas tecnologías, servicios y aplicaciones.

La especificación de la fase I de GSM concluyó en 1991 con los servicios de voz y las primeras redes se desplegaron inmediatamente, desbordando todas las previsiones iniciales, incluso las más optimistas.

En España, a finales de 1994, se liberó el servicio de telefonía móvil, con la concesión de dos licencias GSM a Telefónica Móviles y Airtel, a quienes en 1999 se uniría Amena. El desarrollo del GSM ha sido espectacular y ha cumplido sobradamente las esperanzas puestas en él, desbordando su ámbito inicialmente previsto para extenderse fuera de Europa, en Estados Unidos, Países árabes,

Australia y otros, lo que ha motivado un cambio en la interpretación de su abreviatura, convirtiéndose en Global System for Mobil Communications.

En 1996 se inició la guerra de la telefonía y el uso del móvil se popularizó. Telefónica inició la distribución de MoviStar realizando campañas de publicidad conjuntas con otras empresas, en las cuales simplemente pagando el alta de la línea y asegurando un uso mínimo de seis meses, regalaban el teléfono. Los mejores campos de golf en España, donde la compañía se aseguraba una buena facturación mensual, fueron algunos de los lugares en los que empezó la distribución masiva del móvil.

Cuando la telefonía móvil inició su desarrollo, existía un concepto generalizado de que el nuevo invento era un complemento de la red fija y que su uso sería relativamente reducido y para grupos profesionales con intereses y necesidades específicas (ejecutivos), un hecho que, como es fácil constatar, no se ha cumplido. En 1998, con la liberación y desregulación se produce un punto de inflexión y de una cifra prevista para el 2000 de 60 millones de abonados a nivel mundial, la cifra ascendió a 700 millones, un error de cálculo más que apreciable.

El proceso de permeabilidad social que caracteriza la telefonía móvil recuerda lo que ocurrió en su tiempo con el teléfono fijo. La diferencia está en la mayor aceleración del procedimiento actual. Primero, la telefonía celular fue un hecho novedoso, privativo de unos pocos, pero muy pronto, algo que empezó siendo exclusivo acabo popularizándose y se extiende al resto de la población, sin dejar sector social, sexo o edad sin cubrir.

La tercera generación de móviles.

La siguiente generación de comunicaciones móviles, llamada 3G, significa un salto enorme respecto a los sistemas anteriores. Está pensada para itinerancia

global, transmisión de datos a alta velocidad a través de técnicas avanzadas de conmutación de circuitos y de paquetes, soporta tecnología IP (y ATM), lo que posibilita el acceso a Internet y, en general, aplicaciones multimedia móviles, con servicios personalizados y basados en la localización de los usuarios. El nuevo modelo de negocio es radicalmente distinto al actual y entran en juego nuevos agentes, como son los proveedores de contenidos y los proveedores de aplicaciones.

Básicamente, en Europa, cuando se habla de la tercera generación (3G) nos referimos a UMTS, de las siglas en inglés Universal Mobile Telecommunications Services, lo que hace referencia a los servicios universales de telecomunicaciones móviles de 3G de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

UMTS tendrá un papel protagonista en la creación del futuro mercado masivo para las comunicaciones multimedia inalámbrico de alta calidad y velocidad.

Debido a que GSM brinda un estándar común, los usuarios pueden utilizar sus teléfonos en todas las áreas de cobertura de la red GSM, en donde se incluyen a todos los países del mundo que emplean esta tecnología. Además, GSM también provee de servicios tales como: comunicación de datos de alta velocidad, facsímile, servicio de mensajes escritos (SMS) y servicios de red inteligente (IN), como por ejemplo el servicio de red virtual privada móvil (MVPNS).

1.2. Descripción teórica de los sistemas GSM.

Actualmente, se sufren cambios constantes: de información, de comunicación, de conocimiento, de economía global, de la era Internet. Ahora se ha cruzado el umbral de una nueva Era de verdad, la Era de la Comunicación sin cables.

La nueva tecnología, en el conjunto de sus variantes, provoca que las costumbres estén cambiando a velocidades muy rápidas. El futuro que se avecina es una combinación de información, comunicación, conocimiento, economía global e Internet. Todo ello, con una disponibilidad total en el tiempo y en el espacio, gracias al teléfono móvil.

Para satisfacer esta demanda, el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM Global System for Mobile Communication) fue introducido en la mitad de los 80's. Hoy, GSM es el estándar más popular en el mundo.

Los servicios avanzados de datos en movilidad engloban básicamente tres tecnologías diferentes: GSM, Estándar de Paquetes Conmutados (GPRS Packet Radio Services) y El Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal (UMTS Universal Mobile Telecommunication System).

La primera de ellas, GSM, actualmente en servicio, permite acceder de manera sencilla al mundo de la información principalmente en forma de texto.

La tecnología GPRS, capaz de proporcionar una velocidad de transferencia de datos mayor que GSM, utiliza el concepto de comunicación por paquetes, en vez de la tradicional por circuitos empleado en GSM. Mientras en circuitos se ocupa el recurso durante toda la comunicación, en paquetes sólo se requieren cuando existe algo que transmitir o recibir. .

A corto plazo se va a disponer también de soluciones para los negocios que harán cambiar buena parte de los procesos que hoy día se utilizan en las empresas, mejorando así, sensiblemente, la eficacia de la gestión y la atención al cliente. El verdadero valor agregado de un móvil no se limita a posibilitar la conversación; por muy importante que sea hoy este tipo de comunicación oral, a medio plazo pasará a representar apenas una mínima parte de las funciones y desarrollos que se podrán llevar a cabo desde terminales móviles.

El valor aportado por los servicios avanzados de datos en movilidad hace que se pueda hablar con propiedad de una nueva etapa en las comunicaciones. Según que su utilización sea particular, profesional o corporativa, estos servicios suponen una valiosa aportación en la vida privada, en la productividad profesional o en la relación con los clientes:

- Información: como: noticias, deportes, tráfico, el tiempo, finanzas, recetas, etc.
- Directorio: páginas amarillas, páginas blancas, restaurantes, cines, servicios.
- Comunicación: mensajes cortos, “chats”, correo electrónico.
- Navegación geográfica: búsqueda de direcciones, sugerencia de trayectos.
- Ocio: juegos, sorteos de lotería.
- Comercio electrónico: compra de bienes y servicios, reserva de entradas.
- Financieros: banca móvil, transacciones bursátiles.
- Internet: navegación.
- Multimedia: envío y recepción de música, fotos, gráficos y video.

La evolución será muy rápida y permitirá obtener cada vez un mayor valor de estos servicios por su avance en tres áreas clave:

- Utilización de la localización geográfica, de forma que sobre la base de la localización del usuario se pueda ofrecer un mayor valor con información de la zona o la ciudad donde se encuentra.
- Profundización en la personalización de los servicios sobre la base de las costumbres de uso y preferencias, pudiendo llegarse a la creación de servicios muy especializados para segmentos de población o personas concretas.
- Capacidad gráfica de los teléfonos, permitiendo una mayor riqueza de imágenes, hasta llegar a capacidades de video y fotografía.

La mayor ventaja de GPRS no es la tecnológica en si misma sino los servicios que facilita. Es la llave para comenzar a abordar cambios en los procesos internos que mejoran la eficiencia interna y la relación con los clientes, al eliminar barreras estáticas en la comunicación. .

Entre las ventajas puramente tecnológicas respecto a la tecnología GSM, podemos destacar las siguientes:

Utilización de la voz y los datos a través del teléfono móvil, gracias a la separación de canales que transmiten de forma paralela.

Velocidad de transmisión de datos, que permitirá aproximarse rápidamente a velocidades a las que estamos acostumbrados en las líneas fijas. Aunque en sus comienzos serán de 22 kbps, en pocos meses se pasará a más del doble, con lo que en poco tiempo la velocidad cuadruplicará el rendimiento de la tecnología GSM. Y el multiplicador continuará creciendo.

Facturación basada en el volumen de datos transferidos, en lugar de tarifas basadas en tiempo de conexión, con el consiguiente ahorro de costos cuando los volúmenes de transferencia sean mínimamente elevados.

GPRS, es considerado como la extensión del servicio GSM con mayor potencial para proporcionar el salto cualitativo de los datos sobre servicios móviles. GPRS supone integrar en el sistema GSM un nuevo concepto de red y con él una nueva arquitectura específicamente diseñada para facilitar el acceso a las redes de paquetes, mayoritariamente orientadas al protocolo IP.

GPRS define un método óptimo de acceso a redes IP, permitiendo al sistema GSM proporcionar capacidad y velocidades de acceso a Internet e intranets, mejorando adicionalmente la eficacia de la red. También proporcionará la posibilidad de desarrollar las redes GSM de hoy orientándolas hacia la red de tercera generación,

UMTS, puesto que la capacidad para crear nuevos servicios basados en el ubicuo IP y su flexibilidad de tarificar lo convierten en la plataforma perfecta para enlazar con la próxima generación del sistema de telecomunicaciones móviles.

El propósito de este análisis es conocer los servicios que GPRS proporciona y de esta forma llegar a un objetivo que es el análisis de la implementación a la tecnología celular.

Como hipótesis se toma que el ancho de banda y los servicios que proporciona la tecnología GPRS está sobre cualquier otra tecnología existente en el mercado.

La Magnitud del Problema refiere a que millones de usuarios en el país solamente procesamos voz pero el resto se vería beneficiado con un ancho de banda mayor para transferencia de datos y de video.

La historia de GSM se describe en la siguiente tabla:

FECHA	ACTIVIDAD
1982-1985	<ul style="list-style-type: none"> • La conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications CEPT) comienza especificando un estándar digital de telecomunicaciones en la frecuencia de 900 MHz, que llegó a conocerse después como GSM.
1986	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron pruebas en París para seleccionar la tecnología de transmisión. La seleccionada fue el Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access).
1987	<ul style="list-style-type: none"> • Operadores de doce países firmaron un acuerdo para introducir GSM en 1991.
1988	<ul style="list-style-type: none"> • CEPT empezó a producir las especificaciones para la fase de

	<p>implementación de GSM.</p> <ul style="list-style-type: none">• Otros cinco países firman el acuerdo.
1989	<ul style="list-style-type: none">• El Instituto Europeo de Telecomunicaciones y estandarización (European Telecommunication Standards ETSI) toma la responsabilidad de GSM.
1990	<ul style="list-style-type: none">• La fase 1 fue detenida para permitir el desarrollo de los equipos de la red.
1991	<ul style="list-style-type: none">• El estándar GSM 1800 fue liberado.• Un apéndice fue agregado al acuerdo, permitiendo que otros países que no pertenecen al CEPT firmaran.
1992	<ul style="list-style-type: none">• El primer producto comercial de fase uno fue presentado.• El primer roaming internacional fue establecido entre Telecom Finlandia y Vodafone en Reino Unido.
1993	<ul style="list-style-type: none">• Australia fue el primer país no Europeo en firmar el acuerdo.• El acuerdo ahora tenía un total de 70 miembros. La red GSM fue lanzada en Noruega, Austria, Israel, Hong Kong y Australia.• El número de suscriptores alcanzó un millón.
1994	<ul style="list-style-type: none">• Más redes GSM fueron instaladas.• El total de suscriptores pasaba de tres millones.
1995	<ul style="list-style-type: none">• El Servicio para Comunicaciones Personales (PSC) fue desarrollado en los E.U. Versión GSM que opera en 1900 MHz.• GSM continúa creciendo, con una tasa de crecimiento de 10000 suscriptores por día.
1996	<ul style="list-style-type: none">• El primer sistema de 1900 está disponible, este cumple con el estándar PCS 1900.
1998	<ul style="list-style-type: none">• Al empezar el año de 1998 tiene un total de 253 miembros de 100 países y hay más de 70 millones de suscriptores alrededor del mundo.

Tabla 1.2.1

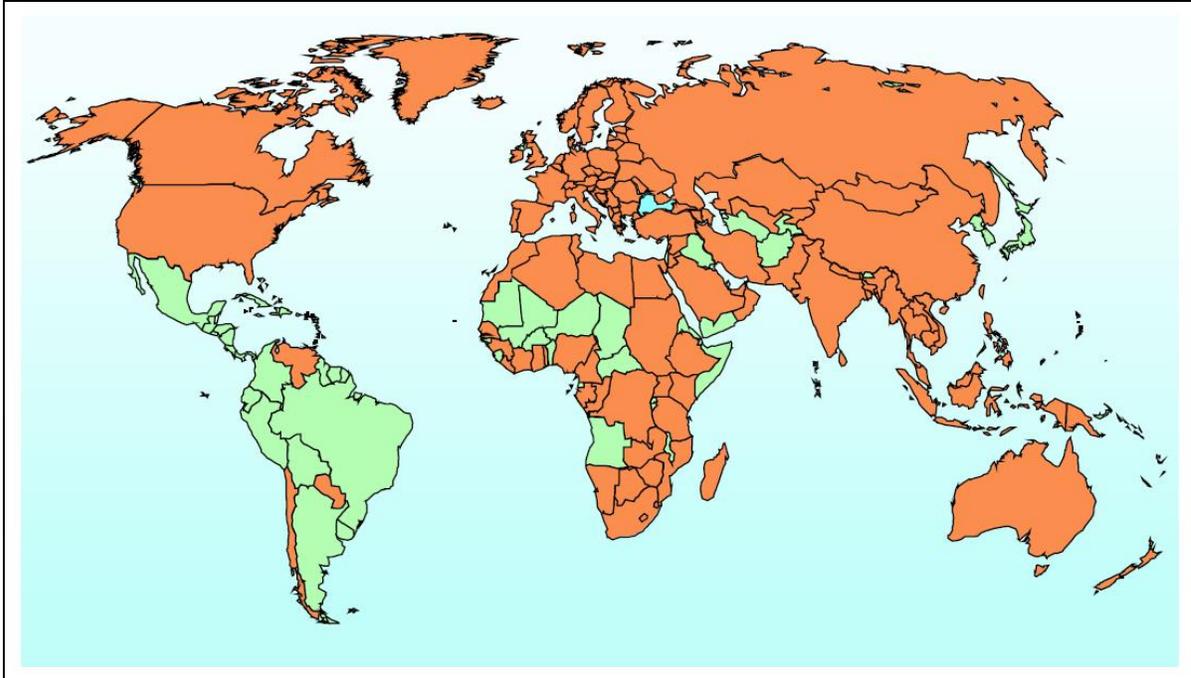


Figura 1.2.1. GSM en todo el mundo (indicado por las zonas más oscuras).

Como GSM es un estándar, los subscriptores pueden usar sus teléfonos celulares sobre la entera área de servicios de GSM, la cual incluye a todos los países alrededor del mundo donde se usa este sistema.

Además, GSM provee servicios tales como comunicación de datos de alta velocidad y servicio de mensajes (SMS). GSM también está diseñado para trabajar con otras interfaces estandarizadas.

Finalmente, un aspecto importante de GSM es que es un estándar abierto y puede ser construido para futuros requerimientos.

1.2.1 Especificaciones de GSM.

GSM fue diseñado en una plataforma independiente, las especificaciones de GSM no especifican el hardware, pero sí especifican el funcionamiento de la red y

de las interfaces. Esto permite el diseño del hardware y que sea creado para que proporcione las funcionalidades y al mismo tiempo hace posible que el operador de la red pueda comprar equipo de diferentes proveedores.

Las recomendaciones de GSM consisten en doce series las cuales son listadas en la tabla de abajo. Estos fueron escritos por un grupo de expertos y coordinados por la ETSI.

SERIE	CONTENIDO
01	General
02	Aspectos del Servicio
03	Aspectos de la RED
04	MS (Suscriptor Móvil - Movil Subscriber) – BSS (Sistema de Estación Móvil), interfaces y protocolos
05	Capa Física en la etapa de Radio
06	Especificación del código en voz
07	Terminales para MS
08	Interfaz BSS-MSC (Centro de Conmutación de Servicios Móviles).
09	Red
10	Servicios
11	Equipos de prueba de la red
12	Operación y Mantenimiento

Tabla 1.2.2 Recomendaciones de GSM.

La sección de GSM 1800 es escrita en un apartado dentro de las recomendaciones de GSM, describe solo las diferencias entre GSM 1800 y GSM 900. GSM 1900 es basado en GSM 1800 y ha sido adaptado de acuerdo con el estándar Americano (ANSI).

1.2.2 Fase de GSM.

A finales de 1980, el grupo involucrado en el desarrollo del estándar de GSM no completó las especificaciones para el rango total de servicios y características de GSM como originalmente se planeó. Por lo que se decidió que GSM fuera liberado en fases, la fase 1 consiste en un número limitado de servicios y características.

Servicios de la fase 1

- Voz.
- Redireccionamiento de llamada (por estado ocupado, por no obtener llamada, por saturación)
- Roaming Internacional.
- Servicios de Fax/datos (Arriba de 9.6 kbps).
- Servicio de Mensajes Cortos (SMS).

La fase uno también incorpora el Módulo de identificación del Subscriptor (SIM).

Fase 2.

- Identificador de llamadas.
- Llamada en espera.
- Conferencia.
- Mayor velocidad de comunicación de datos.

Fase 2+.

- Perfil de servicios múltiples.
- Planes de numeración privada.
- Interconexión entre GSM 1800 y GSM 1900.

1.2.3 Evolución de GSM hacia UMTS.

Las normas GSM actualmente evolucionan para aumentar la velocidad de transferencia así como para introducir nuevos modos: circuitos (HSCSD) y/o paquetes (GPRS). Sin embargo, para el futuro sistema UMTS, la interfaz de radio descansará en una nueva interfaz – UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)-distinta a la del sistema GSM. El grupo de trabajo SMG2 del ETSI ha sido encargado de plantear especificaciones de esta norma. Las proposiciones sometidas al ETSI para esta interfaz de radio descansa en dos técnicas de multiplexado: TDMA y WCDMA. La proposición UTRA se someterá a la UIT para el proyecto IMT-2000.

La velocidad de la interfaz dependerá del entorno de utilización.

- En zona rural, al menos 144 kbps; el objetivo es de 384 kbps.
- En espacio urbano, al menos 144 kbps; el objetivo es 512 kbps.
- Dentro de un inmueble, al menos 2 Mbps.

La interfaz UTRA debe ofrecer un hand-over transparente en el paso de la red de un operador UMTS hacia otra red UMTS, pero también hacia una red GSM de segunda generación.

A partir del 2000, las redes UMTS deberán responder a un mercado de masa en cuanto a servicios de telecomunicaciones móviles. Los estudios de mercado prevén de 50 a 100 millones de abonados y de 100 a 200 millones hacia el 2010.

Un segundo objetivo de UMTS es ofrecer un servicio de movilidad universal, superando las limitaciones debidas a la multiplicidad de sistemas y redes. Así, una Terminal permitirá establecer una comunicación en diversos entornos de utilización: domicilio, oficina, vía pública, automóvil, tren, etc. La Terminal deberá gestionar una gran variedad de coberturas radio-eléctricas, que irá desde los límites de radio de corto alcance en edificios hasta los satélites, de forma que pueda cubrir, por

ejemplo, zonas de baja densidad de población. La cobertura de las redes será Mundial, pero la movilidad deberá adaptarse a las necesidades que correspondan al modo de vida de cada usuario.

Otro objetivo para UMTS es el de soportar nuevos servicios de alta velocidad. Las crecientes necesidades de servicios de datos o de video (bases de datos, transferencia de ficheros, fax de alta resolución, videoconferencia móvil, etc.), así como la interconexión a las redes de banda ancha y RDSI, potenciarán la diversificación de las terminales y el aumento de la velocidad disponible para la interfaz de radio. El límite se situará alrededor de los 2 Mbps en ciertos ámbitos de aplicación. En lo concerniente a la calidad de servicio, deberá ser equivalente a la de las redes por hilos.

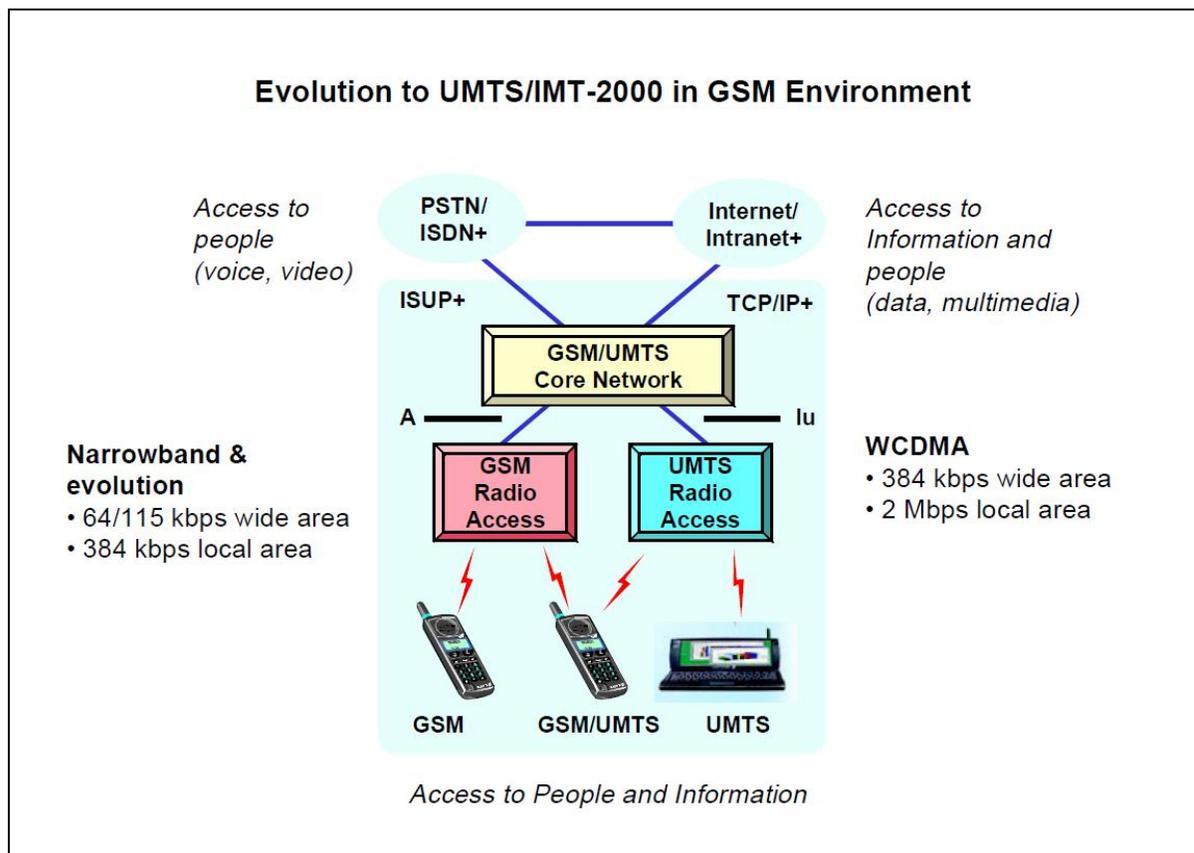


Figura 1.2.2 Evolución a UMTS/IMT-2000 en ambiente GSM

1.3. Conceptos teóricos generales

Longitud de Onda

Hay muchos tipos diferentes de ondas electromagnéticas. Estas ondas pueden ser descritas por una función sinusoidal, que se caracteriza por la longitud de onda. Longitud de onda (λ) es la distancia de una oscilación completa y se mide en metros (m). La frecuencia y la longitud de onda están relacionadas a través de la rapidez de propagación que, para las ondas de radio, es la velocidad de la luz c (3×10^8 m/s).

La longitud de onda de una señal se puede determinar mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{longitud de onda} = \text{rapidez de propagación} / \text{frecuencia}$$

De esta fórmula se puede determinar que cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda ya que la rapidez es constante. Frecuencias más bajas, con longitudes de onda largas, se adaptan mejor a la transmisión a través de grandes distancias, ya que se reflejan en la superficie de la Tierra y en la atmósfera. La televisión y la radio FM son ejemplos de sus aplicaciones, que utilizan frecuencias más bajas.

Las frecuencias más altas, con longitudes de onda más cortas, se adaptan mejor a la transmisión a través de distancias cortas, ya que son sensibles a problemas tales como los obstáculos en la línea de la ruta de transmisión. Las frecuencias más altas son adecuadas para pequeñas áreas de cobertura, en donde el receptor está relativamente cerca del transmisor.

Las frecuencias utilizadas por los sistemas móviles proporcionan las grandes ventajas que ofrece la cobertura de las frecuencias más bajas y las ventajas de la cercanía al receptor ofrecidas por el uso de frecuencias más altas.

Ancho de Banda

Ancho de banda es el término utilizado para describir el rango de frecuencias asignado a una aplicación. El ancho de banda otorgado a una aplicación depende de la cantidad de frecuencias disponibles del espectro. La cantidad de ancho de banda disponible es un factor importante en la determinación de la capacidad de un sistema móvil; es decir, el número de llamadas, que puede ser manejado.

Canales

Otro factor importante en la determinación de la capacidad de un sistema móvil es el canal. Un canal es una frecuencia o conjunto de las frecuencias que pueden ser asignadas para la transmisión, y posibilita la recepción de la información. Cualquier forma de canal de comunicación puede clasificarse en uno de los siguientes tipos:

Tipo	Descripción	Ejemplos
“Simplex”	Solo una vía	Radio FM, televisión
Half dúplex	Dos vías, solo una a la vez	Radio de policía
Full dúplex	Dos vías, ambas al mismo tiempo	Sistemas móviles

Tabla 1.3.1

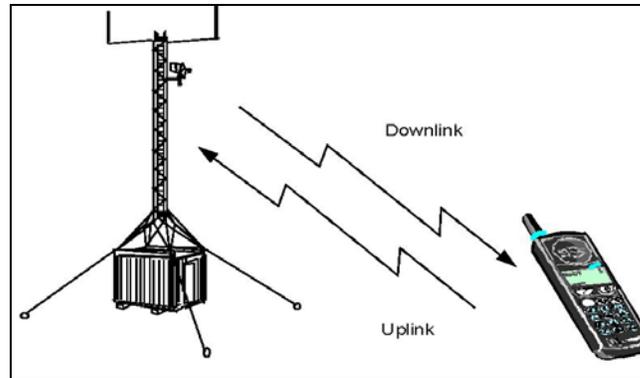


Figura 1.3.1 Full dúplex

Un canal “simplex”, como una estación de radio de FM de música, utiliza una sola frecuencia en un solo sentido únicamente. Un canal dúplex, como el utilizado durante una llamada de celular, utiliza dos frecuencias: una hacia el MS y otra desde el MS. La dirección desde el MS hacia la red se conoce como uplink. La dirección desde la red hacia el MS se denomina downlink.

Pulso de banda base y señalización digital

La señalización digital tiene mucha aceptación por el bajo costo de los circuitos digitales y por la flexibilidad del enfoque digital. Esta flexibilidad surge por ejemplo, porque los datos digitales producidos por fuentes digitales se pueden mezclar con datos digitalizados provenientes de fuentes analógicas para abastecer a un sistema de comunicación de uso general.

Las señales implicadas en el problema de conversión analógica a digital son señales de banda base. También se ve que las señales para comunicación digital pasabanda se producen al utilizar señales digitales de banda base para modular una portadora. Por ejemplo, si una fase de señal digital (bandabase) modula una portadora, se dice que la señal pasabanda resultante es una señal de transmisión por desplazamiento de fase (PSK, por sus siglas en inglés: phase-shift-keyed).

Una de las técnicas más aceptadas para convertir las formas de onda analógicas en digitales se llama modulación por codificación del pulso (PCM, por sus siglas en inglés: pulse code modulation).

Modulación por amplitud de pulso.

La modulación por amplitud de pulso (PAM) es un término que se utiliza para describir la conversión de señales analógicas en señales de pulsos donde la amplitud del impulso denota la información analógica. Esta señal PAM se puede convertir en una señal digital PCM (de banda base), la que a su vez se modula sobre una portadora en sistemas de comunicación digital pasabanda. Por consiguiente, el proceso de conversión analógica a PAM es el primer paso en la conversión de una forma de onda analógica en una señal PCM (digital).

El teorema de muestreo permite reproducir una forma de onda analógica con valores de muestreo de dicha forma de onda y funciones ortogonales $\text{sen}x/x$. El objetivo de la señalización PAM es proporcionar otra forma de onda con apariencia de pulsos, y que aun así contenga la información que estaba presente.

Información analógica

La información analógica es continua y no se sujeta a valores discretos. Un ejemplo de información analógica es el tiempo. Es continuo y no se detiene en puntos específicos. Aunque el segundero de un reloj analógico suele saltar de un segundo a otro sigue en torno a la carátula del reloj sin parar.

Señales analógicas

Una señal analógica es una forma de onda continua que cambia de acuerdo con las propiedades de la información que se representa.

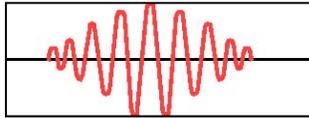


Fig. 1.3.2 Señal analógica

Información Digital

La información digital es un conjunto de valores discretos. El tiempo también puede ser representado digitalmente. Sin embargo, la hora digital estaría representada por un reloj que salta de un minuto a otro sin que se detenga en los segundos. De esta manera, un reloj digital estaría tomando una muestra de tiempo en intervalos predefinidos.

Las señales digitales

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

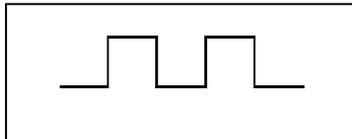


Fig. 1.3.3 Señal digital

Sistema de comunicaciones electrónicas

El objetivo fundamental de un sistema de comunicaciones es transferir información de un lugar a otro. En todo sistema de comunicaciones podemos

distinguir los siguientes elementos. Emisor: es el elemento que transmite la información. Receptor: es el elemento que recibe la información. Canal: es el medio a través del cual tiene lugar la transmisión de la información.

Las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos.

Comunicación de datos

Es el proceso de comunicación de la información en forma binaria entre dos puntos. La comunicación de datos algunas veces es denominada comunicación de computadora, o entre computadoras y sus terminales, impresoras u otros dispositivos periféricos. Los datos pueden ser tan elementales como los símbolos binarios 1 y 0, o tan complejos como los caracteres escritos por medio de un teclado de computadora. En cualquier caso, los caracteres o símbolos representan información.

Códigos de comunicación

Una característica común de los sistemas de comunicación de datos es el uso de un dispositivo inteligente que convierte un carácter o símbolo en una forma codificada o viceversa.

Un código es un estándar (acordado de antemano) de relaciones de significados entre elementos de señalización y caracteres. La idea principal es el estándar. Los códigos usados en los sistemas de comunicación de datos ya están definidos y el código utilizado está implementado en el equipo. Así que la única vez que el usuario podría ser necesitado para enfrentarse con los códigos es cuando hace la interfaz

entre dos equipos de diferente manufactura. Los caracteres son letras, números, espacios, marcas de puntuación, y otros signos y símbolos de un teclado.

Protocolos e interfaces

Un protocolo es un acuerdo entre dos personas o procesos (en nuestros días los procesos son programas de computadora) acerca de cual manera efectuarán qué a quién, y cuándo. Una interfaz es un grupo de reglas incorporadas a menudo en piezas de “hardware”, que controla la interacción de dos diferentes máquinas o procesos, como una computadora y un módem. Un protocolo, por otra parte, es una serie de reglas que definen la interacción entre dos máquinas o procesos que son similares o que tienen funciones similares.

Radiocomunicaciones por microondas

Se suelen describir las microondas como ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde unos 500 MHz hasta 300 GHz o más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias inherentes, tienen longitudes de onda relativamente cortas, de ahí el nombre “micro” ondas.

Capítulo 2.

Descripción del Sistema GSM.

2.1. Características generales.

Una red se caracteriza por sus equipos y, para conectar estos últimos, sus interfaces. Todos estos elementos proporcionan los servicios normalizados.

Equipos funcionales de una red.

- Los equipos que se encuentran en una red y sus funciones son.
- El terminal del abonado es una estación móvil (mobile station, MS)
- La estación base es un emisor/receptor de radio (Base Transceiver Station, BTS), que enlaza las estaciones móviles con la infraestructura fija de la red;
- El controlador de estación base (Base Station Controller, BSC) administra un grupo de estaciones base;
- El conjunto constituido por las estaciones base y su controlador constituyen un subsistema de radio (Base Station Subsystem, BSS);
- El conmutador de red (Mobile Switching Centre, MSC) proporciona acceso hacia las redes telefónicas y RDSI;
- El registro de localización de visitantes (Visitor Location Register, VLR) es una base de datos en la cual se inscriben temporalmente los abonados de paso en la red;
- El registro de abonados locales (Home Location Register, HLR) es la base de datos en donde los abonados de la red se encuentran referenciados;

- El centro de autenticación de los abonados (Authentication Centre, AUC) es una base de datos protegida donde se controlan los códigos confidenciales de los abonados;
- El conjunto formado por el conmutador, el registro de localización de visitantes, el registro de abonados locales y el centro de autenticación de los abonados constituye un subsistema de red (Network Subsystem, NSS),
- El centro de control y mantenimiento (Operation and Maintenance Centre, OMC) garantiza la explotación técnica y comercial de la red.

Interfaces de la red.

Las interfaces son también componentes importantes de la red. Soportan el diálogo entre los equipos y permiten que funcionen entre sí. La normalización de las interfaces garantiza la correcta interacción entre los equipos heterogéneos. Producidos por distintos fabricantes. En consecuencia, el ETSI ha normalizado las siguientes interfaces:

- La interfaz de radio Um está localizada entre la estación móvil y la estación base MS \leftrightarrow BTS. Se trata de la interfaz más importante de la red;
- La interfaz A-bis conecta una estación base con su controlador BTS \leftrightarrow MSC. El soporte es un enlace por hilos MIC;
- La interfaz A se sitúa entre un controlador y un conmutador BSC \leftrightarrow MSC. Un enlace MIC a 64 kbps materializa su realización;
- La interfaz X.25 conecta un controlador con el centro de control BSC \leftrightarrow OMC. El soporte del enlace es proporcionado por una red de transmisión de datos;
- La interfaz entre el conmutador y la red pública viene definida por el protocolo de señalización Núm. 7 del CCITT.

Equipamiento de una red GSM.

Estación Base, BTS.

La célula es la unidad básica para la cobertura por radio de un territorio. Una estación base BTS garantiza la cobertura radioeléctrica en una célula de la red. Proporciona el punto de entrada a la red a los abonados presentes en su célula para recibir o transmitir llamadas. Una estación base controla, como máximo ocho comunicaciones simultáneas. El multiplexado AMRT de orden 8 utilizado es el que impone este límite. La superficie de una célula varía enormemente entre los espacios urbanos y los espacios rurales. En los urbanos, donde la densidad de tráfico es importante, el tamaño de las células es pequeño para aumentar la capacidad de comunicación por unidad de superficie. El radio de la célula en este entorno puede llegar a su límite más bajo, impuesto por los costos de infraestructura y las condiciones de propagación de las ondas de radio (unos 200 m). Por el contrario, en los espacios rurales, la densidad de tráfico es mucho más pequeña y, por tanto, las dimensiones de las células son mucho mayores (30 km.), siendo la potencia de los emisores la que determina el límite. Una estación base es esencialmente un conjunto emisor/receptor que, por sí mismo, constituye un elemento más en la cadena de comunicación. Una estación base se puede controlar, bien localmente si es necesario, o bien de forma remota a través de su controlador de estación base.

Controlador de la Estación Base, BSC.

Un controlador de estaciones base se encarga de gestionar una o varias estaciones. Cumple diferentes funciones de comunicación y de explotación. Para el tráfico abonado procedente de las estaciones base, se comporta como un concentrador; para el tráfico que proviene del conmutador, actúa como un enrutador hacia la estación base destinataria. En las funciones de explotación de la red, el controlador es, por un lado, un repetidor para las alarmas y las estadísticas procedentes de las estaciones base y destinadas al centro de control y

mantenimiento; por otro, es una base de datos para las versiones software y los datos de configuración que el operador carga de forma remota en las estaciones base que pasan por el controlador. Almacena y proporciona información bajo petición del operador o de una estación base que entra en funcionamiento. Para el operador, el controlador gestiona los recursos de radio de su zona, constituido por el conjunto de células que tiene asociadas. En consecuencia, asigna las frecuencias de radio que puede utilizar cada una de sus estaciones base.

El controlador gestiona igualmente las transferencias entre células cuando una estación móvil atraviesa la frontera entre dos células. Este punto, avisa a la célula que se va a hacer cargo del abonado y le pasa toda la información necesaria. Igualmente, el controlador notifica a la base de datos HLR la nueva localización del abonado. Naturalmente, este equipo constituye una etapa hacia los terminales de abonados en la cadena de transmisión de los teleservicios o en la búsqueda de un abonado para una llamada que llega del conmutador. Para el centro de control y mantenimiento, el controlador es el único equipo del subsistema de radio que se puede dirigir directamente de forma remota, ya que toda la gestión técnica de las estaciones base pasa por él.

La siguiente figura presenta un controlador y los equipos conectados a él, un cluster formado por tres estaciones base, el centro de control y mantenimiento, y el conmutador.

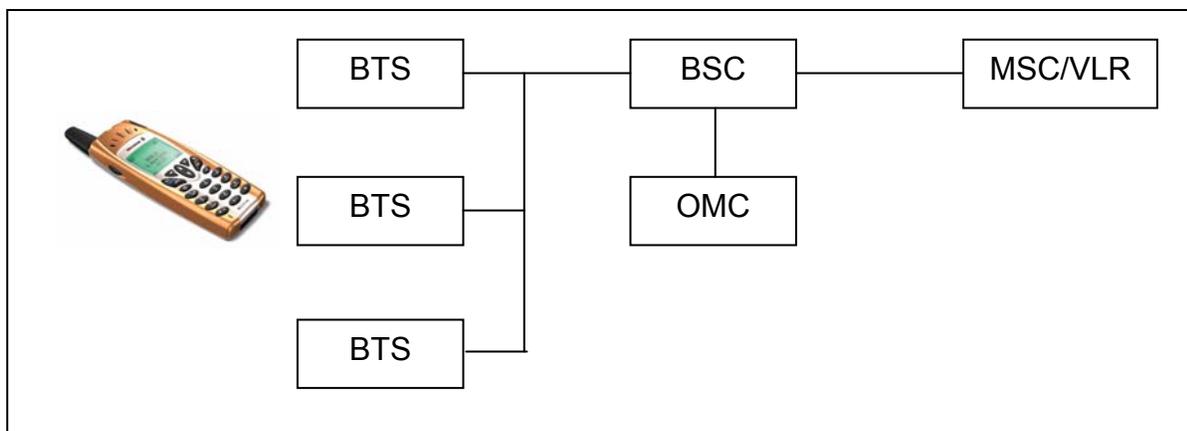


Figura: 2.1.1 Interfaces del subsistema de radio

Conmutador, MSC.

El conmutador se encarga de interconectar la red de radiotelefonía con la red telefónica pública. Para ello tiene en cuenta las eventualidades introducidas por la movilidad, la transferencia intercelular y la gestión de los abonados visitantes, que son los abonados de otras redes en tránsito por la suya. El autoconmutador de tipo DSI es el que con más frecuencia se encuentra en las redes, mejorado con las funcionalidades complementarias particulares para este tipo de uso. El conmutador es un nodo muy importante, y proporciona acceso hacia el centro de autenticación que verifica los derechos de los abonados. Participa en la gestión de la movilidad de los abonados y, por lo tanto, en su localización en la red, pero también en el suministro de todos los teleservicios ofrecidos por la red: vocales, suplementarios y mensajería.

Registro de Abonados Locales, HLR.

El registro de abonados locales es una base de datos que contiene información relativa a los abonados de la red. Una red puede tener varias de estas bases, según la capacidad de las máquinas, la fiabilidad u otros criterios de explotación elegidos por el operador. En esta base de datos, un registro por cada uno de los abonados describe con detalle las opciones contratadas y los servicios suplementarios a los que tiene acceso el abonado. A esta información estática están asociadas otras informaciones dinámicas, como la última localización conocida del abonado, el estado de su terminal (en servicio, en comunicación, en reposo, fuera de servicio, etc.). El HLR diferencia la entidad de abonado de la terminal. Un abonado puede utilizar el terminal de otro abonado sin problema alguno de facturación, ya que un abonado es reconocido por la información contenida en su tarjeta de abono, llamada Subscriber Identity Module (SIM), que es una tarjeta <<inteligente>> (con microprocesador) personal para cada abonado.

Cuando un abonado utiliza un servicio de red, una parte de la información contenida en esta tarjeta se transmite a su base de datos HLR que reconoce al abonado, de esta forma, la red distingue las dos entidades, abonado y terminal.

La información dinámica relativa al estado y a la localización de un abonado se actualiza constantemente, así, los mensajes que hay que enviar al abonado, el número de teléfono destinatario en caso de un reenvío temporal se memorizan en el HLR. La información dinámica es particularmente útil cuando la red encamina una llamada hacia el abonado. Antes de nada, la red empieza por consultar su HLR para conocer la última localización conocida, el último estado del Terminal de abonado y la fecha de esos datos. La mayor diferencia entre una red telefónica por hilos y una red de radiotelefonía es la movilidad del Terminal del abonado. En una red por hilos, un número de teléfono se asocia a la dirección del aparato fijo localizado en un determinado lugar. El sistema es por tanto capaz de determinar rápidamente un camino entre el emisor de una llamada y su destinatario. Esta hipótesis se queda obsoleta en el caso de una red con móviles, donde hay que determinar el camino interrogando sucesivamente a las bases de datos para encontrar al destinatario en la red y después dirigir allí la llamada. El HLR contiene también la clave secreta del abonado, que permite a la red verificar su identidad. Esta clave se guarda en un formato codificado que sólo el centro de autenticación de red es capaz de descifrar.

Centro de Autenticación, AUC.

El centro de autenticación, AUC, es una base de datos que almacena información confidencial, que se encuentra localizado en una dependencia cuya entrada está restringida y donde sólo se permite el acceso a personal autorizado. Antes de acceder a la base de datos, este personal debe proporcionar una contraseña de acceso. Además, la información contenida en la base se escribe en los soportes físicos de forma codificada. El centro de autenticación controla los derechos de uso que cada abonado posee sobre los servicios de la red. Esta

comprobación se efectúa para cada solicitud de uso de cualquier servicio formulada por el abonado. Este control se hace con vistas a proteger tanto al proveedor de servicios como a los abonados. En efecto, al operador le interesa conocer sin ambigüedades la identidad de todo aquel que utilice su red, con el fin de facturar el importe del servicio prestado.

Por otro lado la identificación certera de un usuario protege a cada abonado contra el uso fraudulento de su abono y le evita, por tanto, correr con los gastos ante un posible defraudador. Dado que el uso de la red está vetado a los defraudadores, no es posible reclamación alguna en cuanto a facturación. Los abonados saben que se les está cobrando realmente por los servicios que utilizan. Esta identificación se efectúa en dos etapas. La primera es local: cuando entra en servicio su Terminal, un abonado debe identificarse mediante una firma electrónica. Para ello, introduce su código secreto mediante el teclado del Terminal, que es verificado por el microprocesador de la tarjeta de abonado SIM que previamente se ha insertado en el lector del aparato. Una vez que se ha introducido el código esperado, puede empezar a utilizar el aparato. La segunda etapa de identificación se realiza cuando el abonado quiere utilizar un servicio de red. En un primer momento, la red solicita al Terminal que le proporcione la identidad del abonado, representada por su número de abonado. A continuación, la red solicita al abonado que demuestre su identidad utilizando un algoritmo grabado en un espacio de memoria, protegido contra lectura, de su tarjeta. Una copia de este algoritmo se encuentra también almacenada en el centro de autenticación. De esta forma el algoritmo secreto nunca circula por la red, únicamente lo hace el resultado del cálculo efectuado con este algoritmo, en forma de código. El centro de autenticación, haciendo una simple comparación entre el resultado recibido y el esperado, valida o no el acceso al abonado.

Un número de abonado es una información que no está protegida, aunque diferente al número telefónico. Sin embargo, un defraudador puede conocer el número de abonado a través de alguno de sus contactos. Si este defraudador se hace pasar

por un número de abonado que conozca, cuando el centro de autenticación le pida que demuestre su identidad, éste será incapaz de hacerlo. El centro de autenticación le desenmascara entonces y le impide el uso de los servicios de la red. Cuando un abonado es correctamente validado, la red interroga al registro de abonados locales, HLR, para conocer las opciones suscritas en el contrato de abono y los derechos de acceso al servicio solicitado. Si los derechos son válidos, el abonado accede al servicio requerido.

Registro de Localización de Visitantes, VLR.

El registro de localización de visitantes es una base de datos asociada a un conmutador MSC. Su misión es almacenar la información dinámica relativa a los abonados de paso por la red. Esta gestión es muy importante, ya que en cada instante la red debe conocer la localización de todos los abonados presentes en ella; es decir, debe saber en qué célula se encuentra cada uno de ellos. En el VLR, un abonado se describe, en particular, por un identificativo y una localización. La red debe conocer esta información, que es fundamental para estar en condiciones de encaminar una llamada hacia un abonado o para establecer una comunicación requerida por un abonado visitante con destino a otro abonado. Dado que las características de los abonados GSM es la movilidad, es necesario tener localizados permanentemente a todos los abonados presentes en la red y seguir su desplazamiento. Para cada cambio de célula de un abonado, la red debe actualizar el VLR de la red visitada y el HLR del abonado, de ahí que se produzca un diálogo permanente entre las bases de datos de la red. La actualización del HLR es importante para el tratamiento de las llamadas destinadas a un abonado. En efecto, cuando la red quiere localizar a un abonado, empieza por preguntar al HLR para conocer la última localización conocida de él para comprobar su presencia. La red estaría entonces en condiciones de tratar el camino entre el solicitante y el solicitado; es decir, de encaminar la llamada.

Un subsistema de red, llamado también NSS, se compone de los equipos siguientes: registro de abonados locales, el centro de autenticación, el conmutador del servicio móvil y el registro de localización de visitantes. Sus misiones se centran en la gestión de llamadas, la gestión de movilidad, la gestión de servicios suplementarios y gestión de mensajería.

Encaminamiento de llamadas.

Veamos dos tipos de llamadas que ilustran la interacción que existe entre los equipos de la red:

- La llamada de un abonado de la red GSM hacia un abonado RTCP/RDSI;
- La llamada de un abonado de la red pública RTCP/RDSI hacia un abonado de la red GSM.

Para emitir una llamada, el abonado de la red GSM introduce el número de su interlocutor. Su petición llega a la BTS de su célula, después pasa por el BSC para terminar en el conmutador de red, donde el abonado es, en primer lugar, autenticado y acto seguido se comprueban sus derechos de uso. El conmutador MSC transmite entonces la llamada a la red pública y solicita al controlador BSC la reserva de un canal para la futura comunicación. En cuanto el abonado llamado descuelga su teléfono, la comunicación queda establecida.

Cuando un abonado de la red pública RTCP/RDSI llama a un abonado de la red GSM, los procesos son diferentes y más numerosos. Cuando el abonado de la red RTCP/RDSI marca el número, a priori, no se establece ningún control por parte de la red, si acaso, una eventual restricción de llamadas salientes. El número solicitado se analiza por el conmutador del que depende el abonado, y a continuación, la llamada es dirigida hacia la red GSM para interrogar al HLR por el número telefónico solicitado a fin de localizar al destinatario. El HLR del abonado de una red

móvil es la base de datos capaz de proporcionar información para localizar al abonado y conocer el estado de su Terminal (libre, ocupado, fuera de servicio). Cuando el llamado está libre, la red interroga al VLR que guarda su registro para conocer la célula y el controlador de estación BSC de la zona al que está enlazado. La red está entonces en condiciones de activar el zumbador del Terminal llamado y de reservar un camino entre el abonado llamante y el llamado. A fin de activar el zumbador del Terminal llamado, el controlador BSC de la zona difunde un aviso de llamada a través del conjunto de estaciones BTS de su zona hacia el Terminal llamado, el cual, como está a la escucha en la red, reconoce su número y activa el zumbador del Terminal. Únicamente cuando el abonado llamado descuelgue, la red proporcionará definitivamente los recursos reservados para la comunicación. Al mismo tiempo, las bases de datos VLR y HLR registran la nueva situación del abonado.

Centro de Control y Mantenimiento, OMC.

El centro de control y mantenimiento es la entidad encargada de la gestión y explotación de la red. La entidad engloba la gestión administrativa de los abonados y la gestión técnica de los equipos. La gestión administrativa y comercial de la red se ocupa de los abonos en términos de altas, modificaciones, bajas y facturación. Una buena parte de la gestión administrativa interactúa con la base de datos HLR. La gestión comercial solicita a los conmutadores de red las estadísticas para conocer los hábitos y los tiempos de espera de los abonados y, según la información recogida, la dirección comercial adapta las tarifas para distribuir el tráfico a lo largo de la jornada o para potenciar aquellos servicios más solicitados. La gestión técnica se encarga de garantizar la disponibilidad y la correcta configuración material de los equipos de la red. Su línea de trabajo supervisa las alarmas emitidas por los equipos, la reparación de averías la gestión de las versiones del software, la evaluación del rendimiento, la gestión de la seguridad. La mayoría de estas tareas de gestión se realizan de forma remota mediante un

sistema de telecontrol que trabaja por una red de transferencia de datos distinta a la red de telecomunicación GSM.

Transmisión por radio.

Canales físicos.

A nivel de la interfaz Um, el GSM utiliza dos técnicas de multiplexado, el frecuencial AMRF-acceso múltiple por división de frecuencia- y el temporal AMRT-acceso múltiple por división de tiempo-. El multiplexado frecuencial AMRF divide en 124 canales, de 200 kHz. de anchura cada uno, las dos bandas de frecuencia (890-915 MHz) Terminal estación base y (935-960 MHz) estación base Terminal, para ofrecer 124 canales de comunicación dúplex en paralelo, con un canal reservado para cada sentido de comunicación. El multiplexado temporal AMRT reparte el uso de un canal de transmisión entre 8 comunicaciones diferentes. Un canal de transmisión de radio ofrece una velocidad D por unidad de tiempo, esta velocidad se divide por ocho para transmitir sucesivamente las ocho comunicaciones con una velocidad $d=D/8$ para cada uno. Cada comunicación ocupa un intervalo temporal, IT, con una duración de 577 μ s. La suma de los 8 IT constituye una trama, que es la unidad de tiempo básica. Una trama dura 4 615 ms en el GSM. De esta forma, el multiplexado temporal optima la utilización de la capacidad de transmisión del canal. En telefonía, la velocidad media es baja, ya que, por un lado, son frecuentes los silencios en una conversación y, por otra, un único interlocutor está activo en un instante dado. Para una conversación, dos mensajes sucesivos de datos viajan en dos tramas sucesivas, estos mensajes están separados por un instante de 4615 ms de duración, aunque un proceso de síntesis vocal se encarga de restituir la continuidad de la palabra.

La norma GSM establece una organización precisa para las múltiples tramas, que son la multitrama, la supertrama y la hipertrama. La figura 2.1 y la tabla 2.1 presentan la jerarquía de estas tramas.

2.2. Usos y aplicaciones del GSM.

El principal objetivo de un sistema telefónico móvil es permitir al suscriptor comunicarse eficientemente.

Hay dos tipos de servicios:

- Servicios básicos. Estos servicios están disponibles para todos los usuarios de la red celular. Por ejemplo, la posibilidad de realizar una llamada de voz es un servicio básico.
- Servicios suplementarios. Son servicios adicionales que están disponibles para algunos usuarios de la red celular, a su vez mejoran los servicios anteriores; se enlistan algunos de ellos:
 - Identificación de llamada.
 - Redireccionamiento de llamada (incondicional, por ocupado, por no obtener respuesta, por saturación).
 - Indicación de llamada en espera.
 - Almacenamiento de llamada.
 - Información de tarificación.
 - Restricción de llamadas (salientes, entrantes, con salida internacional).
 - Mensaje de voz.
 - Conferencia.
 - Marcación abreviada.
 - Rellamada por buzón de voz

Adicionalmente, los servicios básicos de la red celular pueden ser divididos en dos principales categorías:

- Teleservicios
- Servicios portadores

Teleservicios:

Son aplicaciones operativas ofrecidas por la red a sus abonados. Estas utilizan las posibilidades que ofrecen los servicios portadores. Permiten la transmisión de información de usuario a usuario, enmarcada dentro de una aplicación (usualmente a través de voz, fax, datos o SMS). La telefonía es el teleservicio más importante. Permite los tipos de comunicación siguiente:

- Comunicación entre dos aparatos móviles.
- Comunicación entre un aparato móvil y otro fijo a través de cualquier número de redes.

El servicio de llamada urgente genera automáticamente una llamada con destino a un servicio de urgencia cuando el usuario pulsa en su aparato una tecla especialmente dedicada a esta función. Asimismo, puede utilizar el servicio de fax por medio de un aparato.

El GSM propone igualmente un servicio de intercambio de mensajes alfanumérico corto (140 caracteres como máximo) tanto en emisión como en recepción. Puede ser utilizado en emisión por todos aquellos equipos terminales capaces de emitir mensajes alfanuméricos hacia una Terminal GSM. Este servicio se puede utilizar de dos modos diferentes: punto a punto y punto-multipunto. La tabla: 2.1.1, ofrece la lista de servicios GSM, mientras que en la tabla 2.2.2 presenta los atributos que pueden asociarse a dichos teleservicios que como se puede observar, son diferentes a los servicios portadores.

Tipo de Información	Servicios ofrecidos
Palabra	Telefonía, llamadas de urgencia
Datos	Mensajes punto a punto
Textos cortos	Transmisión de mensajes cortos alfanuméricos
Gráfica	Fax

Tabla: 2.2.1. Teleservicios GSM

Atributos de las capas 1 y 2	
1	Modo de transferencia de la información
2	Flujo de la transferencia de la información
Atributos de las capas 3 a 7	
3	Tipo de codificación de la información (teléfono, sonido, texto, fax, etc.)
4	Funciones del protocolo de la capa de transporte
5	Funciones del protocolo de la capa de sesión
6	Funciones del protocolo de la capa de presentación
7	Funciones del protocolo de la capa de aplicación

Tabla: 2.2.2. Atributos de los teleservicios.

Servicios portadores:

El servicio GSM ofrece a sus abonados servicios portadores, los cuales permiten la transferencia de datos de un extremo a otro de la red. Los atributos técnicos definen los servicios, tal como los ve un usuario desde un punto de acceso a la red. Un servicio portador particular se identifica por sus atributos. La norma define dos categorías de atributos.

- De transferencia de información.
- De acceso.

Atributos de transferencia de información.

Estos atributos caracterizan las posibilidades de transferencia de información desde un punto de origen hacia uno o varios destinos de la red. Existen dos tipos de atributos. Los dominantes y los secundarios.

Los atributos dominantes determinan una categoría de servicios y los atributos secundarios caracterizan un servicio en una categoría. La tabla 2.2.3 se menciona la lista de estos atributos. Los atributos dominantes son del 1 al 4, el resto pertenece a los atributos secundarios.

El atributo 1, modo de transferencia, caracteriza la red de transmisión de datos a la cual desea conectarse el usuario. Esta red puede trabajar por conmutación de circuitos, como las redes telefónicas, o por conmutación de paquetes.

El modo de establecimiento de las comunicaciones caracteriza también a la red con la que se desea intercambiar datos, que puede ser con o sin conexión. En un intercambio de datos con conexión, el emisor interroga a la red para conocer la disponibilidad del destinatario antes de comenzar una transferencia de información; las redes locales son generalmente del tipo sin conexión. De igual forma, la configuración de la comunicación caracteriza a ciertas redes donde es posible difundir información de una estación hacia un grupo. El atributo número 7 define la circulación de la información entre los interlocutores.

1	Modo de transferencia de información (circuito, paquete)
2	Velocidad de transferencia de información
3	Tipo de información (datos digitales, voz)
4	Estructura
5	Modo de establecimiento de la comunicación
6	Configuración de la comunicación (punto a punto, multipunto, difusión)
7	Unidireccional o bidireccional

Tabla: 2.2.3. Lista de atributos de transferencia de información.

Atributos de Acceso.

La tabla: 2.2.4, presenta los atributos de acceso, que describen los medios para acceder a las funciones y a los servicios suplementarios de una red.

1	Canal de velocidad
2	Protocolo de acceso (para la información, para la señalización)

Tabla: 2.2.4. Lista de atributos de acceso.

GSM ofrece servicios portadores sin restringir el tipo de datos empleado por el usuario. Estos servicios transportan la información, sin modificarla, de extremo a extremo en modo de un circuito dentro de la red GSM; este modo de transmisión garantiza el orden cronológico de la información intercambiada. Toma un camino único, un circuito virtual. En una red GSM, los datos de usuario y de señalización de red son transportados por canales de comunicación diferentes. Los servicios portadores proporcionados por GSM tienen aplicaciones muy diversas, como, por ejemplo, la transmisión de voz, acceso a una red X.25, transferencia de datos multimedia, correo electrónico, etc.

La tabla: 2.2.5., presenta los servicios portadores que GSM ofrece a las aplicaciones. La transmisión de datos puede efectuarse en el modo transparente y no transparente. En el modo no transparente, el protocolo de radio proporciona un nivel de protección adicional contra los errores de transmisión mediante la validación de los mensajes recibidos.

Transmisión de datos en modo asíncrono dúplex	300 – 9600 bit/s
Transmisión de datos en modo síncrono dúplex	1200 – 9600 bit/s
Acceso síncrono a un PAD	300 – 9600 bit/s
Transmisión de paquetes en modo síncrono dúplex	2400 – 9600 bit/s
Transmisión digital de la voz semidúplex	2400 – 9600 bit/s

Tabla: 2.2.5. Servicios portadores GSM

Servicios de datos

Debido a la competencia por atraer a los usuarios en el mundo, hay un incremento de presión en los operadores de telefonía móvil por ofrecer servicios al menos igual que los que ofrecen los operadores de redes fijas. En el pasado esto ha permitido el desarrollo de las capacidades para la manipulación de las llamadas, tales como buzón de voz y desvío de llamadas.

Con el uso de las comunicaciones de datos, y el Internet en particular, ha habido una creciente demanda por mejorar la transmisión de datos. En los últimos años las tasas de transmisión de datos de un módem para una red fija, su velocidad de transmisión de datos ha aumentado de 9.6 kbps a 56 kbps.

Los teléfonos GSM han sido capaces de transmitir a velocidades de 9.6 kbps y en la actualidad alcanzan velocidades de transmisión de datos de hasta 921 kbps.

Con una conexión de datos GSM es posible enviar y recibir información de muchos tipos de redes como se indica a continuación.

- Red de Teléfono Pública Conmutada (Public Switched Telephony Network PSTN)
- Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Network ISDN)
- Red de Datos Pública de Circuitos Conmutada (Circuit Switched Public Data Network CSPDN)
- Red de Datos Pública de Paquetes Conmutados (Packet Switched Public Data Network PSPDN)

Tipos de conexiones de datos.

Los tipos básicos de conexiones son:

- Circuitos conmutados. El circuito es configurado de punta a punta y se mantiene durante toda la llamada, independientemente de si se utiliza o no. Esto es adecuado para las llamadas de voz.
- Conmutación de paquetes. El circuito es puesto de extremo a extremo cuando es necesario transmitir o recibir información. Con cada nuevo paquete de información, una conexión diferente puede ser utilizada. Este tipo de conexión es la más adecuada para las aplicaciones que tienen transmisión por ráfagas. Por ejemplo navegar por Internet implica descargar información, leer la información y nuevamente descargar más información.

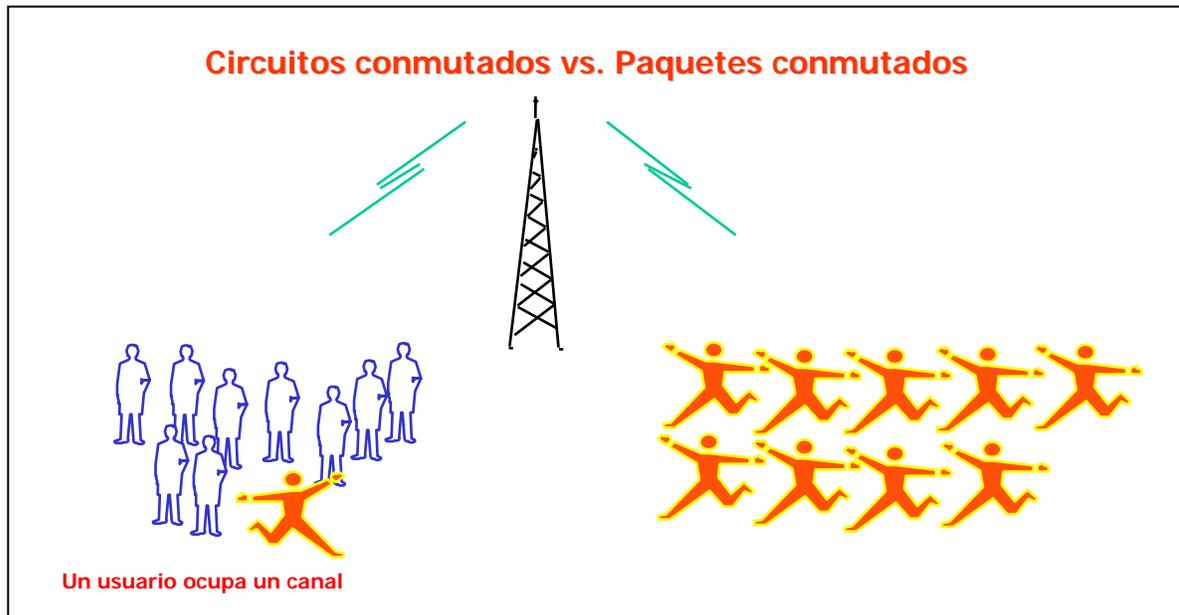


Figura: 2.2.1. Ej.: Conversación celular

La comunicación por circuitos conmutados se debe usar cuando.

- Se requiere un flujo constante de datos.
- Los datos sean sensibles a retardos, por mínimos que estos sean.

Ejemplo: Videoconferencias.

La comunicación por paquetes conmutados se debe usar cuando.

- Los datos los datos sean enviados por medios de ráfagas.
- Cuando los datos no sean sensibles a los retardos con mínima duración.

Ejemplos: Aplicaciones de Telemetría y de “e-mail”.

Aplicaciones de mercado, horizontales y verticales.

Las aplicaciones Horizontales. Son aquellas destinadas a solventar el problema de comunicación persona – persona.

Ejemplos:

- e-mail
- www buscadores
- FTP
- mensajes dos vías
- puntos de ventas, etc.

Las aplicaciones Verticales. Son aquellas desarrolladas expresamente para solventar una necesidad específica.

Ejemplos:

- Localización.
- Telemetría.
- Sistemas de distribución (puntos de venta móviles)

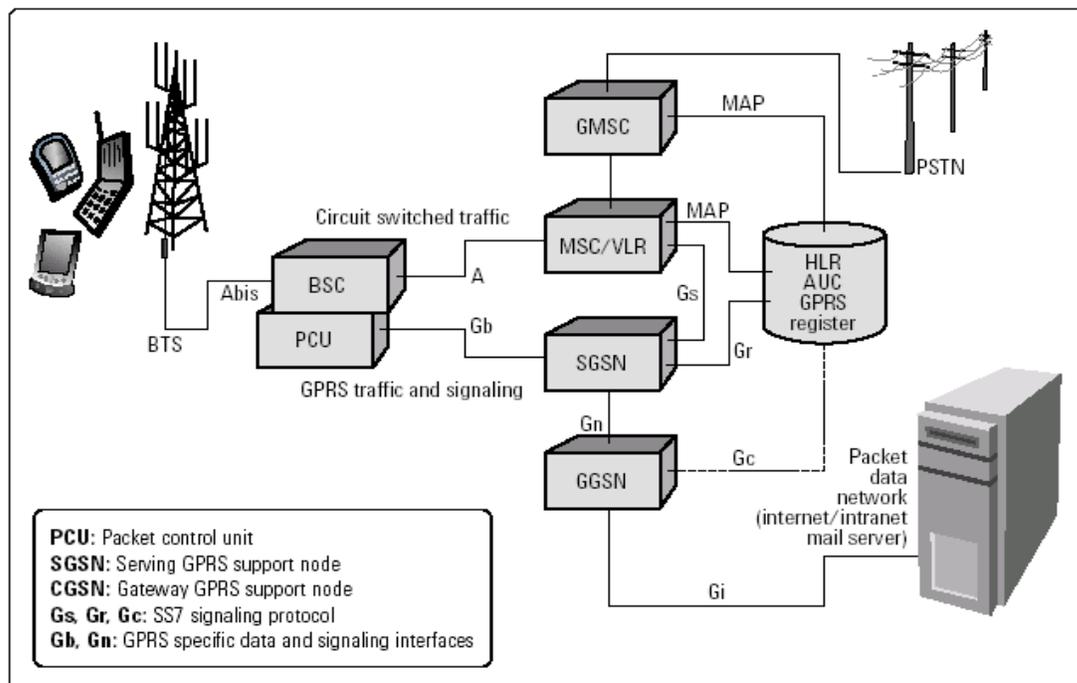


Figura: 2.2.2. Arquitectura general de la red.

Capítulo 3.

Protocolos de Comunicación.

3.1. Descripción general de los protocolos.

Lo fundamental de la comunicación de datos es resolver el problema de llevar la información de un punto A hacia un punto B sin errores, utilizando redes con la codificación correspondiente para su transmisión. Para esto utilizamos canales de comunicación que establecen la unión entre los puntos A y B. En dichos puntos estarán los equipos transmisores y receptores de datos y sus convertidores encargados de la codificación y decodificación. Los sistemas de comunicación no responden ni reaccionan ante el contenido de la información. Un componente importante en el sistema de comunicación es el protocolo de comunicación.

El protocolo.

El protocolo, se define como las reglas para la transmisión de la información entre dos puntos. Un protocolo de red de comunicación de datos es un conjunto de reglas que gobierna el intercambio ordenado de datos dentro de la red.

Los elementos básicos de un protocolo de comunicaciones son: un conjunto de símbolos llamados conjunto de caracteres, un conjunto de reglas para la secuencia y sincronización de los mensajes construidos a partir del conjunto de caracteres y los procedimientos para determinar cuando ha ocurrido un error en la transmisión y como corregir el error. El conjunto de caracteres se formará de un subconjunto con significado para las personas (usualmente denominado como caracteres

imprimibles) y otro subconjunto que transmite información de control (usualmente denominado caracteres de control). Hay una correspondencia entre cada carácter y los grupos de símbolos usados en el canal de transmisión, que es determinado por el código. Muchos códigos estándar con sus respectivas equivalencias de grupos de unos y ceros (bits) han sido definidos con el paso de los años. El conjunto de reglas a seguir por el emisor y el receptor propicia: que haya un significado con secuencias permitidas y a tiempo, entre los caracteres de control y los mensajes formados a partir de los símbolos. La detección de error y los procedimientos de corrección permiten la detección y la recuperación ordenada de los errores causados por factores fuera del control de la terminal en cada extremo.

Para que exista comunicación en ambos puntos al extremo de un canal se deben emplear la misma configuración de protocolos.

Los protocolos gestionan dos niveles de comunicación distintos. Las reglas de alto nivel definen como se comunican las aplicaciones, mientras que las de bajo nivel definen como se transmiten las señales.

El protocolo de bajo nivel es básicamente la forma en que las señales se transmiten, transportando tanto datos como información y los procedimientos de control de uso del medio por los diferentes nodos. Los protocolos de bajo nivel más utilizados son: Ethernet, Token ring, Token bus, FDDI, CDDI, HDLC, Frame Relay y ATM.

El protocolo de red determina el modo y organización de la información (tanto los datos como los controles) para su transmisión por el medio físico con el protocolo de bajo nivel. Los protocolos de red más comunes son: IPX/SPX, DECnet, X.25, TCP/IP, AppleTalk y NetBEUI.

En un circuito de comunicación de datos, la estación que transmite en el momento se llama estación maestra, y la estación que recibe se llama esclava. En una red

centralizada, la estación primaria controla cuándo puede transmitir cada estación secundaria. Cuando transmite una estación secundaria se convierte en estación maestra, y la estación primaria es ahora la esclava. El papel de estación maestra es temporal, y la estación primaria determina cuál estación es maestra. Al principio, la estación primaria es maestra. La estación primaria solicita por turno a cada estación secundaria interrogándola. Una interrogación es una invitación de la primaria a una secundaria para que transmita un mensaje. Las estaciones secundarias no pueden interrogar a una primaria. Cuando una primaria interroga a una secundaria, inicia un cambio de dirección de línea; la secundaria interrogada ha sido designada como maestra y debe responder. Si la primaria selecciona una secundaria, ésta se identifica como receptora. Una selección es una interrogación, por parte de una primaria o una secundaria, para determinar el estado de la secundaria (es decir, lista para recibir o no lista para recibir un mensaje). Las estaciones secundarias no pueden seleccionar a la primaria. Las transmisiones de la primaria van a todas las secundarias, y depende de las estaciones secundarias la decodificación individual de cada transmisión, y la determinación de si es para ellas. Cuando una secundaria transmite, sólo manda a la primaria.

Los protocolos de enlace de datos se clasifican en general como: asíncronos o síncronos. Por regla, los protocolos asíncronos usan un formato de datos asíncronos y módems asíncronos, mientras que los protocolos síncronos usan un formato de datos síncronos y módems síncronos.

Protocolo OSI/ISO.

El término interconexión de sistemas abiertos (OSI, de open system interconnection) es el nombre de un conjunto de normas para comunicaciones entre computadoras. El objetivo principal de las normas OSI es contar con un lineamiento estructural para intercambiar información entre computadoras, terminales y redes. El OSI está patrocinado por ISO y también por CCITT, que trabajaron en conjunto para establecer un grupo de normas ISO y de recomendaciones CCITT que en

esencia son idénticas. En 1983, ISO y CCITT adoptaron un modelo de referencias con arquitectura de comunicaciones de siete capas. Cada capa consiste en protocolos específicos para comunicación.

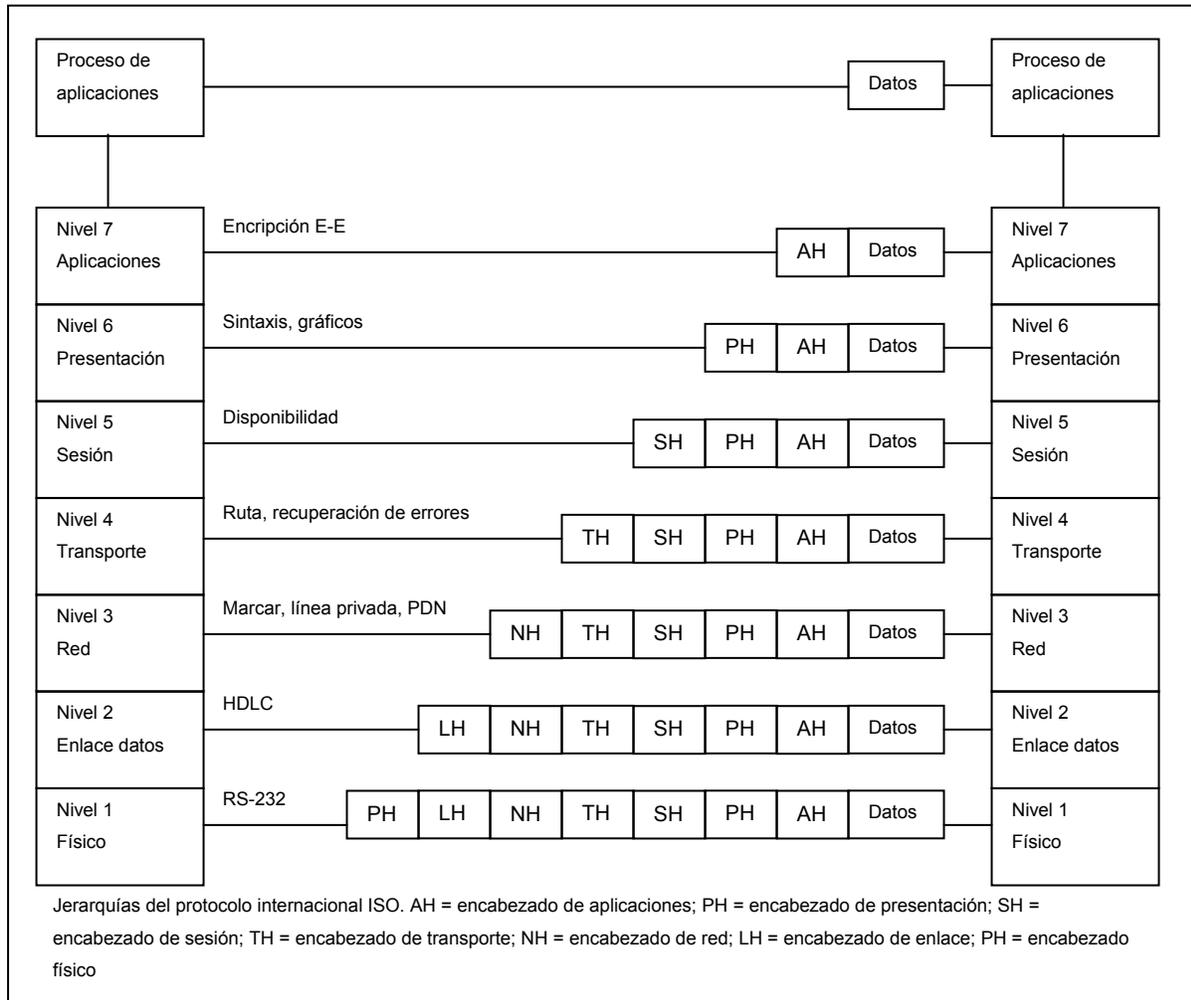


Figura: 3.1.1 Capas OSI

El modelo ISO, de interconexión de sistemas abiertos con siete capas, se ve en la Figura: 3.1.1. Esta jerarquía se desarrolló para facilitar las comunicaciones del equipo procesador de datos, separando las responsabilidades en la red en siete capas distintas. El concepto básico de estratificar las responsabilidades es que cada capa agregue valores a los servicios suministrados por los conjuntos de las capas inferiores. De esta manera, el nivel más alto cuenta con el conjunto completo de servicios necesarios para hacer funcionar una aplicación de datos distribuidos.

Hay varias ventajas por usar una arquitectura estratificada en el modelo OSI. Las diversas capas permiten que se comuniquen diversas computadoras en distintos niveles. Además, al avanzar la tecnología, es más fácil modificar el protocolo de una capa sin tener que modificar todas las demás. Cada capa es, en esencia, independiente de las demás. Por consiguiente, muchas de las funciones que se encuentran en las capas inferiores se han eliminado por completo de las tareas programadas (software), y se han reemplazado por componentes (hardware). En la figura: 3.1.1 se ven algunos ejemplos de estas funciones. La desventaja principal de la arquitectura de siete niveles es la cantidad tan tremenda de indirectos necesarios para agregar encabezados a la información que se transmite entre las diversas capas. De hecho, si se tienen en cuenta las siete capas, menos de 15% del mensaje transmitido es información de la fuente; el resto es indirecto. En la figura: 3.1.1 se ve el resultado de agregar encabezados a cada capa.

Los niveles 4, 5, 6 y 7 permiten comunicarse a dos computadoras anfitrión en forma directa. Las tres capas inferiores tienen que ver con la mecánica real de pasar datos (a nivel de bit) de una máquina a otra. A continuación se resumen los servicios básicos suministrados por cada capa de la jerarquía:

Capa física.

La capa física es el nivel más bajo de la jerarquía, y especifica las normas físicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para entrar a la red de comunicación de datos. En esta capa se hacen definiciones como por ejemplo de valores máximos y mínimos de voltaje y de impedancia del circuito. Las especificaciones para la capa física se parecen a las especificadas por la norma RS-232 de EIA para interfaces serie.

Capa de enlace de datos.

Esta capa es responsable de las comunicaciones entre nodos primarios y secundarios de la red. La etapa de enlace de datos proporciona un medio para activar, mantener y desactivar el enlace de datos. También proporciona la trama final de la envolvente de información, facilita el flujo ordenado de datos entre nodos, y permite la detección y corrección de errores. Como ejemplo de protocolos de enlace de datos está el control de enlace de comunicaciones bisíncronas (Bisync) y síncronas (SDLC, de synchronous data link control de IBM).

Capa de red.

La capa de red determina cuál configuración de red (marcar, rentada o de paquete) es más adecuada para la función que proporciona la red. También esa capa define el mecanismo con el que los mensajes se dividen en paquetes de datos, y se conducen de un nodo de transmisión a uno de recepción, dentro de una red de comunicaciones.

Capa de transporte.

Esta capa controla la integridad del mensaje, de principio a fin, y en eso se incluye la ruta, la segmentación y la recuperación de errores para el mensaje. La capa de transporte es la más alta, en lo que se refiere a comunicaciones. Las capas superiores a la de transporte no intervienen en los aspectos tecnológicos de la red. Las tres capas superiores a la de transporte manejan los aspectos de aplicaciones de la red, mientras que las tres inferiores manejan la transferencia de mensajes. Así, la capa de transporte funciona como interfaz entre las capas de red y de sesión.

Capa de sesión.

Es la responsable de la disponibilidad de la red (es decir, de la capacidad de almacenamiento y del procesador). Entre las responsabilidades de sesión están los

procedimientos de entrada y de salida de la red, y la verificación de usuarios. Una sesión es una condición temporal que existe cuando los datos están transmitiéndose en realidad, y no incluye procedimientos como establecer llamada, preparar o desconectar. La capa de sesión determina la clase de diálogo disponible (es decir, “simplex”, “semidúplex” o “dúplex”).

Capa de presentación.

Esta capa maneja toda conversión de código o de sintaxis necesaria para presentar los datos a la red, en un formato común para las comunicaciones. Entre las presentaciones se incluye el dar formato, codificar (ASCII, EBCDIC, etc.), de archivos de datos, cifrado y descifrado de mensajes, procedimientos de diálogo, compresión de datos, sincronización, interrupción y terminación. La capa de presentación hace la traducción del código y del conjunto de caracteres, y determina el mecanismo de presentación de mensajes.

Capa de aplicación.

Es la máxima en jerarquía, y es análoga al administrador general de la red. La capa de aplicación controla la secuencia de actividades dentro de una aplicación, y también la secuencia de eventos entre la aplicación de cómputo y el usuario de otra aplicación. La capa de aplicación se comunica en forma directa con el programa de aplicación del usuario.

Niveles y Servicios OSI

Los siete niveles que configuran el modelo OSI suelen agruparse en 2 bloques. Los tres niveles inferiores (físico, enlace y red) constituyen el bloque de transmisión. Son niveles dependientes de la red de conmutación utilizada para la comunicación entre los 2 sistemas. En cambio, los tres niveles superiores (sesión, presentación y aplicación) son niveles orientados a la aplicación y realizan funciones directamente vinculadas con los procesos de aplicación que desea

comunicarse. El nivel intermedio que queda, (transporte) enmascara a los niveles orientados a la aplicación. Un gráfico de los niveles OSI es el siguiente:

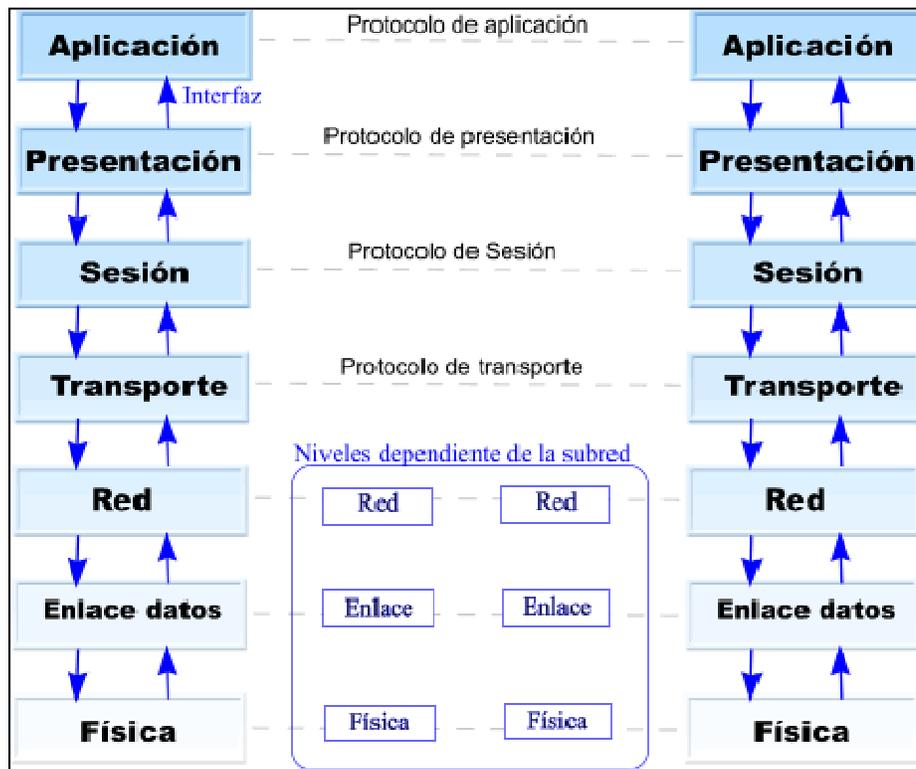


Figura: 3.1.2. Niveles y servicios OSI

Las entidades en un nivel N ofrecen servicios que son utilizados por las entidades del nivel N+1. El nivel N es, entonces, el proveedor del servicio y el nivel N+1 el usuario del servicio.

Los servicios se hacen disponibles en los SAPs (Puntos de acceso al servicio). Los SAPs del nivel N son los puntos donde el nivel N+1 puede acceder a los servicios ofrecidos.

Un servicio es invocado por el usuario, o es indicado por el proveedor del servicio mediante el intercambio de un conjunto de primitivas de servicio a través de la interfaz entre los niveles implicados. Estas primitivas son: Request, Indication, Response, Confirm.

Los servicios pueden ser confirmados o no. Un servicio confirmado utiliza estas cuatro primitivas, en cambio, uno sin confirmar hace uso de las primitivas Reques e Indication. El establecimiento de una conexión siempre es un servicio confirmado, mientras que la transferencia de datos puede ser sin confirmar o no.

Protocolo TCP/IP

La arpanet era una red de investigación patrocinada por el DoD (Departamento de Defensa de Estados Unidos). Al final conectó a cientos de universidades e instalaciones del gobierno usando las líneas telefónicas rentadas. A medida que la red fue creciendo, se añadieron a ella redes de satélites y radio, es aquí cuando los protocolos existentes tuvieron problemas para interactuar con este tipo de redes, de modo que se necesitó una arquitectura de referencia nueva. La nueva arquitectura, capaz de conectar entre sí a múltiples redes fue uno de los principales objetivos en su diseño, esta arquitectura se popularizó después como el modelo de referencia TCP/IP.

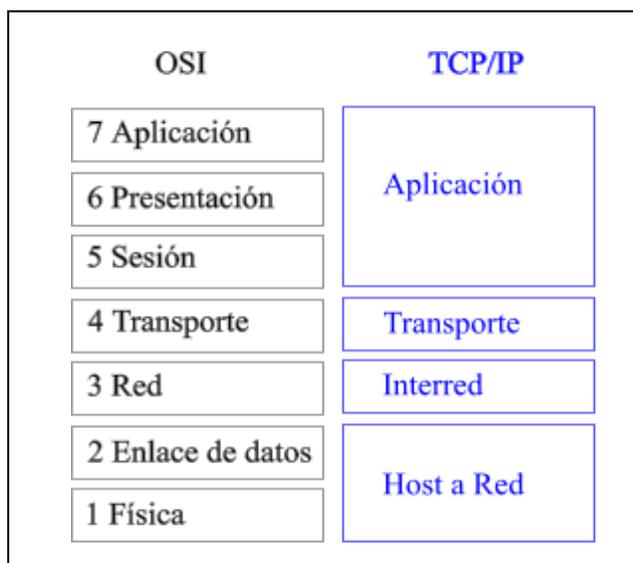


Figura: 3.1.3

Debido a la preocupación del DoD por que algunos de sus costosos nodos, enrutadores o pasarelas de interredes pudieran ser objeto de un atentado en cualquier momento, otro de los objetivos a la hora de su diseño fue que la red fuera capaz de sobrevivir a la pérdida del hardware de subred sin que las conexiones permanecieran intactas mientras las máquinas de origen y destino estuvieran funcionando, aún si alguna de las máquinas o líneas de transmisión dejaran de funcionar repentinamente.

Las capas en TCP/IP.

Capa de Interred:

Es el eje que mantiene unida toda la arquitectura. Su misión es permitir que los nodos inyecten paquetes en cualquier red y los hagan viajar de forma independiente a su destino. Los paquetes pueden llegar incluso en orden diferente a aquel que se enviaron. Esta capa define un formato de paquete y protocolo oficial llamado IP. Aquí el objetivo más importante es claramente el ruteo de los paquetes y también evitar la congestión.

Capa de Transporte:

En esta capa encontramos 2 protocolos de extremo a extremo. Uno de ellos TCP (protocolo de control de la transmisión) es un protocolo confiable orientado a la conexión. El segundo protocolo de esta capa es UDP (protocolo de datagrama de usuario), es un protocolo sin conexión, no confiable, su uso es para aplicaciones que no necesitan la asignación de secuencia ni el control de flujo.

La capa de Aplicación:

El modelo TCP/IP no tiene capas de sesión ni presentación, aquí encontramos los protocolos de más alto nivel. El de correo electrónico SMTP, transferencia de archivos FTP, etc.

3.2. Descripción del Sistema de Red de Radio (Radio Network System o RNS, en idioma inglés)

Introducción.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) es la tecnología principal de 3G en el mundo. Esto introduce una nueva generación de telecomunicaciones en el mundo y cambia el modo de comunicarse de la gente proveyendo velocidades de comunicación de 2 Mbps a los usuarios móviles.

WCDMA es una tecnología de ultra alta velocidad, ultra alta capacidad sobre la cual se transporta un nuevo rango de color. Los usuarios tendrán acceso con sus terminales móviles: gráficos de color, videos, animación audio digital, Internet y correo electrónico.

WCDMA fue desarrollado para crear un estándar global para servicios multimedia en tiempo real y asegurar un roaming internacional. Con el apoyo del organismo ITU (International Telecommunication Union) un espectro específico fue asignado - 2GHz para el sistema 3G.

El proyecto asociado a la 3ra generación (3rd Generation Partnership Project 3GPP), es el principal organismo para estandarizar el sistema de 3G, con la colaboración de los siguientes organismos.

- Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeas (ETSI European Telecommunications Standards Institute).
- Servicios inalámbricos/móviles y el subcomité de Servicios Técnicos de los Estados Unidos (Wireless/Mobile Services and Systems technical subcommittee of the USA's Committee T1 (T1P1))

- Comité de Tecnología y Telecomunicaciones en Japón (Telecommunication Technology Committee, Japan TTC)
- Asociación de Industrias del Radio y Negocios en Japón. (Association of Radio Industries and Businesses, Japan (ARIB))
- Asociación de Tecnología en Telecomunicaciones en Korea (Telecommunications Technology Association, Korea (TTA))
- Grupo de Estandarización de Telecomunicaciones Inalámbricas en China (China Wireless Telecommunication Standard group (CWTS))

En el 2000, la estandarización de GSM fue trasladada hacia el Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeas (European Telecommunications Standards Institute (ETSI)) junto con 3GPP para asegurar la integridad de la plataforma GSM/WCDMA, esto eliminó riesgos de incompatibilidad y eficiencia que pudieran ocurrir en la estandarización. 3GPP es organizado en grupos técnicos específicos (Technical Specifications Group (TSG)) como se muestra en la figura de abajo.

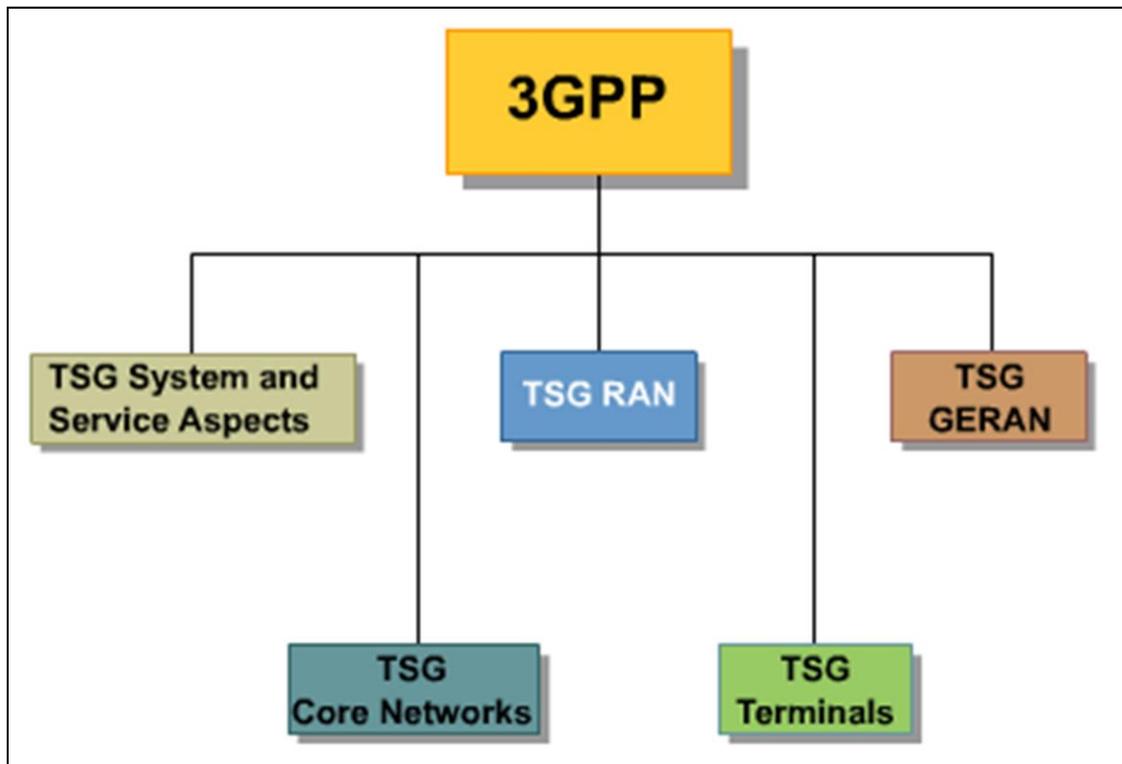


Figura: 3.3.1 Tercera generación.

3.3. Protocolo de comunicación del RNS

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO.

El protocolo de la capa nº2 de la OSI garantiza la gestión de la señalización entre las diferentes entidades de la red (estación móvil, BTS, BSC, MSC, VLR, HLR).

En el GSM se emplean tres familias de protocolos para la capa número 2:

- LAPDm: protocolo de acceso al enlace sobre el canal D móvil;
- LAPD: a nivel de la interfaz A-bis;
- MTP: transferencia de mensajes del CCIT.

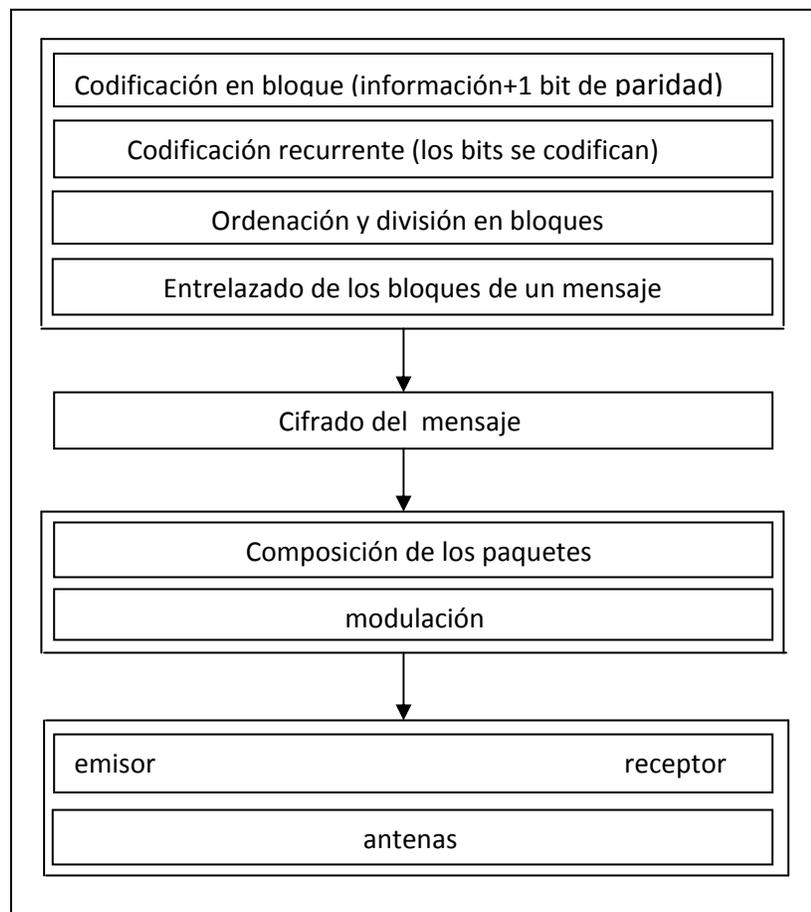


Figura 3.3.1 codificación de la información que se transmite.

Los protocolos LAPD y LAPDm utilizados en el subsistema de radio están muy cerca del protocolo RDSI. Sin embargo, el LAPDm saca partido de la transacción sincronizada para evitar el empleo de indicadores y aumentar la velocidad y la protección contra errores.

La voz puede transmitirse con un flujo de 13 kbps en el subsistema de radio, lo que permite multiplexar cuatro canales de radio sobre un IT MIC en el enlace BTS ↔ BSC (64 kbps = 16 kbps x 4), con vistas a reducir los gastos de transmisión. La transcodificación de los 13 kbps de la codificación de la voz GSM a los 64 kbps de la codificación de la ley A de la red cableada solo tiene lugar en el centro de conmutación MSC. Sin embargo, la transcodificación de voz codificada GSM-ley A también puede hacerse desde la estación base para utilizar los equipos de transmisión extendidos por toda la red.

El protocolo MTP recoge las funcionalidades RDSI.

Pilas de protocolos de GSM.

La aplicación CC (Call Control) controla el proceso de llamada (establecimiento, supervisión y liberación).

La aplicación SMS (Short Message Services).

La aplicación SS (Supplementary Services) controla los complementos de servicio.

La aplicación MM (Mobility Management) se encarga de la localización de un terminal.

La aplicación RR (Radio Resource management) gestiona el enlace de radio.

Las aplicaciones de servicios (CC, SMS, SS) se encuentran en los equipos terminales, y los equipos retransmisores (BSC, BTS) las transforman de forma transparente.

La aplicación de los recursos de radio, RR, afecta a la estación móvil y al subsistema de radio, siendo el controlador de la estación base el que controla la asignación de frecuencias de radio en un clastro.

La interfaz A-bis está situada entre el BTS y el BSC, la capa física utiliza un enlace MIC a 2 Mbps y la capa n° 2, el LAPD.

La interfaz A entre el BSC y el subsistema de red utiliza el protocolo n° 7 del CCITT.

Capítulo 4.

Optimización del Ancho de Banda.

4.1 Introducción

Las comunicaciones inalámbricas, y en particular la telefonía móvil han invadido rápidamente la vida cotidiana. Este suceso ha disparado rápidamente los avances tecnológicos, así como la investigación de modelos matemáticos y de los algoritmos de optimización de la planificación y de la gestión de decisiones. La principal contribución de la optimización en este campo es la mejora de la forma en que la escasez de recursos (banda de transmisión, antenas) se utilizan, y para mejorar la calidad de servicios (ancho de banda y tiempo de transmisión).

En la planificación y la gestión de un sistema celular, deben considerarse una serie de aspectos, incluyendo estimación de tráfico, propagación de la señal, posicionamiento de la antena, la asignación de capacidad, la programación de la transmisión, control de potencia e interferencia. La mayoría de estos aspectos dan lugar a interesantes y desafiantes problemas de optimización que deben tener en cuenta las peculiaridades específicas de la red.

Aunque la gestión de redes celulares, en particular las de tercera generación, también dan lugar a problemas de optimización de interés tales como la asignación de códigos y programación de paquetes, no consideramos esta clase de problemas aquí.

El sistema de telefonía móvil ofrece servicios de telecomunicaciones por medio de un conjunto de estaciones base (BS's) que puede manejar las conexiones de radio con la estación de telefonía móvil (MS's) dentro de su área de servicio. Este tipo de

zona, llamada celda, es el conjunto de puntos en los que la intensidad de la señal recibida de la estación base (BS), objeto de examen, es mayor que la recibida de otra BSS. El nivel de potencia recibida depende de la potencia de transmisión, en los efectos de atenuación de la señal de propagación desde el origen hasta su destino (pérdida en el camino debido a la distancia, múltiples efectos en el camino, sombreado debido a los obstáculos, etc.), así como las características de la antena y configuraciones de parámetros como la potencia de emisión máxima, altura, la orientación y diagramas. Como resultado, las células pueden tener diferentes formas y tamaños dependiendo de la ubicación y los parámetros de configuración, así como de la propagación.

Cuando los usuarios se mueven en un área de servicio que cruza los límites de la célula, la continuidad del servicio es garantizada debido al proceso de handover. Durante los handovers la conexión es usualmente conmutada de una estación base (BS) a otra (hard-handover). En algunos casos, conexiones simultáneas con dos o más BSs pueden ser usadas para mejorar su eficiencia.

A fin de permitir muchas conexiones simultáneas entre las BSs y las MSs, la banda de radio viable para las transmisiones se divide en canales de radio por medio de una técnica de acceso múltiple. En la mayoría de los sistemas de segunda generación (tales como GSM y DAMPS) las ondas de radio son primero divididas en diferentes frecuencias usando FDMA (Acceso por División de Frecuencia Múltiple) y después de cada transportador unos pocos canales de radio son creados usando TDMA (Acceso por División de Tiempo Múltiple). Con conexiones bidireccionales un par de canales con soportes diferentes es usado para la transmisión de un BS a un MS (downlink) y de un MS a un BS (uplink) de acuerdo con el esquema FDD (Frequency Division Duplexing). La BS puede usar frecuencias múltiples por medio de un conjunto de transceptores (TRX).

Desafortunadamente el número de canales de radio obtenidos de esta manera (varios cientos en sistemas de segunda generación) no son suficientes para servir a

la gran población de usuarios de servicios móviles. Con el fin de aumentar la capacidad de los sistemas de los canales de radio deben ser reutilizados en diferentes células. Esto genera interferencia que puede afectar la calidad de la señal recibida. Sin embargo, debido al efecto de la captura, si el radio entre la potencia recibida y la interferencia (suma de las facultades que reciba de interferir las transmisiones), conocido como SIR (relación señal/interferencia), es mayor que un umbral de captura, SIR_{min} , la señal puede ser correctamente decodificada.

A fin de garantizar que dicha condición se cumple en todas las operaciones del sistema de la asignación de canales de radio a la BS debe ser cuidadosamente planificado. Obviamente, mientras más densa es la reutilización de un canal, mayor es el número de canales disponibles por celda. Por lo tanto, la asignación de canal determina la capacidad del sistema. Ya que generalmente los BS's de los sistemas de segunda generación no están sincronizados, los canales de radio no pueden ser asignados de forma independiente y solo las compañías son consideradas por el sistema de reutilización. Por estas razones el proceso de asignación de canales a las células normalmente se le conoce como planificación de la capacidad o planificación de la frecuencia. Aunque la principal fuente de interferencia se deriva de la misma frecuencia (portadora), las transmisiones en frecuencias adyacentes también pueden causar interferencias por el espectro de la superposición parcial y se debe tomar en cuenta.

La planificación de un sistema móvil consiste en seleccionar la ubicación en la que se instalen las BSs, el establecimiento de sus parámetros de configuración (altura de la antena, inclinación, azimut, etc.), y la asignación de frecuencias a fin de cubrir el área de servicio y garantizar la capacidad suficiente para cada celda. Debido a la complejidad del problema, un enfoque en dos fases es comúnmente adoptado para los sistemas de segunda generación. Primero está prevista la cobertura a fin de garantizar un nivel suficiente de la señal que se recibe en el área de servicio de al menos una BS. A continuación frecuencias disponibles se asignan a las BSs teniendo en cuenta las limitaciones SIR y requerimientos de capacidad.

Los sistemas celulares de segunda generación se diseñaron principalmente para el teléfono y baja tasa de datos. Con los nuevos sistemas de tercera generación se han introducido los servicios de multimedia y de alta velocidad. Estos sistemas, como UMTS se basan en W-CDMA (Wide Band Code Division Multiple Acces, de sus siglas en inglés) y antes de la transmisión, las señales se distribuyen en una banda ancha mediante el uso de un código especial. Los códigos de propagación usados para la transmisión de señales por alguna estación (por ejemplo, una BS en enlace descendente, downlink) son mutuamente ortogonales, mientras que los que se utilizan para señales emitidas por diferentes estaciones (base o móvil) pueden ser considerados como pseudo-aleatorios. En un ambiente ideal, el proceso de difusión realizado en el extremo receptor puede evitar completamente la interferencia de las señales y reducir las ortogonales por el factor de propagación (FS), que es la relación entre la tasa de propagación de la señal y la tasa de uso. En ambientes inalámbricos, debido a los múltiples trayectos de propagación, la interferencia entre las señales ortogonales no puede evitarse por completo y el SIR está dada por:

$$SIR = SF \frac{P_{received}}{\alpha I_{in} + I_{out} + \eta},$$

Donde $P_{received}$ es la potencia recibida de la señal, I_{in} es la interferencia total debida a la señal transmitida por alguna BS (interferencia intra celular), I_{out} es la interferencia debida a la señal de otra BSs (interferencia inter celular), α es el factor de pérdida de ortogonalidad ($0 \leq \alpha \leq 1$), y η es la potencia de ruido térmico. En el caso de uplink, debe tenerse en cuenta la no ortogonalidad y la $\alpha = 1$, mientras que para el downlink $\alpha \ll 1$.

El nivel de SIR de cada conexión depende de la potencia recibida de la señal pertinente y de la señal interferente. Estos, a su vez, dependen de las potencias emitidas, y la atenuación de los enlaces de radio entre las fuentes y destinos. Un

mecanismo de control de potencia (PC) se encarga de ajustar dinámicamente la potencia emitida de acuerdo con las condiciones de propagación a fin de reducir la interferencia como garantía de calidad.

Con un SIR basado en un mecanismo PC cada potencia emitida es ajustada a través de un procedimiento de control de lazo cerrado de modo que el SIR de la conexión correspondiente es igual al valor asignado ("target value" en el idioma inglés) SIR_{tar} , con $SIR_{tar} \geq SIR_{min}$ (Grandhi et al., 1995).

Para los sistemas de tercera generación, un enfoque en dos fases de planificación no es apropiado porque en los sistemas CDMA el ancho de banda es compartido por todas las transmisiones y la asignación de frecuencia no es estrictamente necesaria. La capacidad de la red depende de los niveles de interferencia real que determinan los valores de SIR alcanzables. Como estos valores dependen a su vez de la distribución del tráfico, así como de la ubicación y configuración de las BSs, la cobertura y la capacidad debe ser planificada conjuntamente.

Como se describió en el capítulo 3, un controlador de estaciones base posee tres interfaces normalizadas, de las cuales, se hace un estudio acerca de optimización del ancho de banda involucrado en la interfaz A-bis, con lo cual se pretende describir las ventajas y las aplicaciones derivadas de esta optimización.

4.2 Optimización de la interfaz A-bis.

En la figura se muestra un mapa de la estructura de GSM en la cual se encuentra la interfaz A-bis, que es la que se aborda en este estudio para conocer una de las formas de optimización de recursos, en este caso el ancho de banda, para lograr una mayor eficiencia en los servicios de comunicaciones.

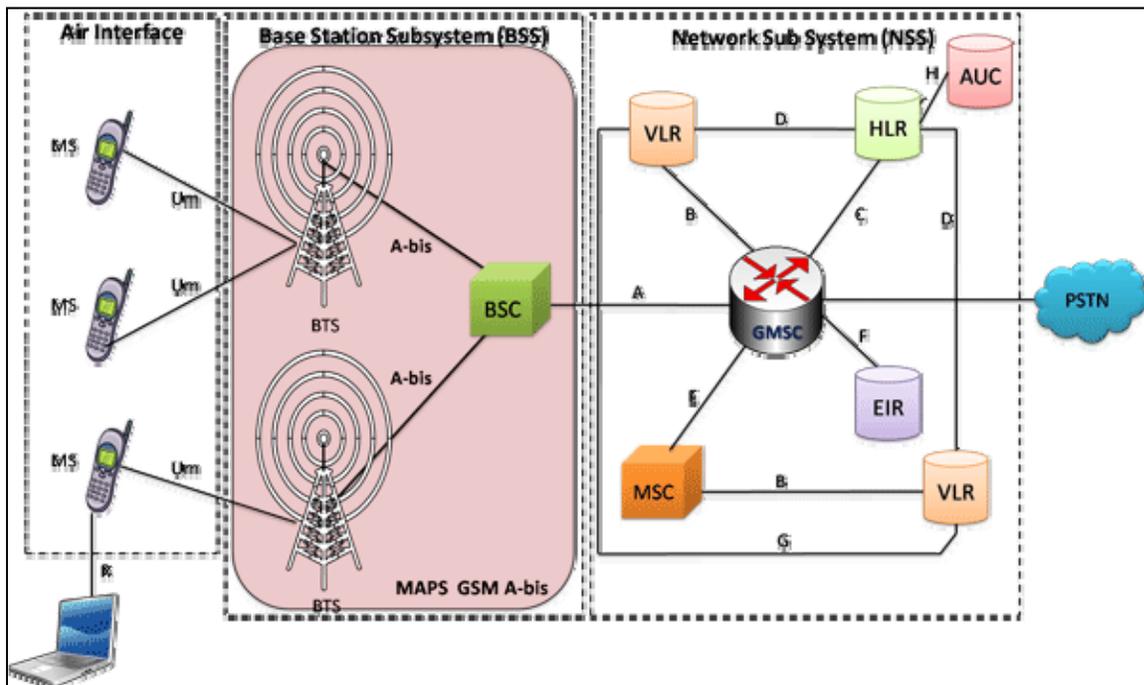


Figura 4.2.1 Interfaz A-bis de GSM.

Los servicios de voz permanecen como un interés comercial dominante para los operadores de telefonía celular y para la transmisión de la Radio Base hacia la Estación Controladora es realizada usando circuitos estáticos TDM. Esta tecnología no ha sido optimada para trasportar eficientemente el tráfico de datos.

Una solución para la optimación de la interfaz A-bis es salvar ancho de banda transmitiendo solo los bits que contienen datos, los demás bits no son enviados.

Canales lógicos y físicos.

Cada timeslot en la trama TDM es llamado un canal físico, por lo tanto en GSM hay ocho canales por frecuencia de transporte.

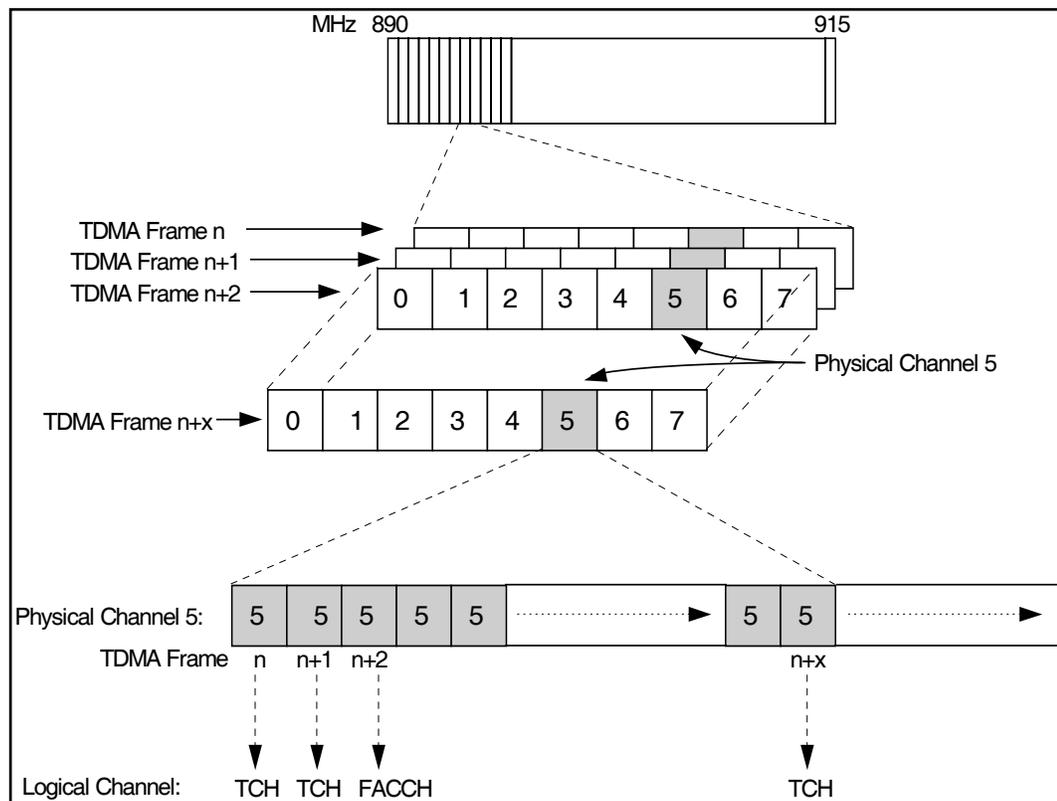


Tabla 4.2.2 Canales lógicos y físicos.

Un canal físico puede transportar diferentes mensajes, dependiendo de la información que va ser enviada. Estos mensajes son llamados canales lógicos. Por ejemplo en uno de los canales físicos usado para tráfico, el tráfico es transmitido usando un mensaje de canal de tráfico (TCH), mientras una instrucción es transmitida usando canal asociado de control (FACCH).

Canales lógicos.

Existen muchos tipos de canales lógicos (ver figura 4.2.3) y están diseñados para transportar diferentes mensajes hacia y desde un Suscriptor Móvil (MS).

Hay varios tipos de mensajes. La relación entre los mensajes y el canal lógico es mostrada en la figura de abajo.

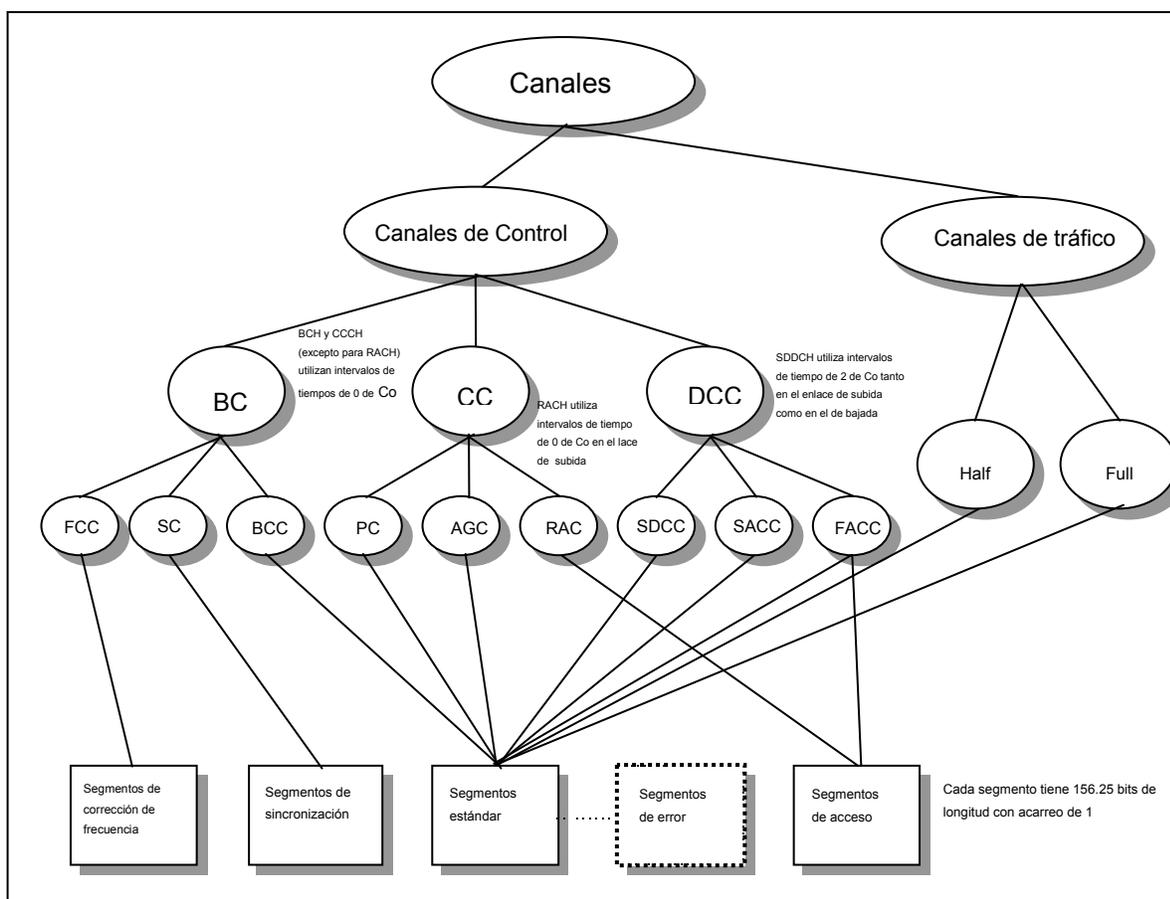


Figura 4.2.3 Canales Lógicos y Mensajes.

Canales de control.

Cuando un MS es encendido, este busca una BTS para conectarse. El MS escanea la frecuencia u opcionalmente usa una lista de frecuencias asignadas por el operador. Cuando el MS encuentra una buena señal, debe buscar el canal de control, particularmente el Canal de Control de Transmisión (Broadcast Control Channel (BCCH)).

Una frecuencia de transporte BCCH contiene información importante para el MS, incluyendo por ejemplo información de sincronía e identidad de la red. Sin esta información, un MS no puede trabajar dentro de la red. Esta información es transmitida en un intervalo de tiempo, principalmente hacia canal de transmisión (Broadcast Channel (BCH)).

Canales de Transmisión (BCH)			
Canales lógicos	Dirección	BTS	MS
Canal de corrección de frecuencia (FCCH)	Downlink, punto multipunto	Transmite una frecuencia de transporte	Identifica BCCH por la frecuencia y se sincroniza con la frecuencia.
Canal de sincronía (SCH)	Downlink, punto multipunto	Transmite información de la estructura de la trama TDM (por ejemplo el número de trama) y la identidad de la BTS (BSIC)	Se sincroniza con la estructura de la trama dentro de una celda en particular, y se asegura que la BTS escogida sea la BTS GSM con el BSIC indicado.
Canal de control de transmisión	Downlink, punto multipunto	Transmite cierta información general de la celda, tal como	Recibe LAI y almacenará la información si no la tiene en su SIM. El MS configura el

(Broadcast Control Channel (BCCH))		Identidad de Localización del Área (LAI). Máxima potencia permitida en la celda y la identidad del BCCH de las celdas vecinas.	nivel de potencia basado en la información recibida en el BCCH. También, el MS almacena una lista de BCCH con los cuales realizará mediciones para ayudarse en un eficiente salto hacia la siguiente celda.
------------------------------------	--	--	---

Tabla 4.2.1 Canales de transmisión.

Cuando el MS ha finalizado de analizar la información de un BCH, entonces tiene toda la información requerida para trabajar con la red. Sin embargo, si el MS viaja hacia otra celda, este debe repetir el proceso de lectura del FCCH, SCH y BCCH en la nueva celda.

Si el MS desea realizar o recibir una llamada, entonces el Canal de Control Común (CCCH) debe ser usado.

Canal de control Común (CCCH)			
Canal Lógico	Dirección	BTS	MS
Canal de paginación (PCH)	Downlink, punto a punto	Trasmite un mensaje para indicar una llamada incondicional o un mensaje. El mensaje contiene el número del MS con el que desea conectarse.	En un intervalo de tiempo el MS escucha el PCH. Si es su número este responde.
Canal de acceso aleatorio (RACH)	Uplink, punto a punto	Recibe la petición del MS para un canal de señalización	Responde el mensaje dentro de un RACH para el requerimiento de un canal de

			señalización
Canal de acceso concedido (AGCH)	Downlink, punto a punto	Asigna un canal de Señalización (SDCCH) a el MS	Recibe un canal de señalización asignado (SDCCH)

Tabla 4.2.2 Canales de Control Común.

En este estado el MS y la BSS están listos para empezar una llamada. Para esto el MS y la BSS un Canal de Control Dedicado (DCCH).

Canales de Control Dedicado (DCCH)			
Canal Lógico	Dirección	BTS	MS
Canal de control dedicado stan alone (SDCCH)	Uplink y Downlink, punto a punto	La BTS conmuta hacia el canal signado SDCCH. La configuración de la llamada es realizada en un modo libre. La BSC asigna un TCH	El MS conmuta hacia el SDCCH. La configuración de la llamada es realizada. El MS recibe un canal de tráfico.
Canal de transmisión de celda (CBCH)	Downlink, punto multipunto.	Se usa este canal lógico para transmitir un mensaje corto del servicio de transmisión de la celda	El MS recibe el mensaje de transmisión de la celda.
Canal de control asociado de frenado (SACCH)	Uplink u Downlink, punto a punto	Instruye al MS de la potencia de transmisión a usar y da instrucciones del siguiente salto hacia la celda contigua	Envía el promedio de la mediciones en su propia BTS (potencia de la señal y calidad) y de la BTS vecina (potencia de la señal). El MS continúa usando el

			SACCH para este propósito durante toda la llamada
Canal de Control de asociación rápida (FACCH)	Uplink y downlink, punto a punto	Trasmite información del siguiente salto	Trasmite información necesaria para el siguiente salto hacia la celda vecina.

Tabla 4.2.3 Control de Canal Dedicado.

Mapeo de los canales lógicos hacia los canales físicos.

Los canales lógicos son transmitidos dentro de un canal físico. El método para colocar los canales lógicos hacia los canales físicos es llamado mapeo. Muchos canales lógicos toman solo un time slot para transmitir y algunos toman más. Así, la información de los canales lógicos es transportada en el mismo canal físico en una consecutiva trama TDM.

Debido a que los canales lógicos son cortos, algunos canales lógicos pueden compartir el mismo canal físico.

La figura de siguiente muestra las frecuencias portadoras de una muestra de una celda, incluyendo una asignación adicional de un time slot para la información del canal DCCH.

		Time slot							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Carrier Frequency	0	B,C	T	D	T	T	T	T	T
	1	T	T	D	T	T	T	T	T
	2	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	T	T	T	T	T	T	T	T

Legend:
 B: BCH
 C: CCCH
 D: DCCH
 T: TCH

Figura 4.2.4 Mapeo de canales de control y tráfico hacia los canales físicos.

El Time Slot cero de la primera frecuencia portadora es una celda que siempre está reservada para propósitos de señalización.

Portadora 0, Time Slot 0.

El time Slot de la primera frecuencia portadora en la celda es siempre reservada para propósitos de señalización. En este modo, cuando un MS está determinando si una frecuencia portadora es un BCCH, este sabe donde buscar.

En downlink, la información de los BCH y CCCH es transmitido. El único canal lógico transmitido en el uplink es RACH, para tener el uplink libre y un MS pueda iniciar una llamada en cualquier momento.

Portadora 0, Time Slot 2.

Generalmente, el time slot 2 de la primera frecuencia portadora en la celda es también reservada para propósitos de señalización. La única excepción para esta área en la celda es cuando hay carga de tráfico alta o baja.

Si hay una carga alta de tráfico, es posible asignar un segundo (o más canales) canales físicos para el propósito y establecer una llamada (usando DCCH) en la frecuencia portadora 0.

Similarmente, si hay una carga baja de tráfico en la celda, es posible usar el canal físico 0 de la frecuencia portadora 0 para toda la información: BCH, CCH y DCCH. Haciendo esto, el canal físico 1 está libre para tráfico.

Ocho SDCCH y cuatro SACCH pueden compartir el mismo canal físico. Esto significa que ocho llamadas pueden ser establecidas simultáneamente en un canal físico.

Portadora 0, Time slot 1, 3 -7 y todos los time slot en otras portadores de esta misma celda.

Todos los time slot en la celda que no son usados para propósitos de señalización son usados para tráfico, por ejemplo para voz o datos, estos canales son los TCH.

Ejemplo de un caso de llamada.

El siguiente caso de tráfico describe una llamada hacia un MS y sobresalta el uso de algunos canales lógicos durante la llamada.

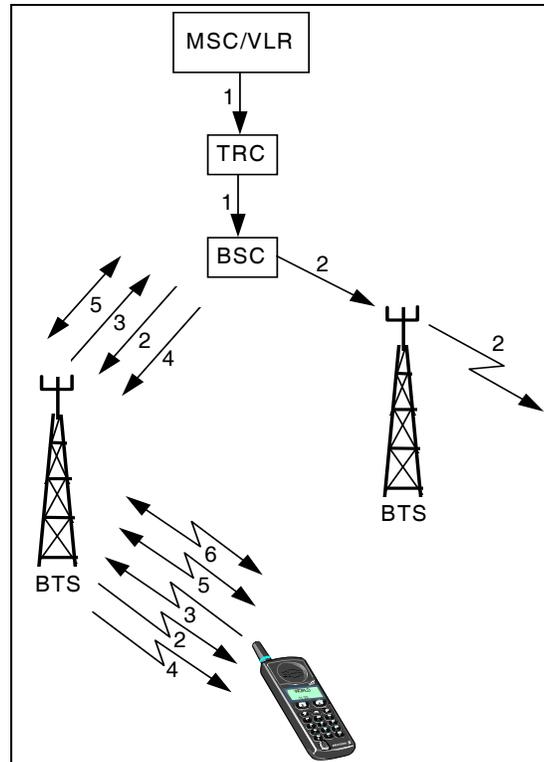


Figura 4.2.4 Llamada hacia un MS

- 1.- La MSC/VLR sabe cual es el LA donde se encuentra localizado el MS. Un mensaje es enviado a la BSC que controla el LA.
- 2.- La BSC distribuye el mensaje a las BTS en la LA designada. La BTS trasmite el mensaje en la interfaz aire usando un PCH.
- 3.- Cuando el MS detecta un PCH identificándose, este envía un mensaje requerimiento para poder utilizar un canal de señalización RACH.
- 4.- La BSC usa un AGCH para informarle al MS del canal de señalización (SDCCH y SACCH) que puede utilizar.
- 5.- El canal SDCCH y el SACCH son usados para establecer la llamada. Un canal de tráfico es asignado THC y el SDCCH es liberado.

6.- El MS y la BST conmutan hacia la frecuencia y time slot del canal de tráfico asignado TCH. El MS suena y el MS responde, la conexión es establecida. Durante esta llamada, la radio conexión es mantenida para información enviada y recibida por el MS usando el canal SACCH.

La optimización es basada en un simple concepto, el cual consiste en la transferencia de los bit que contienen datos, todos los otros bit no son insertados.

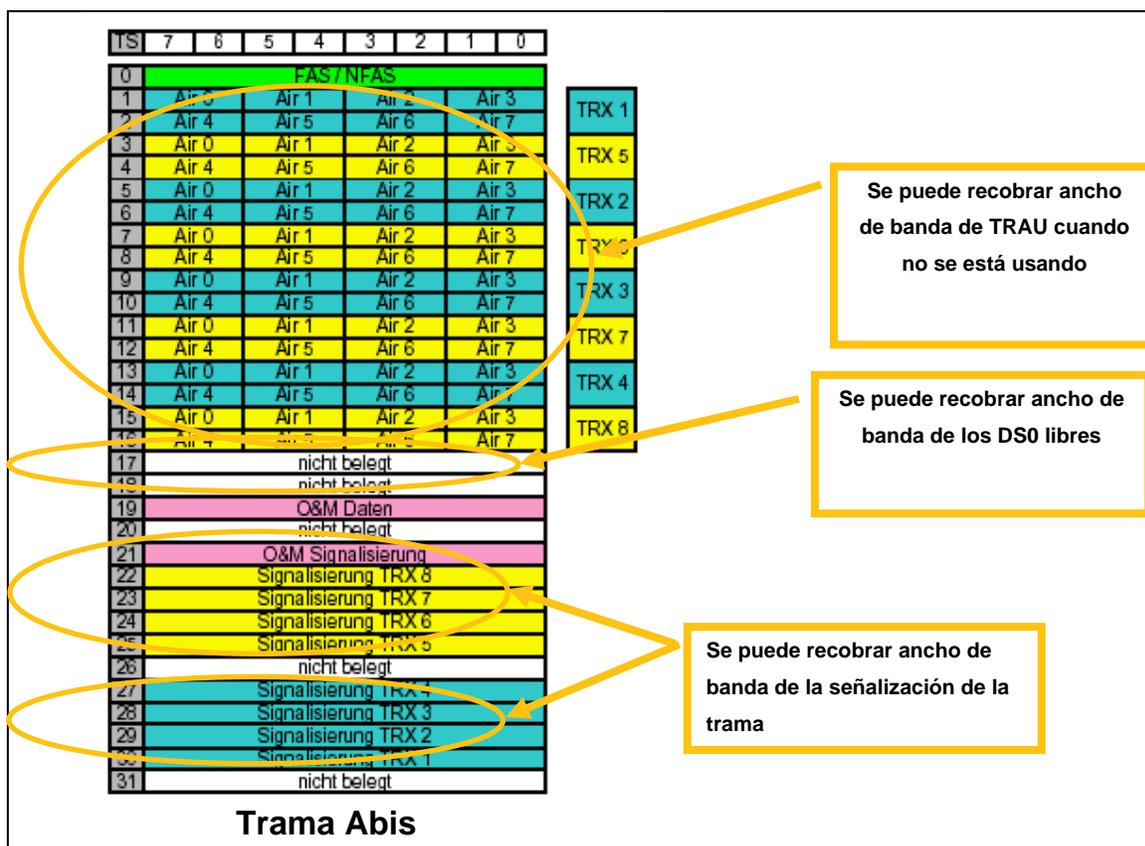


Figura 4.2.5

El ancho de banda se puede recuperar en los siguientes casos:

- DS0 o sub-canales libres.
- Cuando no se está utilizando la compresión de canales TRAU
- Cuando GPRS/EDGE no se está utilizando

En la red la optimización queda instalada de la siguiente forma.

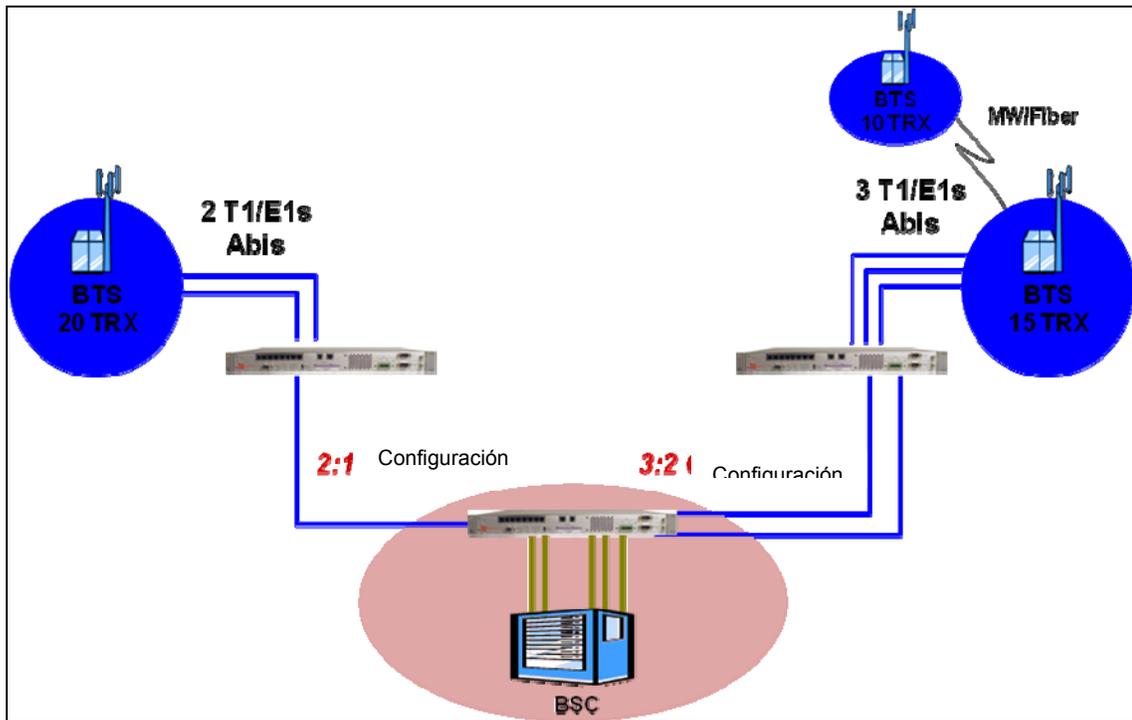


Figura 4.2.6

Capítulo 5.

Aplicaciones.

Una vez que se ha descrito el funcionamiento y características de la interfaz A-bis, se muestran algunos ejemplos donde se ha aplicado esta como una alternativa para la optimación del ancho de banda.

Aprovechando algunos hechos se pueden mencionar, por ejemplo, el utilizar la infraestructura de TX existente para los diferentes servicios de 2G y 3G. Así. Al optimar la infraestructura actual se tiene mayor capacidad; utilizar el tráfico de GSM (A-bis) como opción para optimar tráfico de 2G; UMTS utiliza actualmente una base ATM para la mayoría de las interfaces; haciendo un manejo estadístico del tráfico de usuario (lub) se puede usar como candidato para la sobre suscripción, en consecuencia utilizar menores recursos de TX en algunos puntos.

Una de las marcas que proporciona el equipo necesario para la realización de este proceso es la marca TELLABS con su serie 8600. (En el Anexo 2 se pueden ver algunos equipos y sus características)

Algunas ventajas que se obtienen al utilizar este equipo son las siguientes:

- La agregación elimina la necesidad de actualizaciones y/o crecimientos masivos de la red SDH.
- MPLS permite transportar con calidad de servicio sobre enlaces SDH existentes. (evita el reemplazo de equipos SDH existentes).
- Prepara la red para el crecimiento de datos con una tecnología diseñada para datos.

- Permite la agregación y transporte de tráfico TDM, ATM e IP en el mismo equipo.
- Optima el transporte de datos con un factor mínimo de 4:1 con multiplexaje estadístico.

5.1 Introducción a la teoría de MPLS/IP.

MPLS son las siglas de Multiprotocol Label Switching – Multiprotocolo de Intercambio de Etiquetas. Es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

MPLS funciona anexando un encabezado a cada paquete. Dicho encabezado contiene una o más “etiquetas”, y al conjunto de etiquetas se le llama pila o “stack”. Cada etiqueta consiste de cuatro campos:

- Valor de la etiqueta de 20 bits.
- Prioridad de Calidad de Servicio (QoS) de 3 bits. También llamados bits experimentales.
- Bandera de “fondo” de la pila de 1 bit.
- Tiempo de Vida (TTL) de 8 bits.

5.1.1 Descripción general.

Como cada paquete de una conexión de protocolo de capa de red se desplaza de un router a otro, cada router toma una decisión independiente en el

reenvío de paquetes. Es decir, cada router de forma independiente elige al próximo salto para el paquete, basado en su análisis de la cabecera del paquete y los resultados de ejecutar el algoritmo de enrutamiento.

Las cabeceras de los paquetes contienen mucho más información de la necesaria, solo para elegir el siguiente salto. Por lo tanto, elegir el siguiente salto puede considerarse como la relación de dos funciones. En la primera, está la función de fragmentos de todo el conjunto de paquetes posible que queda dentro del conjunto de "Clases de Equivalencia de Reenvío (Forwarding Equivalence Classes - FECs)". En la segunda están los mapas de cada FEC a un próximo salto. En la medida en que la decisión de reenvío es concertada, los diferentes paquetes, los cuales consiguen mapearse en el mismo FEC, son indistinguibles. Todos los paquetes que pertenecen a una FEC particular y que viajan de un nodo en particular seguirán el mismo camino (o, si ciertos tipos de enrutamiento multi-ruta están en uso, todos ellos seguirán un conjunto de rutas relacionadas con el FEC).

En el reenvío IP convencional, en un router dado, generalmente se considera que dos paquetes están en la misma FEC si existiera una dirección de prefijo X en las tablas de enrutamiento del router de manera que X es "el juego más largo" para la dirección de destino de cada paquete. A medida que el paquete atraviesa la red, cada salto, a su vez reexamina el paquete y lo asigna a una FEC.

En MPLS, la asignación de un paquete particular a una FEC particular se hace una sola vez, cuando el paquete entra en la red. La FEC a la que el paquete se le asigna se codifica como un valor fijo de corta longitud conocido como una "etiqueta". Cuando un paquete es enviado a su próximo salto, la etiqueta es enviada junto con él; es decir, los paquetes se "etiquetan" antes de que se les reenvíe.

En posteriores saltos, no hay análisis de cabecera de la capa del paquete de la red. Más bien, la etiqueta se utiliza como un índice en una tabla que especifica el

siguiente salto, y una nueva etiqueta. La etiqueta vieja se sustituye con la etiqueta nueva, y el paquete es enviado a su próximo salto.

En el paradigma de reenvío MPLS, una vez que un paquete es asignado a una FEC, no se hace análisis de las cabeceras por los "routers" posterior, todo envío es impulsado por las etiquetas. Esto tiene una serie de ventajas sobre las convencionales en la capa de transmisión de red.

Algunos "routers" analizan la cabecera de un paquete de la capa red no sólo para elegir el siguiente salto del paquete, sino también para determinar "la prioridad del paquete" o "clase de servicio". A continuación, se pueden aplicar diferentes umbrales para descartar o acreditar a los diferentes paquetes. MPLS permite (pero no exige) la prioridad o clase de servicio, total o parcialmente se deduce de la etiqueta. En este caso, se puede decir que la etiqueta representa la combinación de la FEC y la prioridad o clase de servicio.

Un "router" que soporta MPLS es conocido como un "Label Switching Router" o un "Router Intercambiador de Etiquetas" o LSR.

Arquitectura MPLS

Siglas más usadas:

- LER (Label Edge Router): elemento que inicia o termina el túnel (pone y quita cabeceras). Es decir, el elemento de entrada/salida a la red MPLS. Un router de entrada se conoce como Ingress Router y uno de salida como Egress Router. Ambos se suelen denominar Edge Label Switch Router ya que se encuentran en los extremos de la red MPLS.
- LSR (Label Switching Router): elemento que conmuta etiquetas.

- LSP (Label Switched Path): nombre genérico de un camino MPLS (para cierto tráfico o FEC), es decir, del túnel
- MPLS establecido entre los extremos. A tener en cuenta que un LSP es unidireccional.
- LDP (Label Distribution Protocol): un protocolo para la distribución de etiquetas MPLS entre los equipos de la red.
- FEC (Forwarding Equivalence Class): nombre que se le da al tráfico que se encamina bajo una etiqueta. Subconjunto de paquetes tratados del mismo modo por el conmutador.

5.1.2 Conceptos básicos.

Etiquetas

Una etiqueta tiene una pequeña longitud fija, es importante a nivel local como identificador, se utiliza para identificar a una FEC. La etiqueta que se coloca a un paquete en particular representa el reenvío de la clase equivalencia la que se le asigna al paquete.

Por lo general, un paquete es asignado a una FEC basándose (total o parcialmente) en su dirección de destino en la capa de red. Sin embargo, la etiqueta no es una codificación de dicha dirección.

Cuando hablamos acerca de paquetes que “están siendo enviados” de un LSR a otro no significa necesariamente que el paquete se ha originado en ese punto ni que ha de terminar en el otro. Esto quiere decir que los paquetes pueden ir de un punto a otro en su camino a un FEC de destino final, incluso que viene desde otro FEC de origen más anteriormente, o sea que van de paso.

El etiquetado de paquetes.

La "etiqueta del paquete" es un paquete en el que una etiqueta se ha codificado. En algunos casos, la etiqueta se encuentra en una cabecera de encapsulación que existe específicamente para este propósito. En otros casos, la etiqueta puede residir en un enlace de datos existentes o encabezado de la capa de red, siempre que hay un campo que está disponible para ese fin. La técnica de codificación particular a ser usada debe ser acordada por ambas entidades, tanto el que codifica la etiqueta como la entidad que decodifica la etiqueta.

Sello de asignación y distribución

En la arquitectura MPLS, la decisión de enlazar a una etiqueta L en especial a una FEC F en particular, se hace por la LSR de carga de bajada con respecto a ese enlace. El LSR de carga de bajada luego informa a la LSR de carga de subida del enlace. Así, las etiquetas son "asignadas para la bajada", y los enlaces de la etiqueta son distribuidos en la dirección "de bajada a subida".

Si un LSR ha sido diseñado de modo que sólo puede buscar etiquetas que caen en un rango numérico determinado, entonces sólo necesita asegurarse de que las etiquetas de enlace se encuentran en ese rango.

Atributos de un enlace de etiquetas

Un particular enlace con la etiqueta L hacia el FEC F, distribuido desde un LSR a otro, pueden tener asociados "atributos". Si el LSR es de subida, e incluso distribuye la etiqueta de enlace a una FEC F, bajo ciertas condiciones, puede ser obligado a distribuir también el atributo correspondiente que recibió del LSR de bajada.

Protocolos de distribución de etiquetas

Un protocolo de distribución de etiquetas es un conjunto de procedimientos por los que un LSR informa a otro de los enlaces etiqueta/FEC ha sido hecho. Dos LSRs que utilizan un protocolo de distribución de etiquetas para etiquetar el enlace de intercambio de información etiqueta/FEC se les conoce como "compañeros de distribución de etiquetas" con respecto al enlace de información en materia de intercambio. Si dos LSRs son pares de distribución de etiquetas, vamos a hablar de la existencia de una "etiqueta de adyacencia de distribución" entre ellos. Dos LSRs pueden ser compañeros de distribución de etiquetas con respecto a algún conjunto de enlaces, pero no con respecto a algún otro conjunto de enlaces.

El protocolo de distribución de etiquetas también abarca las negociaciones en la que dos pares de distribución de etiquetas deben comprometerse con el fin de aprender unas de otras las capacidades MPLS.

Cargas de subida no solicitadas vs. Cargas de bajada en demanda.

La arquitectura MPLS permite a un LSR a solicitar explícitamente, de su próximo salto para un FEC particular, una etiqueta obligatoria para tal FEC. Esto se conoce como distribución de la etiqueta de "cargas de bajada en demanda".

La arquitectura MPLS permite a un LSR distribuir enlaces a LSRs que no han solicitado expresamente nada de ellos. Esto se conoce como distribución de la etiqueta "carga de subida no solicitada".

La pila de etiquetas

Hasta ahora, pareciera como si un paquete etiquetado lleva sólo una sola etiqueta. Pero, es útil tener un modelo más general en el que un paquete etiquetado

lleva un número de etiquetas, organizadas para que la última en entrar, sea la primera en salir de la pila. Nos referimos a esto como la etiqueta de apilamiento.

En MPLS un paquete etiquetado es completamente independiente del nivel de su jerarquía. El tratamiento se basa siempre en la etiqueta superior, sin tener en cuenta la posibilidad de que un cierto número de etiquetas puedan haber estado "por encima" anteriormente, o que un cierto número de etiquetas pueden ser inferiores en la actualidad.

Un paquete sin etiqueta puede considerarse como un paquete cuya etiqueta de apilamiento está vacía (es decir, en cuya etiqueta de apilamiento tiene una profundidad de 0). Si la etiqueta de un paquete de apilamiento es de m de profundidad, nos referimos a la etiqueta en la parte inferior de la pila como etiqueta nivel 1, a la etiqueta encima de ella (si existe) como etiqueta nivel 2 y a la etiqueta en la parte superior de la pila como la etiqueta nivel m .

Selección de ruta

La selección de rutas se refiere al método utilizado para la selección de los LSP para un FEC particular. La arquitectura propuesta para el protocolo MPLS soporta dos opciones para la selección de ruta: enrutamiento salto a salto y enrutamiento explícito.

El enrutamiento salto a salto permite a cada nodo a elegir independientemente el siguiente salto para cada FEC. Este es el modo habitual hoy en día en las redes IP. Un "enrutador LSP salto a salto" es una LSP cuya ruta se selecciona usando el enrutamiento salto a salto.

En un LSP enrutado de manera explícita, cada LSR no elige independientemente el siguiente salto; más bien, un LSR único, generalmente el LSP de ingreso o el LSP

de egreso, especifica varias (o todas) de los LSRs en el LSP. Si un LSR solo especifica el LSP entero, el LSP es "estrictamente" explícitamente enrutado. Si un LSR solo especifica solo algunos de los LSP, el LSP está "vagamente" explícitamente enrutado.

Etiqueta de distribución en el Protocolo de transporte

Un protocolo de distribución de etiquetas se usa entre los nodos de una red MPLS para establecer y mantener las etiquetas de enlaces. Con el fin de que MPLS funcione correctamente, la información de las etiquetas de distribución deben transmitirse de forma fiable, y los mensajes de protocolo de las etiquetas de distribución, relativos a una FEC en particular, deben ser transmitidas en secuencia. El control de flujo es también deseable, como es la capacidad de llevar múltiples etiquetas de mensajes en un solo paquete o datagrama.

5.1.3 Introducción al Protocolo de Internet, versión 6 (IPv6)

El IP versión 6 (IPv6) es la nueva versión del Protocolo Internet, diseñado como el sucesor para el IP versión 4 (IPv4). Los cambios del IPv4 al IPv6 recaen principalmente en las siguientes categorías:

- Capacidades de Direccionamiento Extendido. El IPv6 incrementa el tamaño de dirección IP de 32 bits a 128 bits, para dar soporte a más niveles de direccionamiento jerárquico, un número mucho mayor de nodos direccionables, y una autoconfiguración más simple de direcciones. La escalabilidad del enrutamiento multienvío se mejora agregando un campo "ámbito" a las direcciones multienvío. Y se define un nuevo tipo de dirección llamada "dirección envío a uno de", usado para enviar un paquete a cualquiera de un grupo de nodos.

- Simplificación del Formato de Cabecera. Algunos campos de la cabecera IPv4 se han sacado o se han hecho opcionales, para reducir el costo del caso común de proceso de tratamiento de paquete y para limitar el costo del ancho de banda, de la cabecera IPv6.
- Soporte Mejorado para las Extensiones y Opciones. Los cambios en la manera en que se codifican las opciones de la cabecera IP permiten un reenvío más eficiente, límites menos rigurosos en la longitud de opciones, y mayor flexibilidad para introducir nuevas opciones en el futuro.
- Capacidad de Etiquetado de Flujo. Una nueva capacidad se agrega para permitir el etiquetado de paquetes que pertenecen a "flujos" de tráfico particulares para lo cuál el remitente solicita tratamiento especial, como la calidad de servicio no estándar o el servicio en "tiempo real".

Formato de la cabecera IPv6.

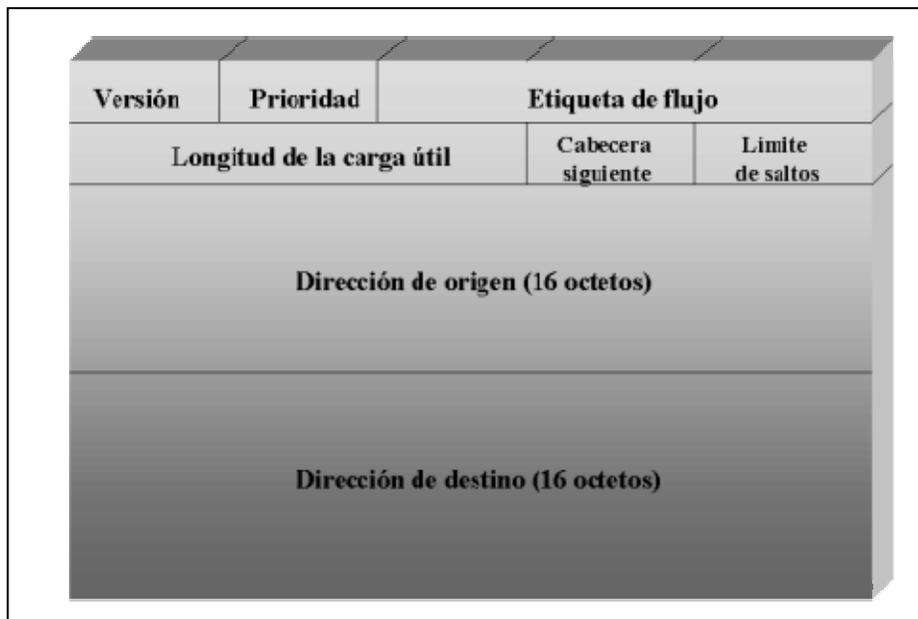


Figura 5.1.3.1

- Versión Número. Es la 6 del Protocolo de Internet de 4 bits.
- Prioridad. Campo de clase de tráfico de 8 bits.

- Etiqueta de Flujo. Etiqueta de 20 bits.
- Longitud de la Carga Útil. Entero sin signo de 16 bits. Es la longitud de la carga útil IPv6, es decir, el resto del paquete que sigue a esta cabecera IPv6, en octetos. Las cabeceras de extensión presente son parte de la carga útil, se incluyen en el conteo de la longitud.
- Cabecera Siguiente. Selector de 8 bits. Identifica el tipo de cabecera que sigue inmediatamente a la cabecera IPv6. Utiliza los mismos valores que el campo Protocolo del IPv4
- Límite de Saltos. Entero sin signo de 8 bits. Decrementado en 1 por cada nodo que reenvía el paquete. Se descarta el paquete si el Límite de Saltos llega a cero.
- Dirección Origen. Dirección de 128 bits del originador del paquete.
- Dirección Destino. Dirección de 128 bits del recipiente pretendido del paquete (posiblemente no el último recipiente, si está presente una cabecera enrutamiento).

Cabeceras de extensión IPv6.

En el IPv6, la información de capa internet opcional se codifica en cabeceras separadas que se pueden colocar entre la cabecera IPv6 y la cabecera de capa superior dentro de un paquete. Hay un número pequeño de tales cabeceras de extensión, cada una identificada por un valor de Cabecera Siguiente distinto. Un paquete IPv6 puede llevar cero, una, o más cabeceras de extensión, cada una identificada por el campo Cabecera Siguiente de la cabecera precedente.

Una implementación completa del IPv6 comprende la implementación de las siguientes cabeceras de extensión:

- Opciones de Salto a Salto
- Enrutamiento (Tipo 0)

- Fragmento
- Opciones de Destino
- Autenticación
- Seguridad del Encapsulado de la Carga Útil

Orden de las Cabeceras de Extensión

Cuando más de una cabecera de extensión se usa en un mismo paquete, se recomienda que esas cabeceras aparezcan en el siguiente orden:

- Cabecera IPv6
- Cabecera Opciones de Salto a Salto
- Cabecera Opciones de Destino
- Cabecera Enrutamiento
- Cabecera Fragmento
- Cabecera Autenticación
- Cabecera Seguridad del Encapsulado de la Carga Útil
- Cabecera Opciones de Destino
- Cabecera de Capa Superior

Cada cabecera de extensión debe ocurrir solamente una vez, a excepción de la cabecera Opciones de Destino la cual debe ocurrir a lo sumo dos veces (una vez antes de una cabecera Enrutamiento y la otra vez antes de una cabecera de capa superior). A continuación se describen algunas:

- Cabecera Opciones de Salto a Salto. Se usa para llevar información opcional que debe ser examinada por cada nodo a lo largo de la ruta de entrega del paquete.
- Cabecera Enrutamiento. Es utilizada por un origen IPv6 para listar uno o más nodos intermedios a ser "visitados" en el camino hacia el destino del paquete.

- **Cabecera Fragmento.** Es utilizada por un origen IPv6 para enviar un paquete más grande de lo que cabría en la MTU de la ruta hacia su destino. Para enviarlo, un nodo origen puede dividir el paquete en fragmentos y enviar cada fragmento como un paquete separado, para ser reensamblado en el receptor. El paquete original sólo se reensambla a partir de paquetes fragmento que tienen la misma Dirección Origen, Dirección Destino, e Identificación del Fragmento.
- **Cabecera Opciones de Destino.** Es usada para llevar información opcional que necesita ser examinada solamente por el(los) nodo(s) destino del paquete.
- **Cabecera No Hay Siguiendo.** En el campo Cabecera Siguiendo de una cabecera IPv6 o de cualquier cabecera de extensión indica que nada hay siguiendo esa cabecera. Si el campo Longitud de la Carga Útil de la cabecera IPv6 indica la presencia de octetos más allá del final de una cabecera, esos octetos deben ignorarse, y pasarse inalterados si el paquete se reenvía.

Cuestiones de Tamaño del Paquete.

El IPv6 requiere que cada enlace de Internet tenga una MTU (Unidad Máxima de Transferencia - Maximum Transfer Unit) de 1280 octetos o mayor. En cualquier enlace que no pueda llevarse un paquete de 1280 octetos en una pieza, debe proporcionarse fragmentación y reensamblaje específico al enlace en una capa debajo del IPv6.

Los Enlaces que tienen una MTU configurable deben configurarse para tener una MTU de por lo menos 1280 octetos; se recomienda que sean configurados con una MTU de 1500 octetos o mayor, para alojar posibles encapsulaciones (es decir, tunelizar) sin incurrir en la fragmentación de la capa IPv6.

De cada enlace al cual un nodo se conecta directamente, el nodo debe poder aceptar paquetes tan grandes como la MTU de ese enlace.

Un nodo debe poder aceptar un paquete fragmentado que, después del reensamblaje, sea tan grande como de 1500 octetos. Se permite a un nodo aceptar paquetes fragmentados de tal manera que reensamblan a más de 1500 octetos. Solo si se tiene la certidumbre que el destino es capaz reensamblar paquetes de ese tamaño.

Etiquetas de Flujo.

El campo Etiqueta de Flujo en la cabecera IPv6 puede ser usado por un origen para etiquetar secuencias de paquetes para los cuales solicita un manejo especial por los enrutadores IPv6, tal como la calidad de servicio no estándar o el servicio en "tiempo real".

Clases de Tráfico.

El campo Clase de Tráfico en la cabecera IPv6 está disponible para usarse por nodos originantes y/o enrutadores reenviantes para identificar y distinguir entre las diferentes clases o prioridades de paquetes IPv6.

Se utiliza para distinguir las fuentes que deben beneficiarse del control de flujo de otras. Esta distinción en los flujos permite que los routers reaccionen mejor en caso de congestión.

Cuestiones de Protocolo de Capa Superior.

- Sumas de Verificación de Capa Superior. Cualquier protocolo de transporte u otro de capa superior que incluya las direcciones de la cabecera IP en su cálculo de suma de verificación debe modificarse para el uso sobre el IPv6, para incluir las direcciones IPv6 de 128 bits en lugar de las direcciones IPv4

de 32 bits. A diferencia del IPv4, cuando los paquetes UDP son originados por un nodo IPv6, la suma de verificación UDP no es opcional. Es decir, siempre que se origine un paquete UDP, un nodo IPv6 debe calcular una suma de verificación UDP sobre el paquete y la pseudo cabecera. La versión IPv6 del ICPM (Internet Control Message Protocol - Protocolo de Control de Mensajes de Internet) [ICMPv6] incluye dicha pseudo cabecera en su cálculo de suma de verificación; éste es un cambio a diferencia de la versión IPv4 del ICMP. La razón para el cambio es para proteger al ICMP de una mala entrega o corrupción de aquellos campos de la cabecera IPv6 de los que depende, los qué, a diferencia del IPv4, no son cubiertos por una suma de verificación de la capa internet.

- Tiempo de Vida Máximo de un Paquete. A diferencia del IPv4, no se exigen a los nodos IPv6 cumplir con el tiempo de vida máximo de un paquete. Esa es la razón por la que el campo "Tiempo de Vida" del IPv4 se renombró a "Límite de Saltos" en el IPv6. En la práctica, muy pocas, si algunas, implementaciones IPv4 adoptan el requisito de limitar el tiempo de vida de un paquete, así que esto no es un cambio en la práctica.
- Contestando a Paquetes que Llevan Cabeceras Enrutamiento. Cuando un protocolo de capa superior envía uno o más paquetes en contestación a un paquete recibido que incluía una cabecera Enrutamiento, el(los) paquete(s) respuesta no debe(n) incluir una cabecera Enrutamiento que se derivó automáticamente "invirtiendo" la cabecera Enrutamiento recibida a menos que se hayan verificado la integridad y autenticidad tanto de la Dirección Origen como de la cabecera Enrutamiento recibida.

5.2 VPN

La Red Privada Virtual (RPV), en inglés Virtual Private Network (VPN), es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet.

Una VPN no es más que una estructura de red corporativa implantada sobre una red de recursos de carácter público, pero que utiliza el mismo sistema de gestión y las mismas políticas de acceso que se usan en las redes privadas, al fin y al cabo no es más que la creación en una red pública de un entorno de carácter confidencial y privado que permitirá trabajar al usuario como si estuviera en su misma red local.

Para hacerlo posible de manera segura es necesario proporcionar los medios para garantizar la autenticación, integridad y confidencialidad de toda la comunicación.

Funcionamiento

La comunicación entre los dos extremos de la red privada a través de la red pública se hace estableciendo túneles virtuales entre esos dos puntos y usando sistemas de encriptación y autenticación que aseguren la confidencialidad e integridad de los datos transmitidos a través de esa red pública. Debido al uso de estas redes públicas, generalmente Internet, es necesario prestar especial atención a las cuestiones de seguridad para evitar accesos no deseados.

La tecnología de túneles (Tunneling) es un modo de envío de datos en el que se encapsula un tipo de paquetes de datos dentro del paquete de datos propio de algún protocolo de comunicaciones, y al llegar a su destino, el paquete original es desempaqueado volviendo así a su estado original.

En el traslado a través de Internet, los paquetes viajan encriptados, por este motivo, las técnicas de autenticación son esenciales para el correcto funcionamiento de las VPNs, ya que se aseguran a emisor y receptor que están intercambiando información con el usuario o dispositivo correcto.

La autenticación en redes virtuales es similar al sistema de inicio de sesión a través de usuario y contraseña, pero tienes unas necesidades mayores de aseguramiento de validación de identidades.

La mayoría de los sistemas de autenticación usados en VPN están basados en sistema de claves compartidas.

La autenticación se realiza normalmente al inicio de una sesión, y luego, aleatoriamente, durante el transcurso de la sesión, para asegurar que no haya algún tercer participante que se haya podido entrometer en la conversación.

Todas las VPNs usan algún tipo de tecnología de encriptación, que empaqueta los datos en un paquete seguro para su envío por la red pública.

La encriptación hay que considerarla tan esencial como la autenticación, ya que permite proteger los datos transportados de poder ser vistos y entendidos en el viaje de un extremo a otro de la conexión.

Existen dos tipos de técnicas de encriptación que se usan en las VPN: Encriptación de clave secreta, o privada, y Encriptación de clave pública.

En la encriptación con clave secreta se utiliza una contraseña secreta conocida por todos los participantes que van a hacer uso de la información encriptada. La contraseña se utiliza tanto para encriptar como para desencriptar la información. Este tipo de sistema tiene el problema que, al ser compartida por todos los

participantes y debe mantenerse secreta, al ser revelada, tiene que ser cambiada y distribuida a los participantes, lo que puede crear problemas de seguridad.

La encriptación de clave pública implica la utilización de dos claves, una pública y una secreta. La primera es enviada a los demás participantes. Al encriptar, se usa la clave privada propia y la clave pública del otro participante de la conversación. Al recibir la información, ésta es desencriptada usando su propia clave privada y la pública del generador de la información. La gran desventaja de este tipo de encriptación es que resulta ser más lenta que la de clave secreta.

En las redes virtuales, la encriptación debe ser realizada en tiempo real, de esta manera, los flujos de información encriptada a través de una red lo son utilizando encriptación de clave secreta con claves que son válidas únicamente para la sesión usada en ese momento.

Tipos de VPN.

VPN de acceso remoto

Es quizás el modelo más usado actualmente y consiste en usuarios o proveedores que se conectan con la empresa desde sitios remotos (oficinas comerciales, domicilios, hoteles, aviones preparados, etcétera) utilizando Internet como vínculo de acceso. Una vez autenticados tienen un nivel de acceso muy similar al que tienen en la red local de la empresa. Muchas empresas han reemplazado con esta tecnología su infraestructura dial-up (módems y líneas telefónicas).

VPN punto a punto

Este esquema se utiliza para conectar oficinas remotas con la sede central de la organización. El servidor VPN, que posee un vínculo permanente a Internet, acepta las conexiones vía Internet provenientes de los sitios y establece el túnel VPN. Los servidores de las sucursales se conectan a Internet utilizando los servicios de su proveedor local de Internet, típicamente mediante conexiones de banda ancha. Esto permite eliminar los costosos vínculos punto a punto tradicionales, sobre todo en las comunicaciones internacionales. Es más común el punto anterior, también llamada tecnología de túnel o tunneling.

Tunneling

Internet se construyó desde un principio como un medio inseguro. Muchos de los protocolos utilizados hoy en día para transferir datos de una máquina a otra a través de la red carecen de algún tipo de cifrado o medio de seguridad que evite que nuestras comunicaciones puedan ser interceptadas y espiadas. HTTP, FTP, POP3 y otros muchos protocolos ampliamente usados, utilizan comunicaciones que viajan en claro a través de la red. Esto supone un grave problema, en todas aquellas situaciones en las que queremos transferir entre máquinas información sensible, como pueda ser una cuenta de usuario (nombre de usuario y contraseña), y no tengamos un control absoluto sobre la red, a fin de evitar que alguien pueda interceptar nuestra comunicación por medio de la técnica del hombre en el medio (man in the middle), como es el caso de la Red de redes.

El problema de los protocolos que envían sus datos en claro, es decir, sin cifrarlos, es que cualquier persona que tenga acceso físico a la red en la que se sitúan las máquinas puede ver dichos datos. De este modo, alguien que conecte su máquina a una red y utilice un sniffer recibirá y podrá analizar por tanto todos los paquetes que circulen por dicha red. Si alguno de esos paquetes pertenece a un protocolo

que envía sus comunicaciones en claro, y contiene información sensible, dicha información se verá comprometida.

Si por el contrario, se cifran las comunicaciones con un sistema que permita entenderse sólo a las dos máquinas que son partícipes de la comunicación, cualquiera que intercepte desde una tercera máquina los paquetes, no podrá hacer nada con ellos, al no poder descifrar los datos. Una forma de evitar este problema, sin dejar por ello de utilizar todos aquellos protocolos que carezcan de medios de cifrado, es usar una técnica llamada tunneling.

Básicamente, esta técnica consiste en abrir conexiones entre dos máquinas por medio de un protocolo seguro, como puede ser SSH (Secure SHell), a través de las cuales realizaremos las transferencias inseguras, que pasarán de este modo a ser seguras. De esta analogía viene el nombre de la técnica, siendo la conexión segura (en este caso de ssh) el túnel por el cual se envían los datos para que nadie más aparte de los interlocutores que se sitúan a cada extremo del túnel, pueda ver dichos datos. Este tipo de técnica requiere de forma imprescindible tener una cuenta de acceso seguro en la máquina con la que se quiere comunicar.

Ventajas

- Integridad, confidencialidad y seguridad de datos.
- Las VPN reducen los costes y son sencillas de usar.
- Facilita la comunicación entre dos usuarios en lugares distantes.

5.3 Aplicaciones

5.3.1 MPLS.

Sobre todo en redes de alto rendimiento, donde las decisiones de enrutamiento que han de tomar los routers MPLS con base en la LIB (Label Information Base – Tabla de identificador de etiquetas) son mucho más sencillas y rápidas que las que toma un “router” IP ordinario (la LIB es mucho más pequeña que una tabla de rutas normal). La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.

MPLS y ruteo de tráfico salto a salto.

Varios usos de MPLS requieren que los paquetes con una determinada etiqueta de envío sean transmitidos a través del mismo camino de ruteo salto a salto que pudiera ser utilizado para la transmisión de un paquete con una dirección especificada en su campo de dirección de destino de capa de red.

MPLS y LSP explícitamente enrutados.

Hay una serie de razones por las que puede ser conveniente el uso de enrutamiento explícito en lugar del enrutamiento salto a salto. Por ejemplo, esto permite rutas basadas en políticas administrativas, y permite que las rutas que tomen los LSPs sean cuidadosamente diseñadas para permitir la ingeniería de tráfico [MPLS-TRFENG].

Ingeniería de tráfico

El objetivo básico de la ingeniería de tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén suprautilizados, con posibles puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar infrautilizados.

A comienzos de los 90 los esquemas para adaptar de forma efectiva los flujos de tráfico a la topología física de las redes IP eran bastante rudimentarios. Los flujos de tráfico siguen el camino más corto calculado por el algoritmo IGP correspondiente. En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. La ingeniería de tráfico consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP sobre enlaces más congestionados, a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos). En el esquema de la figura se comparan estos dos tipos de rutas para el mismo par de nodos origen-destino.

El camino más corto entre A y B según la métrica normal IGP es el que tiene sólo dos saltos, pero puede que el exceso de tráfico sobre esos enlaces o el esfuerzo de los “routers” correspondientes haga aconsejable la utilización del camino alternativo indicado con un salto más. MPLS es una herramienta efectiva para esta aplicación en grandes backbones, ya que:

- Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.
- Permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.

- Permite hacer “encaminamiento restringido” (Constraint-based Routing, CBR), de modo que el administrador de la red pueda seleccionar determinadas rutas para servicios.
- Especiales (distintos niveles de calidad). Por ejemplo, con garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.
- La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes.

5.3.2 Aplicaciones A-bis sobre MPLS.

La denominada Conmutación de Etiquetas de Multiprotocolo (MPLS), opera independientemente de la tecnología de acceso. MPLS es usado generalmente como una red principal de transporte para diferentes redes de acceso tales como ATM, IP, TDM, SDH, etc.

MPLS crea flujos, los cuales pueden ser mantenidos en una forma similar a una conexión orientada a una red IP, los flujos pueden ser monitoreados y dirigidos, por lo que se tiene la capacidad de reservar o liberar ancho de banda.

Trasporte de 2G TDM.- La forma de transportar el trafico de TDM es haciendo una emulación de circuitos sobre MLPS.

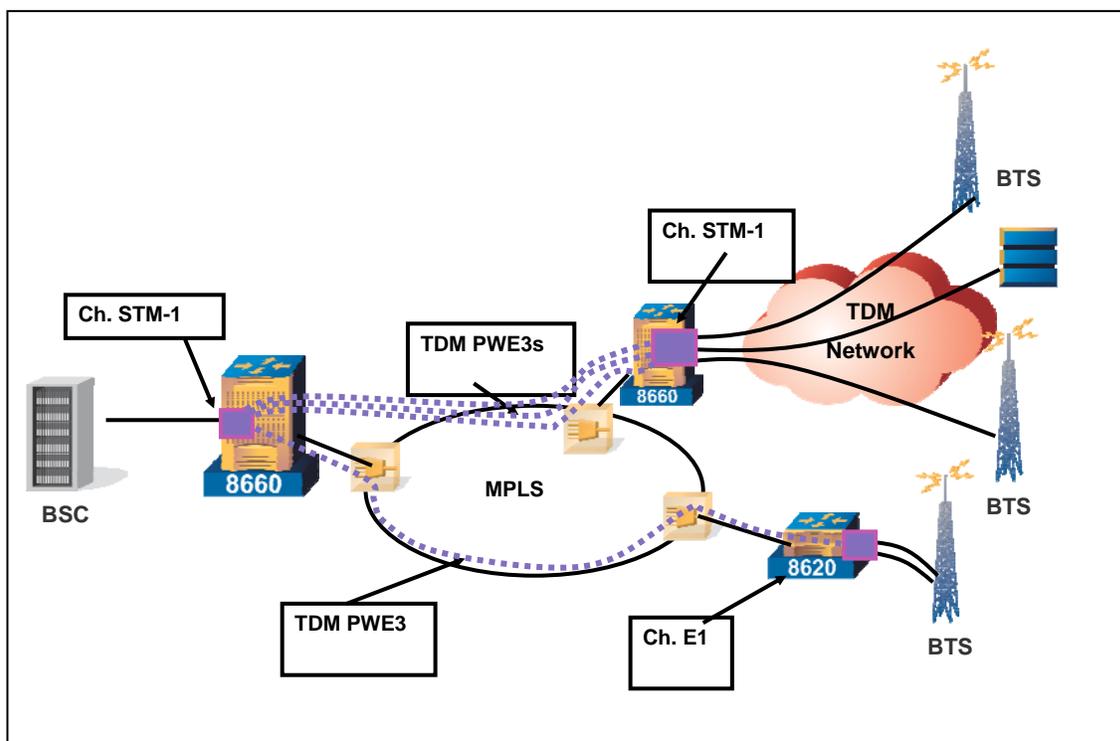
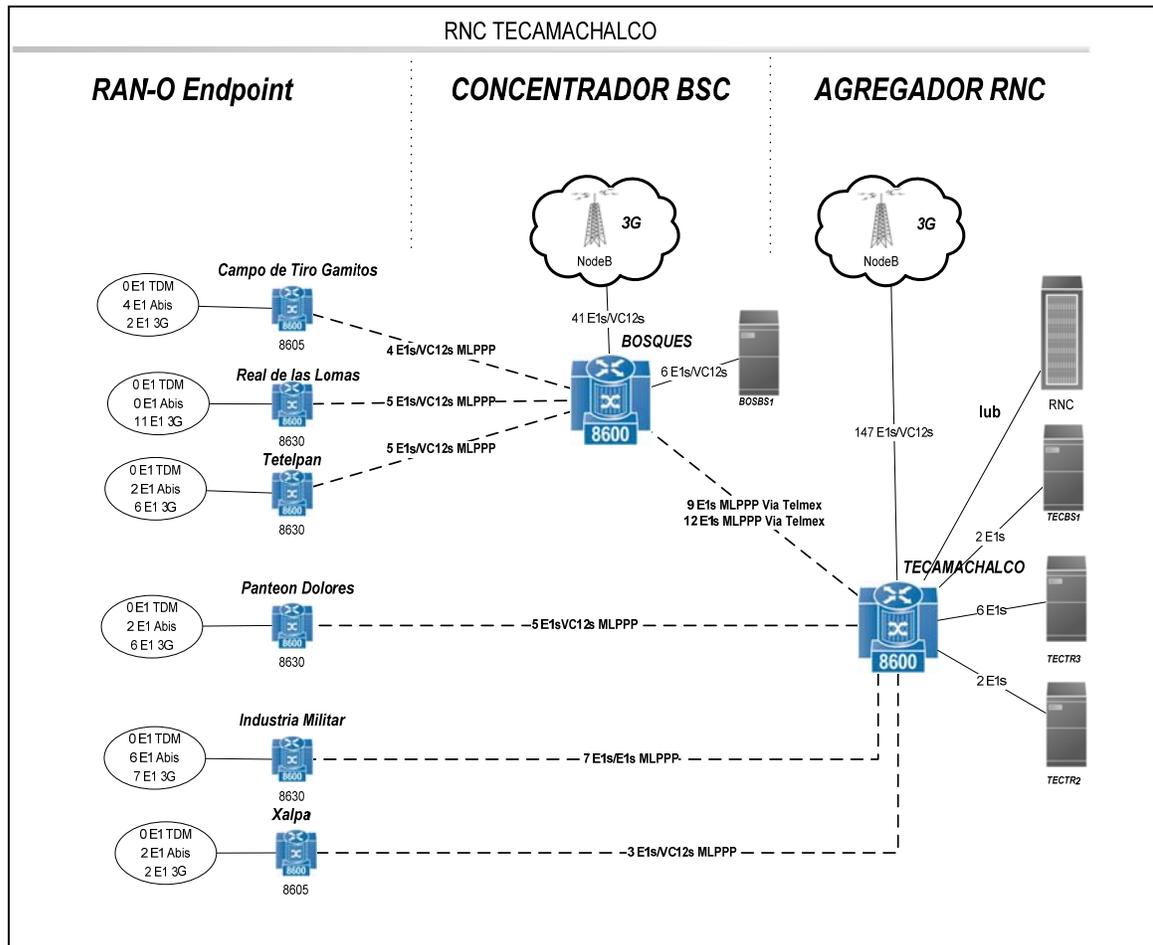


Figura 5.3.2.1

En la siguiente figura se muestra como el tráfico de 2G y 3G son transportados a través de la red MPLS.



FiFigura. 5.3.2.2 Aplicaciones de MPLS.

- **ATM:** Asynchronous Transfer Mode. Es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones
- **IMA:** Inverse Multiplexing for ATM. Es una tecnología usada para transportar tráfico ATM sobre un conjunto de líneas E1 o T1, al que se da el nombre de

grupo IMA (en inglés IMA group). Esta tecnología permite un incremento gradual de la capacidad de transporte de tráfico.

- MLPPP: Multilink PPP (MLPPP) es un método para dividir, recombinar, y mantener la secuencia lógica de datagramas a través de múltiples enlaces de datos agrupados de manera que parezcan de mayor capacidad.
- MPLS: Multiprotocol Label Switching. Es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP
- LSP: Label Switched Path. Es una ruta sobre una red MPLS, establecida por un protocolo de señalización como LDP, RSVP o CR-LDP. La ruta es establecida basándose en los criterios de ingeniería de tráfico establecida
- Pseudowire: (o Circuito). Conexión lógica en MPLS entre dos “end-points” normalmente del mismo tipo (ATM, Ethernet, CES, VLAN) mediante el cual se transporta el tráfico en ellos. Estos Pseudowires pueden ser Locales o Remotos

En esta figura se muestra la red de transporte donde se transporta el tráfico de 3G y 2G con la interfaz A-bis optimada.

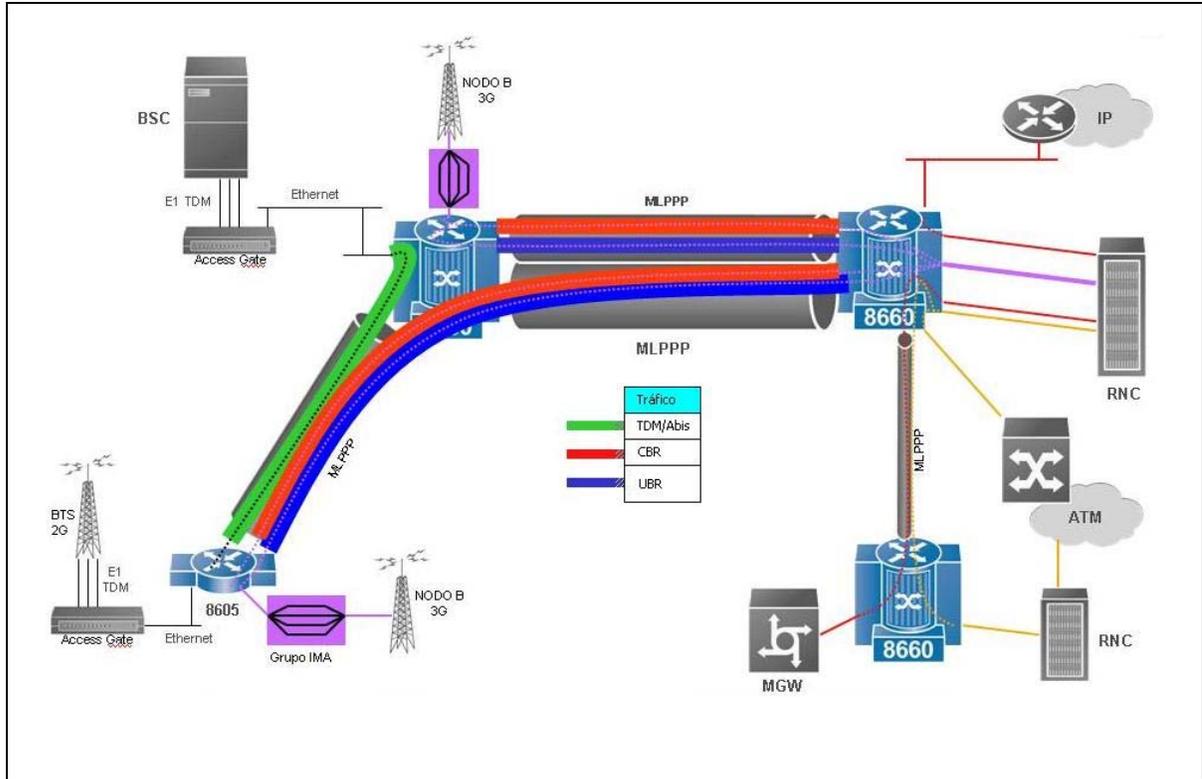


Figura 5.3.2.2 Tráfico 3G

Capítulo 6.

Conclusiones

Con el desarrollo de este trabajo hemos alcanzamos los objetivos que nos planteamos al inicio, es decir, demostramos teóricamente que existe la posibilidad de recobrar el ancho de banda de la interfaz de transporte (A-bis) que se halla entre la BTS y la BSC. Para llegar a esta conclusión pasamos por la recopilación de datos de los avances más relevantes que se han tenido en la dinámica industria de la telefonía celular a lo largo de los años. Constatamos, como por medio de la introducción de la tecnología digital, la evolución de los sistemas de comunicaciones se ha acelerado. Ejemplo de esto es el sistema AMPS que podía transmitir seiscientos sesenta y seis canales dúplex y al llegar el sistema DAMPS se logró triplicar la capacidad con el mismo ancho de banda, gracias a ingeniosos procedimientos de optimación en el acceso que contribuyeron al eficaz uso del espectro radioeléctrico.

Las comunicaciones en el campo de la telefonía celular se han ido adaptando a las necesidades cada vez más exigentes de un mayor número de usuarios que demandan la prestación de más servicios. Adaptarse a las nuevas necesidades o demandas exigiría incrementar la infraestructura de la red celular actual, a menos que nuevamente se recurra a la optimación de los recursos existentes de las conexiones troncales de la red de transporte, nos referimos a la interfaz de transmisión A-bis, que es la más apropiada para recuperar el ancho de banda utilizado debido a las características del GPRS, los silencios en la trama de la interfaz, los DS0 libres y la señalización de la trama.

Actualmente el sistema GSM y el sistema 3G son redes independientes en la parte de transmisión, es decir GSM cuenta con sus propios recursos para el transporte

del tráfico de voz y datos, y a su vez 3G utiliza sus propios recursos de transporte para la transmisión del tráfico de voz, datos, video, etc., ambos sistemas son independientes uno del otro. Pero ambos tipos de transmisión que cumplen objetivos similares, no están fusionados. Es posible entonces la creación de una sola red de transporte basada en la tecnología MPLS, la cual permite unificar las redes de transporte de los sistemas GSM y 3G. Es decir, los recursos existentes, especialmente la infraestructura de transporte pueden hacerse compatibles, logrando así una estandarización de las tecnologías. Lo que constituiría una plataforma propicia para la implementación de las tecnologías que están por venir con miras a mejorar la eficiencia en los sistemas de comunicaciones basados en IPV6, 4G y subsecuentes. Lo que implicaría la convergencia de distintos métodos de acceso.

Todo esto se puede lograr con la solución que proponemos por dos importantes razones: La primera es que la interfaz A-bis utiliza en los sistemas GSM una tecnología de transporte basada en TDM, la cual no se está usando de forma óptima. El uso del medio de transporte sería eficaz, porque se ocuparía cuando hay tráfico que demande la utilización del servicio y además estaría libre de silencios. La segunda es que la red GSM cuenta ya con una infraestructura de transporte instalada, la cual se integraría para formar una red con mayor ancho de banda para el transporte de los servicios de 2G y 3G.

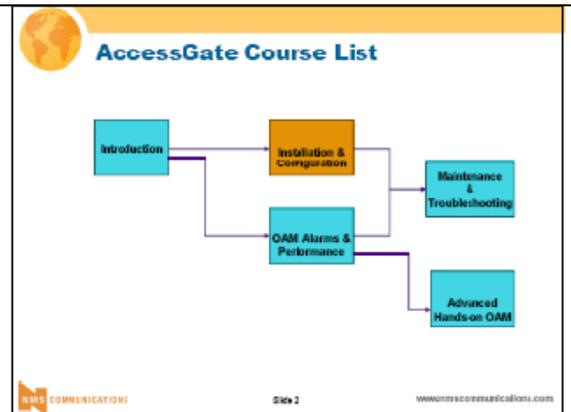
Finalmente ponemos al alcance de los interesados información actual y relevante en torno al desarrollo de la industria de la telefonía celular, que es un primer paso para la ampliación, profundización e incluso la materialización de este conocimiento para el desarrollo de nuevas soluciones dentro de este campo que todavía no ha visto culminado todo su gran potencial en beneficio de una sociedad mejor comunicada.

Anexos

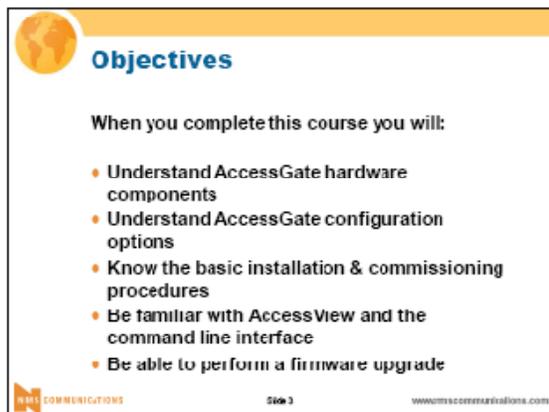
Anexo 1.



Configuración, instalación de hardware, AccesView.



AccessGate. Lista de curso.



Objetivos.

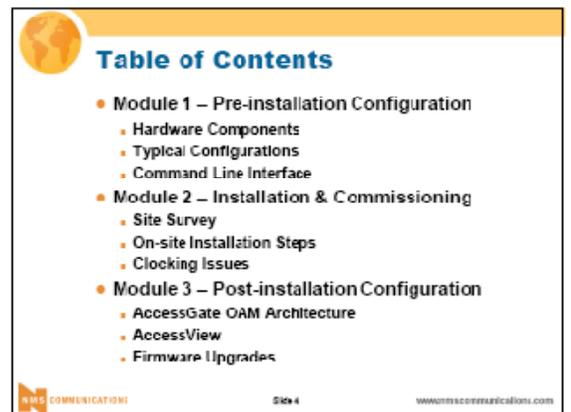
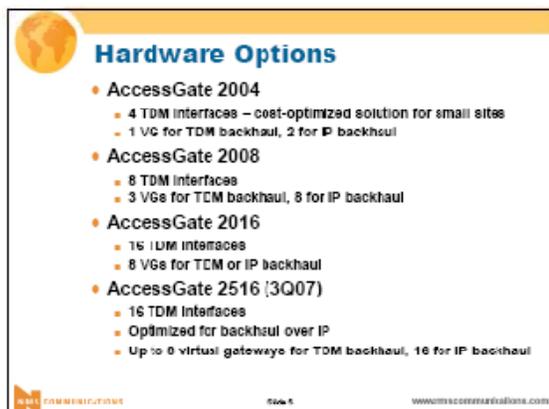
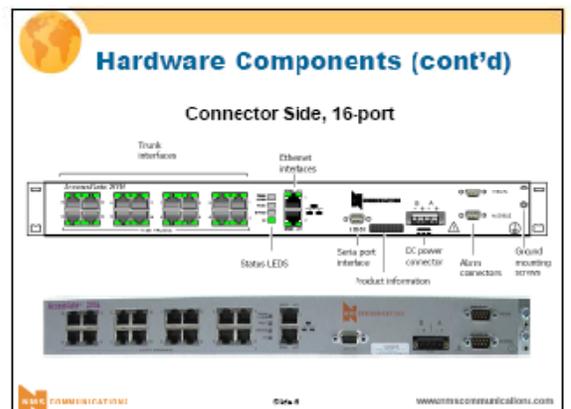


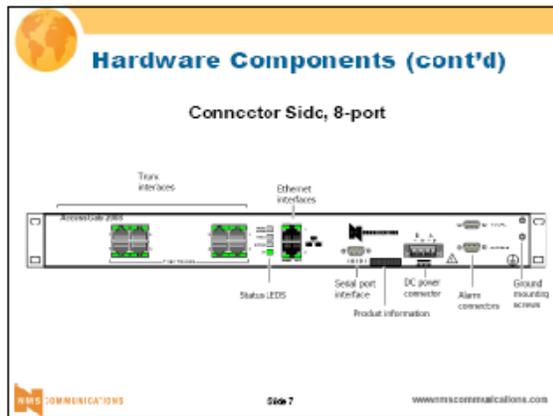
Tabla de contenidos.



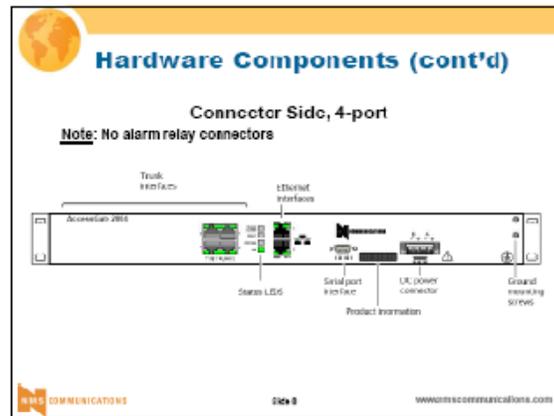
Opciones de hardware.



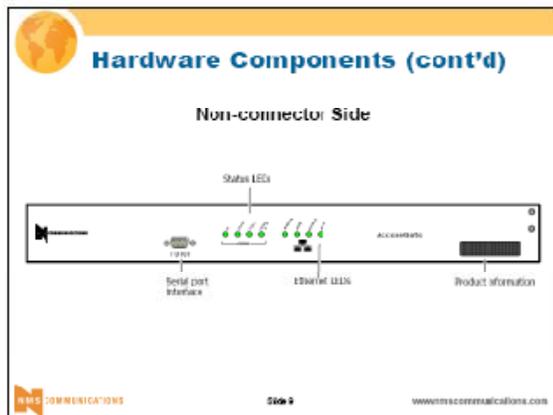
Componentes de hardware.



Componentes de hardware(cont.)



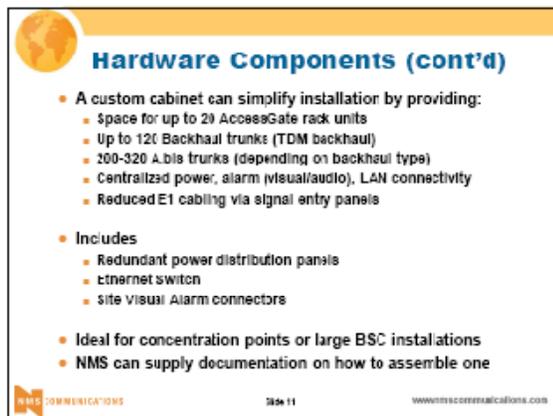
Componentes de hardware(cont.)



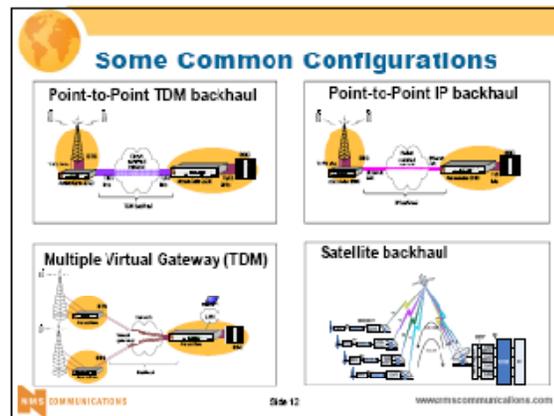
Componentes de hardware(cont.)



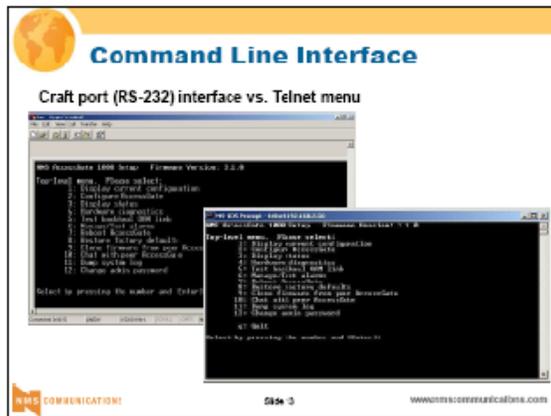
Componentes de hardware(cont.)



Componentes de hardware(cont.)



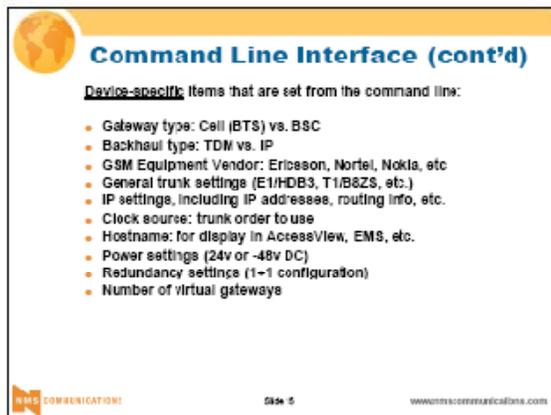
Algunas configuraciones comunes.



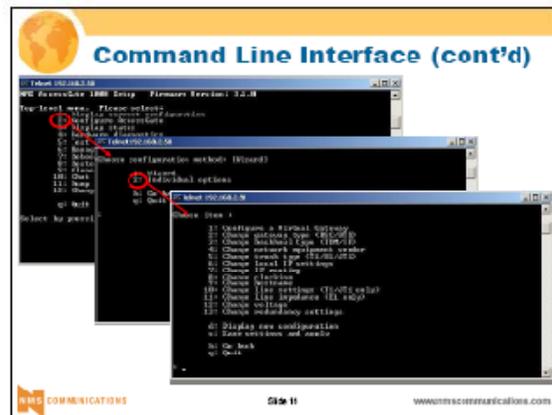
Líneas de comando de la interfaz.



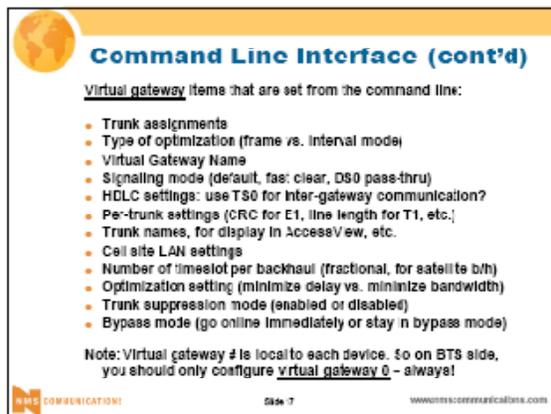
Líneas de comando de la interfaz. (cont.)



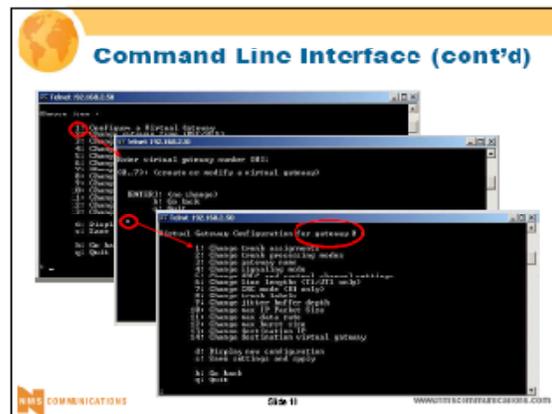
Líneas de comando de la interfaz. (cont.)



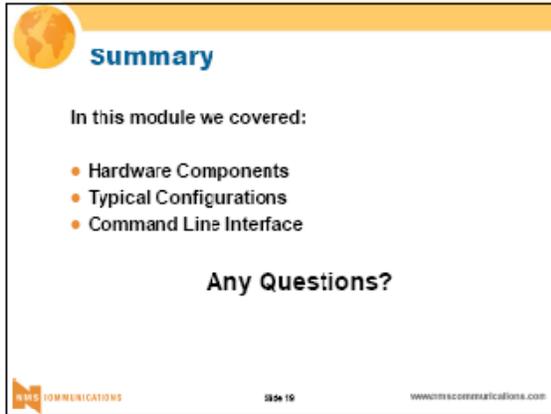
Líneas de comando de la interfaz. (cont.)



Líneas de comando de la interfaz. (cont.)



Líneas de comando de la interfaz. (cont.)



Summary

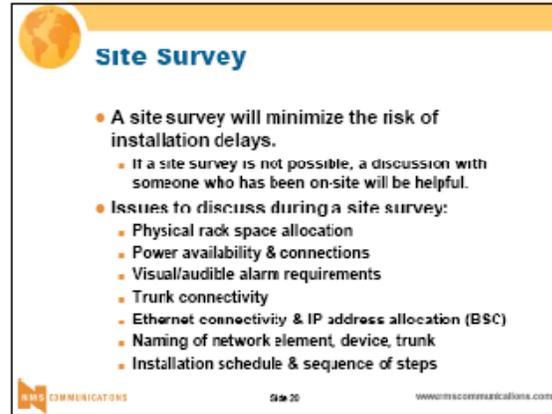
In this module we covered:

- Hardware Components
- Typical Configurations
- Command Line Interface

Any Questions?

NMS COMMUNICATIONS Slide 19 www.nmscommunications.com

Resumen.

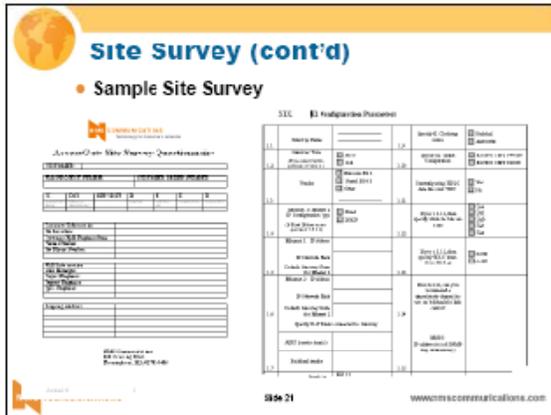


Site Survey

- A site survey will minimize the risk of installation delays.
 - If a site survey is not possible, a discussion with someone who has been on-site will be helpful.
- Issues to discuss during a site survey:
 - Physical rack space allocation
 - Power availability & connections
 - Visual/audible alarm requirements
 - Trunk connectivity
 - Ethernet connectivity & IP address allocation (BSC)
 - Naming of network element, device, trunk
 - Installation schedule & sequence of steps

NMS COMMUNICATIONS Slide 20 www.nmscommunications.com

Test de sitio.



Site Survey (cont'd)

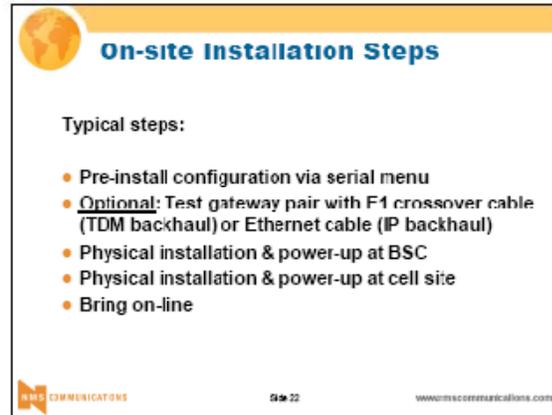
- Sample Site Survey

Site Survey Parameters

SEC	Hardware Parameters	Serial C. Control	Default
1.1	Gateway Name	Gateway Name	Default
1.2	Gateway IP	Gateway IP	Default
1.3	Gateway Subnet	Gateway Subnet	Default
1.4	Gateway Mask	Gateway Mask	Default
1.5	Gateway BSC	Gateway BSC	Default
1.6	Gateway BSC IP	Gateway BSC IP	Default
1.7	Gateway BSC Subnet	Gateway BSC Subnet	Default
1.8	Gateway BSC Mask	Gateway BSC Mask	Default
1.9	Gateway BSC Name	Gateway BSC Name	Default
1.10	Gateway BSC IP	Gateway BSC IP	Default
1.11	Gateway BSC Subnet	Gateway BSC Subnet	Default
1.12	Gateway BSC Mask	Gateway BSC Mask	Default
1.13	Gateway BSC Name	Gateway BSC Name	Default
1.14	Gateway BSC IP	Gateway BSC IP	Default
1.15	Gateway BSC Subnet	Gateway BSC Subnet	Default
1.16	Gateway BSC Mask	Gateway BSC Mask	Default
1.17	Gateway BSC Name	Gateway BSC Name	Default
1.18	Gateway BSC IP	Gateway BSC IP	Default
1.19	Gateway BSC Subnet	Gateway BSC Subnet	Default
1.20	Gateway BSC Mask	Gateway BSC Mask	Default
1.21	Gateway BSC Name	Gateway BSC Name	Default

NMS COMMUNICATIONS Slide 21 www.nmscommunications.com

Test de sitio (cont.)



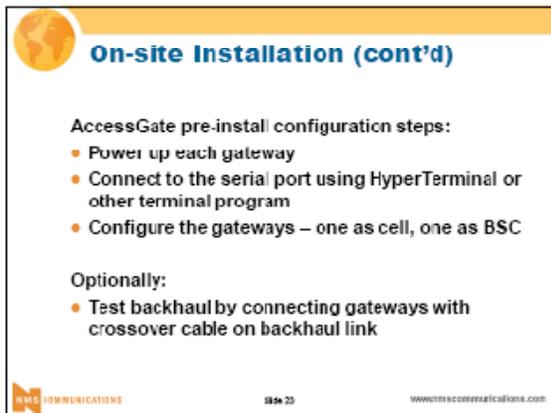
On-site Installation Steps

Typical steps:

- Pre-install configuration via serial menu
- **Optional:** Test gateway pair with F1 crossover cable (TDM backhaul) or Ethernet cable (IP backhaul)
- Physical installation & power-up at BSC
- Physical installation & power-up at cell site
- Bring on-line

NMS COMMUNICATIONS Slide 22 www.nmscommunications.com

Guía de instalación en sitio.



On-site Installation (cont'd)

AccessGate pre-install configuration steps:

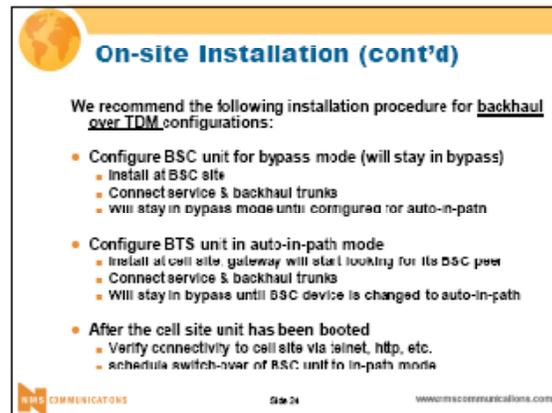
- Power up each gateway
- Connect to the serial port using HyperTerminal or other terminal program
- Configure the gateways – one as cell, one as BSC

Optionally:

- Test backhaul by connecting gateways with crossover cable on backhaul link

NMS COMMUNICATIONS Slide 23 www.nmscommunications.com

Guía de instalación (cont.)



On-site Installation (cont'd)

We recommend the following installation procedure for **backhaul over TDM** configurations:

- Configure BSC unit for bypass mode (will stay in bypass)
 - Install at BSC site
 - Connect service & backhaul trunks
 - Will stay in bypass mode until configured for auto-in-path
- Configure BTS unit in auto-in-path mode
 - Install at cell site, gateway will start looking for its BSC peer
 - Connect service & backhaul trunks
 - Will stay in bypass until BSC device is changed to auto-in-path
- After the cell site unit has been booted
 - Verify connectivity to cell site via telnet, http, etc.
 - Schedule switch-over of BSC unit to in-path mode

NMS COMMUNICATIONS Slide 24 www.nmscommunications.com

Guía de instalación (cont.)

On-site Installation (cont'd)

We recommend the following installation procedure for **backhaul over IP** configurations

Note that there is no bypass mode in this case.

- Bring up the IP network at both ends & verify connectivity to remote IP subnet
- Connect both AccessGate devices (backhaul on **first** Ethernet) & make sure they go in-path with no sequence errors
 - Reset statistics before checking for sequence errors
- If AccessGate clocking at cell site is connected already, measure jitter & set jitter buffer length
- Cut over Abis trunks
- If jitter buffer wasn't set earlier, measure jitter & set it now

Slide 25

Guía de instalación (cont.)

On-site Installation (cont'd)

Slide 26

Guía de instalación (cont.)

On-site Installation (cont'd)

Slide 27

Guía de instalación (cont.)

Clocking Issues

- With backhaul over IP, separate primary reference clock (PRC) source is needed at cell site
- Options are:
 - Local GPS clock with framed output
 - Clock source from IP equipment (if it uses ML-PPP over operator's T1/E1 interfaces)
 - Local BTS, if BTS has stable clock, such as GPS PRC or Internal clock with sufficient accuracy
- First two options require extra port on AccessGate
- Measure jitter only after clock has been provided

Slide 28

Acerca del reloj.

Clocking Issues (cont'd)

Slide 29

Acerca del reloj (cont.)

Clocking Issues (cont'd)

If no clock source is available, AccessGate will use its local oscillator.

Note: Local oscillator is not accurate enough for a BTS!

Slide 30

Acerca del reloj (cont.)

Summary

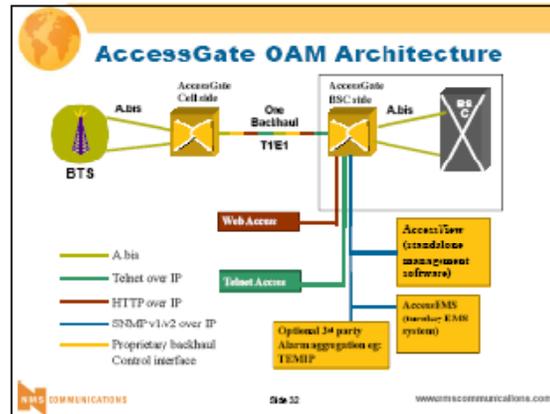
In this module we covered:

- Site Survey
- On-site Installation Steps
- Clocking Issues

Any Questions?

www.mscommunications.com

Resumen.



AccessGate. Arquitectura OAM.

OAM Architecture (cont'd)

- **AccessView**
 - Java application using SNMP to manage AccessGate
 - Ideal for trials and small deployment
 - Limited access/security rights
 - Available for free
 - Used by EMS's for configuration
- **AccessEMS**
 - Client/server element management system
 - Based on Sun/SPARC platform
 - Available as turnkey or software only
 - Scalable; supports a network of AccessGate devices
 - Ideal for medium to large scale deployment
 - Available for a little bit of \$\$\$

www.mscommunications.com

AccessGate. Arquitectura (cont.)

OAM Architecture (cont'd)

- **Web Interface**
 - No access/security rights
 - For monitoring only (exception: upgrades)
 - Access to BTS gateways via special port number
- **Telnet Command Line Interface**
 - For simple configuration changes
 - Access to BTS gateways via special port number
- **Craft Port Command Line Interface**
 - For Initial configuration
 - For cases when cell site connectivity is lost

www.mscommunications.com

AccessGate. Arquitectura (cont.)

OAM Architecture (cont'd)

- You reach the BTS AccessGate devices by using port 60XY, where:
 - X = virtual gateway number (zero-based)
 - Y = protocol:
 - 0 for ftp
 - 1 for telnet
 - 2 for http
 - 6 for telnet to spare BTS
 - 7 for telnet to protected BTS

Example 1: To telnet to virtual gateway #0, BTS side:
telnet <IP address> #001

Example 2: To access BTS virtual gateway #3 via http:
http://<IP address>:#032

www.mscommunications.com

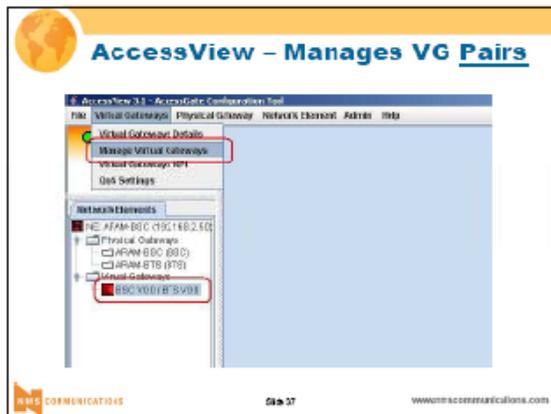
AccessGate. Arquitectura (cont.)

AccessView 3.1

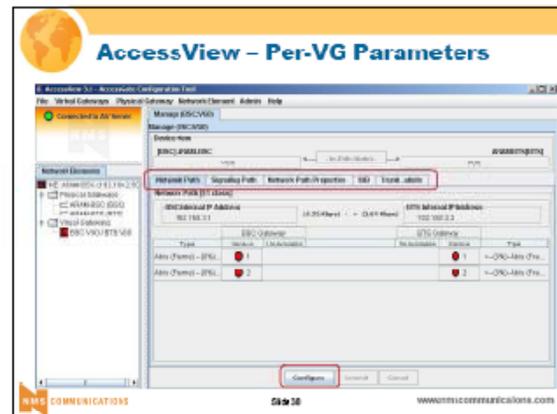
- Client/server application written in Java
 - AccessEMS can be the server
- Allows remote access to the AccessGate systems to perform the following:
 - Configuration changes
 - Done simultaneously for both sides
 - Basic consistency checking
 - Real-time performance monitoring
 - Batch firmware upgrade
 - Alarm monitoring
 - Setting trap destinations
- Up to 15 clients can connect to a server at one time
- Multiple levels of access rights

www.mscommunications.com

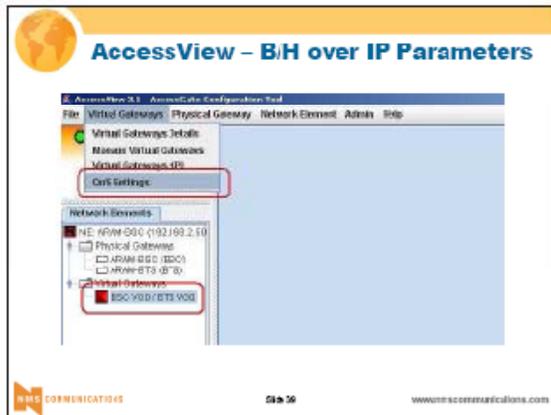
AccessView 3.1



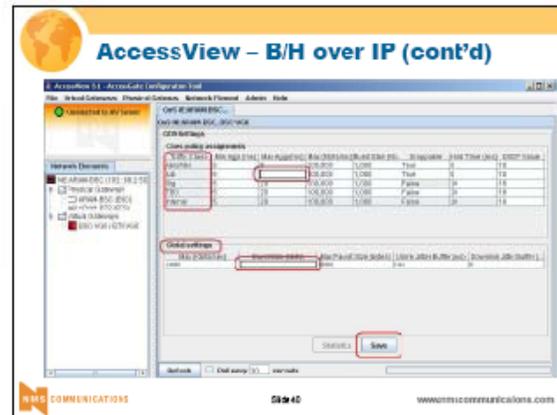
AccessView. Admon. de pares VG.



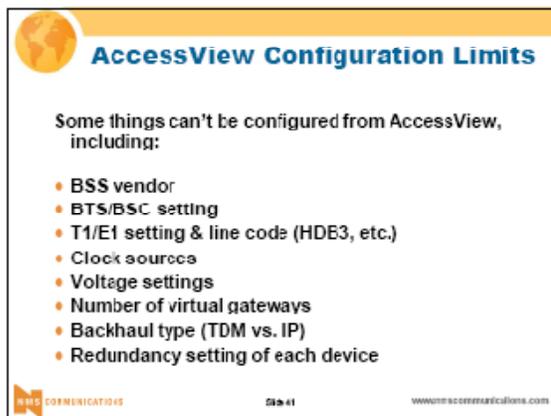
AccessView. Admon. de pares VG.



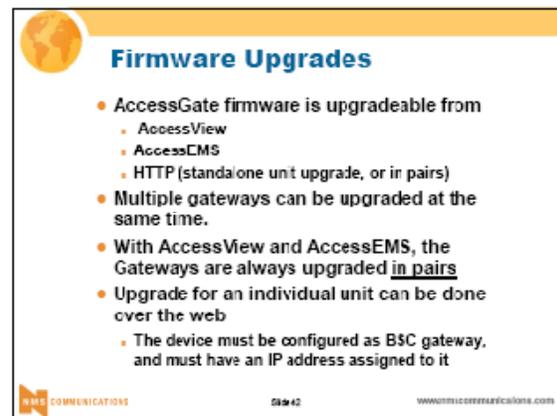
AccessView. B/H sobre IP.



AccessView. B/H sobre IP (cont.)



AccessView. Límites de configuración.



Actualizaciones.

Firmware Upgrades (cont'd)

- Each gateway has 2 flash banks, storing the current software and one previous version.
- Upgrade manager uses multi-step process:
 - Copy the image (via HTTP over IP) to BSC gateway
 - Copy (over backhaul link) to cell gateway
 - Install into backup flash bank on both gateways
 - Reboot, swapping active and backup flash banks
- Web server required, for example:
 - AccessEMS
 - AccessView server
 - Apache, etc.

Slide 43

Actualizaciones (cont.)

Firmware Upgrade steps

- Copy the firmware image to web server
 - If using AccessView, place it in C:\Program Files\MNS Communications\AccessView\ver->upgrade
- If using AccessView:
 - Select the Network Element
 - From the "Network Element" pulldown, select "Upgrade"
 - In-select the "Show Release Packages Only" button
 - Select the image name to be downloaded & click Download
 - When images have been downloaded, click "Install"
- If using the web:
 - Point web browser to BSC AccessGate
 - Fill in URL where download image is located
 - Select if this is upgrade of all units in NE or just this device
 - Enter admin password of AccessGate & click Download

Slide 44

Actualización.. Instrucciones.

Upgrade Example 1 From 3.0.2 to 3.1.0, using AccessView

Slide 45

Ejemplo 1 de actualización.

Upgrade Example 1 (cont'd)

Slide 45

Ejemplo 1 (cont.)

Upgrade Example 1 (cont'd)

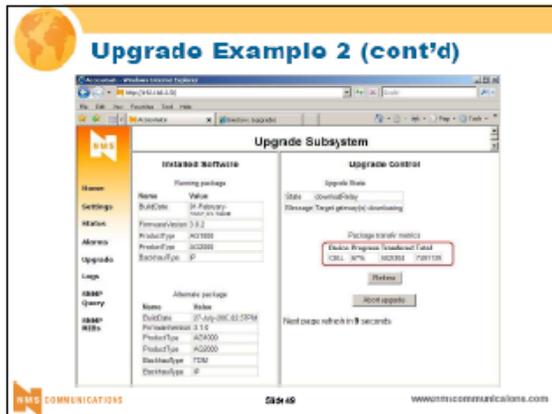
Slide 47

Ejemplo 1 (cont.)

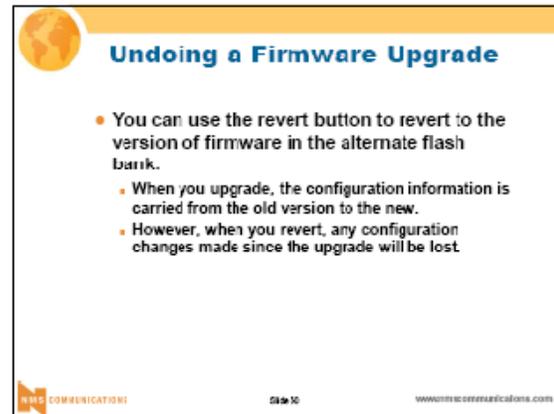
Upgrade Example 2 From 3.0.2 to 3.1.0, using web interface

Slide 48

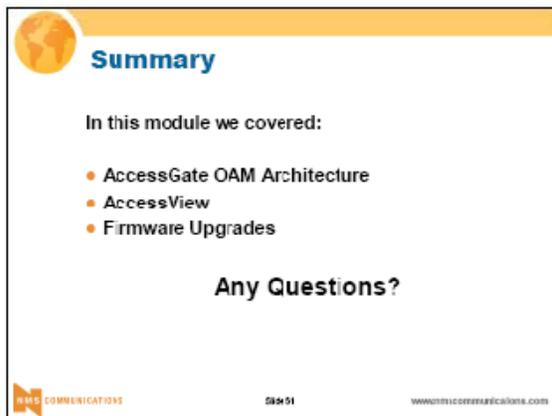
Ejemplo 2 de actualización.



Ejemplo 2 (cont.)



Deshaciendo la actualización.



Resumen.

Anexo 2

Características de equipos TELLABS.



Tellabs 8606



Tellabs 8605/8607



Tellabs 8660



Tellabs 8620



Tellabs 8630

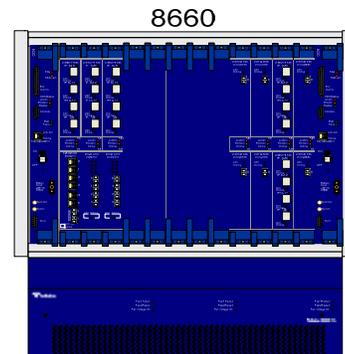
Feature	8660	8630	8620	8605 8607	8606
Forwarding Cap. (Gbps)	42	14	3.5	0.3	4.4
IFMs (Modules)	24	8	2	N/A	N/A
Element Height	14U	5U	2U	1U	1U
19" Mechanics	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
1+1 48V DC Power	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
1+1 Control Card	Yes	Yes	No	No	No
Switch (forwarding) protection	Yes	Yes	No	No	No

Sitios RNC (Agregador)

- **Basado en equipos Tellabs 8660**
- **Reciben el siguiente tipo tráfico/conexiones**
 - > Iub de los Nodos B con interfaces nxE1/VC12s IMA
 - > MLPPP proveniente de Sitios BSC/VC12s (nxE1)
 - > Otras interfaces del RNC (IuPS, IuCS, Mur)

- **8660**
 - > 14 I/O Slots
 - > 2 CPUs
 - > 24xE1
 - > 4xSTM-1 ATM
 - > 4xchSTM-1 (126 VC12s)
 - > GiE/FE y FE

- **AccessGate**
 - > Tráfico hacia BSC en sitio RNC



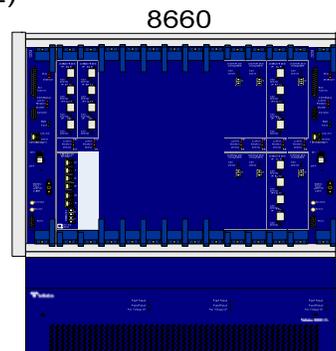
Tellabs

Sitios BSC (Concentrador)

- **Basado en equipos Tellabs 8660**
 - > 2 8630
- **Reciben el siguiente tipo tráfico/conexiones**
 - > Iub de los Nodos B con interfaces nxE1/VC12 IMA
 - > MLPPP proveniente de Sitios RAN-O (nxE1/VC12)
 - > MLPPP hacia Sitio RNC

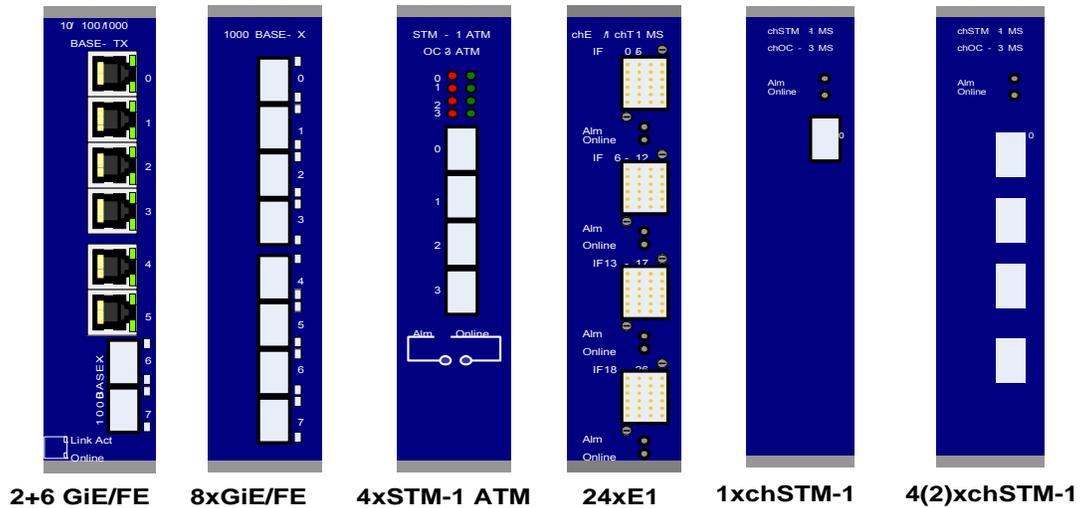
- **8660**
 - > 14 I/O Slots
 - > 2 CPUs
 - > 24xE1
 - > 4xchSTM-1 (126 VC12s)
 - > FE

- **AccessGate**
 - > Tráfico hacia BSC



Tellabs

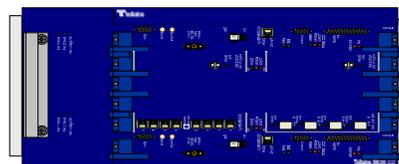
IFMs Utilizados



Telabs

Sitios RAN-O

- **Basado en equipos Telabs 8630 y 8605**
- **Reciben el siguiente tipo tráfico/conexiones**
 - > Iub de los Nodos B con interfaces nxE1 IMA
 - > MLPPP hacia Sitio RNC o BSC
- **8630**
 - > 4 I/O Slots
 - > 2 CPUs
 - > 24xE1
 - > 4xchSTM-1 (126 VC12s)
 - > FE
- **8605**
 - > Built-in 16xE1
- **AccessGate**
 - > Tráfico hacia BSC



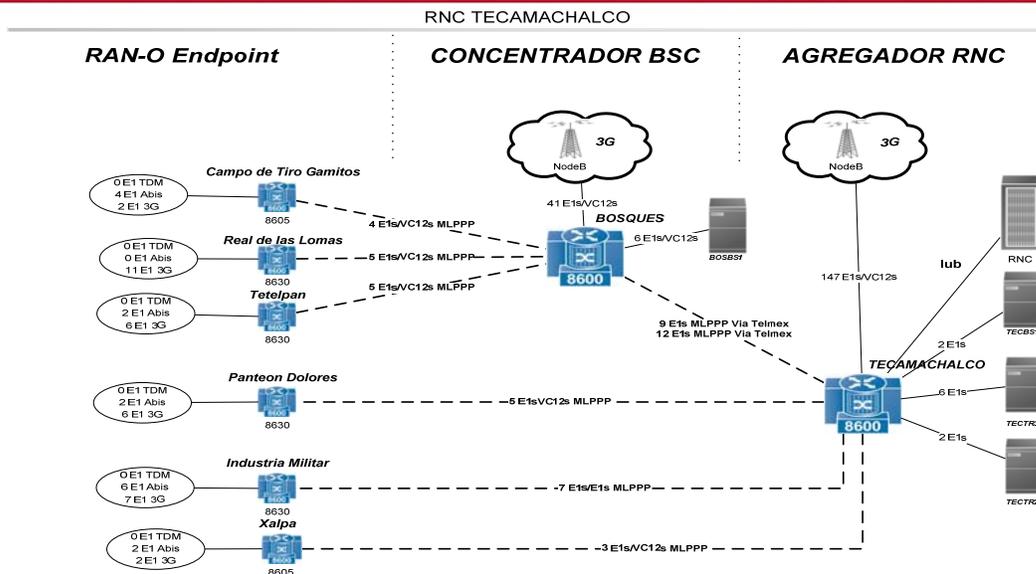
Telabs

AccessGate

- Usados temporalmente para recibir/entregar tráfico 2G desde hacia las BSCs
- 2 Modelos
 - > 2008
 - 8 puertos E1
 - > 2016
 - 16 puertos E1
- Conectados a los 8600 vía puerto FE



Telcel



Telcel

Glosario

AUC:	Centro de Autenticación (Authentication Center, del idioma inglés)
AN:	Red de Acceso (Access Network, del idioma inglés)
ANSI:	Eestándar Americano
BS:	Estación Base (Base Station)
BSC:	Controlador de la Estación Base (Base Station Controller)
BSS:	Subsistema de Estación Base (Base Station Subsystem)
BTS:	Estación Base del Tranceptor (Base Transceiver Station)
CDMA:	Acceso Múltiple por División de Código (Code Division Multiple Accsses)
CEPT:	La conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones (Conférence Eropéenne des Postes et Télécommunications)
CN:	Núcleo de la Red (Core Network)
CSPDN:	Conmutación de Circuitos de la Red Pública de Datos (Circuit Switched Public Data Network)
CWTS:	Grupo de Estandarización de Telecomunicaciones Inalámbricas en China (China Wireless Telecommunication Standard group)
EIR:	Equipos de Registro de Identidad (Equipment Identity Register)
ETSI:	Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeas (European Telecommunications Standards Institute).
GGSN:	Nodo de apoyo a la Puerta de Enlace GPRS (Gateway GPRS Support Node)
GMSC:	Puerta MSC (Gateway MSC)
GPRS:	Estándar de Paquetes Conmutados (Packet Radio Services)
HLR:	Registro de Ubicación de Inicio (Home Location Register)

IMS:	Subsistema de Multimedia IP (IP Multimedia Subsystem)
ISDN:	Servicios de Red Digital Integrados (Integrated Services Digital network)
ITU:	Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Union)
Japan ARIB:	Asociación de Industrias del Radio y Negocios en Japon. (Association of Radio Industries and Businesses)
Japan TTC:	Comité de Tecnología y Telecomunicaciones en Japon (Telecommunication Technology Committee)
Korea TTA:	Asociación de Tecnología en Telecomunicaciones en Korea (Telecommunications Technology Association)
ME:	Equipo Móvil (Mobile Equipment)
MGW:	Pasa Medios (Media Gateway)
MSC:	Centro de Conmutación del servicio Móvil (Mobile Service Switching Center)
MT:	Terminal Móvil (Mobile Terminal)
PDN:	Paquetes de Datos de Red (Packet Data Network)
PSPDN:	Paquetes de Datos de la Red Pública (Packet Switched Public Data Network)
PSC:	Servicio para Comunicaciones Personales (PSC)
PSTN:	Red Pública Conmutada (Public Switched Public Data Network)
RNC:	Controlador de Red de Radio (Radio Network Controller)
RNS:	Sistema de la Red de Radio (Radio Network System)
ROMING:	Terminal celular que se encuentra fuera de su área de cobertura local.
SCF:	Servicio de Control de Funcionalidad (Service Control Functionality)
SCP:	Punto de Control de Servicio (Service Control Point)

SGSN:	Nodo de Soporte de Servicio GPRS (Serving GPRS Support Node)
SIM:	Módulo de Identidad del suscriptor (Subscriber Identity Module)
SMS-GMSC:	Servicios de Mensajes Cortos GMSC (Short Message Service GMSC)
SMS-IWMSC:	Interfuncionamiento de Servicio de Mensajes Cortos MSC (Short Message Service Interworking MSC)
UE:	Equipo del Usuario (User equipment)
UMTS:	Sistema Universal de Comunicaciones Móviles (Universal Mobile Telecommunication System)
USIM:	Módulo de Identidad del Suscriptor de UMTS (UMTS Subscriber Identity Module)
UTRAM:	UMTS RAN RAN: Acceso a la Red de Radio (Radio Access Network)
RNS:	Subsistema de la Red de Radio (Radio Network Subsystem)
TDMA:	Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access)
WCDMA:	Acceso Múltiple Por División de Ancho de Banda (Wideband Code Division Multiple Accsses)

Bibliografía

George E. Friend, M.S. *Understanding data communications*. Second edition. Editorial Howard W. Sams&Company.

Joachim Tisal. *La red GSM*. Editorial: Parafino Thomson Learning. Dunod, París 1999.

Leon W. Couch II. *Sistemas de comunicaciones digitales y analógicas*. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. Quinta edición.

Tomasi. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Cuarta edición.

ERICSSON. *Chanel Concepts*.

ERICSSON. *GSM BSS Site Integration for field Maintenance*.

ERICSSON. *Introduction to WCDM*.

ERICSSON. *WCDMA System Overview*.

Ericsson Radio Systems AB *GSM System Survey Student Text EN/LZT 123 3321 R3A*. (Chapter 3. Wireless Concepts) Copyright © 1998

TELCEL. *Curso de ingeniería celular*. 2005.

TELLABS. *AccessGate Technical Introduction*.

TELLABS. *TELLABS 8600 Overview*.

<http://www.ucm.es/info/hcontemp/leoc/telegrafo%20electrico.htm>

<http://www.gl.com/maps-gsmabis.html>