



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO EN *ROAMING*

Marvin Andrés Barrios Cajas

Asesorado por la Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO EN *ROAMING*

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARVIN ANDRÉS BARRIOS CAJAS

ASESORADO POR LA INGA. INGRID RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. José Anibal Silva de los Ángeles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO EN *ROAMING*

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 22 de septiembre de 2014.



Marvin Andres Barrios Caja

Guatemala 28 de mayo de 2015

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

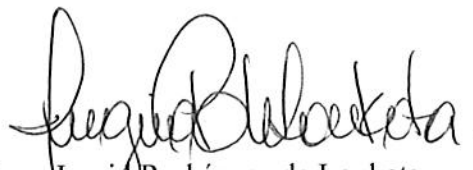
Estimado Ingeniero Guzmán.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO EN ROAMING**, del señor **Marvin Andrés Barrios Cajas**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiado 5356



Ref. EIME 56 2015

Guatemala, 25 de JUNIO 2015.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO EN ROAMING, del
estudiante Marvin Andrés Barrios Cajas, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
D Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



SFO



REF. EIME 56 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; MARVIN ANDRÉS BARRIOS CAJAS titulado: AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO EN ROAMING, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



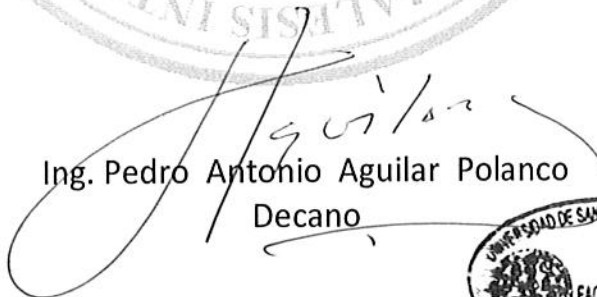
GUATEMALA, 31 DE JULIO 2,015.



DTG. 472.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **AUTENTICACIÓN DE UN USUARIO ROAMING**, presentado por el estudiante universitario: **Marvin Andrés Barrios Cajas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, septiembre de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.
Mis padres	Por haberme dado la oportunidad de seguir este sueño. Gracias por ser fuente de amor, ayuda, comprensión y motivación incondicional, les estaré agradecido toda la vida.
Mis hermanos	Muchas gracias por su motivación, apoyo y cariño.
Mis abuelos, tíos y primos	Por su incondicional cariño.
Mis amigos	Por brindarme su valiosa amistad y apoyo durante todos estos años.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarme las herramientas y los métodos necesarios para desarrollar la carrera profesional.

**Inga. Ingrid Rodríguez
de Loukota**

Por toda su ayuda y enseñanzas durante el desarrollo del área profesional y su asesoría durante la redacción del trabajo de graduación.

**Mis compañeros
de Universidad**

Por su ayuda, motivación y entusiasmo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. SISTEMAS GMS Y UMTS.....	1
1.1. Sistema GSM.....	1
1.1.1. Historia y evolución.....	1
1.1.2. Características.....	2
1.1.3. Servicios	4
1.2. Arquitectura de red	5
1.2.1. Estación móvil	7
1.2.2. Subsistema de estación base.....	8
1.2.3. Subsistema de conmutación de red.....	9
1.2.3.1. Centro de conmutación móvil.....	10
1.2.3.2. Registro de ubicación local	11
1.2.3.3. Registro de ubicación visitante	12
1.2.3.4. Centro de autenticación	13
1.2.3.5. Registro de identidad de equipos.....	13
1.2.4. Subsistemas de soporte y operación.....	14
1.2.5. Interfaces de comunicación	15
1.3. Sistema UMTS.....	15
1.3.1. Características.....	16

1.3.2.	Arquitectura de red.....	16
1.4.	Ventajas y desventajas de los sistemas GSM y UMTS	20
2.	SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN NÚM. 7	23
2.1.	Características	24
2.2.	Arquitectura	25
2.2.1.	Puntos de señalización	25
2.2.2.	Enlaces de señalización.....	25
2.2.3.	Rutas.....	26
2.3.	Tipos de nodos.....	27
2.3.1.	STP	27
2.3.2.	SSP	28
2.3.3.	SCP.....	29
2.4.	Modos de señalización	29
2.4.1.	Modo asociado	30
2.4.2.	Modo disociado	31
2.4.3.	Modo cuasiasociado.....	32
2.5.	Canal de señalización	32
2.5.1.	Canal tipo A.....	33
2.5.2.	Canal tipo B.....	34
2.5.3.	Canal tipo C	35
2.5.4.	Canal tipo D	36
2.5.5.	Canal tipo E.....	37
2.5.6.	Canal tipo F.....	38
2.6.	Protocolos SS7.....	39
2.6.1.	MTP 1.....	40
2.6.2.	MTP 2.....	41
2.6.3.	MTP 3.....	42
2.6.4.	Protocolos ISUP y TUP	43

2.6.5.	SCCP.....	43
2.6.6.	TCAP.....	45
2.6.7.	MAP.....	46
2.6.7.1.	Primitivas MAP de servicios comunes ...	47
2.6.7.2.	Primitivas MAP de servicios específicos.....	48
2.6.7.3.	MAP simplificado	48
3.	PROCESO DE AUTENTICACIÓN EN <i>ROAMING</i>	49
3.1.	<i>Roaming</i>	49
3.2.	Requisitos para <i>roaming</i>	50
3.2.1.	Señalización	51
3.3.	Proceso de autenticación	52
3.4.	Escenarios de <i>roaming</i>	54
3.4.1.	Llamada saliente	55
3.4.2.	Mensajes cortos (SMS)	57
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura básica red GSM	6
2.	Estructura básica red UMTS	20
3.	Estructura modo asociado.....	30
4.	Estructura modo disociado	31
5.	Estructura modo cuasiasociado	32
6.	Diagrama canal tipo A	34
7.	Diagrama canal tipo B	35
8.	Diagrama canal tipo C	36
9.	Diagrama canal tipo D	37
10.	Diagrama canal tipo E	38
11.	Diagrama canal tipo F	39
12.	Niveles protocolo SS7	40
13.	Trama MTP 2	42
14.	Interacción MAP	47
15.	Proceso de autenticación	53
16.	Mensajes de señalización para una llamada entrante.....	56
17.	Mensajes de señalización para el envío y recepción de SMS.....	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kbit/s	Kilobit por segundo
Mbit/s	Megabit por segundo
MHz	Megahercio
%	Porcentaje

GLOSARIO

Símbolo	Significado
BSC	<i>Base Station Controller.</i> Maneja la comunicación y el monitoreo de una o varias BTS permitiendo la conexión entre la estación móvil y el subsistema de conmutación de red.
BSS	<i>Base Station Subsystem.</i> Responsable del manejo del tráfico y señalización de la interfaz de aire. Es el primer elemento de la red que entra en contacto con la estación móvil.
BTS	<i>Base Transceiver Station.</i> Encargada de mantener la comunicación entre la estación móvil y la BSC.
Canal	Medio físico donde las señales son transmitidas.
CC	<i>Country Code.</i> Código que representa a los países en procesos de datos y comunicaciones.
EIR	<i>Equipment Identity Register.</i> Base de datos que almacena el IMEI de las estaciones móviles.

GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node.</i> Puerta de enlace hacia redes externas como internet.
GSM	<i>Global System for Mobile Communications.</i> Estándar desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones que describe los protocolos de las redes celulares para dispositivos móviles.
HLR	<i>Home Location Register.</i> Base de datos que contiene información sobre todos los abonados móviles de un operador.
IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity.</i> Código que identifica a la estación móvil.
IMSI	<i>International Mobile Subscriber Identity.</i> Código de identificación integrado en la tarjeta SIM que la identifica dentro de la red.
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network.</i> Conjunto de estándares para la transmisión digital simultánea de voz, video y datos.
MAP	<i>Mobile Application Part.</i> Proporciona a los nodos de la red móvil la capa de aplicación para establecer comunicación entre ellos.

MSC	<i>Mobile Switching Center.</i> Se encarga de las funciones de conmutación como el enrutamiento y establecimiento de llamadas.
MT	<i>Mobile Terminal.</i> Equipo físico utilizado para conectarse a la red móvil.
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos. Marco de referencia para la definición de arquitecturas en telecomunicaciones.
PC	<i>Point Code.</i> Dirección única para un nodo en SS7 que identifica el destino de un mensaje de señalización.
SIM	<i>Subscriber Identity Module.</i> Módulo que provee la identificación del usuario dentro de la red móvil y permite el uso de los servicios proporcionados por esta.
SGSN	<i>Serving GPRS Support Node.</i> Responsable de la entrega de los paquetes de datos entre los dispositivos móviles dentro de la red.
SS7	<i>Signalling System No. 7.</i> Conjunto de protocolos de señalización telefónica empleado en las redes telefónicas. Su principal propósito es el establecimiento y finalización de llamadas.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se tratan los aspectos más importantes y determinantes sobre la autenticación de un usuario en *roaming*.

En el primer capítulo se da a conocer la historia, evolución, arquitectura, características y los servicios que ofrecen los sistemas GSM y UMTS. También se presentan las ventajas y desventajas existentes entre los protocolos GSM y UMTS.

En el segundo capítulo se presenta el sistema de señalización SS7. Se dan a conocer sus características, arquitectura, los tipos de nodos que soporta y sus modos de señalización. También se presentan los diferentes protocolos en los que se basa SS7, tales como SCCP, TCAP, MAP, entre otros.

En el tercer capítulo se explica el funcionamiento de *roaming*, los requisitos previos al lanzamiento del servicio entre dos operadores, los elementos involucrados. También se explica el proceso de autenticación del terminal móvil cuando se encuentra en *roaming* en una red externa y el proceso en la señalización entre los elementos de la red para que esta sea posible. Se muestra el proceso para establecer una llamada y la señalización en el envío de mensajes cortos.

OBJETIVOS

General

Describir la autenticación de un usuario en *roaming*.

Específicos

1. Presentar los fundamentos y protocolos en los que se basan los sistemas GSM y UMTS.
2. Dar a conocer la forma de operación del sistema SS7, desde el punto de vista de arquitectura, señalización y protocolos.
3. Explicar el proceso de autenticación y el flujo de mensajes de señalización presentes en los escenarios de *roaming*.

INTRODUCCIÓN

El servicio de *roaming* es un servicio ampliamente usado en la telefonía móvil, ya que dota al usuario de la facilidad de cambiar de red y seguir utilizando sus servicios telefónicos de manera transparente en el extranjero. Para que esto sea posible es necesario realizar configuraciones tanto técnicas como comerciales, entre las redes antes de lanzar el servicio.

Dos de los elementos involucrados en *roaming* dentro del *Core* de Voz son el HLR y la MSC. En el HLR se encuentra la información del perfil de los usuarios y sus características, tales como los servicios de bloqueos y desvíos, perfil de cobro, desvíos y bloqueos activos, y el último VLR en el que se registró. La MSC se encarga de la gestión de la señalización entre los distintos elementos. Además, en él se encuentra el VLR donde se mantiene el registro de todos los usuarios tanto locales como de *roaming*.

En este trabajo de graduación se hará un recorrido por los elementos de red y su función dentro del proceso de autenticación, mostrando las características y funciones de cada uno y la manera en el que se interrelacionan.

1. SISTEMAS GMS Y UMTS

1.1. Sistema GSM

El sistema global para las comunicaciones móviles o GSM (*Global System for Mobile Communications*) es un estándar desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones o ETSI (European Telecommunications Standards Institute), que describe los protocolos de las redes celulares para dispositivos móviles. Es un estándar 2G por su velocidad de transmisión y originalmente detalla una red digital, optimizada para la telefonía de voz *full* dúplex. Posteriormente se expande para incluir manejo de paquete de datos.

1.1.1. Historia y evolución

A principios de 1980 los primeros sistemas de comunicaciones celulares móviles aparecieron en el mundo. Cada país o región desarrollaba su propio sistema de telecomunicación y un teléfono móvil que únicamente funcionaba en el país o región en que era comprado. Esto debido a que la tecnología de un país no era compatible con la de otro país.

En 1982 se formó una Asociación de Países Europeos con la finalidad de desarrollar una tecnología celular que conllevara un servicio común de telefonía móvil europea. Desde el inicio, el grupo tenía la visión del nuevo estándar, este debía utilizar la tecnología digital en lugar de la tecnología analógica. El grupo debía elegir entre los sistemas de banda ancha y banda estrecha, así como los modelos de transmisión o división de las frecuencias.

Por tal razón, se efectuaron varias pruebas antes de tomar una decisión, posteriormente se eligió la solución de banda estrecha y el modelo TDMA (*Time División Múltiple Access*) para la transmisión.

La primera fase de la red GSM fue puesta en producción en 1991 cubriendo las principales ciudades europeas y fue seguida por varias más el año siguiente.

En 1995 se añadieron varios servicios al sistema GSM, tales como datos, fax y vídeo. El sistema tuvo bastante éxito y se fue expandiendo por varios países del mundo. Para este año era evidente que GSM sería una tecnología global y no europea. Así fue como las siglas GSM comenzaron a significar Sistema Global para Comunicaciones Móviles.

En Europa surge la primera generación de celulares denominada 1G, esta únicamente podía transmitir voz en forma análoga, y abrió las puertas a la segunda generación (2G) GSM.

La generación 2G se caracterizaba por transmitir de forma digital. Su principal característica fue la su velocidad de transmisión de 9,6 kbit/s. Con ello se dió inicio al sistema de mensajería corta o SMS (*short message service*).

1.1.2. Características

El sistema GSM está compuesto principalmente por 4 sistemas.

El primer sistema es el GSM-900 es la red celular original y tiene una frecuencia de operación de 900 MHz. Está diseñado para áreas extensas y por lo tanto requiere de mayor potencia de transmisión.

En el segundo y tercer sistema se encuentran los modelos GSM-1800 y GSM-1900 los cuales incorporan servicios personales y operan en las frecuencias de 1800 y 1900 MHz respectivamente. El GSM-1800 se diseñó para operar en Europa mientras que el GSM-1900 se diseñó para América. Ambos modelos requieren poca potencia para operar, ya que su área de cobertura es más pequeña.

El último sistema es el EGSM, el cual es una versión más actualizada y mejorada del GSM-900. En este se extendió la banda de frecuencia de operación y se redujo el área de cobertura, pues se necesitaba menos potencia de transmisión.

La principal característica del sistema GSM es que, gracias a su estandarización, todos los teléfonos móviles son creados bajo los mismos principios. En GSM todos los teléfonos móviles son compatibles con el módulo de identidad del suscriptor (SIM). Con esto se elimina la necesidad que cada móvil tuviera una identidad única. La tarjeta SIM contiene un número único y puede ser utilizado en cualquier móvil GSM sin la necesidad de contactar a su compañía para activar el móvil. A cada tarjeta SIM el usuario le asigna un código de cuatro caracteres por motivos de seguridad. Con esto se garantiza que nadie acceda a la información personal del cliente, en caso de robo o extravío de teléfono móvil.

Con el sistema GSM el cliente puede comunicarse desde cualquier país con tecnología GSM, esta opción es conocida como *roaming*. Para las empresas de telefónica móvil el sistema GSM representó un avance significativo, ya que les daba la opción de una tecnología más avanzada a un menor costo de operación. El costo de infraestructura era mucho menor y la instalación era mucho más fácil, adicional a esto, GSM es una tecnología con

un alto grado de flexibilidad y eficiencia en cuanto al espectro se refiere. Con una gran calidad de señal e integridad entre las redes. Además opera con facilidad con ISDN, CSPDN y PSTN.

1.1.3. Servicios

El sistema GSM está diseñado principalmente para los servicios de voz, mensajería y texto. Entre los servicios de llamadas de voz se tienen:

- Manejo de llamadas entrantes: ofrece al usuario varias opciones para manejar las llamadas entrantes.
- Buzón de mensaje: envía la llamada al sistema de mensaje de voz, si esta no fue atendida.
- Transferencia de llamadas: esta opción permite al usuario transferir llamadas entrantes a otro móvil.
- Restricción de llamadas: permite establecer a cuales números se pueden realizar llamadas.
- Identificador de llamada.
- Llamadas en espera.
- Llamadas de emergencia sin necesidad de tener saldo.
- Mostrar u ocultar números: con esta funcionalidad se puede mostrar y ocultar el número de teléfono en el móvil del que recibe la llamada.
- *Push-to-talk*: permite al usuario utilizar su móvil como los denominados *walkie-talkies*.

Entre las opciones del servicio de mensajería tienen:

- SMS: este servicio permite enviar y recibir mensajes de texto de hasta un máximo de 160 caracteres.
- MMS: este servicio es similar al servicio SMS, con la ventaja que permite enviar mensaje de texto, fotos, videos, audio o una combinación de las cuatro.
- IM: es un servicio de mensajería instantánea en tiempo real.
- *E-mail*: permite el acceso a una cuenta de correo electrónico.

El sistema GSM ofrece los siguientes servicios multimedia:

- Permite la visualización de la programación de TV en el teléfono móvil, mediante la opción TV/Vídeo.
- Reproducción de música.
- Permite acceder a juegos, ya sea en el teléfono móvil o en la red.
- Incorpora la opción de navegación en internet.
- Mediante el servicio de ubicación, el usuario conoce la posición exacta y lugares de interés.
- Videollamadas.

1.2. Arquitectura de red

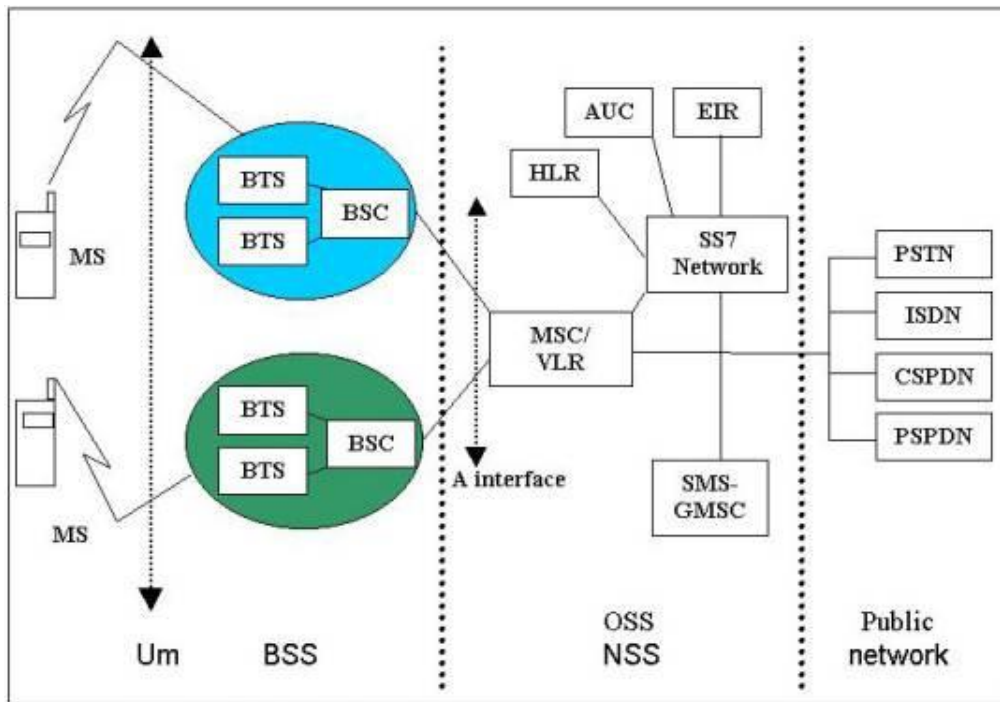
La arquitectura de GSM basa su funcionamiento en 4 bloques esenciales de transmisión:

- Estación móvil o MS (*mobile station*).
- Subsistema de estación base o BSS (*base station subsystem*).
- Subsistema de conmutación de red o NSS (*Network Switching Subsystem*).

- Centro de administración de red u OSS (*operation and support subsystem*).

Cada uno de los 4 bloques se intercomunica con el siguiente bloque a través de una serie de interfaces.

Figura 1. Estructura básica red GSM



Fuente: Galeon. www.seguridadengprs.galeon.com/tema2.htm. Consulta: 1 de marzo de 2015.

1.2.1. Estación móvil

La estación móvil es la parte de la arquitectura GSM que se encuentra en contacto directo con el usuario y le permite hacer uso de la red. La estación móvil la comprenden el equipo terminal y la tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*).

El equipo terminal es el equipo físico de comunicación y se identifica dentro de la red con el número IMEI (*International Mobile Equipment Identity*). El IMEI consiste en 15 dígitos, ordenados de la siguiente manera:

IMEI=TAC, FAC, SNR, SP.

El TAC (*Type Approval Code*) consiste en 6 dígitos y es determinado por la red GSM.

Por medio del FAC (*Final Assembly Code*) se puede identificar al fabricante del teléfono móvil. El FAC utiliza 2 dígitos.

El SNR (*serial number*) consta de 6 dígitos y representa el número de serie del dispositivo.

El SP (*supplementary number*) es un dígito de reserva.

La tarjeta SIM es la que permite el uso de los servicios proporcionados por la red y por la que se reconoce al usuario con los números de IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) y de MSISDN (*Mobile Subscriber ISDN Number*). El número IMSI es único para cada tarjeta SIM y la identifica dentro de red; mientras que el número MSISDN es el número telefónico, utilizado al llamar a

un usuario y el que utiliza la red para enrutar las llamadas. El IMSI tiene el siguiente orden:

IMSI=MCC, MNC, MSIN.

El MCC (*Mobile Country Code*) es un código de 2 o 3 dígitos que sirve para identificar a un país.

EL MNC (*Mobile Network Code*) es un código de 2 dígitos que identifica a la red de telefonía.

El MSIN (*Mobile Station Identification Number*) puede tener hasta un máximo de 13 dígitos y se utiliza para identificar a la estación móvil.

1.2.2. Subsistema de estación base

El subsistema de estación base o BSS (*Base Station Subsystem*) es el responsable de manejo del tráfico y señalización de la interfaz de aire. Es el primer elemento de la red con la que entra en contacto la estación móvil y el que permite la comunicación con el NSS (*Network Switching Subsystem*). Gestiona el ancho de banda, control de llamada, traspaso entre celdas, así como la potencia de la portadora de cada usuario. Las BSS deben ser controladas y monitoreadas todo el tiempo, por lo cual debe contar con comunicación con un OSS (*Operation and Support Subsystem*).

La BSS está compuesta por los siguientes dos elementos:

- BTS (*Base Transceiver Station*). La BTS consta de una instalación fija de radio para la comunicación bidireccional (Full Dúplex). Estas trabajan a

frecuencias de 900 a 1 900 MHz y son quienes realizan el enlace con el usuario que efectúa o recibe la llamada. Las estaciones en general están ubicadas en lugares altos para dar una mejor área de cobertura y son tipo dipolo. Contiene el transmisor-receptor de radio, antenas, guías de onda y el equipo de procesamiento de señales. Es la encargada de mantener la comunicación con la estación móvil y con la BSC, realiza procesos para garantizar la conexión libre de errores entre la estación móvil y la BSC.

- BSC (*Base Station Controller*) se encarga de la comunicación y monitoreo de una o varias BTS permitiendo la conexión entre la estación móvil y el subsistema NSS. Entre sus funciones se encuentran gestionar y asignar el canal de radio para establecer una llamada, recolección de información estadística, gestionar el cambio de celda (*handover*), mantener la llamada y controlar la potencia de transmisión-recepción. También mantiene un control sobre el estado del funcionamiento de las estaciones base que administra informando sobre posibles anomalías que presenten.

1.2.3. Subsistema de conmutación de red

También llamado NSS (*Network Switching Subsystem*) cumple con las funciones del manejo, control y señalización de la red, administra la ubicación y autenticación de los dispositivos móviles, así como el enrutamiento de las llamadas, permitiéndoles comunicarse entre ellos como con teléfonos de la red fija. Enruta la conexión entre los usuarios de la red móvil mediante el *Mobile Switching Center* (MSC) y funciones de base de datos, que se distribuyen en los siguientes: HLR, VLR, AUC, EIR. Estos ayudan a la identificación de los

terminales y usuarios, actualizan su posición, la posición y conducción de las llamadas a los usuarios en *roaming*.

1.2.3.1. Centro de conmutación móvil

Llamado MSC (*Mobile Switching Center*) es el elemento principal de la red GSM y se encarga de controlar a todos los otros elementos del subsistema de conmutación de red.

La MSC basa su funcionamiento en protocolos y se comunica con los otros elementos de la red utilizando protocolos abiertos de la industria tales como:

- Protocolo de Control de Entradas Multimedia
- Megaco/H, 248
- Protocolo de Inicio de Sesión
- M2UA
- M3UA

La MSC incorpora estándares de la industria que están definidos por entidades como el ETSI, ITU, GSM, 3GPP y 3GPP2 y otros organismos de normalización.

La MSC está asociada básicamente con funciones de conmutación como el establecimiento de llamada, la liberación y el enrutamiento. Sin embargo, también lleva a cabo una serie de funciones adicionales, incluyendo enrutamiento de mensajes cortos, llamadas en conferencia, fax y servicio de facturación, así como la interconexión con otras redes como la red telefónica pública conmutada (PSTN).

La MSC juega un papel significativo en los denominados *handovers*, particularmente en los que implican varias BSC, conocidos como *handover inter BSC*. También así como aquellos que implican varias MSC, conocidos como transferencias entre MSC.

En el caso de un *handover inter BSC*, al detectar que el dispositivo móvil se aproxima al borde de su célula, la MSC realiza un proceso de escaneo de una lista de células adyacentes y sus correspondientes BSC y con esto facilita el traspaso del dispositivo móvil a la BSC apropiada.

Debido a que la MS está en constante movimiento, es importante para la MSC determinar la ubicación geográfica de cada MS, para facilitar el enrutamiento de las posibles llamadas que se tengan entre ellos. Para esta tarea la MSC se comunica con la base de datos de registro de posición.

1.2.3.2. Registro de ubicación local

Conocido como HLR (*Home Location Register*) es una base de datos que contiene información sobre todos los abonados móviles de un operador en específico.

Dependiendo de la cantidad de usuarios totales que presente, una red de telefonía se puede tener más de un HLR funcionando en simultáneo, sin que esto afecte el rendimiento de la red.

En el HLR se agregan dos identificadores del abonado que son la IMSI y el MSISDN.

En el HLR se almacenan 2 tipos de información: sobre el suscriptor y de la ubicación del suscriptor. Esto con la finalidad para habilitar los cargos y enrutamiento de llamadas hacia la MSC donde el MS está localizado.

La información que el HLR almacena sobre el abonado incluye los siguientes datos:

- Identificador Internacional del abonado móvil.
- Información de la ubicación geográfica, número de estación móvil viajero, VLR, MSC.
- Servicios de suscripción de información al portador.
- Servicios suplementarios.
- Servicios restringidos.

1.2.3.3. Registro de ubicación visitante

Es conocido como VLR (*Visitor Location Register*) es una base de datos que contiene información sobre usuarios temporales dentro de la red. Un VLR puede prestar servicio o comunicarse con varias MSC.

Una estación móvil visitante es controlada por el VLR asociado a la MSC en la cual se encuentre registrado; si la MS ingresa a una nueva área, automáticamente se inicia un proceso de registro. La MSC que administra esa área realiza el registro y envía una actualización de posición al VLR, y este a su vez envía una actualización de datos al HLR.

Los datos del abonado temporal que almacena el VLR son:

- IMSI
- MSISDN
- TMSI
- LAI
- MSRN

1.2.3.4. Centro de autenticación

La función primordial del centro de autenticación o AuC (*Authentication Center*) es apoyar en el proceso de autenticación del abonado por medio del almacenaje de la clave de identificación Ki, para cada abonado registrado a nivel de HLR. Dicha clave es utilizada para generar los datos que son utilizados para la autenticación de la IMSI y producir otra llave que se utiliza para cifrar toda la comunicación existente entre la estación móvil y la red del operador.

La clave de identificación Ki es grabada en cada tarjeta SIM durante su fabricación y esta es replicada en el AuC para su almacenaje. Esta clave no es transmitida por ningún medio entre la SIM y el AuC, pero se combina con la IMSI con fines de generar la clave de cifrado.

La autenticación del usuario permite evitar los robos o fraudes derivados de la clonación de tarjetas SIM. Si la autenticación del usuario no es exitosa, el abonado no podrá acceder a ningún servicio dentro de la red.

1.2.3.5. Registro de identidad de equipos

También conocido como EIR (*Equipment Identity Register*) consiste en una base de datos que almacena el IMEI de las estaciones móviles.

La función principal es controlar el acceso a la red mediante listas de acceso. Las posibles listas son: blanca, gris y negra. Cuando un usuario se encuentra en lista blanca tienen permitido establecer conexión a la red. En la lista gris se permite la conexión a la red, pero los abonados que estén dentro de ella estarán siendo monitoreados. En la lista negra se encuentran las terminales que han sido reportadas como perdidas, robadas o bien el modelo o marca de la terminales no son permitidas dentro de la red, por lo cual se bloquea la conexión a la red.

1.2.4. Subsistemas de soporte y operación

Llamado también OSS (*Operation and Support Subsystem*), provee funciones determinadas para la gestión de red centralizada (NMC), y el centro de monitoreo y mantenimiento (OMC) de la PLMN.

El OSS tiene como función fundamental, el control y monitoreo de la red. Permite las funciones de gestión, monitoreo y asignación de parámetros de configuración, y estudio de las estadísticas y comportamiento de la PLMN a través de herramientas especializadas.

El OSS está conformado por los siguientes bloques:

- Centro de operación y mantenimiento u OMC (*Operation and Maintenance Center*).
- Centro de administración y supervisión o SMC (*Supervision Management Center*).
- Centro de administración de red o NMC (*Network Management Center*).

1.2.5. Interfaces de comunicación

Dentro de la estructura de la red GSM se emplean interfaces, las cuales sirven para la comunicación entre los diferentes elementos de la red. Las interfaces tienen las siguientes funciones:

- A: es utilizada para transportar la información sobre las BSS, el manejo de llamas y la movilidad.
- Abis: es la encargada de la comunicación entre una BSC y una o más BTS.
- B: controla la comunicación entre la MSC y el VLR.
- C: maneja la comunicación entre la MSC y el HLR.
- D: verifica la comunicación entre el HLR y el VLR.
- E: apoya la comunicación entre varias MSC.
- F: revisa la comunicación entre la MSC y el EIR.
- G: controla la comunicación entre varios VLR.
- H: revisa la comunicación entre el HLR y el AuC.

1.3. Sistema UMTS

El sistema UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) fue promovido inicialmente por la ETSI; actualmente el Foro 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) es el encargado de las especificaciones con la ayuda de varios organismos de normalización regionales. UMTS se basa en el empleo de una interfaz radio W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), con dos modos de operación, FDD (*Frequency Division Duplex*) y TDD (*Time Division Duplex*), y una tasa de 3,84 Mchip/s. Dentro de la red, en una primera fase se considera la utilización de los actuales elementos disponibles en las redes GSM y GPRS, planteándose su evolución para fases posteriores.

El sistema universal de telecomunicaciones móviles o UMTS es el sistema de telefonía móvil de tercera generación (3G) basado en el estándar GSM.

1.3.1. Características

Entre las principales características del sistema UMTS se encuentran:

- Permitir a las compañías de telefonía brindar servicios de uso fácil y adaptable.
- Admitir a las compañías de telefonía reducir el costo de los servicios.
- Introducir mejora en el servicio de llamada de voz.
- Alta velocidad en la transmisión de datos.
- Convergencia de redes móviles y fijas.
- Ofrecer servicios multimedia simétricos y asimétricos.
- Asignar la dinámica del ancho de banda.
- Servicio de *roaming* global.
- Tecnología de conmutación de paquetes.
- Protocolos IP.
- Soporta una mayor cantidad de usuarios.

1.3.2. Arquitectura de red

La arquitectura básica de una red UMTS se define en términos de dominios (basado en los elementos funcionales) y puntos de referencia (interfaces). En el nivel superior, el sistema UMTS se conforma por el dominio de equipo de usuario, UE (*User Equipment*) y el dominio de infraestructura, entre ambos dominios se encuentra la interfaz de radio, o el punto de referencia Uu.

En el dominio UE se observan los módulos de identidad de abonado UMTS, USIM y el equipo móvil, ME (*Mobile Equipment*), definiéndose entre ellos la interfaz Cu.

La USIM es una tarjeta SIM inteligente que identifica al usuario dentro de una red UMTS. Esta es independiente del equipo en el que se halle insertada en un momento dado.

El dominio de infraestructura se encuentra subdividido en el dominio de red de acceso AN (*Access Network*) y el dominio de núcleo de red CN (*Core Network*), separados a través del punto de referencia Iu. El dominio de red de acceso incluye todas las funciones dependientes de la técnica de acceso empleada. El dominio de núcleo de red, a diferencia del AN, es independiente de la técnica de acceso.

Dentro del dominio CN se distinguen 3 dominios. El objetivo, de los mismos, es permitir escenarios de comunicación con interlocutores de otras redes, tanto si el usuario accede a través de su red propia o la de otro operador (*roaming*). Dichos dominios son:

- Red de Servicio o SN (*service network*): representa la red a la que está accediendo el usuario en un momento dado, pudiendo ser la red propia, o en el caso de *roaming*, la red visitada.
- Red local o HN (*home network*): es la red del operador en la cual se encuentra pegado el usuario. En el caso de *roaming*, la red visitada debe mantener contacto con la red local del usuario para diversos aspectos (por ejemplo, para temas de autenticación y tarificación).
- Red de tránsito o TN (*transit network*): es la red destino donde se encuentra el interlocutor con el que desea comunicarse el usuario.

En la arquitectura de una red UMTS *Release 99* se distinguen las tres partes esenciales: los equipos de usuario, la red de acceso, UTRAN, y el núcleo de red, CN. Visualizando las arquitecturas de UMTS y GSM, no parece que existan grandes diferencias entre ambas.

La arquitectura de red de acceso en UMTS está formada por Nodos B y controladores de la red radio, RNC (*radio network controllers*). Estos son los equivalentes a las BTS y BSC de GSM.

El core de voz permanece igual agregándole unos pocos elementos para una migración más sencilla y transparente de GSM a UMTS.

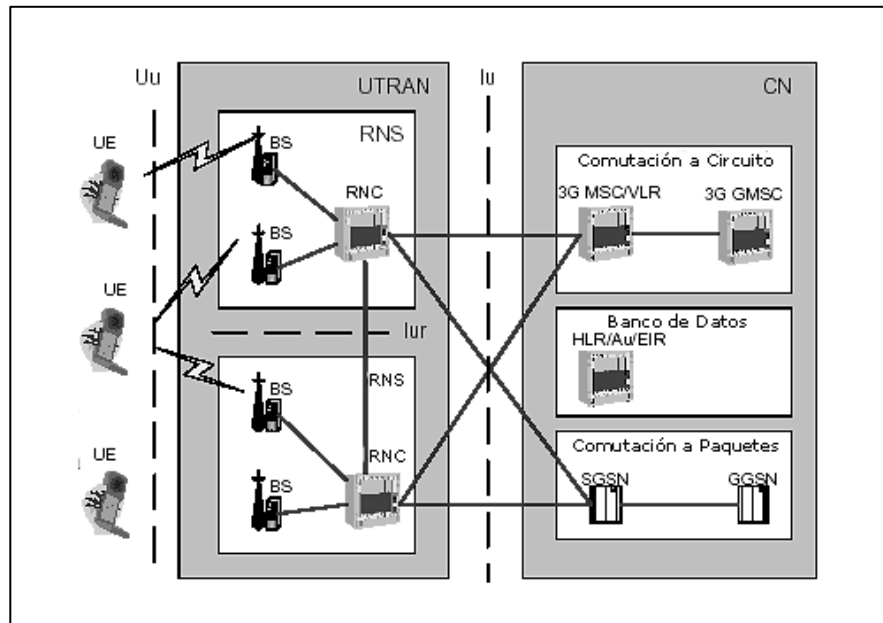
La red UMTS se divide básicamente en los siguientes componentes:

- Equipo de usuario (UE): se denomina así a la terminal móvil que posee un usuario.
- Interfaz Uu: se encuentra ubicada entre el equipo de usuario y la red UTRAN.
- RNC (*radio network controller*): entre las funciones se encuentran controlar uno o más nodos B, manejar los recursos de transporte de la interfaz lu, control de la información del sistema, verifica los horarios de la información del sistema, revisa el tráfico en los canales comunes, asigna códigos de canalización en los enlaces de bajada, comprueba la admisión y el manejo del tráfico en los canales de uso compartido.
- Interfaz luCS: es la encargada de la comunicación entre la RNC y la MSC.
- Interfaz luPS: es la encargada de la comunicación entre la RNC y el SGSN.

- Interfaz Iur: es la encargada de la comunicación entre las RNC. Esta interfaz puede o no existir dentro la arquitectura de la red.
- Nodo B: es el encargado de crear, mantener y enviar los enlaces de radio en cooperación con el terminal. En otras palabras es el responsable de la transmisión y recepción entre el terminal móvil y una o más celdas UMTS.
- Interfaz Iu: es la encargada de conectar la red central con la red de acceso de radio de UMTS. Es la interfaz central y, por lo tanto, la más importante para el concepto de 3GPP. Puede tener dos diferentes instancias físicas, todo dependiendo del tipo de conmutación utilizado por la red (conmutación de circuitos o conmutación de paquetes). En el caso de conmutación de circuitos es la interfaz Iu-CS la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz Iu-PS la encargada de conectar a la red de acceso de radio con el SGSN de la red central.
- MSC: es la parte fundamental de la conmutación de circuitos. Esta es la misma MSC que la utilizada por la red GSM. La MSC realiza la última etapa del MM y del CM en el protocolo de la interfaz aérea, eso quiere decir que la MSC debe encargarse de la dirección de estos protocolos o delegarle la responsabilidad a cualquier otro elemento de la red central.
- SGSN (*Serving GPRS Support Node*): es la parte central de la conmutación por paquetes. El SGSN se conecta con UTRAN mediante la interfaz Iu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz Gb. El SGSN contiene la información de subscripción. La IMSI, la información de ubicación y el área en la que el móvil está registrado.

En la figura 2 se observa la estructura básica de una red UMTS.

Figura 2. Estructura básica red UMTS



Fuente: Teleco. Estructura de red. www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialumts/pagina_2.asp.

Consulta: 1 de marzo de 2015.

1.4. Ventajas y desventajas de los sistemas GSM y UMTS

Algunas de las ventajas propias de cada sistema son:

- UMTS asegura compatibilidad con las versiones anteriores de GSM como GPRS, EDGE, y 2,5 G TDMA.
- UMTS provee paquetes de datos de hasta 2,048 Mbps por usuario. Esto con el propósito de datos de alta calidad, multimedia, *streaming* audio/video, y servicios de *broadcasting*.
- El sistema UMTS trabaja con un Protocolo de internet (IP) que es utilizado para servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de

ancha banda, como lo son el servicio de video telefonía y video en conferencia (audio/video *streaming*).

- El espectro nuevo del UMTS es de 5 MHz para la utilización de todas las aplicaciones.
- El ancho de banda de 5MHz, provee una tasa de datos que puede alcanzar 2 Mbps el cual soporta entre 100 y 350 llamadas de voz simultáneamente. Esta velocidad depende mucho de otros factores tales como condiciones de propagación, la velocidad del usuario y la polarización de la antena.
- UMTS también integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad, para dar ventaja a una conectividad virtual a la red en cualquier momento.
- GSM es la tecnología más utilizada del mundo. Cerca del 75 % de todos los usuarios registrados con servicios inalámbricos utilizan la tecnología GSM. Esto es una clara ventaja porque dentro de alrededor de los 210 países que utilizan esta tecnología, el usuario estará conectado a la red mediante *roaming*.
- En GSM los usuarios cuentan con una mejor cobertura que con UMTS.

Entre las desventajas del sistema GSM y del sistema UMTS se pueden mencionar las siguientes:

- El ancho de banda más grande conlleva una desventaja grande, los costos de operación se elevan. El sistema UMTS requieren un cambio de equipos de radio frecuencia y también equipos diferentes en cada estación de base.
- Los usuarios nuevos de la tecnología 3G, también deben de tener equipos que soporten esta tecnología. Una unidad móvil que pueda

acceder diferentes tecnologías tales como *tri-band* o *quad-band* sería lo ideal.

2. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN NÚM. 7

El sistema de señalización núm. 7 o SS7 (*Signalling System No. 7*) es un conjunto de protocolos de señalización telefónica empleado en las redes telefónicas. Su principal propósito es el establecimiento y finalización de llamadas. Otros de sus usos incluyen: traducción de números, portabilidad numérica, mecanismos de tarificación prepago y envío de SMS.

SS7 funciona siguiendo el principio de la conmutación de paquetes. Contiene enrutadores de paquetes denominados puntos de transferencia de señalización o STP (*Signaling Transfer Point*) y equipos terminales que pueden ser conmutadores telefónicos, servidores o bases de datos. Los equipos terminales son denominados puntos de señalización o SP (*Signaling Point*). Por medio de SS7 dos conmutadores telefónicos pueden intercambiar en todo momento mensajes de señalización, independientemente de los circuitos establecidos entre ellos.

La misión fundamental del sistema SS7 es el enrutamiento de toda la información de control entre los elementos de una red. Por ejemplo, conmutadores telefónicos, las bases de datos y los servidores.

Los protocolos de canal común han sido desarrollados por las grandes compañías telefónicas y la ITU-T desde 1975. El primero de estos protocolos fue definido por la ITU-T en 1977 como sistema de señalización núm. 6 (*Signalling System No. 6*). No fue sino hasta 1980 que SS7 fue definido como un protocolo estándar internacional. Este cambio de SS6 a SS7 se dio porque

SS6 estaba restringido a una unidad de señalización de 28 bits, que lo limitaba en funcionalidad y en la integración de nuevos sistemas digitales.

SS7 provee una estructura universal para señalización de redes de telefonía, mensajería, interconexión, y mantenimiento de redes. Se ocupa del establecimiento de una llamada, intercambio de información de usuario, enrutamiento de llamada, estructuras de abonado diferentes. Provee los medios para que diferentes equipos de conmutación distantes entre sí puedan comunicarse, permitiendo que cada sistema pueda utilizar los servicios sin que haya necesidad de establecer una conexión entre ellos.

2.1. Características

Entre las características más importantes del SS7 se encuentran:

- Alta velocidad: permite establecer una llamada en un tiempo promedio no mayor a 1 segundo.
- Un solo enlace de señalización SS7 es capaz de soportar cientos de troncales.
- SS7: es un sistema bastante confiable, ya que cuenta con funciones para eliminar problemas en la red de señalización.
- Se puede utilizar en cualquier sistema de telecomunicaciones, ya que su arquitectura permite una fácil adaptación a la red local.
- Su arquitectura requiere menos hardware que sistemas anteriores, lo cual hace que su implementación sea más barata.

Gracias a sus características el sistema SS7 es un pilar básico en una red. Entre sus funciones vitales están la disposición de una llamada básica, LPN (*local number portability*), servicio inalámbrico, servicio de *roaming*,

autenticación de suscriptor, *toll free* 800/8888 y *toll* 900, servicios de líneas fijas, llamadas tripartitas y reenvío de llamadas.

2.2. Arquitectura

Dentro de la arquitectura del sistema SS7 existen dos componentes básicos que son el punto de señalización y el enlace de señalización.

2.2.1. Puntos de señalización

Los nodos SS7 son denominados puntos de señalización o SP (*signaling points*). Cada nodo SP es direccionado por un código entero llamado código de punto o PC (*point code*).

Las redes nacionales e internacionales utilizan los PC 14-*bits* como número entero. Los únicos países que no utilizan PC 14-*bits* son los países de Norte América y China, los cuales utilizan PC 24-*bit*, y Japón que utiliza PC 16-*bit*. El PC nacional es único sobre la red de un operador nacional. Los PC internacionales son únicos solo en las redes internacionales. En un sistema SS7, el PC es el análogo a una dirección IP.

Los SP pueden ser adyacentes los cuales se conectan directamente por un conjunto de enlaces de señalización y no adyacentes los cuales no se conectan directamente por el conjunto de enlaces de señalización.

2.2.2. Enlaces de señalización

Los enlaces de señalización son interconectados por medio de los *signaling links* o SL.

El ancho de banda de un SL, normalmente, es de 64 Kbps. En los últimos años se han introducido enlaces de alta velocidad, la cual puede llegar a ser de 1,544 mbps para la señalización. Los enlaces normalmente están configurados para transferir únicamente a un 40 % de su capacidad, esto para garantizar que en el escenario de una falla, un enlace pueda llevar la carga de dos.

Para proporcionar más ancho de banda y redundancia en caso de fallas, pueden ser utilizados más de 16 enlaces entre 2 SP. Los enlaces entre 2 SP se agrupan por razones de capacidad, confiabilidad y para compartir la carga. Por ello es necesario tener más de un enlace de señalización entre dos SP adyacentes. Un grupo lógico de enlaces entre dos SP es denominado *linkset*.

Una cantidad determinada de *linkset* puede ser agrupada de manera lógica con el objetivo de formar un *linkset* combinado. Un grupo de enlaces dentro de un *linkset* que tengan las mismas características (tarifa de datos, terrestre/satélite, entre otros.) se denomina un grupo de enlaces. Los mensajes de señalización están empaquetados en un formato llamado unidad de señalización de Mensajes o MSU (*message signal unit*).

2.2.3. Rutas

Las rutas en el sistema SS7 se aprovisionan de manera estática en cada uno de los SP. No existe forma alguna que permita el descubrimiento de rutas. Una ruta es definida como la trayectoria desde el punto de origen hacia el punto de destino (tanto el punto de origen como el punto de destino son SP particulares) para entablar comunicación.

Existen rutas que son preconfiguradas, las cuales reciben el nombre de *route set*.

2.3. Tipos de nodos

En el sistema SS7 existen 3 tipos de nodos, el punto de transferencia de señalización o STP (*signal transfer point*), el punto de conmutación de servicio o SSP (*service switching point*) y el punto de control de servicio o SCP (*service control point*).

2.3.1. STP

La función principal del STP es la transferencia de mensajes o información SS7 entre los nodos de la red SS7. El STP es el análogo a un *router* en una red IP. A pesar de su función, el STP no es ni el origen ni el destino para la mayoría de mensajes o datos de información.

En la mayoría de los casos, los mensajes son recibidos sobre un enlace de señalización o SL (*signalling link*) y son transferidos hacia otro enlace. Los STP pueden ser independientes o integrados.

Los STP independientes, para propósitos de redundancia, son desplegados en enlaces pares. Bajo condiciones normales de operación, el par acoplado comparte la carga. Si uno de los STP falla o se aísla, el otro STP toma la carga completa hasta que el problema sea rectificado y solucionado.

Dentro de los conjuntos de STP independientes se pueden observar jerarquías, la cuales son definidas por diferentes parámetros como los requerimientos de redundancia, balanceo de carga. La jerarquía utilizada con mayor frecuencia es la siguiente:

- STP internacional

- STP nacional
- STP regional
- STP local

Los STP integrados son aquellos que combinan las funcionalidades de un SSP y un STP. Los SSP y STP pueden ser el origen y el destino para el tráfico MTP. Los STP integrados también transfieren mensajes entrantes hacia otros nodos. Usualmente se encuentran en un mismo sitio.

2.3.2. SSP

El SSP es un interruptor de voz, el cual incorpora las funcionalidades del sistema SS7. En los SSP se llevan a cabo los procesos tratamiento del tráfico en la banda de voz (voz, fax, módem) y la señalización SS7.

Un SSP puede ser el origen o el destino de los mensajes, pero no puede realizar la función de transferencia. Si un mensaje es recibido con un PC que no se empareja con el PC del SSP que lo recibe, el mensaje es descartado.

En el caso que al SSP llegue una petición acceso de base de datos, el SSP automáticamente enviará un requerimiento a las bases de datos localizadas en la red. Inicialmente, la mezcla de tráfico fue debida a que los mensajes estaban relacionados a circuitos, pero en la actualidad, por todos los servicios que se ofrecen, la mayoría de mensajes no están relacionados a circuitos. Para enrutar una llamada, el SS7 debe conocer la información de todo el enrutamiento necesario para completar la llamada. Por esta razón en el caso de núm. 800 es necesario acceder una base de datos para obtener un número real que permita ser enrutado a través de la red SS7.

Un *switch* genérico puede fungir como un SSP. Las características que debe tener el *switch* son enviar mensajes usando la parte de usuario ISDN (ISUP), enviar mensajes usando el protocolo TCAP y administrar la red SS7.

2.3.3. SCP

El SCP actúa como una interfaz de comunicación entre las bases de datos y la red SS7, normalmente las consultas o peticiones son originadas en un SSP. Los SCP en la actualidad son configurados para usar tecnología SS7, SIGTRAN o SIP. Cuando una llamada es recibida, el SCP realiza una consulta al SDP. Con la información proporcionada por el SDP, el SCP identifica geográficamente el número al que la llamada debe ser dirigida.

Los SCP pueden ser conectados a los SSP o los STP. Estos dependen del tipo de arquitectura de red utilizada, así como la configuración que el proveedor de servicio de red desea. La configuración más común es interconexión con los STP.

2.4. Modos de señalización

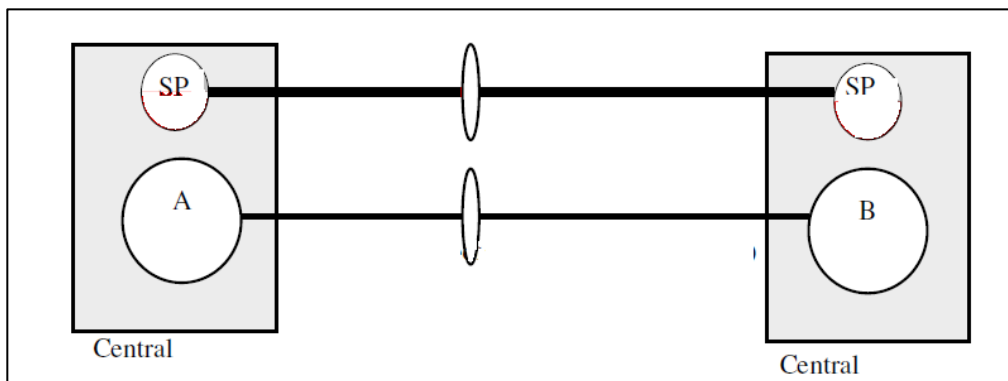
En el sistema SS7 pueden ser utilizados 3 diferentes modos de señalización. Estos tres modos dependen de la relación entre el canal y la entidad a la que dan servicio. Los posibles modos son asociado, disociado y cuasiasociado.

2.4.1. Modo asociado

Es el más utilizado. Esto debido a su fácil implementación dentro de la red. En el modo asociado, el canal de señalización es paralelo al circuito de voz, permitiendo el intercambio de la información de señalización.

En la figura 3 se muestra la estructura del modo asociado.

Figura 3. Estructura modo asociado



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

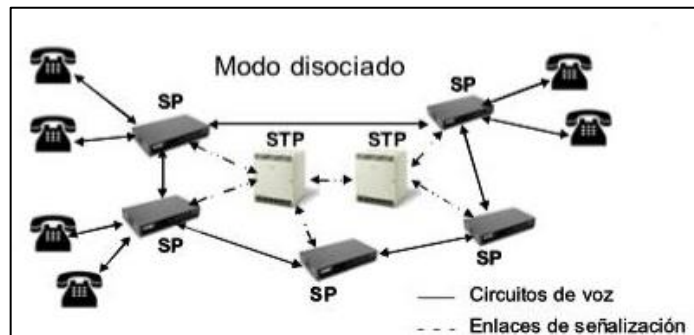
El modo asociado se establece, obligatoriamente, entre dos puntos de señalización. Cabe resaltar que este modo no es del todo ideal, ya que requiere de un canal de señalización entre un SP en particular y todos los otros SP. Los mensajes de señalización siguen la misma ruta que la voz, pero sobre soportes distintos.

2.4.2. Modo disociado

La información de señalización y de voz utilizan caminos diferentes. Para realizar esto, es necesario que un gran número de nodos intermediarios, llamados puntos de transferencia de señalización, estén implicados en el encaminamiento de los mensajes de señalización. Los STP son utilizados para dirigir los datos de señalización entre los SP.

En la figura 4 se muestra la estructura del modo disociado.

Figura 4. Estructura modo disociado



Fuente: Topicos Saia. *Estructura*. www.topicos-saia.blogspot.com/2013/02/ss7.html. Consulta: 7 de marzo de 2015.

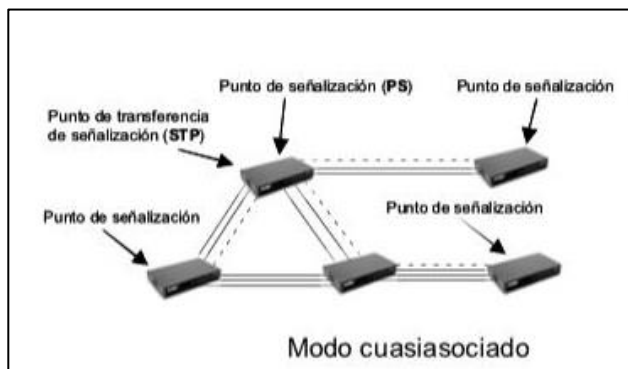
En el modo disociado los mensajes que tienen como destino un punto de señalización en particular pueden tomar dos rutas distintas. El funcionamiento del modo disociado es similar al del protocolo IP.

2.4.3. Modo cuasiasociado

Tiene semejanza con el modo disociado, pero difieren en que presenta un número mínimo de STP para llegar al destino final. Es el modo más utilizado para minimizar el tiempo necesario para el encaminamiento de un mensaje.

Los mensajes que son encaminados a un destino en particular, toman la misma ruta. En la figura 5 se observa la estructura del modo cuasiasociado.

Figura 5. Estructura modo cuasiasociado



Fuente: Topicos Saia. *Estructura*. www.topicos-saia.blogspot.com/2013/02/ss7.html. Consulta: 7 de marzo de 2015.

2.5. Canal de señalización

Es un soporte o enlace bidireccional que permite el transporte de mensajes de señalización entre dos puntos de señalización interconectados. Los canales de señalización se encargan de la implementación de todas las funciones de nivel 2.

Los canales de señalización trabajan a una velocidad de 56 kbits/s en los Estados Unidos y a 64 kbits/s en el resto del mundo.

Los canales de señalización son diferenciados por la función que realizan dentro de la red de señalización. No existen diferencias entre los distintos tipos de canales.

Existen seis tipos distintos de canales de señalización en una red de señalización:

- Canal tipo A (*Access Link*): enlaza los SP y los STP.
- Canal tipo B (*Bridge Link*): une los STP de distintas regiones.
- Canal C (*Cross Link*): enlaza un par de STP de la misma región.
- Canal tipo D (*Diagonal Link*): se utiliza para enlazar los STP de un nivel dado (local, regional, y otros.) con los STP de nivel superior.
- Canal tipo E (*Extend Link*): enlaza un SP de una región dada con un STP de otra región en particular.
- Canal tipo F (*Full-associated Link*): se utiliza para interconectar los SP (configuración en modo asociado).

Los canales A, B, C, D y E son aplicables únicamente a STP independientes.

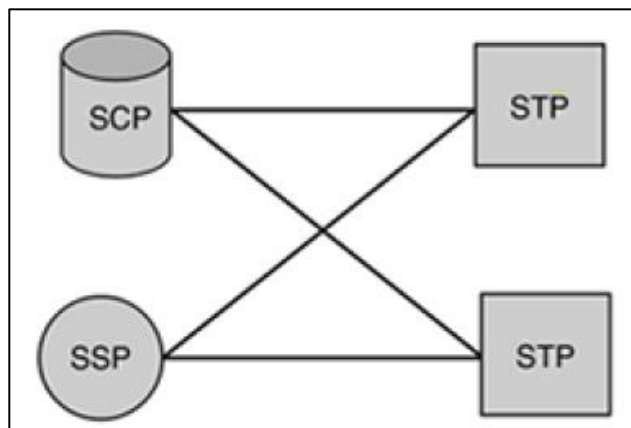
2.5.1. Canal tipo A

Enlaza un SP con un STP. Este tipo de canal permite que un SP pueda contar con acceso a la red de señalización. En los STP existen por lo menos

dos canales tipo A por cada SP y uno por STP. En el caso donde los STP no se presentan en pares, solo puede existir un canal A entre el SP y el STP.

El número máximo de canales A que pueden enlazar un SP con STP es de 16 canales. Esto quiere decir que un SP dispondrá de 32 canales tipo A que lo enlazarán a su par de STP. En la figura 6 se muestra el diagrama de un canal tipo A.

Figura 6. **Diagrama canal tipo A**

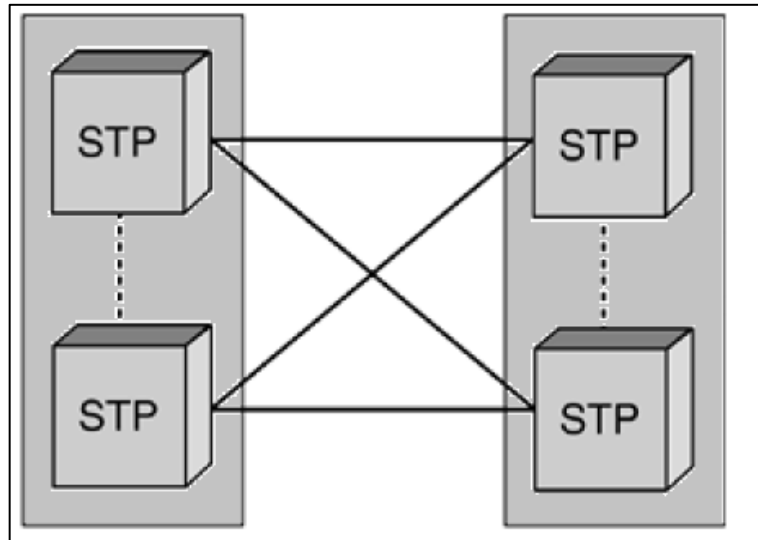


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

2.5.2. **Canal tipo B**

La función principal de los canales tipo B es la interconexión de pares de STP del mismo nivel jerárquico. Una red de señalización, contiene una estructura jerárquica con STP locales, regionales, nacionales e internacionales. Como máximo 8 canales pueden enlazar dos STP que pertenecen a dos pares de STP diferentes. La red de STP es una red del tipo malla. En la figura 7 se presenta el diagrama del canal tipo B.

Figura 7. **Diagrama canal tipo B**



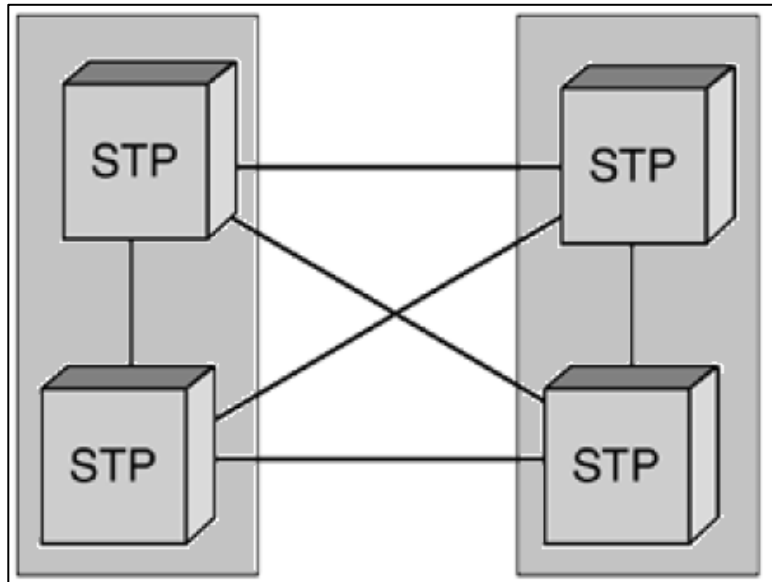
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

2.5.3. Canal tipo C

Se utilizan para enlazar dos STP del mismo par. El tráfico de señalización no transita a través de un canal C, salvo el caso de falla por congestión. En el escenario de operación normal, los únicos mensajes que circulan por los canales C son los mensajes de gestión de red.

En la figura 8 se observa el diagrama del canal tipo C.

Figura 8. **Diagrama canal tipo C**



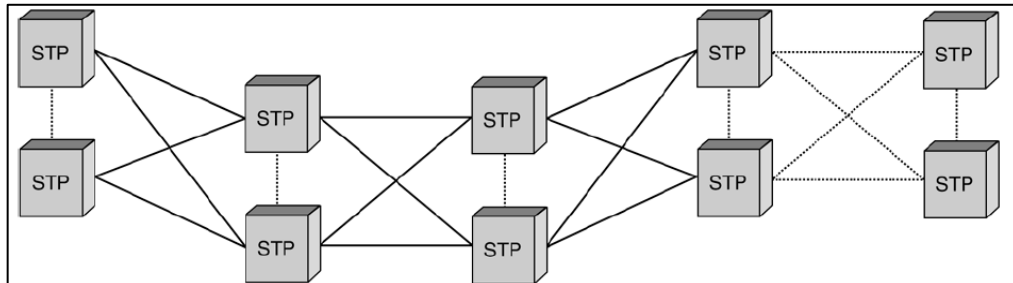
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

2.5.4. Canal tipo D

Son utilizados para enlazar un par de STP de un primer nivel jerárquico con un par de STP de un segundo nivel jerárquico. Ninguna red de señalización despliega sistemáticamente canales D. Solo las redes que cuentan con una estructura con varios niveles jerárquicos hacen aparecer canales D.

En la figura 9 se presenta el diagrama de un canal tipo D.

Figura 9. **Diagrama canal tipo D**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

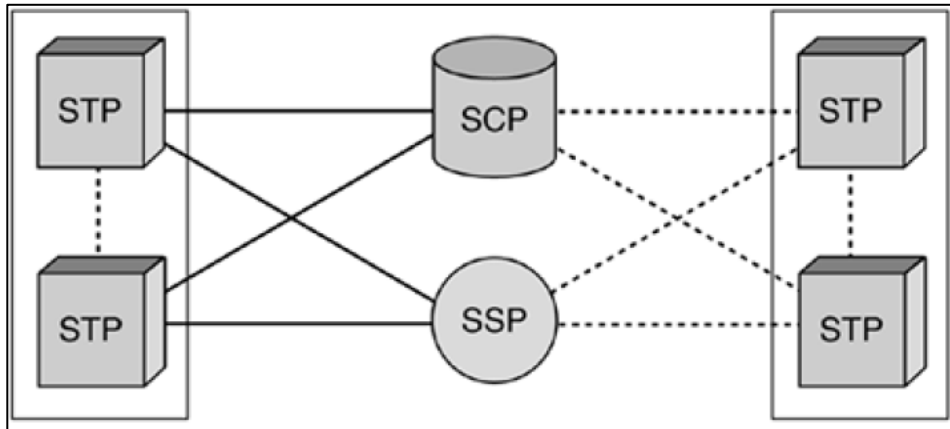
2.5.5. Canal tipo E

Se encarga de conectar un SP con un STP distante que no forma parte del de los STP locales. Se convierte entonces en el camino que seguirán los mensajes emitidos por el SP, si el par de STP locales presenta una situación de sobrecarga. Un número máximo de 16 canales de señalización E pueden enlazar un SP con otro STP.

Los canales tipo E se utilizan para proporcionar confiabilidad adicional o para obtener datos del tráfico de la señalización de los pares de STP locales. Por ejemplo, el SSP que utilizan los servicios de emergencia pueden utilizar canales tipo E para proporcionar encaminamientos alternativos adicionales debido a la criticidad de los servicios a prestar.

En la figura 10 se observa la estructura de un canal tipo E.

Figura 10. **Diagrama canal tipo E**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

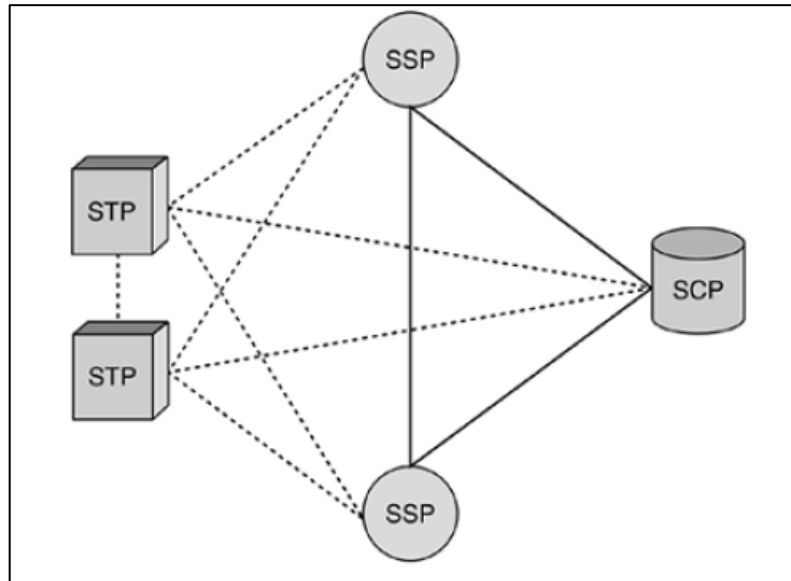
2.5.6. Canal tipo F

Se utiliza cuando un tráfico importante debe transitar entre dos SP, o bien cuando un SP no puede estar directamente enlazado con un STP en particular. Los canales de tipo F son utilizados únicamente en configuración del modo asociado.

Los canales F asociados se utilizan para conectar los SSP y SCP directamente sin usar STP. Los enlaces tipo F pueden establecer conectividad directa entre todos los *switches* dentro de un área para la señalización y el servicio *class*.

En la figura 11 se muestra el diagrama del canal tipo F.

Figura 11. **Diagrama canal tipo F**



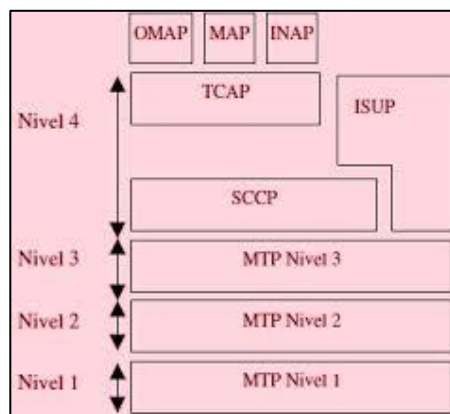
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

2.6. **Protocolos SS7**

La cantidad de posibles combinaciones de la pila del protocolo depende si SS7 es utilizado para servicios celulares específicos o para servicios de redes inteligentes, si es para transporte sobre IP o para controles de banda ancha en redes ATM en lugar de TDM.

En la figura 12 se observa la configuración de los 4 niveles que conforman el sistema SS7.

Figura 12. **Niveles protocolo SS7**



Fuente: Actividad Tx Datos. [www.actividadtxdatosss7 telefonía.blogspot. com/2013/01/ arquitect tura-y-senalizacion-ss7-en.html](http://www.actividadtxdatosss7telefonía.blogspot.com/2013/01/arquitectura-y-senalizacion-ss7-en.html). Consulta: 7 de marzo de 2015.

La parte de transferencia de mensajes está conformada de dos partes esenciales: la parte de transferencia de mensajes (MTP) y la parte de control de conexión de señalización (SCCP). El MTP se usa siempre, mientras que el SCCP se usa cuando se necesita.

La combinación de MTP y SCCP forman la parte de servicio de red (NSP) y permite la señalización con o sin conexión de canal de habla.

2.6.1. MTP 1

Un canal o enlace de datos es una ruta de transmisión bidireccional para señalización, que consta de 2 canales de datos operando conjuntamente en direcciones opuestas a la misma velocidad de transmisión. Cumple perfectamente con la definición OSI de la capa física (capa 1) y puede ser de tipo digital o analógico.

Un enlace digital está conformado por canales de transmisión digital y sus equipos terminales. Los canales de transmisión digital pueden derivarse de un flujo digital múltiplex, con una estructura de trama PCM, o de circuitos de datos.

Un enlace analógico está conformado por canales de transmisión analógicos a frecuencia vocal y módems. Para enlaces de señalización digitales la velocidad recomendada, de acuerdo al estándar ANSI, es de 56 kb/s y de acuerdo a las recomendaciones del CCITT, es de 64 kb/s. Se pueden usar velocidades más bajas, pero hay que tomar en consideración los requisitos de retardo del mensaje relativos a las partes de usuario. La velocidad mínima permitida para aplicaciones de control en llamadas telefónicas es 4,8 kb/s.

El MTP 1 define las características eléctricas, físicas y funcionales de todos los enlaces de señalización, su tasa de error es de 10^{-9} . Entre sus funciones se tienen la inicialización y supervisión del enlace, detección de errores, delimitación de tramas, retransmisión de tramas y el control del flujo.

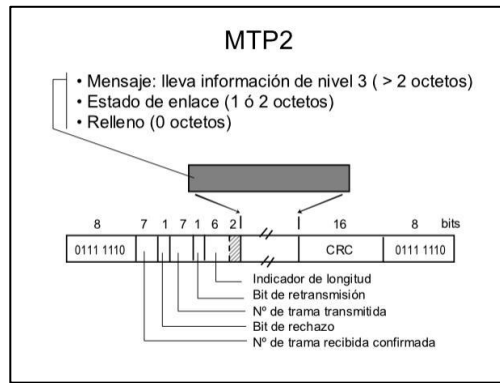
2.6.2. MTP 2

Los *link* de señalización son proporcionados por la correcta combinación de los niveles MTP 1 y MTP 2.

MTP 2 asegura la transferencia confiable de los mensajes de señalización; encapsula los mensajes de señalización en paquetes SS7 de longitud variable. Los paquetes SS7 son unidades de señal llamados *Signal Units* o SU.

En la figura 13 se presenta una trama a nivel MTP 2.

Figura 13. Trama MTP 2



Fuente: Topicos Saia. www.topicos-saia.blogspot.com/2013/02/ss7.html. Consulta: 7 de marzo de 2015.

Entre las funciones de MTP 2 se encuentran: proporcionar trazas de desalineaciones de SU, alineación de SU, monitoreo de errores de enlaces de señalización, corrección de errores y control de flujo. El protocolo MTP 2 es específico para enlaces de banda estrecha (56 o 64 Kbps).

2.6.3. MTP 3

MTP 3 realiza las siguientes funciones:

- Función SMH (*Signaling Message Handling*): entrega mensajes entrantes a su UP y encamina a los mensajes salientes hacia su destino. MTP3 utiliza el PC para identificar el nodo al que debe entregar los mensajes. Cada mensaje tiene consigo el OPC (*origin point code*) y el DPC (*destination point code*). El OPC es insertado en los mensajes a nivel MTP3 para identificar al SP que origina el mensaje, el DPC es insertado

para identificar la dirección del SP destino. Las tablas de ruteo en un nodo SS7 son utilizadas para el ruteo de mensajes internacionales.

- Función SNM (*Signaling Network Management*): a nivel MTP3 se monitorean los *linkset* y las rutas preconfiguradas para proveer el estado de los nodos de la red, de manera que el tráfico pueda ser encaminado cuando sea necesario. SNM también provee procedimientos para tomar acciones correctivas cuando ocurren fallas.

Un solo MTP 3 controla varios MTP 2, cada uno de los cuales está conectado a un solo MTP 1.

2.6.4. Protocolos ISUP y TUP

Los protocolos ISUP y TUP se encuentra por encima de las capas MTP y proveen señalización de circuito-relación para fijar y mantener llamadas.

El protocolo TUP ha sido reemplazado debido a que únicamente soporta llamadas de POTS (*Plain Old Telephone Service*) o RTB (Red Telefónica Básica).

El sucesor del protocolo TUP es ISUP, el cual soporta llamadas de ambas redes POTS e ISDN. TUP e ISUP son utilizados para realizar la señalización llamadas inter *switch*. ISUP tiene soporte para servicios suplementarios como *call back* automático, identificación de llamada en línea, y otros.

2.6.5. SCCP

Proporciona una mayor flexibilidad para el enrutamiento, adicional proporciona los mecanismos necesarios para transferir datos sobre la red SS7.

Dichas características son utilizadas para soportar circuitos que no están relacionados a señalización, los cuales son utilizados, en la mayoría de veces, para interactuar con las bases de datos. También se utiliza para conectar componentes de radio en redes celulares.

A nivel de redes celulares, SCCP transfiere consultas y respuestas entre el VLR y el HLR. Esto con la finalidad de actualizar constantemente el HLR del suscriptor contra el VLR actual y así entregar las respectivas llamadas entrantes.

El ruteo mejorado es denominado GT (*Global Title*). Su función fundamental es quitarle carga a los SP, ya que les evita tener grandes tablas de ruteo, las cuales serían difíciles de aprovisionar y mantener. GT es un número que sirve como un alias para una dirección de una red física. Una dirección física consiste de un PC y una referencia de aplicación llamada *SubSystem Number* (SSN). Varios STP centralizados son utilizados para convertir la dirección del GT dentro de direcciones físicas. Este proceso es llamado *Global Title Translation* (GTT). Se utiliza un PC para direccionar un nodo en particular en la red, considerando que el SSN direcciona una aplicación específica y disponible en ese nodo.

Los mensajes SCCP contienen parámetros que describen el tipo de direccionamiento utilizado y como deben ser enrutados los mensajes. Los parámetros son los siguientes:

- Indicador de dirección: en este campo se incluye información sobre el número del subsistema y el PC.
- Indicador de GT.

- Indicador de encaminamiento: en esta parte se indica si el mensaje será enrutado por medio de un GT o por un PC.
- Indicador de código de área: indica el código de área internacional de un país en particular.

SCCP proporciona las siguientes cinco clases de protocolos a sus aplicaciones:

- Clase 0, sin conexión básica
- Clase 1, sin secuencia básica
- Clase 2, orientado a una conexión básica
- Clase 3, conexión orientada a control de tráfico
- Clase 4, conexión orientada a recuperación de errores y control de flujo

2.6.6. TCAP

Permite a las aplicaciones la intercomunicación, de una con la otra, utilizar datos acordes. Estos elementos son llamados componentes. Los componentes pueden ser vistos como instrucciones enviadas entre aplicaciones. Por ejemplo, cuando un cliente cambia de localización geográfica en el VLR, su HLR debe ser actualizado con la nueva posición geográfica por medio de una petición llamada *update location*. Además, TCAP proporciona la facilidad de administración de transacciones, permitiendo que múltiples mensajes sean asociados con un intercambio de comunicación en particular, conocido como transacción.

2.6.7. MAP

El protocolo MAP (*Mobile Application Part*) se utiliza para proporcionar, a los nodos de una red móvil, una capa de aplicación con la cual pueden establecer comunicación unos con otros. El protocolo MAP se utiliza específicamente en los casos en que la estación terminal se moviliza en un área diferente a donde se encontraba inicialmente.

MAP especifica una serie de servicios con los cuales un usuario pueda registrarse en cualquier MSC, y con esto acceder a todos sus servicios. MAP define mecanismos de autenticación de usuarios y terminales, con esto la red GSM gana en seguridad de usuarios.

El usuario de MAP interactúa con el proveedor de servicio MAP mediante la transmisión o recepción de primitivas; los usuarios más comunes son el HLR y el SGSN. En la figura 14 se observa la interacción entre el usuario y proveedor MAP.

Las primitivas se catalogan como MAP de servicios comunes, los cuales están disponibles para todos los usuarios de la red. El MAP de servicios específicos, los cuales están reservados solo para determinados usuarios MAP.

Figura 14. **Interacción MAP**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

2.6.7.1. Primitivas MAP de servicios comunes

Estas primitivas realizan funciones bastante básicas, como el establecimiento y la limpieza de los diálogos de comunicación entre usuarios de servicio MAP. Los servicios que ofrecen son los siguientes:

- MAP-open
- MAP-close
- MAP-delimiter
- MAP-U-abort
- MAP-P-abort
- MAP-notice

2.6.7.2. Primitivas MAP de servicios específicos

Estas realizan funciones relacionadas con la gestión de movilidad, gestión de localización, gestión de llamadas, activación de contexto PDP, servicio de mensajería corta SMS y gestión de mantenimiento. Los servicios MAP específicos son:

- MAP-update-gprs-location
- MAP-insert-subscriber-data
- MAP-delete-subscriber-data
- MAP-purge-ms
- MAP-cancel-location
- MAP-send-authentication-info
- MAP-failure-report
- MAP-reset
- MAP-note-ms-present-for-gprs

2.6.7.3. MAP simplificado

Para reducir la dificultad de implementación del protocolo MAP se realizan varias simplificaciones y modificaciones en el comportamiento de este.

Los servicios MAP-READY-FOR-SM, MAP-activate-tracemode, MAP-deactivate-trace-mode no son implementados; los servicios de manejo de diálogo tc-notice, tc-timer-reset, tc-l-reject, tc-r-reject no son implementados.

Una instancia PSM deberá ser creada por el DSM para cada servicio MAP que se realizará; sin embargo, se puede crear una solo instancia PSM y alternar los servicios MAP uno a la vez.

3. PROCESO DE AUTENTICACIÓN EN *ROAMING*

3.1. *Roaming*

El servicio de *roaming* es la capacidad de un teléfono móvil de enviar y recibir llamadas. También de hacer uso de los distintos servicios móviles, en redes de telefonía fuera del área de servicio local del país de origen a la que se le denomina HPLMN, a la cual se le denomina red visitada o VPLMN.

Gracias a este servicio los usuarios adquieren completa libertad para movilizarse dentro de la cobertura de empresas de telefonía celular en el extranjero.

Desde la perspectiva del operador existen dos tipos de usuarios itinerantes: usuarios entrantes (*inbound*) y usuarios salientes (*outbound*). Los usuarios entrantes son abonados de otro operador de telefonía que llega a la red del operador local y utiliza sus servicios de telefonía móvil. Los usuarios salientes son los abonados del operador local que visitan y utilizan la red y servicios del otro operador.

El servicio de *roaming* es muy importante para los operadores de telefonía móvil dado por la creciente demanda de usuarios de viajes internacionales. Ofrecer este servicio les permite atraer clientes y retenerlos, también les permite que usuarios visitantes usen su red al contar con acuerdos con operadores de estos países, volviéndose de esta manera una significativa fuente de ingresos.

3.2. Requisitos para *roaming*

Se debe contar con el servicio de *roaming* en una red visitada se necesitan cumplir con una serie de requisitos tanto técnicos como comerciales, antes de lanzar el servicio entre dos operadores. Por lo tanto, en este proceso se ven involucrados tanto la red local como la red visitada y los *carriers* internacionales encargados de la señalización y el tráfico entre los operadores.

Desde la parte comercial, entre los operadores se deben resolver asuntos como los cobros, tarificación, acuerdos de suscripción, y otros.

Los operadores que quieran tener acuerdo comercial de *roaming* deben de intercambiar la información principal de su red. Dicha información se encuentra contenida de manera estándar en una base de datos llamada IR21. En esta se encuentra la información principal de la red, tal como:

- Nombre del operador y del país
- Información de las redes que pertenecen al operador
- Información del *numbering plan* y señalización SS7
- Información de los proveedores utilizados
- Información de los *carrier* utilizados
- Información de contacto de las áreas de *roaming* y *troubleshooting*

Al contar con esta información y el consentimiento de ambas partes se procede a la implementación en cada red de los datos del otro operador con el que se estará realizando el acuerdo comercial de *roaming*.

Junto con esta información se adjuntan los archivos necesarios para el desarrollo de las pruebas que se harán previamente para la validación del

servicio, lo que conlleva un intercambio de tarjetas SIM destinadas a este propósito, que cuentan con las características necesarias para el servicio de *roaming*.

3.2.1. Señalización

La información de señalización es la que se implementa en la red. Esto incluye los parámetros *global title*, *global title translation*, *global title analysis*, *point codes* en los distintos nodos involucrados, como lo son el HLR, MSC y STP, y la habilitación de estos mismos parámetros en el *carrier* internacional de señalización que esté prestando el servicio a cada operador.

Todo esto se hace con el fin de establecer una conexión física y enlaces de señalización que comuniquen a los equipos de cada red e intercambiar información del perfil del usuario que va a hacer uso del servicio.

Los procesos MAP importantes para *roaming* incluyen: la ubicación de registro, conexión y desconexión de IMSI, solicitar los datos de abonado para el establecimiento de la llamada, control de los servicios suplementarios, gestión de abonados, gestión de IMEI, gestión de autenticación e identificación, transporte de datos de SMS. Procesos MAP para los servicios de *roaming* residen en la MSC, HLR y VLR.

Los procedimientos *global title translation* y *global title analysis* son realizados en el STP, y se utilizan para determinar el enrutamiento de la señalización a su destino correspondiente, que sería hacia el *point code* del HLR al que pertenece el usuario.

3.3. Proceso de autenticación

Este comienza cuando el móvil es encendido en una red diferente a la red local:

- El nuevo VLR detecta al usuario, al reconocer que pertenece a otra red informa al HLR local de la nueva dirección de VLR.
- Mientras dura este proceso se realiza un intercambio de mensaje MAP entre el móvil, el VLR y el HLR, comunicándose a través del *carrier* internacional de señalización.
- El móvil visitante envía su IMSI al VLR para enrutar y comenzar el intercambio de señalización con el HLR en la red local.
- El VLR recibe la IMSI y busca en sus tablas el MGT que le corresponde al rango de esa IMSI.
- Con el rango de IMSI y el MGT al que corresponde se realiza la traslación y se envía la solicitud de *location update* al HLR de la red local.
- El mensaje viaja a través de la red de señalización y es entregado al STP en la red local, este a su vez identifica el número con la traslación para identificar el HLR al que pertenece el usuario.
- Ya que el HLR ha actualización la información envía el mensaje de respuesta usando la dirección del VLR del mensaje previo.
- El procedimiento de autenticación continúa con el HLR enviando un mensaje MAP con datos del suscriptor al VLR incluyendo los servicios suplementarios y las restricciones que el usuario pudiera tener.

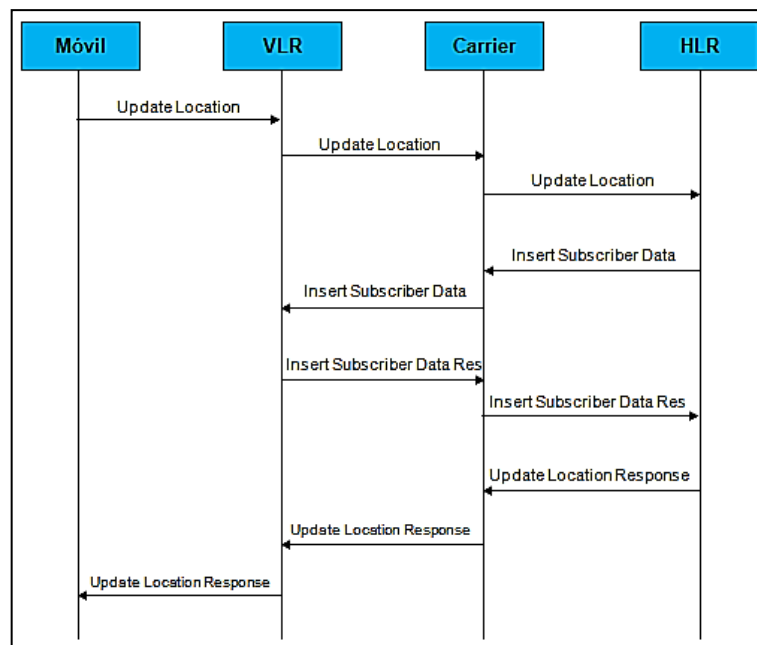
De esta forma y gracias a este intercambio de información, es como los usuarios pueden registrarse exitosamente en redes en el extranjero y contar con los servicios que tendrían en su red local sin pérdida de calidad y con la

misma disponibilidad de recursos. En este intercambio de información también se determina si el usuario tiene permitido el uso del servicio de *roaming*.

La información sobre el registro en la nueva red se almacena en dos lugares diferentes dentro de la red: en el HLR y en el VLR. De esa manera se tiene un control de la información del registro y se sabe en todo momento en dónde se encuentra el usuario y hacia qué lugar se tienen que enrutar las llamadas y demás servicios.

La figura 15 muestra el flujo del intercambio de los mensajes MAP durante el proceso de autenticación:

Figura 15. **Proceso de autenticación**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

Los mensajes de señalización MAP que intercambian son los siguientes:

- *Update location*: el teléfono móvil envía la solicitud de *update location* al VLR para conectarse en la red visitada. El VLR envía la solicitud al HLR local para verificar que el usuario puede hacer uso del servicio de *roaming*.
- *Insert subscriber data*: el HLR al comprobar que el usuario tiene permitido el uso de *roaming*, envía al VLR, los datos del perfil del usuario con los servicios móviles que tiene disponible, tales como desvíos de llamadas, bloqueos de llamadas, servicio de datos y posibles bloqueos provistos por el operador.
- *Update location response*: el HLR le envía al VLR la respuesta a la solicitud de *update location*. De la misma manera el VLR le envía al móvil la respuesta de la solicitud de *update location* y ahora estará registrado en el VLR visitado.

3.4. Escenarios de *roaming*

Ya que se ha realizado el proceso de autenticación el usuario está listo para realizar y recibir llamadas, y demás servicios de telefonía a los que puede dar uso en su red local.

Se detallan los escenarios de llamada saliente de un número en *roaming* hacia un usuario de la red local, y el de envío de SMS entre dos usuarios de la misma red local haciendo *roaming* en la misma red visitada.

3.4.1. Llamada saliente

El usuario se encuentra en la red visita VPLMN y realiza una llamada a otro usuario que se encuentra en su red de origen HPLMN.

- La MSC de la red visitada recibe la llamada del suscriptor y realiza el análisis del número marcado.
- La MSC al detectar que no es un número que pertenezca al plan de numeración local enruta la llamada a un *carrier* de larga distancia internacional o CLI (*International Long Distance Carrier*).
- El *carrier* de larga distancia dirige la llamada hacia la MSC de la red local del número marcado.
- La MSC local termina enrutando la llamada al usuario destino.

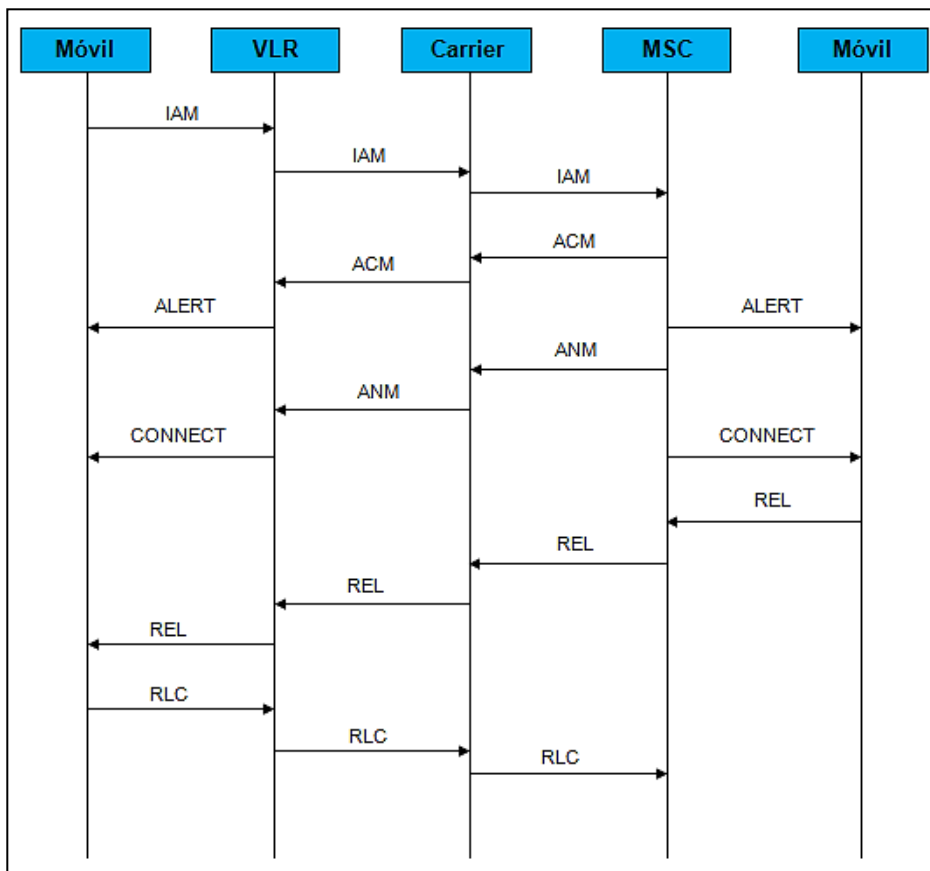
En este caso los mensajes de señalización intercambiados son:

- *Initial address message (IAM)*: este es el primer mensaje que se envía al operador local informando de que una llamada debe ser establecida. Contiene el número al que llaman, el tipo de servicio (voz o datos) y otros parámetros opcionales.
- *Address complete message (ACM)*: mensaje que envía el operador local cuando el teléfono al que llaman empieza a sonar.
- *Answer message (ANM)*: el mensaje de respuesta se envía cuando la llamada es contestada, normalmente el cobro de la llamada empieza en este punto.
- *Connect (CON)*: la llamada es conectada y está en curso.
- *Release (REL)*: mensaje enviado cuando la llamada es terminada por alguno de las partes.

- *Release complete* (RLC): este es el mensaje de confirmación de que se ha recibido el mensaje de *release*. El canal de señalización es liberado y puede ser usado nuevamente.

El flujo de los mensajes de señalización para una llamada entrante se muestra en la figura 16:

Figura 16. Mensajes de señalización para una llamada entrante



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

3.4.2. Mensajes cortos (SMS)

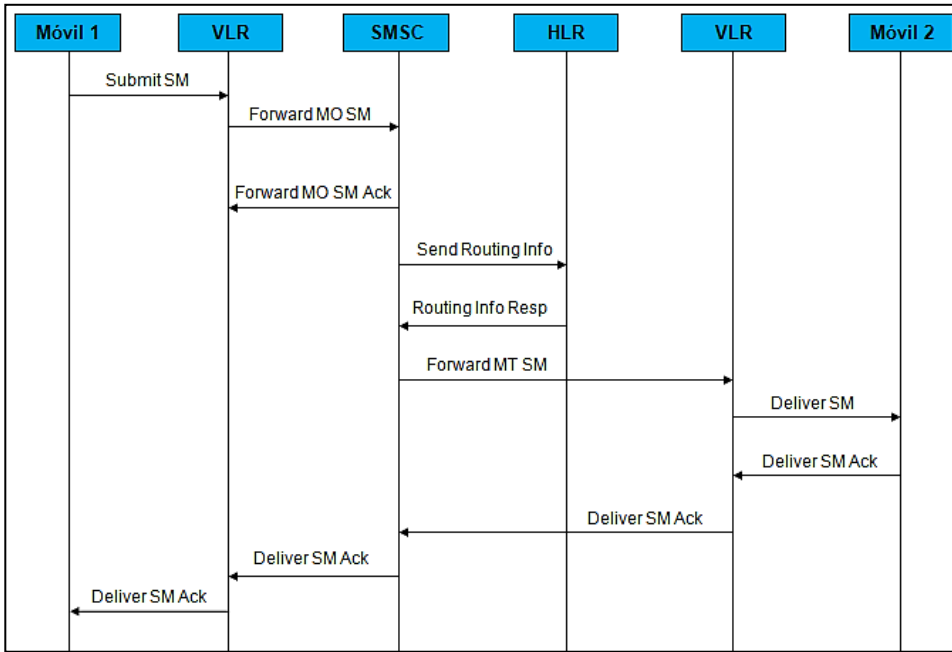
Dos usuarios de la misma red local HPLMN se encuentran en *roaming* en una misma red visitada VPLMN.

El envío de SMS se divide en dos partes: primero el envío del SMS y la recepción en el centro de mensajes (SMSC) y luego la entrega del mensaje al usuario.

- El mensaje es enviado del móvil a la MSC visitada. La dirección del SMSC se encuentra almacenado en la SIM Card.
- La MSC envía el mensaje al SMSC. El SMSC responde *acknowledge* o *non acknowledge*, dependiendo si el mensaje fue recibido o no.
- Para entregar el mensaje el SMSC consulta al HLR la información de la IMSI y el VLR del usuario que va a recibir el mensaje.
- El HLR responde con la información de enrutamiento al SMSC.
- Con esta información el SMSC entrega el mensaje a la MSC y esta lo enruta hasta entregarlo al subscritor destino.

El flujo de los mensajes de señalización para el envío y recepción de SMS en *roaming* se muestra en la figura 17.

Figura 17. Mensajes de señalización para el envío y recepción de SMS



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.

Es de esta manera, y gracias a la facilidad que brindan la normalización internacional GSM, que los servicios telefónicos móviles han podido adaptarse a las necesidades de movilidad de los usuarios más allá de su red local. Se amplía el número de usuarios al que los operadores pueden acceder y brindando los servicios de una forma transparente al usuario, siempre y cuando existan acuerdos entre los operadores.

Para establecer el servicio de *roaming* entre dos operadores es necesario establecer acuerdos en los que definen qué servicios móviles serán los que se van a prestar. También se resuelve y define el aspecto comercial, tal como las tarifas que tendrán para cada servicio, cobros y acuerdos de suscripción. Estos

temas quedan saldados antes de realizar el lanzamiento del servicio de *roaming* entre los operadores.

CONCLUSIONES

1. El sistema UMTS y GSM presentan similitud en su forma de operación y arquitectura.
2. La diferencia entre el sistema GSM y UMTS es que el sistema UMTS, a través de la conmutación por paquetes, incorpora un nuevo bloque de elementos, conocido como *core* de datos. En el *core* de datos están incluidos los equipos SGSN y GGSN, los cuales permiten la transmisión de datos.
3. El sistema SS7 basa su funcionamiento en una serie de protocolos que están distribuidos en bloques.
4. El proceso de registro en una red extranjera es transparente para el usuario.

RECOMENDACIONES

1. Antes de elegir entre los sistema GSM y UMTS es importante observar los requerimientos de la red, ya que si únicamente se quieren servicios de voz, lo mejor es implementar un sistema GMS; en cambio, si se necesitan servicios de transmisión de datos es mejor implementar un sistema UMTS.
2. Debido a la complejidad del sistema SS7 es importante validar que primitivas de servicios son necesarias, para realizar una simplificación del mismo.
3. Es importante que los operadores de telefonía móvil involucrados estén de acuerdo en las tarifas y los servicios que se van a prestar a los usuarios para que el servicio funcione sin inconvenientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. DIT UPM. *La señalización SS7 en una red móvil*. [en línea]. <<http://www.dit.upm.es/~enrique/pub/jbento-Memoria.pdf>>. [Consulta: 15 de enero de 2015].
2. DUNGAN, Frank. *Sistemas electrónicos de telecomunicación: electrónica de los sistemas, técnicas y circuitos, técnicas de modulación, analógicas y digitales, líneas de transmisión, ondas de radio, propagación, antenas*. España: Paraninfo, 1993. 435 p.
3. ENSC. *Mobile Application Part Protocol Implementation in OPNET*. [en línea]. <http://www2.ensc.sfu.ca/~ljlja/papers/opnetwork03_vladimir.pdf>. [Consulta: 23 de enero de 2015].
4. HUIDOBROMOYA, Jose Manuel. *Comunicaciones móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE*. España: Ra-ma, 2012. 428 p.
5. LAITINEN, Lauri. *Redes UMTS. Arquitectura, movilidad y servicios*. España: Ra-ma, 2006. 584 p.
6. OPEN SS7. *Map Desing*. [en línea]. <http://www.openss7.org/map_design.html>. [Consulta: 10 de enero de 2015].

7. OPEN SS7. *Mobile Application Part Interface Specification*. [en línea]. <<http://www.openss7.org/specs/mapi.pdf>>. [Consulta: 11 de enero de 2015].
8. QTC. *3GPP TS 29*. [en línea]. <<http://www.qtc.jp/3GPP/Specs/29002-910.pdf>>. [Consulta: 15 de enero de 2015].
9. SCHWARTZ, Mischa. *Transmisión de información, modulación y ruido: enfoque unificado de los sistemas de comunicación*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1994. 685 p.