



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

**ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN
UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**

José Carlos Orozco de León

Asesorado por el Ing. Julio César Solares Peñate

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN
UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ CARLOS OROZCO DE LEÓN

ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR SOLARES PEÑATE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

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	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 25 de mayo de 2016.

José Carlos Orozco de León



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 18
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 3 de mayo de 2018

**Señor
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.**

Estimado Ingeniero:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, desarrollado por el estudiante **José Carlos Orozco de León**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro en particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio C. Solares Peñate
Asesor





FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 16 de mayo de 2018

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

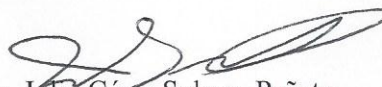
Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, desarrollado por el estudiante **José Carlos Orozco de León**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica





REF. EIME 41. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: **JOSÉ CARLOS OROZCO DE LEÓN** titulado: **ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andriano González



GUATEMALA, 31 DE MAYO 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

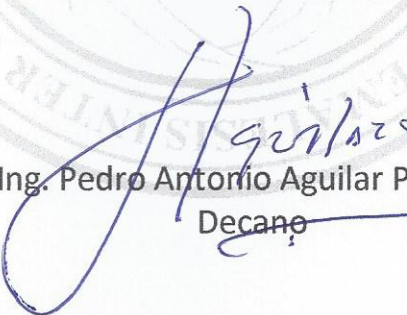


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 305.2018

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: **ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN SS7 Y SIGTRAN EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, presentado por el estudiante universitario: **José Carlos Orozco de León**, 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, agosto de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme el regalo de la vida, por su infinito amor y su misericordia en todos los momentos de mi vida. Ser fuente de sabiduría e inteligencia para poder culminar este proyecto de vida.

Mis padres

Tomasa de León Castro y José Emilio Orozco Escobar por su amor, amistad, apoyo incondicional, comprensión, y la motivación para ser un hombre exitoso en la vida.

Mis hermanos

Alba Beatriz y Estuardo Rafael Orozco de León por su amor, ser una fuente de apoyo y estar en todo momento pendiente de mí, les estaré agradecido toda la vida.

Mis sobrinos

José David Monge Orozco, José Emilio Monge Orozco, José Rodrigo Orozco Burgos, Marlon Estuardo Orozco Burgos, Douglas Emilio Orozco Burgos y Andrea Alejandra Orozco Burgos por su amor en todo momento.

Mis tíos

Por su amor, buenos consejos y permanecer siempre al pendiente de mí.

Mis abuelos

Fausta Valeria Castro, Laura Teresa Escobar, Bruno Emilio Orozco, Rosendo de León. Por su amor incondicional y los buenos recuerdos que dejaron en mi mente y corazón.

Mis amigos

Jesús, Brenda Viviana Barrera, Juan Martínez, Alan Santizo, Juan Pablo Paniagua, Marvin Ramos, Cristóbal Pérez, Fredy Montalvo, José Noriega, Albert Chuy, Néstor Chamalé, Allan Flores y Oscar Guerra por su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por darme la oportunidad de pertenecer a tan gloriosa casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme el conocimiento para formarme como profesional.

**Instituto Evangélico
América Latina**

Por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

Ing. Julio Solares

Por su valiosa ayuda en el área profesional.

Mis amigos

Por ser una fuente de apoyo, sus sabios consejos, mostrar una verdadera amistad en los buenos y malos momentos de la vida.

2.3.	Funciones de un protocolo de señalización	12
2.4.	Arquitectura de la red SS7.....	13
2.4.1.	Puntos de transferencia de señalización (STP)	13
2.4.1.1.	STP nacional	14
2.4.1.2.	STP internacional	15
2.4.1.3.	STP pasarela.....	15
2.4.2.	Punto de control de servicio (SCP)	16
2.4.3.	Punto de datos de servicio (SDP)	17
2.4.4.	Registro de localización de usuarios (HLR)	17
2.4.5.	Registro de localización de visitantes (VLR)	18
2.4.6.	Centro de servicios de mensajes cortos (SMSC) ...	18
2.4.7.	Enlaces de señalización SS7	19
2.4.7.1.	Enlace A	19
2.4.7.2.	Enlace B	19
2.4.7.3.	Enlace C.....	20
2.4.7.4.	Enlace D	21
2.4.7.5.	Enlace E	21
2.4.7.6.	Enlace F	22
2.5.	Capas del protocolo SS7	23
2.5.1.	Nivel físico	24
2.5.2.	Nivel de transferencia de mensajes (MTP) – Nivel 2.....	25
2.5.3.	Nivel de transferencia de mensajes (MTP) – Nivel 3.....	26
2.5.4.	Parte de usuario de RDSI (ISUP).....	26
2.5.5.	Parte de control de conexión de señalización (SCCP).....	27
2.5.6.	Parte de aplicación de capacidades de transacción (TCAP)	28

2.5.7.	Parte de aplicación de movilidad (MAP).....	28
3.	PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN SIGTRAN	31
3.1.	Definición de SIGTRAN	31
3.2.	Arquitectura de los protocolos SIGTRAN	31
3.3.	Componentes en la arquitectura SIGTRAN	32
3.4.	Capas del protocolo SIGTRAN	32
3.4.1.	IP	33
3.4.2.	SCTP	35
3.4.3.	SUA.....	38
3.4.4.	M3UA	39
3.4.5.	M2UA	41
3.4.6.	M2PA	43
3.4.7.	MTP3	45
3.4.8.	SCCP	48
3.4.9.	TCAP	48
	3.4.9.1. Sub capa componente	49
	3.4.9.2. Sub capa transacción.....	49
3.4.10.	ISUP	50
3.5.	Funcionamiento del protocolo SIGTRAN	50
4.	ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS SS7 Y SIGTRAN.....	53
4.1.	Ventajas del protocolo SS7.....	53
4.2.	Desventajas del protocolo SS7.....	54
4.3.	Ventajas del protocolo SIGTRAN	55
4.4.	Desventajas del protocolo SIGTRAN	56
4.5.	Interpretación comparativa de los protocolos de señalización SS7 y SIGTRAN	57

CONCLUSIONES..... 63
RECOMENDACIONES 65
BIBLIOGRAFÍA..... 67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Señalización entre el abonado y la central.....	3
2.	Señalización entre centrales.....	5
3.	Estructura de señalización.....	9
4.	Esquema de red SS7 en una red GSM.....	13
5.	Canales de tipos A, B y C.....	20
6.	Canales de tipo D.....	21
7.	Canales de tipo E y F.....	22
8.	Capas del protocolo SS7.....	23
9.	Transmisión TDM en una red SS7.....	25
10.	Capas del protocolo SS7, Capas del protocolo SIGTRAN.....	33
11.	Multi-homing.....	37
12.	Backhauling con SUA.....	38
13.	Backhauling usando M3UA.....	40
14.	Backhauling con M2UA en dos nodos distantes.....	42
15.	Cambio de enlaces físicos entre nodos por medio de M2PA.....	43
16.	Dos islas distantes de la red SS7 conectadas a través de internet por medio de M2PA.....	44
17.	Estratificación de TCAP.....	49
18.	Transporte de señalización SS7 sobre IP.....	52

TABLAS

I.	Señalización de línea y señalización de registro.....	8
----	---	---

II.	Encaminamiento de MTP3	47
III.	Comparación entre protocolo de señalización SS7 y protocolo de señalización SIGTRAN.....	61

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
bps	Bit por segundo
BC	<i>Broadcast</i>
CS	<i>Circuit Switching</i>
CN	<i>Core Network</i>
EPS	<i>Enhanced Packet Switching</i>
<i>f</i>	Frecuencia
Gbps	Giga bit por segundo
GHz	Giga Hertz
Hz	Hertz
Kbps	Kilo bit por segundo
KHz	Kilo Hertz
Mbps	Mega bit por segundo
MHz	Mega Hertz
MMS	<i>Multimedia Message Service</i>
FDM	Multiplexación por división de frecuencia
TDM	Multiplexación por división de tiempo
NB	<i>Node B</i>
PS	<i>Packet Switching</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
Tbps	Tera bit por segundo
THz	Tera Hertz
UE	<i>User Equipment</i>

GLOSARIO

3GPP	<i>Third Generation Partnership Project.</i> Entidad responsable de la estandarización y control de los protocolos para las tecnologías de telecomunicaciones.
ACK	Mensaje de asentimiento a otro mensaje enviado previamente.
APN	<i>Access Point Name.</i> Conjunto de configuraciones asignada a un grupo de UE para su acceso a internet.
Ancho de banda	Cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado.
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode.</i> Modo de transferencia de datos de manera asíncrona.
Canal	Es el medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras que contienen información de un emisor y un receptor.
CAS	Señalización asociada al canal

CSS	Señalización por canal común
EIR	<i>Equipment Identity Register</i> . Elemento e red responsable de indicar si el usuario tiene, o no, autorización para registrarse en la red.
FCC	<i>Federal Communications Commission</i> . Entidad encargada de velar por que las UE cumplan con los requisitos de radiación mínimos para evitar daños a los seres humanos.
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i> . Elemento de red responsable de brindar el enlace a la nube al usuario.
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> . Protocolo de segunda generación para la transferencia de datos.
GSM	Global Switched Mobile Network. Red de conmutación móvil a nivel global.
HEnB	<i>Home eNB</i> . Elemento de red que permite la conexión de usuarios a la red.
HLR	<i>Home Location Register</i> . Elemento de red que almacena información de los usuarios de la red.
HSPA	<i>High-Speed Packet Access</i> . Tecnología 3G para redes móviles.

INAP	<i>Intelligent Network Application Part.</i> Parte de aplicación de red inteligente.
IP	<i>Internet Protocol.</i> Protocolo de Internet.
ISPC	<i>International Signalling Point Code.</i> Código de punto de señalización nacional.
ISUP	<i>Integrated Services User Part.</i> Parte usuario de servicios integrados.
IUA	<i>ISDN Q.921-User Adaptation Layer.</i> Capa de adaptación del usuario, basado en el protocolo Q.921 de la red digital de servicios integrados.
LINKSET	Conjunto de enlaces de señalización entre dos nodos adyacentes.
M2PA	<i>MTP2-User Peer-to-Peer Adaptation Layer.</i> Capa de adaptación MTP2.
M3UA	<i>MTP3-User Adaptation Layer.</i> Capa de adaptación de usuario de MTP3.
MAP	<i>Mobile Application Part.</i> Parte de aplicación móvil.
MSC	<i>Mobile Switching Center.</i> Central de conmutación de telefonía móvil.

MSISDN	<i>Mobile Station Integrated Service Digital Network Number.</i> Número de línea de telefonía móvil. transferencia de mensajes de señalización.
MSC	<i>Mobile Switching Center.</i> Elemento central de una arquitectura de red 3G.
MTP	<i>Message Transfer Part.</i> Protocolo de comunicación para interfaces.
MTP3	<i>Message Transfer Protocol layer 3.</i> Capa de red del protocolo de transferencia de mensajes de señalización.
RN	<i>Relay Node.</i> Nodo pequeño utilizado para brinda cobertura a lugares pequeños.
RNC	<i>Radio Network Controller.</i>
SCCP	<i>Signalling Connection Control Part.</i> Parte de control de conexión de señalización.
SCP	<i>Service Control Point.</i> Punto de control de servicios.
SCTP	<i>Stream Control Transmission Protocol.</i> Protocolo de transmisión de flujos de control.
SDP	<i>Service Data Point.</i> Punto de datos del servicio.

SGSN	<i>Serving GPRS Support Node.</i> Elemento de red responsable de enviar las solicitudes de navegación al GGSN.
SGW	<i>Signalling Gateway.</i> Pasarela de señalización.
SI	<i>Service Indicator.</i> Indicador de servicio.
SIGTRAN	<i>Signalling Transport.</i> Transporte de señalización.
SIM	<i>Subscriber Identity Module.</i> Tarjeta física que permite al usuario el acceso a la red.
SLC	<i>Signalling link code.</i> Código de enlace de señalización.
SMS	<i>Short Message Service.</i>
SMSC	<i>Short Message Service Center.</i> Elemento de red encargado de la administración y entrega de los mensajes de texto corto.
SPC	<i>Signalling Point Code.</i> Código de punto de señalización.
SS7	Sistema de señalización número siete.
STP	<i>Signalling Transfer Point.</i> Punto de transferencia de señalización.

Stream	Secuencia de mensajes de usuario de SCTP que debe entregarse al nivel superior de forma ordenada.
Streaming	Servicio proporcionado por la red, para ver videos en línea a altas velocidades.
SUA	SCCP User Adaptation Layer. Capa de adaptación de usuarios de SCCP.
S-GW	<i>Serving – Gateway</i> . Elemento de red encargado de enviar las solicitudes de acceso al P-GW
TCAP	<i>Transaction Capabilities Application Part</i> . Parte de aplicación de capacidades de transacción.
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> . Protocolo de control de transmisión.
TDM	Multiplexación por división de tiempo, es una técnica que transmite información en diferentes rangos de tiempo por un mismo canal.
UDP	<i>User Datagram Protocol</i> . Protocolo de datagramas de usuario.
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> . Sistema universal de telecomunicaciones móviles.

USSD	<i>Unstructured supplementary service data.</i> Datos no estructurados de servicios suplementarios.
VLAN	<i>Virtual local area network.</i> Red de área local virtual.
VLR	<i>Visitor Location Register.</i> Elemento de red que almacena información sobre usuarios visitantes en la red.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se estudiarán a detalle dos protocolos de señalización que se implementan en una red de telefonía móvil. Las características de un protocolo de señalización, las funciones de un protocolo de señalización y su arquitectura. Además, se analizarán las ventajas y desventajas de ambos protocolos de señalización.

En el primer capítulo se analizarán todos los aspectos básicos de la señalización, los diferentes tipos de señalización que existen. Se hará un enfoque a la estructura que tiene la señalización, así como a su función en una red de telefonía móvil.

En el segundo capítulo se analizarán todos los aspectos del protocolo de señalización SS7, características del protocolo, arquitectura del mismo, capas que lo integran, el funcionamiento del protocolo de señalización SS7 en una red de telefonía móvil.

En el tercer capítulo se analizarán todos los aspectos del protocolo de señalización SIGTRAN, características del protocolo, arquitectura del mismo, capas que lo integran, el funcionamiento del protocolo de señalización SIGTRAN en una red de telefonía móvil.

En el cuarto capítulo se realizará el análisis de los protocolos de señalización SS7 y SIGTRAN, tanto de funcionamiento como de arquitectura, así como las ventajas y desventajas de cada uno. Posterior a esto, y sobre la

base del estudio anterior, se analizarán ambos protocolos para el empleo óptimo de cada uno de ellos en una red de telefonía móvil.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis sobre los protocolos de señalización SS7 y SIGTRAN en una red de telefonía móvil.

Específicos

1. Presentar los fundamentos y características de la señalización en las redes de telefonía móvil.
2. Presentar un análisis sobre las características y arquitectura del protocolo de señalización SS7.
3. Presentar un análisis sobre las características y arquitectura del protocolo de señalización SIGTRAN.
4. Realizar un análisis sobre los protocolos de señalización SS7 y SIGTRAN, así como ventajas y desventajas de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Una red de telefonía móvil es eficiente al tener bien definida su arquitectura, topología y estructura lógica de red. Con ello se puede identificar cada una de las fallas que se generen por agentes externos o internos. De esta forma puede actuar de manera preventiva, minimizando los tiempos de afectación. La señalización juega un papel importante dado que es el túnel de comunicación de los diferentes protocolos que proporcionarán un servicio al usuario final.

Sin lugar a duda, los sistemas de señalización son los que permiten el paso de tráfico tanto de voz y datos en las amplias redes de comunicaciones, por ello, la señalización ha llegado a posicionarse como un tópico que no solo representa aspectos técnicos, sino inclusive ha llegado a tener el enfoque económico y rentable gracias a empresas dedicadas al desarrollo de protocolos propietarios, en su mayoría bajo el protocolo de señalización número 7 (SS7), el cual funge como el más difundido para el paso principalmente de llamadas, así como traducción de números, conexión a la red inteligente, aplicaciones a nivel de parte de aplicación, entre otros.

Tradicionalmente, las redes telefónicas han empleado el protocolo SS7 para la señalización entre *switches* de telefonía. La utilización de protocolo IP permite el acople de ambas tecnologías permitiendo que los nodos de telefonía utilicen señalización SS7, pero esta será transportada sobre una red IP. Por ejemplo, nodos como HLR, VLR/MSC se comunicarán unos con otros usando SIGTRAN.

SIGTRAN es un grupo de protocolos estandarizados por IETF (Internet engineering task force), todos estos protocolos son independientes unos de otros. Cada uno de ellos ha sido desarrollado para emular las funciones correspondientes a los protocolos SS7 sobre una red IP. Por ejemplo, M3UA es un protocolo SIGTRAN realizando las funciones en IP, similares a las que el protocolo MTP-3 realiza en una red SS7.

Por las razones anteriores se considera necesario realizar un análisis de los protocolos de señalización para una red de telefonía móvil, debido a la importancia primordial que en la actualidad tiene la telefonía celular, así como la seguridad que estos puedan proporcionar a la hora de aplicarlos en una red móvil. De igual manera, es importante tomar en cuenta los avances que constantemente deben tener las redes de telefonía móvil para mantenerse con lo más reciente en tecnología.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Concepto de señalización

El término señalización, cuando se utiliza en telefonía, se refiere al intercambio de información de control asociada con la configuración y la liberación de una llamada telefónica en un circuito de telecomunicaciones.

Así mismo, la señalización en el contexto telefónico, significa el proceso de generación y manejo de información e instrucciones necesarias para el establecimiento de conexiones en los sistemas telefónicos. Es decir, el sistema debe producir, transmitir, recibir, reconocer e interpretar señales en un proceso cuyo resultado será una conexión específica a través del sistema de conmutación.

De igual manera, en una red de conmutación, se entiende por señalización al intercambio de información entre diferentes nodos de la red necesario para proveer un servicio de comunicación.

1.2. Propósito de la señalización

El propósito básico de la señalización es crear un lenguaje técnico para intercambiar información de control que finalmente conecte dos líneas telefónicas ubicadas en cualquier parte de la red telefónica.

El tráfico de señalización que interesa es el “externo” a las centrales, es decir que se realiza entre diferentes tipos de nodos de red. Actualmente el

principal propósito de la señalización externa es el de transferir información de control entre nodos que se encargan de:

- Control de tráfico
- Comunicación con base de datos
- Redes inteligentes
- Gestión de red

1.3. Funciones de la señalización

La función principal de la señalización sigue siendo la supervisión de circuitos, es decir, el establecimiento y liberación de circuitos entre centrales telefónicas. Así mismo controlar, el establecimiento, la liberación y la supervisión de todos los recursos asignados a una conexión de voz.

1.4. Tipos de señalización

Tradicionalmente, la señalización se ha dividido en dos tipos:

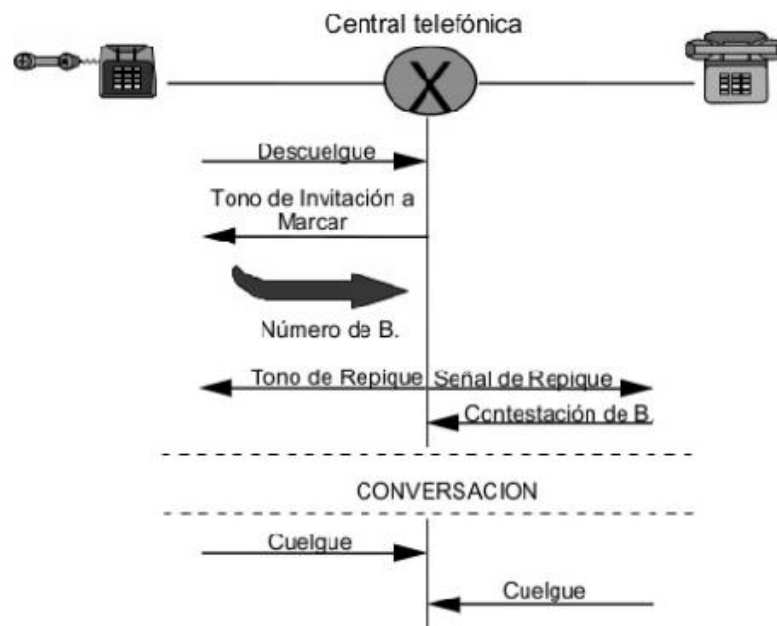
- Señalización de abonado
- Señalización intercentrales
- La señalización intercentrales se divide en:
- Señalización asociada al canal (CAS)
- Señalización por canal común (CSS)

1.4.1. Señalización de abonado

Este tipo de señalización se da entre un terminal de suscriptor (teléfono) y la central local. La señalización de abonado es la misma tanto para CAS como para CCS.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de una red conmutada sencilla, en donde a los dispositivos finales de comunicación se les denomina estaciones, a los elementos intermedios cuyo objetivo es proporcionar la conmutación se les denomina nodos. Los nodos están conectados entre sí mediante enlaces formando diferentes topologías. Cada estación se conecta a un nodo, llamándose a todo el conjunto red de comunicaciones conmutada

Figura 1. Señalización entre el abonado y la central



Fuente: SIDEBOTTOM, G.. Signaling System 7. <<https://es.slideshare.net/pirahasoft/com-senal>> Consulta: julio de 2017

Como ya se mencionó, la señalización de abonado es la que establece la central telefónica con el cliente y viceversa.

La manera en la cual funciona la señalización de abonado sería de esta forma: el suscriptor o lado A levanta el auricular, lo cual significa que quiere llamar a alguien, la central responde con el tono de marcación, o sea, que está listo para recibir los dígitos. A marca el número B, la central analiza los dígitos y chequea que B exista y esté libre, se envía todo de repique a B y de control de repique a A, B levanta el auricular y la central detecta esto como una respuesta. Cuando A o B cuelgan la central detecta esto como señal de liberación y desconecta la llamada.

Para señalar al cliente A, la central utiliza de 425 Hz y las señales que maneja básicamente son el tono continuo llamado tono SU2, que es la invitación a marcar, tono SU3 que es el control de llamada, el cual es un tono discontinuo con una relación de 1 segundo de señal por 5 segundos de pausa y el intermitente tono SUI que es la señal de ocupado.

Para señalar al cliente B, la central utiliza de 25 Hz para la activación de campana. Esta señal se conoce como RG. Cuando el cliente A cuelga se envía al cliente B el tono SUI para indicarle el fin de la llamada.

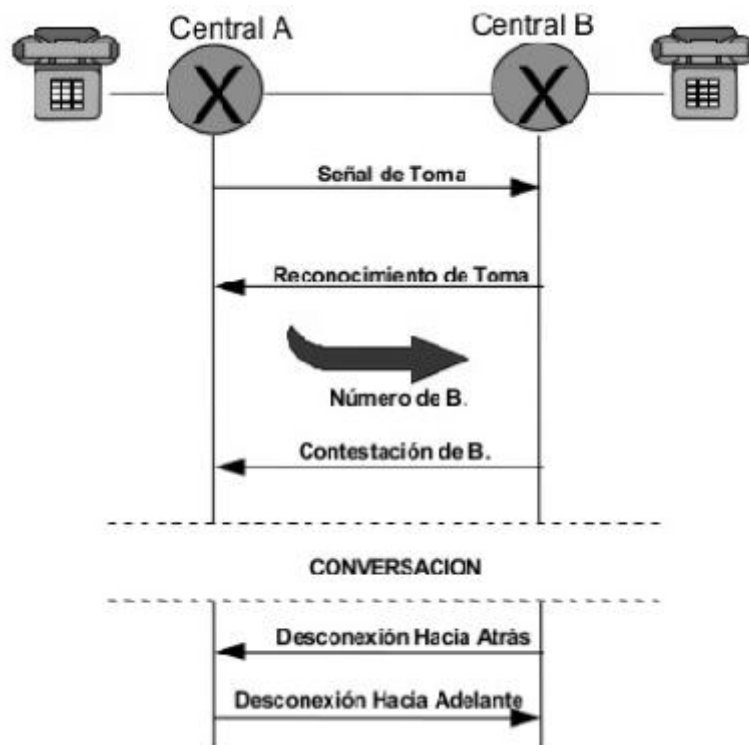
1.4.2. Señalización intercentrales

Este tipo de señalización se da entre una central y otra central.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de una red conmutada entre centrales, en donde a los dispositivos finales de comunicación se les denomina estaciones, a los elementos intermedios cuyo objetivo es proporcionar la

conmutación se les denomina nodos. Los nodos están conectados entre sí mediante enlaces formando diferentes topologías. Cada estación se conecta a un nodo, llamándose a todo el conjunto red de comunicaciones conmutada

Figura 2. **Señalización entre centrales**



Fuente: SIDEBOTTOM, G.. Signaling System 7. <<https://es.slideshare.net/pirahasoft/com-senal>> Consulta: julio de 2017

La manera en la cual funciona la señalización entre centrales sería de esta forma: el suscriptor o lado A levanta el auricular, lo cual significa que quiere llamar a alguien, la central A envía la señal de toma a la central B, la central B reconoce la toma de señal y A responde con el tono de marcación, o sea, que está listo para recibir los dígitos. A marca el número B, la central analiza los dígitos y chequea que B exista y esté libre, se envía todo de repique a B y de

control de repique a A, B levanta el auricular y la central B detecta esto como una respuesta. Cuando A o B cuelgan la central detecta esto como señal de liberación y desconecta la llamada.

La señalización intercentrales se divide a su vez en: señalización asociada al canal (CAS) y señalización por canal común (CCS)

1.4.2.1. Señalización asociada al canal (CAS)

En este tipo de sistema la información de señalización y la voz utilizan el mismo vínculo, es decir, viajan por el mismo camino a través de la red telefónica. Las señales para el tráfico cursado por un canal se transmiten por el mismo canal o por un canal de señalización permanente asociado a él. Se puede tener en cuenta que va en el mismo canal de la voz (DC intrabanda), así mismo va por el mismo canal de voz en otro rango de frecuencias.

Las líneas CAS trabajan con señalización de canal asociado para sistemas PCM de 30/32 canales bidireccionales con una frecuencia de muestreo de 8 kHz y una capacidad de transmisión de 64 kbps por canal.

La velocidad para la transmisión en serie de 32 intervalos de tiempo (T) es de 2.048 kbps, donde 32 intervalos seguidos constituyen una trama y 16 tramas constituyen una multitrama.

El intervalo de tiempo T0 se usa para sincronización de la trama, el T16 en la trama 0 se usa para sincronización de la multitrama. En CAS la señalización de línea suele enviarse por el intervalo T16, mientras que la señalización de registro tal como categorías o estados, se envía por el canal establecido para el envío de la voz.

Las líneas CAS suelen conectarse mediante cable coaxial a 75 Ohmios, aunque también es común encontrar conexión a través de conectores tipo RJ a 120 Ohmios.

Un protocolo comúnmente usado para telefonía en Latinoamérica con CAS es el MFC/R2, un protocolo uno a uno donde los dos dispositivos se comunican con señalización de 4 bits CAS, los bits suelen denominarse ABCD, y representan el estado de la línea.

La señalización asociada al canal se divide a su vez en: señalización de línea y señalización de registro.

1.4.2.1.1. Señalización de línea

Es utilizada para monitorear la línea, antes, durante y después del establecimiento de la llamada. Se emplean para el establecimiento inicial y supervisión de la línea (toma, ocupado, bloqueo, etc.) y de las comunicaciones (señal de respuesta, señal de fin, etc.)

1.4.2.1.2. Señalización de registro

Es utilizada para transmitir la información numérica, que solo se transfiere una vez, la información numérica se almacena en registros, por lo tanto, involucra los registros de varias centrales.

A continuación se observa en la tabla I un cuadro comparativo de algunas características de la señalización de línea y señalización de registro.

Tabla I. **Señalización de línea y señalización de registro**

Tipo de señalización	Cantidad de información	Velocidad requerida	Período de señalización	Cantidad de equipo
Línea	Pequeña	Baja	Largo	Grande
Registro	Grande	Alta	Corto	Poco

Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

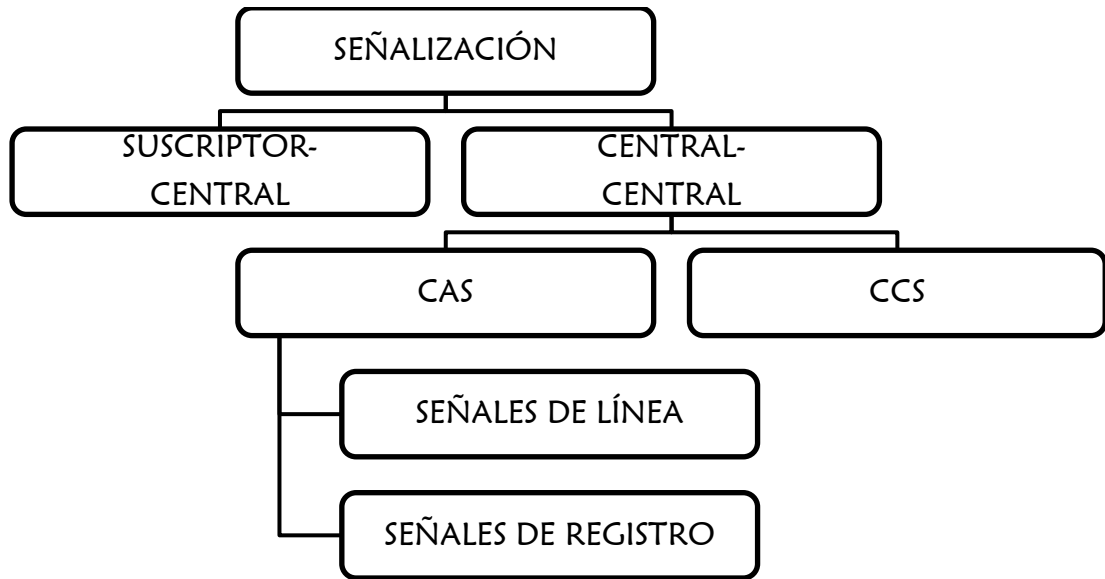
1.4.2.2. Señalización por canal común (CSS)

Se le denomina al modo de señalización que, a través de un canal común, utilizan las centrales digitales para intercambiar los mensajes de señalización relativos a las llamadas que transitan por los circuitos de voz, además de señales de operación y mantenimiento de la red.

1.5. Estructura de señalización

Como se puede apreciar en la figura 3, la señalización de forma general, tiene esta forma en su estructura.

Figura 3. Estructura de señalización



Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

2. PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN SS7

2.1. Definición de protocolo de señalización SS7

Un protocolo de señalización es un conjunto de normas que están obligadas a cumplir todos, las máquinas y programas que intervienen en una comunicación de datos entre ordenadores sin las cuales la comunicación resultaría caótica y por tanto imposible. Expresado de otra forma, un protocolo de señalización es un lenguaje común en teléfonos, servidores de gestión de llamadas, red telefónica pública conmutada, y los sistemas PBX, estos sistemas necesitan un medio para establecer, controlar y finalizar llamadas.

2.2. Características de un protocolo de señalización SS7

- Es un sistema de señalización por canal común.
- Se utiliza para intercambio de señalización entre centrales de control por programa almacenado (CPA).
- Su utilización masiva tiende a la estructuración de dos redes separadas: una de tráfico (voz, fax, entre otras).
- La red de señalización se estructura con nodos llamados puntos de señalización (Ps) y puntos de transferencia de señalización.

- SS7 Es sistema de señalización por canal común; significa que existe un canal por el que se transporta la información de señalización de muchos canales de voz.
- En SS7 se distinguen dos redes separadas: Red de Tráfico que se utiliza para proporcionar los servicios, es decir para cursar las comunicaciones telefónicas y red de señalización se utiliza para transmitir la señalización.
- Es un protocolo es de alta flexibilidad.
- Tiene una alta capacidad de señalización.
- Es altamente confiable.
- Presta un mejor servicio lo que conlleva a tener una mayor rapidez.
- Es bastante económico.

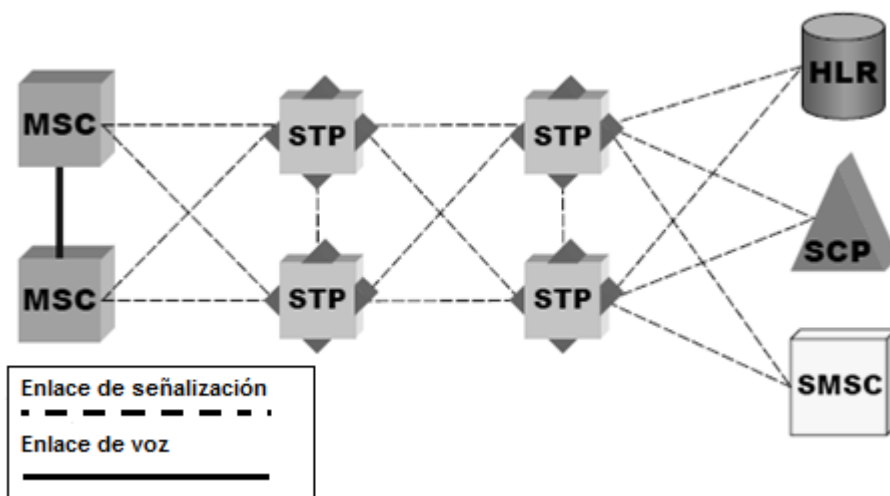
2.3. Funciones de un protocolo de señalización

La señalización se refiere al intercambio de información entre componentes de llamadas los cuales se requieren para entregar y mantener servicio. SS7 es un medio por el cual los elementos de una red de telefonía intercambian información. La información se transporta en forma de mensajes. 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, y soporta servicios de redes inteligentes (IN).

2.4. Arquitectura de la red SS7

El sistema SS7 consiste básicamente en una red de transporte de mensajes cuyos usuarios son nodos de conmutación. Esta red de transporte de señalización es paralela a la red de conmutación que forman los nodos que la utilizan, y su topología es, en general, completamente diferente. La figura 4 muestra un esquema de red SS7 de una red GSM, con los componentes fundamentales.

Figura 4. Esquema de red SS7 en una red GSM



Fuente: SIDEBOTTOM, G. Diseño de una red de señalización SS7 sobre IP para redes de telefonía móvil GSM y UMTS. P.13. Consulta julio 2017.

2.4.1. Puntos de transferencia de señalización (STP)

Un STP es un conmutador de paquetes diseñado específicamente para enviar mensajes de señalización SS7. Los STPs encaminan mensajes entre centrales de conmutación (MSCs y GMSCs en una red móvil), bases de datos,

como los registros de localización de los usuarios (HLRs), y nodos de control de servicios basados en red Inteligente (SCPs).

La disponibilidad de la Red SS7 que interconecta los nodos de conmutación de una red de telefonía es un factor de máxima importancia en el procesamiento de las llamadas. Si dos centrales no pueden intercambiarse señalización, no podrán establecer ninguna llamada entre ellas. Por esta razón, la red SS7 se diseña con una arquitectura completamente redundante. Además, los protocolos de transporte de mensajes de señalización se han definido con mecanismos de re-encaminamiento de tráfico de señalización en caso de fallos en elementos de la propia red de señalización. Para el caso de los STPs, éstos siempre se configuran en parejas exactamente iguales. Todos los nodos que se conectan a un STP, también se conectan al otro STP de la pareja, formando una red redundante.

Existen tres tipos de puntos de transferencia de señalización (STP):

- STP nacional
- STP internacional
- STP pasarela

2.4.1.1. STP nacional

El STP nacional está presente en el seno de una red de señalización nacional y puede encaminar mensajes utilizando el protocolo nacional. Por el contrario, no dispone de una función de traducción del protocolo nacional a otro protocolo. Esto es necesario cuando el mensaje está destinado a un SP de otra red de señalización y este último utiliza un formato de mensaje distinto. Este caso se presenta por la transmisión de un mensaje de señalización de un STP

francés a un STP americano. Los mensajes encaminados por el STP francés contienen las direcciones de SP de 14 bits, mientras que el STP americano trata mensajes de señalización con direcciones de 24 bits. Los convertidores de protocolo nacional/internacional solo están presentes en los puntos STP internacionales; estos últimos traducen de un protocolo de señalización nacional a un protocolo internacional. El estándar internacional ha sido definido por el ITU-T. Un ejemplo de estándar nacional es el que está definido por el ANSI para los Estados Unidos.

2.4.1.2. STP internacional

El STP internacional funciona de la misma forma que un STP nacional. Por contra, solo es utilizado en el seno de una red de señalización internacional. Esta red interconecta todos los países utilizando los protocolos de señalización definidos por la ITU-T. Esta garantiza interoperabilidad entre redes de señalización, a pesar de las diferencias a nivel de formatos de direcciones y de mensajes de gestión, por ejemplo, definidos para cada país

2.4.1.3. STP pasarela

El STP pasarela permite la traducción de un protocolo nacional al protocolo internacional (como el STP internacional), o al mismo tiempo, de un protocolo nacional a otro protocolo. Este tipo de STP es utilizado en particular en las redes celulares. En estas últimas, los conmutadores móviles (MSC, Mobile Switching Center) constituyen la interfaz con las bases de datos, y especialmente el con HLR (Home Location Register) a través de la red X.25. La red X.25 es utilizada como red privada y no permite el acceso a redes celulares de otros operadores. Por otra parte, el protocolo X.25 funciona en modo conectado, mientras que la capa 3 de la red de señalización opera en modo no

conectado. Esta es la razón por la que la mayoría de los operadores de redes celulares integran STPs pasarela para utilizar la red de señalización entre los MSCs y las bases de datos. Los MSCs utilizan la red de señalización, mientras que el STP pasarela es la interfaz con la base de datos a través de X.25.

2.4.2. Punto de control de servicio (SCP)

Los servicios de telefonía que necesitan de un procesamiento avanzado de las llamadas (procesamiento que no pueden acometer las centrales de conmutación) se implementan mediante nodos de control de servicios (SCP). Estos nodos intercambian señalización de control de llamada con las centrales de conmutación, y en ellos se implementa la lógica del servicio. Este tipo de servicios se conoce también con el nombre de red inteligente.

Un ejemplo de servicio de red inteligente puede ser el de llamadas al servicio de atención telefónica de una empresa con presencia en varias ciudades, de manera que marcando un único número 900, la llamada siempre se encamine al centro de atención telefónica más cercano al origen de la llamada. En este caso, la central de conmutación en la que se origine la llamada efectuará una consulta al SCP para proseguir con el encaminamiento de la llamada. Esta consulta consistirá en un intercambio de mensajes de señalización entre central y SCP.

Dependiendo de la importancia del servicio al que atienden, los SCPs se pueden configurar como parejas redundantes, del mismo modo que los STPs.

En general, los SCPs implementan servicios basados en llamadas, no basados en otras portadoras utilizadas para enviar información en las redes móviles, como pueden ser SMS, USSD o GPRS.

2.4.3. Punto de datos de servicio (SDP)

Es posible que para proveer algunos servicios de red inteligente de forma masiva sea necesario disponer de varios nodos SCP, para distribuir la carga total de proceso del servicio. Si estos nodos requieren utilizar una base de datos común, es necesario disponer de un nodo independiente que la contenga. Este nodo se llama SDP, y también utiliza la red SS7 para recibir y responder las consultas que provienen de los nodos SCP.

La base de datos del SDP se puede distribuir físicamente en varios nodos en caso de bases de datos de millones de registros y frecuencias de acceso elevadas, para mayor facilidad de implementación.

2.4.4. Registro de localización de usuarios (HLR)

Consiste en una base de datos que almacena, tanto la MSC en la que se encuentra registrado cada usuario como la información de acceso a servicios de los clientes. El HLR recibe peticiones de actualización de localización y envío de registros de usuario por parte de una GMSCs (Una GMSC es una MSC capaz de interrogar al HLR) cuando un nuevo usuario entra en el área de cobertura atendida por esta.

En el caso de redes de 2.5G, con GPRS, los nodos SGSN también piden el registro de cada usuario al que atienden, y envían peticiones de actualización de localización al HLR, de igual manera que una GMSC.

Todas las peticiones de actualización y consultas que recibe el HLR, así como sus respuestas correspondientes, son señalización entre nodos, y se envían mediante una red SS7.

Normalmente un operador con más de un millón de usuarios cuenta con varios nodos HLR, ya que la capacidad de memoria y carga de procesador de los nodos HLR es limitada. Además, si falla un HLR todos los usuarios definidos en él dejarán de estar atendidos por la red, por lo que conviene contar con algún esquema de redundancia de HLRs (por ejemplo, n+1).

2.4.5. Registro de localización de visitantes (VLR)

El VLR es una base de datos que almacena los registros de los usuarios activos que se encuentran atendidos por una MSC. En la mayoría de fabricantes, el VLR es un software que se ejecuta en la propia MSC. En el VLR se copian íntegramente los registros del HLR para todos los usuarios a los que atiende la MSC, de forma que esta no necesita realizar consultas reiteradas al HLR para determinar si un cierto usuario puede acceder un servicio concreto. De este modo se reduce el tráfico de señalización entre MSC y HLR.

Cuando un usuario se mueve y pasa a estar atendido por otra MSC, el VLR antiguo recibe del HLR la orden de borrar el registro local del usuario.

2.4.6. Centro de servicios de mensajes cortos (SMSC)

Es el elemento fundamental que permite a los usuarios enviar y recibir SMSs.

Estos centros reciben los SMSs enviados por los usuarios a la red. La MSC que atiende al usuario lo envía al SMSC y allí se almacena. Para conocer la MSC en la que se encuentra el usuario destino, el SMSC debe interrogar al HLR por la posición del usuario correspondiente. Entonces, comienza una secuencia de intentos de entrega del SMS a la MSC destino. Si se entrega con

éxito, el SMS se borra del SMSC. Si no, se almacena hasta el siguiente reintento. Si al cabo de un número de reintentos determinado no se ha entregado el SMS, se borrará del SMSC y se perderá.

Los SMSs se transmiten entre MSCs y SMSCs en forma de mensajes de señalización, y se cursan, por tanto, a través de una red SS7.

2.4.7. Enlaces de señalización SS7

Se entiende por enlace de señalización un circuito de datos bidireccional que conecta dos nodos individuales en una red SS7. El conjunto de enlaces de señalización o SLCs (de *Signalling Link Circuit*) que se define entre dos nodos de la red SS7 se conoce como *Linkset*.

2.4.7.1. Enlace A

Un canal A enlaza un SP con otro STP (Figura 5). Este canal permite que un SP pueda acceder a la red de señalización. En los STP que están emplazados por pares para mantener una redundancia en la red, existen por lo menos dos canales A para cada SP, uno por STP. En el caso donde los STPs no se presentan por pares (caso poco frecuente), 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 igual a 16. Entonces, como máximo, un SP dispondrá de 32 canales A que lo enlazarán a su par de STP.

2.4.7.2. Enlace B

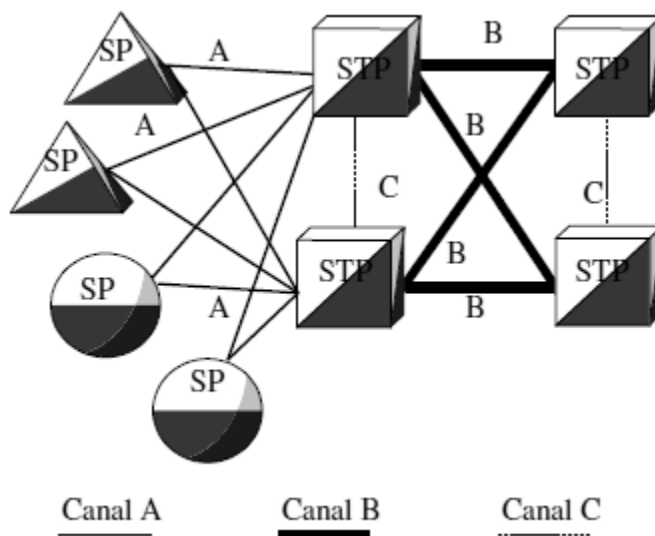
Los canales B son utilizados para conectar pares de STPs del mismo nivel jerárquico (Figura 5). Una red de señalización, como toda red de

telecomunicaciones, está organizada mediante una estructura jerárquica con STPs locales, regionales, nacionales e internacionales. Como máximo, 8 canales pueden enlazar dos STPs que pertenecen a dos pares de STPs diferentes. La red de STPs es una red mallada.

2.4.7.3. Enlace C

Un canal C enlaza dos STPs del mismo par (Figura 5). El tráfico de señalización normal no transita a través de un canal C, salvo en periodo de congestión. Los únicos mensajes que circulan por los canales C en situación normal son los mensajes de gestión de red. Como máximo, 8 canales pueden enlazar dos STPs del mismo par.

Figura 5. Canales de tipos A, B y C



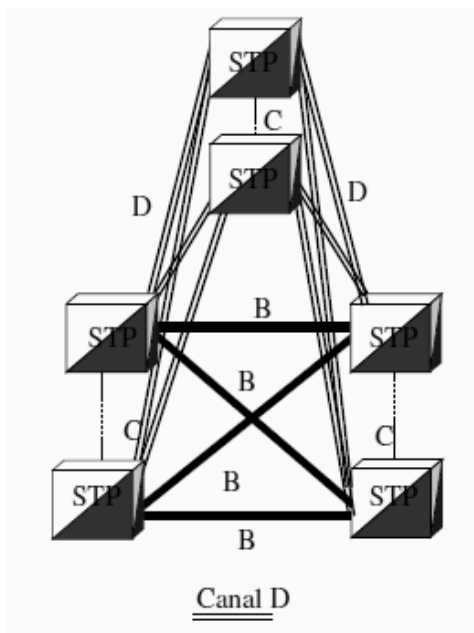
Fuente: RUSSEL, Travis. *Signaling System 7*

<http://www.efort.com/media_pdf/SS7_ES_EFORT.pdf>. Consulta: julio 2017

2.4.7.4. Enlace D

Los canales D enlazan un par de STPs de un primer nivel jerárquico con un par de STPs de un segundo nivel jerárquico (Figura 6). Todas las redes de señalización no despliegan sistemáticamente canales D. Solo las redes que tienen una estructura con varios niveles jerárquicos hacen aparecer canales D.

Figura 6. **Canales de tipo D**



Fuente: RUSSEL, Travis. *Signaling System 7*

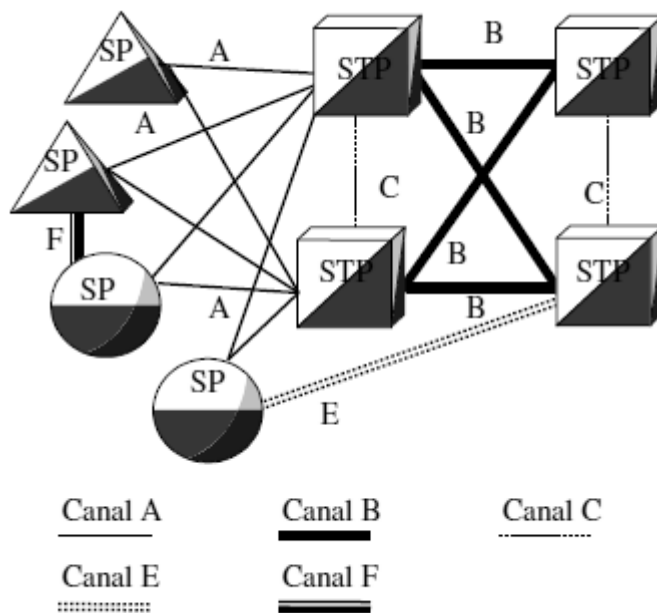
<http://www.efort.com/media_pdf/SS7_ES_EFORT.pdf>. Consulta: julio 2017

2.4.7.5. Enlace E

Un canal E conecta un SP con otro STP distante que no forma parte del par de STPs locales en el SP (Figura 7). El canal E se convierte, entonces, en el camino que seguirán los mensajes emitidos por el SP si el par de STPs

locales presenta una situación de sobrecarga. Un número máximo de 16 canales de señalización E pueden enlazar un SP con otro STP.

Figura 7. **Canales de tipo E y F**



Fuente: RUSSEL, Travis. *Signaling System 7*

<http://www.efort.com/media_pdf/SS7_ES_EFORT.pdf>. Consulta: julio 2017

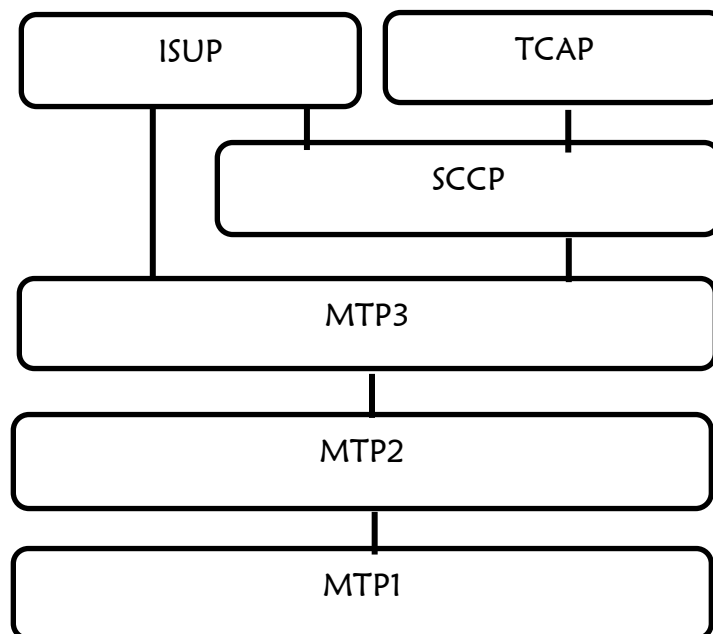
2.4.7.6. **Enlace F**

Un canal F es utilizado cuando un tráfico importante debe transitar entre dos SPs, o cuando un SP no puede estar directamente enlazado con un STP (Figura 7). Los canales de tipo F utilizan el modo asociado.

2.5. Capas del protocolo SS7

Lo fundamental en una red SS7 es el protocolo de transferencia de mensajes de señalización (MTP). Este protocolo comprende los niveles dos y tres de la torre OSI, y sobre él se transmite toda la señalización de todas las redes de conmutación de circuitos tradicionales, tanto de operadores de telefonía fija como de telefonía móvil. Como se ve en la figura 8, podemos apreciar los diferentes niveles de capas del protocolo de señalización SS7.

Figura 8. Capas del protocolo SS7



Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

2.5.1. Nivel físico

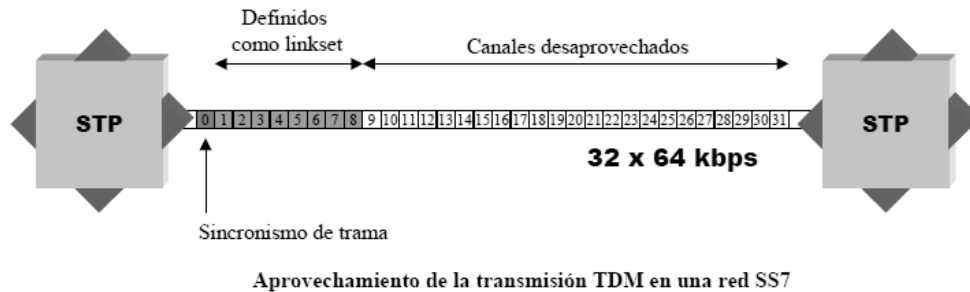
En general, en las redes SS7 tradicionales los enlaces de señalización se implementan mediante transmisión TDM (Multiplexación por División en el Tiempo) utilizando canales de 64 kbps dentro de tramas punto a punto de 2 Mbps (E1 normalizados).

Entre dos nodos de una red SS7 se pueden definir como máximo 16 canales, pero por lo general no se suelen implementar más de 8 en las redes reales, debido a limitaciones del protocolo MTP que se analizarán más adelante se puede observar que de la transmisión TDM sobre enlaces punto a punto de 2 Mbps (32 canales de 64 kbps) se utiliza, en el mejor de los casos, hasta un 25%.

En realidad, si se utilizan enlaces redundantes la carga de tráfico en uno de ellos no debe superar el 50%, de forma que en caso de caída de un enlace se pueda cursar todo el tráfico por el otro, por lo que el tráfico máximo que se puede cursar por los E1s, de 2Mbps, es de 256 kbps (12'5% como máximo). El consumo de recursos de transmisión en la red SS7 tradicional es claramente poco eficiente.

Si se dispone de multiplexores TDM, se puede aumentar el aprovechamiento de la transmisión enviando distintos linksets entre nodos de los mismos emplazamientos por la misma trama, o incluso utilizar canales de tramas dedicadas al transporte de canales de voz para transportar los SLCs de uno o varios linksets. Esto se puede apreciar en la figura 10, donde por medio de multiplexores TDM se aprovecha de manera óptima la transmisión.

Figura 9. Transmisión TDM en una red SS7



Fuente: *Diseño de una red de señalización SS7 sobre IP para redes de telefonía móvil GSM y UMTS*. Consulta: 17 de agosto de 2017.

2.5.2. Nivel de transferencia de mensajes (MTP) – Nivel 2

Esta capa del protocolo se encarga de todas las tareas de nivel de enlace, de forma que se asegura que entre los dos extremos de un enlace de señalización se pueden intercambiar mensajes de forma fiable. Estas tareas son:

- Sincronismo de enlace.
- Monitorización de tasa de errores.
- Generación y comprobación de códigos de redundancia cíclica (CRC) y números de secuencia de MSUs.
- Gestión de colas de entrada y salida de MSUs y monitorización de congestión.
- Transmisión, recepción y reenvío en caso de error de MSUs.

2.5.3. Nivel de transferencia de mensajes (MTP) – Nivel 3

Este nivel es el motor principal de la red SS7. El nivel 3 de MTP (en adelante MTP-3) es el encargado de proveer conectividad entre todos los nodos de la red, de forma que asegura que dos nodos puedan intercambiar mensajes de señalización, independientemente de si están directamente conectados o no.

Las principales funciones de este nivel son:

- Identificación de todos los nodos de la red.
- Encaminamiento y reenvío de mensajes, y reparto de carga entre varios enlaces.
- Gestión del estado de enlaces.

2.5.4. Parte de usuario de RDSI (ISUP)

El protocolo ISUP se encarga del establecimiento y liberación de llamadas de voz y datos sobre redes de conmutación de circuitos de 64 kbps. Para ello, gestiona en cada tramo de la llamada la toma de enlace, y su correspondiente liberación posterior, dentro de las tramas disponibles entre centrales de conmutación de voz. Los mensajes ISUP se transportan directamente sobre MTP-3.

Cuando se marca un número de teléfono, la central de conmutación de voz (en redes móviles son MSCs) decide cuál es el siguiente tramo del circuito de voz que se debe establecer entre el usuario que marca el número y el destino de la llamada. Una vez que la central decide que debe tomar un enlace

hacia otra central, le envía a esta última un mensaje ISUP de petición de toma de canal, con información del número A (origen de la llamada), número B (destino de la llamada) y tipo de servicio portador solicitado (voz, datos o fax).

Aunque desde el punto de vista de la red de conmutación de voz solo se intercambia señalización ISUP entre nodos adyacentes, estos nodos no tienen por qué ser adyacentes desde el punto de vista de la red SS7.

En las redes con señalización cuasi-asociada no lo son, y por eso se necesita el protocolo MTP para encaminar los mensajes ISUP de una central de conmutación de voz a otra.

2.5.5. Parte de control de conexión de señalización (SCCP)

El protocolo SCCP provee dos funciones fundamentales de las que carece MTP.

La primera de ellas es la capacidad de discriminar aplicaciones dentro de un nodo con un único punto de señalización.

MTP solo reconoce nodos completos, y no distingue entre las diferentes aplicaciones software dentro de un único nodo físico. Las aplicaciones software que se ejecutan en los nodos de conmutación se denominan subsistemas. De esta forma, una MSC puede funcionar a la vez como HLR, y distinguirá la aplicación a la que entregar los mensajes por el número de subsistema enviado en el mensaje SCCP.

2.5.6. Parte de aplicación de capacidades de transacción (TCAP)

El protocolo TCAP surge de la necesidad de disponer de un mecanismo de comunicaciones entre nodos de conmutación no orientados a la toma de circuitos de voz. Este protocolo introduce el concepto de transacción, de forma que ofrece al nivel superior el control de comunicaciones basadas en instrucciones y respuestas, relacionándolas entre sí.

Gracias a TCAP, los protocolos de nivel superior (INAP, CAMEL y MAP) pueden enviar órdenes a otros nodos, y recibir las respuestas correspondientes. TCAP no aporta más funcionalidad aparte de la correlación entre órdenes y respuestas. Es un protocolo de transporte de instrucciones entre nodos de conmutación. En los protocolos de nivel superior deberá implementarse la verdadera funcionalidad de consulta de bases de datos, o de control avanzado de llamadas.

2.5.7. Parte de aplicación de movilidad (MAP)

El protocolo MAP se utiliza en las redes de telefonía móvil para intercambiar información de gestión de la movilidad de los usuarios, controlar el traspaso de llamadas (*handover*) entre centrales y para enviar mensajes de texto de usuario (SMS). MAP especifica una serie de flujos de información y servicios que posibilitan que un usuario pueda engancharse a cualquier MSC que le dé cobertura, y pueda acceder a todos sus servicios independientemente de su localización.

Además, MAP define mecanismos de autenticación de usuarios y terminales, derivados del acceso radio de los usuarios.

Adicionalmente, se implementó en el protocolo MAP el servicio de envío de mensajes de texto de hasta 160 caracteres (SMS) entre los usuarios de las redes GSM, así como el envío de señalización no estructurada de usuario (USSD).

3. PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN SIGTRAN

3.1. Definición de SIGTRAN

SIGTRAN (de signalling transport) es el nombre del grupo de trabajo del IETF (Internet Engineering Task Force) encargado de definir una arquitectura para el transporte de señalización en tiempo real sobre redes IP. A raíz de ello, no solo se creó una arquitectura, sino que se definió un conjunto de protocolos de comunicaciones para transportar mensajes SS7 sobre IP.

3.2. Arquitectura de los protocolos SIGTRAN

La arquitectura definida por el SIGTRAN [RFC2719] consta de tres componentes:

- IP estándar como protocolo de red.
- Un protocolo común de transporte de señalización. Los protocolos definidos por el SIGTRAN se basan en un nuevo protocolo de transporte sobre IP, llamado SCTP (Stream Control Transmission Protocol).
- Capas de adaptación específicas para cada capa de la torre SS7 que se necesite transportar. El IETF ha definido las siguientes: M2PA, M2UA, M3UA, SUA, TUA e IUA. IP SCTP Capa de adaptación S7UP/S7AP.

3.3. Componentes en la arquitectura SIGTRAN

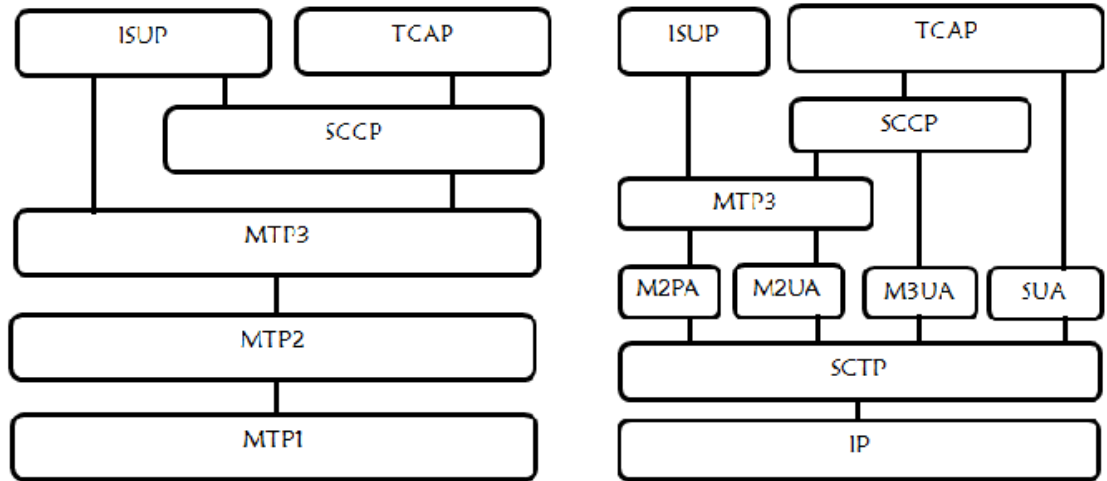
Los componentes clave en la arquitectura SIGTRAN son los siguientes:

- MGC (Media Gateway Controller), que es el responsable de mediar el control de llamadas (entre la SG y MG) y controlar el acceso del mundo IP hacia y desde la PSTN.
- SG (Signaling Gateway), interconecta la red SS/ y la transmisión de mensajes de señalización a los nodos IP.
- MG (Media Gateway) empaqueta el tráfico de voz y transmisión del tráfico hacia el destino. IP SCP, IP con control de servicios (SCP). Esto existe íntegramente dentro de la red IP, pero es direccionable de la red SS7. Teléfono IP, genéricamente conocido como terminal.

3.4. Capas del protocolo SIGTRAN

En el capítulo 2 se describieron las capas del protocolo de señalización SS7. En la figura 10, se hace referencia a las capas del protocolo SS7 del lado izquierdo de la misma, mientras que del lado derecho se puede observar las capas del protocolo SIGTRAN.

Figura 10. **Capas del protocolo SS7, Capas del protocolo SIGTRAN**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel.

Las capas inferiores del protocolo SS7 han sido sustituidas por el protocolo SIGTRAN, se sustituyen las capas MTP1 y MTP2, permitiendo transporte por IP. SCTP es un protocolo de transporte similar al TCP, pero con unos pocos cambios para adaptarse mejor a la señalización SS7.

3.4.1. IP

El protocolo de Internet (en inglés Internet Protocol o IP) es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la capa de red según el modelo internacional OSI.

Su función principal es el uso bidireccional en origen o destino de comunicación para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión que transfiere paquetes conmutados a través de distintas redes físicas previamente enlazadas según la norma OSI de enlace de datos.

El diseño del protocolo IP se realizó presuponiendo que la entrega de los paquetes de datos sería no confiable. Por ello, IP tratará de realizarla del mejor modo posible, mediante técnicas de encaminamiento, sin garantías de alcanzar el destino final pero tratando de buscar la mejor ruta entre las conocidas por la máquina que esté usando IP.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente). En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

IP provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado del "mejor esfuerzo": lo hará lo mejor posible, pero garantizando poco). IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante *checksums* o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar. Si se necesita fiabilidad, Esta es proporcionada por los protocolos de la capa de transporte, como TCP. Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino (direcciones IP), direcciones que serán usadas por los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

Dado que el protocolo SIGTRAN se realiza sobre IP esta capa es la base que permite transportar señalización de control de telefonía pública SS7 por redes IP.

3.4.2. SCTP

El protocolo de transporte de control de flujo es un nuevo protocolo de transporte definido por SIGTRAN como un reemplazo para TCP. SCTP está diseñado para hacer frente a los datos de señalización sensibles al tiempo, manteniéndose lo suficientemente flexible como para un uso general.

SCTP ha sido diseñado para contrarrestar algunas características de TCP que lo hacen inadecuado para el transporte de datos de señalización en tiempo real.

SCTP es muy similar a TCP, pero tiene un número de características que apuntan a superar las limitaciones de TCP, como por ejemplo:

- Define temporizadores de duración mucho más corta que el TCP.
- Es compatible con multi-homing. Cada punto final de SCTP puede ser conocido por varias direcciones IP. El enrutamiento a una dirección es independiente de todos los demás y, si una ruta no está disponible, se utilizará otra.
- Utiliza un procedimiento de inicialización, basado en cookies, para evitar ataques de denegación de servicio.
- Soporta la agrupación, en la que un solo mensaje SCTP puede contener múltiples "fragmentos" de datos. Cada fragmento contiene un mensaje de señalización completo.

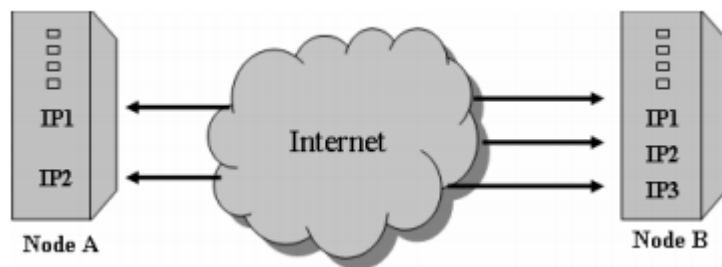
- Apoya la fragmentación, donde un solo mensaje de señalización se puede dividir en múltiples mensajes de SCTP para acomodarse dentro de la unidad de datos de paquete subyacente (PDU).
- Está orientado a mensajes, definiendo marcos estructurados de datos. TCP, por el contrario, no impone ninguna estructura en el flujo transmitido de bytes.
- Tiene una capacidad de transmisión múltiple. Los datos se dividen en múltiples flujos, cada uno con entrega secuenciada independiente. TCP no tiene tal característica.

Para enviar datos a través de una conexión en redes IP, normalmente se usan TCP o UDP. Sin embargo, como se mencionó, los mensajes de señalización SS7 tienen requisitos de pérdida y retraso muy estrictos, por lo tanto TCP no es una elección adecuada, porque los retrasos son demasiado largos y UDP no proporciona suficiente fiabilidad. El protocolo SCTP es similar a TCP (ya que proporciona ambos mecanismos de control de flujo y congestión), pero tiene algunas diferencias importantes, se llaman, *multi-homing* y *multi-streaming*

Cuando se habla de *Multi-homing*, se refiere a un nodo que cuenta con varias direcciones IP, donde cada par de direcciones IP entre dos nodos se llama ruta. En la figura 11, el nodo A tiene tres rutas al nodo B y el nodo B tiene dos rutas a A. En una conexión SCTP (en SCTP esto se llama una "asociación") cada nodo elige una ruta primaria. Si se produce un error en esta ruta, las retransmisiones se envían a través de una ruta alternativa (si es posible). Cada ruta está asociada con mensajes de latido que indican un modo activo o inactivo. Después de un número específico de retransmisiones, una

ruta se considera inactiva y se elige una nueva ruta, y si está activa, se convierte en la nueva ruta principal. Esta función *multi-homing* permite a una red redirigir datos a otras direcciones IP, por lo que la red es más tolerante a fallos de enlaces físicos. En una red SS7 clásica siempre hay, al menos, dos caminos físicamente diferentes sobre los cuales transmitir datos. Dado que SIGTRAN debe proporcionar una solución IP con todas las cualidades de la red SS7, la característica *multi-homing* puede utilizarse para proporcionar el mismo nivel de redundancia.

Figura 11. **Multi-homing**



Fuente: Mia Immonen, Signalling over IP. *A step closer to an all - IP network*. Consulta: 17 de agosto de 2017.

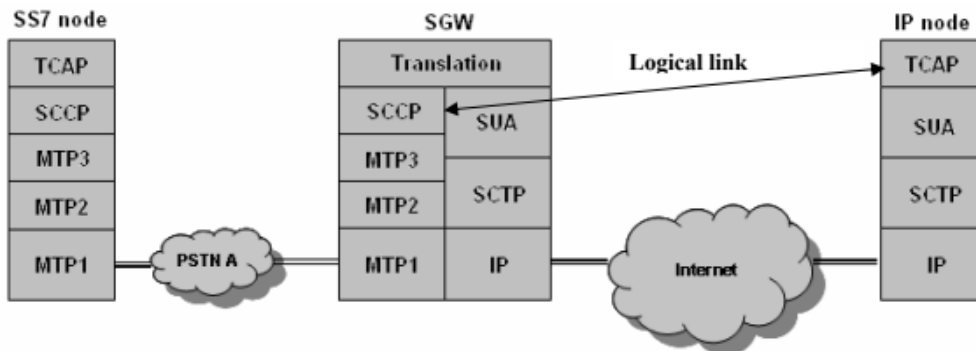
Cuando se habla de Multi-streaming, es el que se utiliza para evitar el bloqueo de cabeza de línea, que es un fenómeno común en TCP, como se muestra en la figura 12. Cuando un paquete de señalización para la llamada dos, se pierde en un flujo TCP, toda la conexión es bloqueada cuando se espera una retransmisión, resultando en bloqueo de cabeza de línea. El retraso para recuperar los datos perdidos puede ser de varios segundos, lo cual es inaceptable al realizar una llamada telefónica.

3.4.3. SUA

SUA proporciona una media por la cual una parte de aplicación (tal como TCAP) en un SCP IP puede ser alcanzada a través de un SG. Los SCP IP no tienen instancias MTP3 locales, por lo que no requieren sus propios códigos de punto S7 (MTP3 y el código de punto, residen en el SG).

Al migrar desde una red SS7, los operadores de redes IP quieren mantener muchas aplicaciones valiosas de las redes de telecomunicaciones tradicionales, tales como llamadas gratuitas, prepagas y *roaming*. El grupo de trabajo SIGTRAN lo hizo posible mediante la definición de la capa de adaptación de usuario (SUA) de SCCP, que no solo proporciona la red IP con estos servicios, sino que elimina aún más la pila SS7 que los otros protocolos de adaptación del usuario (figura 12). De esta manera utiliza el enrutamiento IP y el ancho de banda de manera más eficiente. Además, los nodos IP con SUA son más simples y por lo tanto más baratos que otros nodos de capa de adaptación.

Figura 12. **Backhauling con SUA**



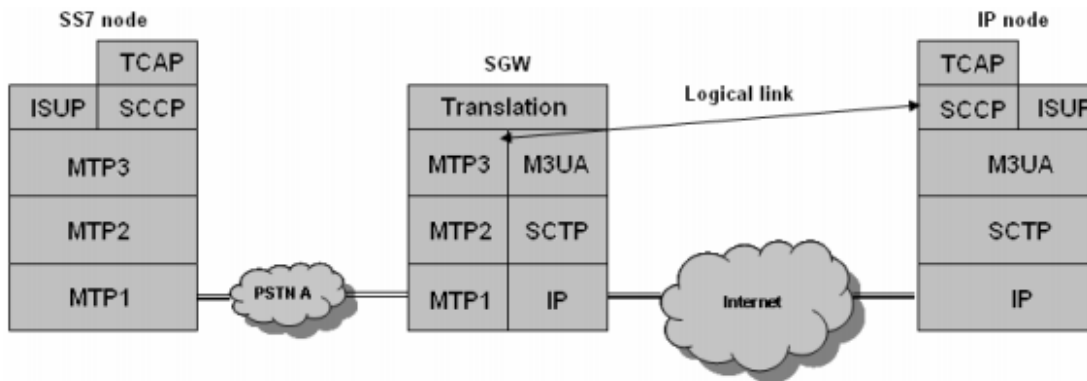
Fuente: Mia Immonen, Signalling over IP. *A step closer to an all IP network*. Consulta: 18 de agosto de 2017

Las tareas principales de la capa SUA son transferir datos de usuario SCCP entre un SGW y un MGC (modelo cliente-servidor) y mapear entre direcciones SCCP y direcciones IP en el SGW. Sin embargo, debido a la incapacidad de SUA para transportar mensajes ISUP, 3GPP ha optado por utilizar M3UA como protocolo de señalización estándar en las partes centrales de las redes UMTS mientras utiliza SUA como complemento para nodos con bases de datos, por ejemplo registros de localización de origen (HLR).

3.4.4. M3UA

La capa de MTP3 User Adaptation (M3UA) opera sobre una base cliente-servidor, al igual que M2UA, para proporcionar conexión remota entre dos capas SS7 en un SGW y un MGC (nodo IP). Sin embargo, en este caso, el SGW tiene una capa MTP3 (y un código de punto) que se comunica con la capa ISUP / SCCP del MGC, véase la figura 13. Incluso en este caso, los nodos no se conocen entre sí; El MTP3 en el SGW no sabe que su usuario (ISUP o SCCP) es remota e igualmente la capa de ISUP / SCCP en el MGC no sabe que la capa de MTP3 del SGW no es sus los propios. Este es otro ejemplo de backhauling

Figura 13. **Backhauling usando M3UA**



Fuente: Mia Immonen, Signaling over IP. *A step closer to an all IP network*. Consulta: 18 de agosto de 2017

Al igual que con M2UA, M3UA no procesa ningún paquete de señalización; simplemente los envía a su destino. Esto significa que el M3UA en el nodo IP no tiene tablas de enrutamiento y no ejecuta ninguna otra función de la capa MTP3 correspondiente. Si M3UA se utiliza en una red IP completa sin nodos SS7 puros, reemplaza las capas MTP3 de los dos nodos IP y opera de una manera punto a punto que se conoce como comportamiento IPSP (IP Signaling Point).

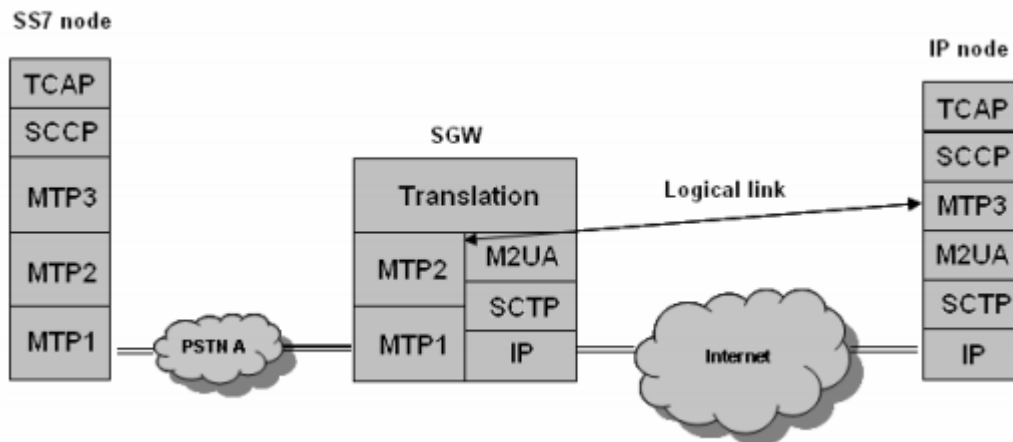
M3UA es uno de los protocolos de capa de adaptación de usuario que elimina la mayoría de las capas SS7 de los puntos de señalización y que cambia la topología de la red a una más similar a IP. Por lo tanto, el sistema puede utilizar mejor las soluciones IP más eficientes y la infraestructura más barata. En una red totalmente IP, M3UA no se limita a los requisitos SS7 de tamaño máximo de mensaje de 272 bytes, pero puede utilizar el mayor ancho de banda disponible a través de la red IP. La flexibilidad de M3UA y su

capacidad para utilizar mejor la red IP y sus ventajas han llevado a que sea elegido como el protocolo estándar para redes UMTS.

3.4.5. M2UA

MTP2-User Adaptation layer (M2UA) también adapta MTP3 a SCTP, y es un protocolo que envía mensajes de señalización entre la capa MTP3 en un controlador de pasarela de medios (MGC) y la capa MTP2 en un SGW . En una red VoIP. En lugar de ser un protocolo peer-to-peer como M2PA, opera sobre una base cliente-servidor, donde el MGC (nodo IP) es el cliente y el SGW actúa como el servidor. De esta manera la capa MTP3 en el MGC es el usuario de la capa MTP2 en el SGW, y ninguno de ellos es consciente de que en realidad son remotos. Este fenómeno, cuando los mensajes de señalización son transportados por IP desde la parte superior de una capa SS7 hasta la parte inferior de otra, se denomina backhauling. Dado que el SGW no tiene una capa MTP3, solo el MGC tiene un código de punto, vea la figura 14 donde se tiene el Backhauling con con M2UA en dos nodos distantes. La SGW y el MGC no saben que son remotos y cada nodo piensa que MTP3 se está comunicando directamente con MTP2.

Figura 14. **Backhauling con M2UA en dos nodos distantes**



Fuente: Mia Immonen, Signalling over IP – a step closer to an all-IP network. Consulta: 19 de agosto e 2017.

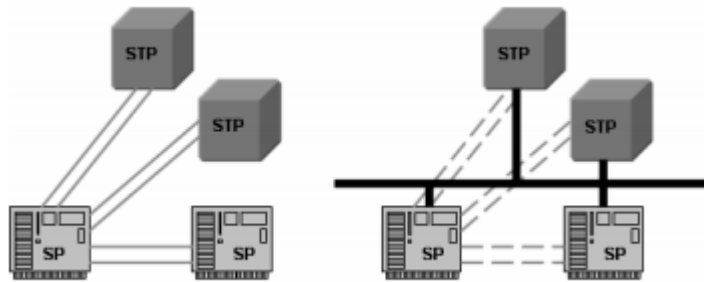
M2UA se usa frecuentemente cuando hay una baja densidad de enlaces físicos SS7 en alguna parte particular de la red, o si los SGW están a una gran distancia uno del otro. En este caso, el backhauling puede conectar varios de estos nodos de señalización a un elemento de red centralizado, de esta manera permite que estos nodos distantes compartan un único SGW. Dado que esto se hace a través de la red IP, es mucho más barato que los enlaces SS7, por lo tanto M2UA es una alternativa de ahorro de costes. Otra ventaja es el hecho de que cada SGW, que conecta un punto de señalización remoto a un MGC, no tiene un código de punto. El código de punto se asigna al MGC, que guarda muchos PCs SS7 que de otro modo habrían sido requeridos por cada SGW (como cuando se usa M2PA).

3.4.6. M2PA

MTP2 (User peer –to-peer Adaptación de capa M2PA) es un protocolo SIGTRAN que transporta mensajes SS7 MTP de señalización a través de IP utilizando SCTP. Es un protocolo de adaptación entre MTP3 y SCTP y funciona entre pares de nodos de señalización.

El uso de M2PA permite mantener la topología original de la red SS7, es decir, todos los elementos de la red como los puntos de transferencia de señalización (STP), los códigos de puntos, etc. Lo único que cambia es que el transporte de la señalización ocurre sobre IP en lugar de sobre tradicionales Enlaces de 64 kbit /s, Vea la figura 15

Figura 15. **Cambio de enlaces físicos entre nodos por medio de M2PA**



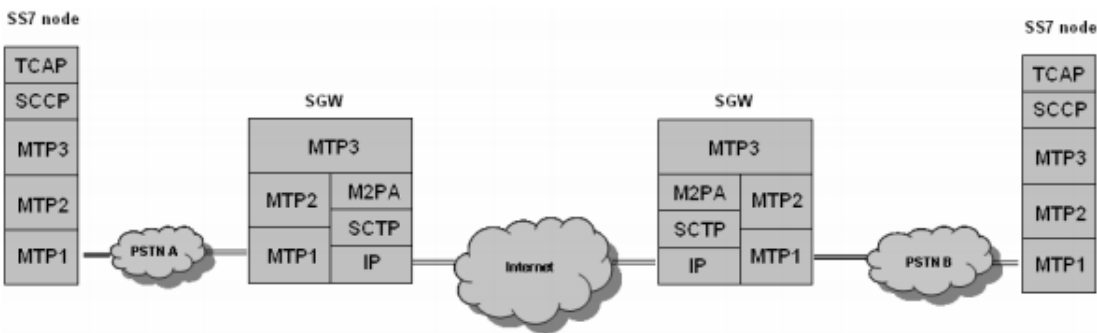
Fuente: Mia Immonen, Sinalling over. *IP – a step closer to an all - IP network*. Consulta: 19 de agosto e 2017.

M2PA puede utilizarse entre dos nodos de señalización IP en una red IP, o entre una puerta de señalización (SGW) y un nodo de señalización IP, pero es más común entre dos SGW, por ejemplo, para interconectar dos islas de red

SS7 (PSTN A y PSTN B) a través de una red IP. La figura 16 muestra las dos redes SS7 distantes que se combinan a través de una red IP menos costosa.

Dado que los enlaces SS7 están dedicados únicamente al tráfico de señalización, el ancho de banda se asigna continuamente, por lo tanto los enlaces SS7 utilizados con poca frecuencia utilizan ineficientemente el ancho de banda que es un recurso escaso. La solución IP mezcla tráfico de señalización con otro tráfico IP y por lo tanto reduce los costes de señalización, ya que un enlace puede ser compartido entre muchos usuarios.

Figura 16. **Dos islas distantes de la red SS7 conectadas a través de internet por medio de M2PA**



Fuente: Mia Immonen, Signalling over. IP – a step closer to an all - IP network. Consulta: 19 de agosto e 2017.

Dado que ambos SGW tienen una capa MTP3 también tienen un código de punto y un PC SS7 debe ser asignado a cada SGW. Debido a la característica peer-to-peer de M2PA, es posible que los compañeros MTP3 se comuniquen directamente. El usuario de M2PA es MTP3 en ambos nodos, así como MTP3 es el usuario de MTP2 en la pila SS7. Esto significa que M2PA es

en realidad solo un sustituto de MTP2 y por lo tanto tiene funciones similares a MTP2.

3.4.7. MTP3

El protocolo MTP3 (norma UIT-T Q.704) define una serie de mecanismos normalizados de encaminamiento de mensajes con reparto de carga entre linksets y entre SLCs dentro de cada linkset. Estos mecanismos se basan en utilizar el campo SLS de los mensajes MTP-3 (Signalling Link Selection). Cada vez que se origina un mensaje MTP-3 se le asigna un número de cuatro bits, del 0000 a 1111, en general de forma secuencial, aunque con restricciones. Este número será el valor del campo SLS del mensaje MTP-3. Para repartir carga de señalización entre dos linksets, es decir, para enviar la mitad de los mensajes MTP-3 hacia un destino concreto por un linkset y la otra mitad por otro, el protocolo se fija en el valor de un bit del SLS determinado en la tabla de encaminamiento MTP. Los mensajes con ese bit igual a 0 se envían por un linkset y los mensajes con el bit igual a 1 se envían por el otro.

Dentro de un linkset, se utilizan los bits menos significativos del campo SLS para escoger el SLC por el que enviar el mensaje. Para repartir carga entre los enlaces de un linkset de dos SLCs se utiliza el bit menos significativo. Para repartir carga entre cuatro SLCs se utilizarán los dos bits menos significativos del SLS, y para repartir entre ocho SLCs se utilizarán los tres bits menos significativos del SLS. Ahora bien, si se define un linkset con un número de SLCs que no sea potencia de 2, no se repartirá bien la carga de señalización entre ellos.

El principal inconveniente de la utilización del campo SLS para repartir carga entre enlaces es que con cuatro bits solo se puede repartir carga entre

16 caminos distintos. Si se utiliza un bit para escoger entre dos linksets, solo quedan tres bits disponibles para elegir SLC dentro del linkset, por lo que en este caso el máximo número de SLCs en los linksets es ocho.

En cualquier caso, es decisión de los fabricantes de equipos de conmutación implementar el nivel 3 del protocolo MTP de acuerdo a la norma, ya que es posible utilizar otras estrategias de encaminamiento de mensajes MTP que garantizan el orden en la entrega de mensajes dentro de la misma transacción y que además, permiten utilizar reparto de carga entre linksets de 16 SLCs.

Todos los mensajes MTP pertenecientes a la misma transacción de nivel superior (en redes GSM ISUP o SCCP) siempre utilizan el mismo valor de SLS. De esta forma, se garantiza que todos esos mensajes se envían por el mismo camino, asegurándose el orden en la entrega de mensajes para una misma transacción.

La capa MTP-3 dispondrá de una tabla como la que se muestra a continuación:

Tabla II. Encaminamiento de MTP3

DPC (Destino MTP3)	Linkset de salida	Prioridad	Bit de SLS de reparto de recarga
SPC de la BSC	Linkset hacia BSC	1	-
SPC del HLR	Linkset hacia STP-A	1	3
	Linkset hacia STP-B	1	3

Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

De acuerdo con la tabla anterior, la MSC enviaría todos los mensajes MTP-3 cuyo destino es la BSC por el linkset directo hacia la BSC (aún no se ha determinado cuál de los cuatro enlaces hacia la BSC utilizar en cada mensaje concreto). Para el caso de los mensajes MTP-3 cuyo destino es el HLR, la MSC dispone de dos linksets con la misma prioridad para enviarlos. En este caso, la mitad de los mensajes los enviará por el linkset con el STP-A y la otra mitad por el linkset con el STP-B (reparto de carga). De nuevo, quedaría por determinar qué enlace dentro del linkset utilizar para enviar un mensaje MTP concreto. Si el linkset hacia STP-B tuviera, por ejemplo, prioridad 2, se enviarían todos los mensajes hacia el STP-A, y solo se enviarían hacia el STP-B en caso de fallo en la entrega por el linkset hacia el STP-A.

3.4.8. SCCP

Control de conexión de señalización (SCCP). Es un protocolo de la suite de protocolos SIGTRAN, es el protocolo de red responsable del control de flujo, de enrutamiento, segmentación y de control de errores de mensajes SS7 recibidas desde la PSTN y transmitida a través de una red IP. El protocolo SCCP es un protocolo orientado a La conexión para aumentar la fiabilidad del flujo total de datos entre la PSTN y la red IP.

3.4.9. TCAP

En la necesidad de orientar los nodos de conmutación no orientados a la toma de circuitos de voz, surge el protocolo TCAP. Este protocolo está constituido por el concepto de transacción, de forma que ofrece al nivel superior el control de comunicaciones basadas en instrucciones y respuestas, relacionándolas entre sí.

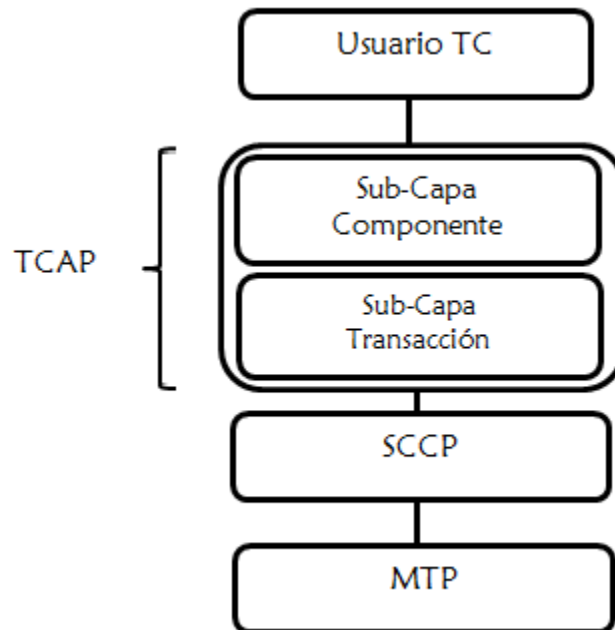
TCAP proporciona las primitivas que permiten el intercambio de informaciones entre dos aplicaciones. Principalmente, permite descomponer una transacción en una sucesión de operaciones (componentes) para dirigir los diálogos.

TCAP está estructurado en dos sub capas:

- Sub capa componente
- Sub capa transacción

Como se observa en la figura 17, se puede apreciar la estratificación del protocolo TCAP.

Figura 17. **Estratificación de TCAP**



Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel.

3.4.9.1. Sub capa componente

Ofrece un servicio de gestión de componentes. En el interior de un diálogo establecido, este servicio modeliza la interacción entre dos entidades a partir de un concepto de operación, donde una entidad emisora pide a la entidad receptora la ejecución de una operación, luego la entidad receptora interpreta la petición, ejecuta la operación si la interpretación ha sido posible, e informa del resultado positivo o negativo de esta ejecución.

3.4.9.2. Sub capa transacción

La sub-capa transacción ofrece un servicio de gestión de diálogo.

Este servicio permite a las dos entidades establecer, mantener y terminar los diálogos, e interaccionar entre ellas en el interior de un diálogo establecido intercambiando componentes.

3.4.10. ISUP

ISUP es un protocolo, que establece y libera las sesiones de llamadas de voz y datos sobre redes de conmutación de circuitos de 64 kbps. La mensajería ISUP se transporta directamente sobre MTP 3. En el momento de marcar un número telefónico, la central MSC decide cual es el siguiente tramo del circuito de voz que se debe establecer entre el usuario que marca el número y el destino de la llamada. Una vez la central toma la decisión del canal a utilizar, para comunicarse con la otra central, envía a la central de destino un mensaje ISUP de petición de canal, con la información del número A (origen), número B (destino), y el servicio el cual se desea utilizar.

3.5. Funcionamiento del protocolo SIGTRAN

El protocolo de señalización SIGTRAN. Desarrollado por Internet Engineering Task Force (IETF), permite a los operadores llevar el tráfico de señalización SS7 entre una pasarela de señalización (SG) y un controlador de pasarela de medios (MGC) o punto de control de señalización IP habilitado (IP-SCP), permitiendo a los operadores mantener sus esquemas de señalización SS7 mientras pueden acceder a la red IP para el transporte.

SIGTRAN utiliza un conjunto de capas de adaptación que soportan las primitivas del protocolo SS7 para las redes de conmutación de circuitos, también debe proveer un protocolo de transporte de señalización común y el encaminamiento por redes IP.

Como se sabe, el protocolo de señalización SIGTRAN, opera por medio del protocolo Stream Control Transmission Protocol (SCTP), ya que los protocolos convencionales de transporte IP, cómo lo son: Transmission Control Protocol (TCP) y User Datagram Protocol (UDP), no soportaron los requerimientos de transporte de señalización de SIGTRAN; UDP se descartó por su falta de requisitos para el orden de transmisión, ya que no garantiza la entrega ordenada de los mensajes, por tanto, no satisface las necesidades de seguridad que impone SS7 y, TCP se descartó por sus grandes tiempos que requiere para recuperar la pérdida de paquetes, ya que cuando detecta la pérdida de algún paquete, para la transmisión, hasta que el paquete sea entregado; análogo a un escenario en SS7, un mensaje de llamada mal entregado retrasaría todos los mensajes de llamada del canal común. El uso de SCTP hace que este proporcione un transporte fiable de datos de usuario, detectando y reparando los datos erróneos o fuera de secuencia.

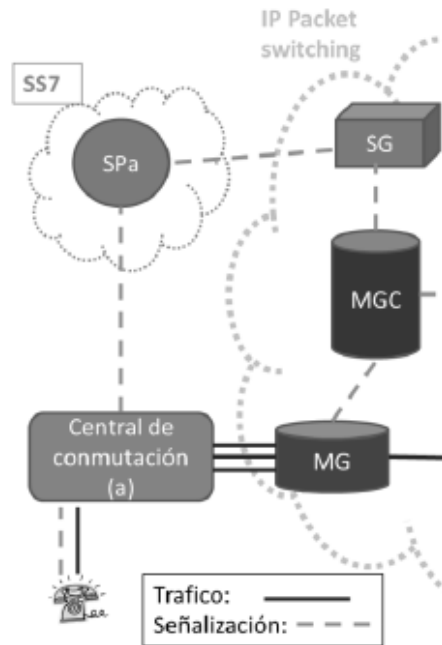
Como sabemos SIGTRAN es desarrollado para encaminar señalización SS7 sobre IP, la capa de adaptación de usuario encapsula las diferentes capas del protocolo SS7 para el transporte a través de IP por SCTP.

Las capas de adaptación de usuario deben dar soporte para el perfecto funcionamiento de la señalización SS7 sobre IP, deben también converger a la gestión de las asociaciones SCTP y, soportar absolutamente todas las primitivas utilizadas por la parte de transferencia en SS7, así como el control de la señalización.

En la figura 18 se puede observar el agente que recibe la señalización SS7 es el SG, a la vez, este es el encargado de enviar la recodificación de SS7 a IP, el SG debe encaminar los mensajes entrantes de las señales SS7 al camino apropiado. Esto se hace a través de un servidor de aplicaciones AS, el

cual se especifica en RFC 3331; este es un conmutador virtual que sirve para procesos de enrutamiento ya sea dinámico o estático; como por ejemplo encaminar los mensajes SS7 con OPC y DPC establecidos, también con el indicador de servicio SIO o con el número del subsistema (SSN), los cuales, por medio de las capas de adaptación, se encapsulan en un contexto de encaminamiento que consta de 32 bits.

Figura 18. **Transporte de señalización SS7 sobre IP**



Fuente: IETF, RFC 2719, *Framework Architecture for Signaling Transport*. Consulta: 20 de agosto de 2017.

4. ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS SS7 Y SIGTRAN

4.1. Ventajas del protocolo SS7

Dentro de las ventajas que se pueden encontrar del protocolo de señalización SS7, se pueden mencionar:

- Conversión de números telefónicos (p. ej., número libre de llamada gratuita se convierte en un número de abonado regular PSTN).
- Identificador de llamadas automático.
- Bloqueo de números de abonado.
- Redireccionamiento automático.
- Retención de llamada.
- Conferencia.
- Llamadas prepagadas
- Números 0800 y 0900.
- El alcance de la red de señalización SS7 se extiende a las redes de banda ancha, y las aplicaciones de telefonía de computadora.

- La red del protocolo de señalización SS7 constituye la base de la creación de servicios inteligentes. Pueden realizarse en forma de un paquete y la red telefónica utilizando protocolos adecuados. Lo principal es que cualquier tarea o aplicación de telecomunicaciones debe usarlo si necesita acceso a la red telefónica.

4.2. Desventajas del protocolo SS7

Dentro de las desventajas del protocolo de señalización SS7 podemos mencionar:

- El ancho de banda entre emplazamientos es muy grande en comparación con otros protocolos.
- El coste de los SMSCs es más elevado, esto debido a que las plataformas tienen costes más elevados.
- La flexibilidad en la plataforma no es tan apropiada, ya que las soluciones son cerradas y eso la hace poco flexible.
- La capacidad de la red no es tan buena, ya que el ancho de banda es limitado. Y solo produce encaminamientos estáticos.
- El comportamiento que es protocolo tiene ante la congestión en la red, no es tan bueno ya que descarta paquetes sin distinguir tipo de tráfico.
- Dado a la evolución de la tecnología y con esto mismo la evolución en las redes de telefonía, a largo plazo es muy probable que este sistema de señalización sea obsoleto, lo que conlleve al desuso del mismo.

4.3. Ventajas del protocolo SIGTRAN

Dentro de las ventajas que se pueden encontrar del protocolo de señalización SIGTRAN, se puede mencionar:

- Es un protocolo punto a punto. Por medio del cual se establece intercambio de datos entre dos extremos conocidos.
- Define tiempos de reintento (time-outs) mucho menores que los de TCP.
- Proporciona transporte fiable de datos de usuario, detectando y reparando los datos erróneos o fuera de secuencia.
- Se adapta a la tasa de transferencia, disminuyendo la velocidad de envío de datos en caso de congestión en la red.
- Permite definir en un mismo extremo SCTP en varios servidores físicos (multihoming).
- Al tener un único extremo SCTP se puede definir en varias direcciones IP.
- Utiliza un procedimiento de inicialización basado en cookies, para evitar ataques de negación de servicio tipo SYN.
- Permite compactar varios mensajes de señalización en un mismo mensaje SCTP.

- A su vez, permite fragmentar los mensajes de señalización, de forma que un mismo mensaje se divida en varios mensajes SCTP.
- Está orientado a mensajes, y define tramas de datos estructurados, al contrario que TCP, que transporta trenes de octetos no estructurados.
- Los datos se pueden dividir en múltiples trenes (streams), cada uno con un orden de entrega de mensajes independiente.
- SIGTRAN está optimizado para soportar SS7 e información de señalización entre la señalización de gateways y controladores Media Gateway (SGR).
- Por medio de los protocolos de SIGTRAN los mensajes se encaminan de forma independiente, de manera que si uno de los nodos físicos queda fuera de servicio, el resto de comunicaciones no se ven afectadas.

4.4. Desventajas del protocolo SIGTRAN

Dentro de las ventajas que se pueden encontrar del protocolo de señalización SIGTRAN, se puede mencionar:

- El costo de la red es elevado, debido a que su forma de transporte es por IP es necesario la adquisición de routers y switches.
- Dado que es un protocolo nuevo por así decirlo, la experiencia en tecnología no es tan elevada, por lo que es necesario la formación del mismo para poder aplicarlo de buena manera. Lo que implica que se

tenga que invertir tiempo y recursos para poder aprender a utilizar este protocolo.

4.5. Interpretación comparativa de los protocolos de señalización SS7 y SIGTRAN

Por medio del protocolo de señalización SS7 se obtiene una estructura universal para la organización de mensajería, voz y redes de datos y el mantenimiento de la red telefónica. Una vez establecida la conexión, el protocolo comienza a compartir información de usuario, enrutamiento de llamadas, facturación e interacción con servicios inteligentes.

De igual manera el protocolo de señalización SS7 puede resolver problemas con la seguridad. El abonado no tiene acceso al canal de señalización puesto que se ha trasladado al canal de señalización separado.

El protocolo SS7 está destinado a los operadores de comunicaciones locales de larga distancia, así como a las redes inalámbricas. Incluso se podría decir que la red telefónica SS7 se ha convertido en casi una parte integral de las redes de telefonía celular, no durante los primeros diez años de su uso en las redes telefónicas públicas.

El protocolo de señalización SS7 adoptada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT), pero en la versión de cada país de SS7 tienen sus propias características.

El estándar SS7 define los procedimientos y protocolos por los cuales el dispositivo (estaciones de conmutación) puede intercambiar información en las redes PSTN. Los canales SS7 se utilizan para transmitir información sobre el

establecimiento y el enrutamiento de la conexión. En redes para SS7 PSTN puede utilizar una red de señalización dedicada (red de superposición digital) - canales en 56/64 kbit / s. La red especial SS7 y los canales de respaldo lo hacen más confiable y seguro.

El desarrollo ulterior de las redes telefónicas públicas depende de la introducción generalizada de SS7. El hecho de que los canales se utilizan para transmitir la configuración de conexión de datos SS7 y el enrutamiento, y una red dedicada y los canales de reserva hacen que sea más fiable y segura.

La tecnología proporciona un poderoso incentivo para el rápido desarrollo del concepto de redes inteligentes y conceptos modernos de redes convergentes.

Si se realizará una comparación desde el punto de vista económico únicamente, puede resultar en la conveniencia de una u otra solución en función de los costos concretos de los equipos a instalar en cada caso y del alquiler de la transmisión. Sin embargo, además del costo de la instalación de las dos plataformas, existe un valor añadido mayor para la operadora si utiliza red SIGTRAN, y es la posibilidad de desarrollar servicios o funcionalidades a medida.

Ya que se tiene una red SIGTRAN básica en la red, se puede derivar el crecimiento de la red SS7 hacia la red nueva, lo que redundará en un menor coste de transmisión y de nodos y una mayor capacidad de crecimiento.

Finalmente, dado que la tendencia de la transmisión TDM es que quedará en desuso en el futuro, puede resultar una ventaja adquirir experiencia cuanto antes en la nueva tecnología y facilitar la evolución de la red hacia una

arquitectura con una red de transmisión de tipo “All-IP” y el despliegue de la futura red UMTS.

Es importante tomar en cuenta que los protocolos SIGTRAN son nuevos, y no se tiene ninguna experiencia en su configuración, gestión y soporte. Por eso, se propone un escenario en el que únicamente se cursa tráfico debido a SMS, ya que se considera que es el tráfico de señalización menos sensible en caso de fallos. La operadora necesitará formar a parte de su plantilla en la nueva tecnología, y la resolución de los problemas que se presenten no se podrá basar en plantillas predefinidas generadas a partir de experiencias similares ocurridas.

Por el contrario, el protocolo SS7 tradicional es muy maduro, se tiene un conocimiento extenso del protocolo y se ha trabajado con él durante largo tiempo. Los procedimientos de configuración, gestión y soporte de la red son habituales en las operadoras de telefonía móvil y se cuenta con plantillas de resolución de errores basadas en casos anteriores.

Para el caso concreto del comportamiento de los protocolos estudiados en los capítulos 3 y 4, no existen tráficos más prioritarios que otros en la red SIGTRAN propuesta. Todos se deben a SMSs. Por ello, no es necesario implementar en los *routers* frontera de las VLANes SIGTRAN mecanismos de ingeniería de tráfico. En caso de congestión en la red IP se descartarán paquetes indiscriminadamente.

En el caso de la solución equivalente utilizando el protocolo de señalización SS7, un aumento excesivo del tráfico SMS provocaría un aumento importante en la señalización intercambiada entre los dobles de STPs,

motivado por la topología elegida, afectando a tráfico de señalización no debido a SMS.

En caso de que se enviase otro tipo de señalización a través de la red SIGTRAN, la red IP de transporte permite utilizar protocolos intermedios que implementan diferenciación de tráfico y aseguramiento de calidad de servicio para ciertos tráficos prioritarios. Estos protocolos de ingeniería de tráfico IP no existen en la red SS7, de forma que si un enlace se congestiona se descartan paquetes indiscriminadamente, sin posibilidad de priorizar ciertos tráficos.

Por otro lado, si se habla de la capacidad de la red de estos protocolos de señalización, las limitaciones del protocolo SS7 en una red, en cuanto a encaminamientos MTP (únicamente estáticos), junto con el sistema de transmisión TDM limitan su capacidad de transmisión y complican la configuración de los encaminamientos. Como ventaja, se puede garantizar un comportamiento del tráfico regular e inmejorable en cuanto a retardos de transmisión y fiabilidad.

Por otra parte, el protocolo SIGTRAN en una red IP no impone restricciones de ancho de banda entre nodos y los routers tienen una capacidad de encaminamiento, tanto estático como dinámico amplísima. El protocolo IP se diseñó específicamente para resistir caídas de nodos reencaminando el tráfico de forma dinámica, y esto es una cualidad especialmente interesante si se intercambia tráfico de señalización. Por otro lado, no se conoce el comportamiento real del tráfico SCTP sobre IP, ya que es un protocolo nuevo.

Si se habla de flexibilidad de las plataformas, la posibilidad de utilizar plataformas abiertas conectadas a la red de señalización supone desarrollar

servicios a medida, y no limitarse a comprar la funcionalidad que un determinado fabricante ofrezca.

En el caso de los SMSCs, si se han desarrollado en una plataforma abierta y se puede reprogramar la funcionalidad del centro, se pueden desarrollar servicios de valor añadido exclusivos de cada operadora, lo que puede resultar decisivo para diferenciarse de la competencia.

Por otro lado, si se utilizan SMSCs “estándar”, al ser soluciones cerradas su funcionalidad es limitada, y normalmente se requiere contar con otras plataformas conectadas a los SMSCs para implementar diferentes servicios, y aún así, se tendrán con las restricciones de conectividad que imponga el SMSC.

A continuación en tabla III, se puede observar en resumen la comparación de las ventajas y desventajas del protocolo de señalización SS7 y el protocolo de señalización SIGTRAN.

Tabla III. **Comparación entre protocolo de señalización SS7 y protocolo de señalización SIGTRAN**

Características	Protocolo de señalización SS7	Protocolo de señalización SIGTRAN
Experiencia en tecnología	Amplia. No se requiere formación	Ninguna. Necesaria formación
Evolución de la red	A largo plazo tenderá al desuso.	La red UMTS necesitará contar con una red de transporte de tráfico de control sobre IP.
Flexibilidad de la plataforma	Soluciones cerradas. Poco flexibles.	Plataformas abiertas. Muy flexibles.

Continuación de la tabla III.

Comportamiento ante gestión	Descarta paquetes sin distinguir tipo de tráfico.	Es posible descartar tráfico en función de distintos tipos.
Capacidad de la red	Ancho de banda más limitado. Solo encaminamientos estáticos.	Gran ancho de banda. Encaminamientos dinámicos.
Ancho de banda entre emplazamientos	El doble que la solución SIGTRAN.	En media la mitad que en la solución tradicional.
Coste de los SMSC's	Plataformas más caras.	Plataformas más baratas.
Coste de la red	Utilizada hardware ya instalado en STPs. Coste menor	Necesario ampliar hardware y adquirir <i>routers</i> y <i>switches</i> .

Fuente: elaboración propia, Microsoft Word.

CONCLUSIONES

1. En las redes de telefonía móvil se necesita un camino dedicado para los canales de señalización de la red, debido a que en toda red. La señalización es utilizada para que cada componente de la red se pueda entender con el resto de componentes que conforman de manera unificada la red para proveer de manera eficiente el servicio ofrecido. Si los componentes de red no tienen el camino para hacerse entender, no se lograría el objetivo mismo de la interconexión de la red, es decir, si este camino no existiera, como podría saber el mensaje a enviar, donde tendría que conmutar un servicio o de donde sacar la información que requiere para identificar un usuario, por esto y más razones la señalización en absolutamente todas las redes de telefonía debe ser tomada como el mecanismo más importante, para que se pueda lograr la convergencia de los elementos que interconectan una misma red y también otras redes; como lo es el caso de una red de telefonía móvil.
2. El protocolo de señalización SS7, ha tenido una amplia difusión y ha sido adoptado por la gran mayoría de los operadores de redes de telecomunicaciones desde sus inicios hasta la actualidad. Aun cuando actualmente los núcleos de redes de telecomunicaciones utilizan nuevos protocolos, SS7 continúa siendo un protocolo difundido y utilizado internacionalmente. A tal punto que hoy es el protocolo dominante. Pero cabe mencionar que las plataformas en las que se trabaja son costosas y el ancho de banda en el cual el protocolo trabaja es bastante limitado. De igual manera, dado el tiempo que tiene este protocolo de estar en el mercado, a largo plazo tenderá al desuso.

3. El protocolo de señalización SIGTRAN, proporcionan un servicio de datagramas confiable y adaptaciones de las capas de usuario para señalización SS7 sobre redes IP. El protocolo SIGTRAN es una extensión de la familia de protocolos SS7, soportando los mismos paradigmas de gestión de llamadas y aplicaciones. Como se pudo observar SIGTRAN emplea un protocolo de capa de transporte (justo encima de IP) llamado Stream Control Transmission Protocol (SCTP) en lugar de TCP o UDP. Esto hace que sea un tanto más confiable para el envío y recibo de paquetes. De igual manera soluciona aspectos relacionados con el desempeño dentro de una red IP e interoperabilidad con la PSTN. Según el caso traduce o transporta mensajes MTP de SS7 en mensajes IP. Con la conversión de SS7 hacia IP a través de Media Gateway, se utiliza la señalización SIGTRAN.

4. Mediante el estudio y análisis que se realizó en los capítulos previos, se determina que SIGTRAN se convierte en un protocolo eficiente, dado que puede acoplar la señalización SS7 y convertirla a IP, acoplando los nodos que manejan TDM a una red IP. De igual manera, se puede ver que la estabilidad de la señalización SS7 es tal, que no se creó otro protocolo de señalización, para dar convergencia a redes basadas en paquetes, si no que se hicieron capas que adaptaban la señalización SS7 a IP como lo es SIGTRAN. El protocolo de SS7 utiliza hardware ya instalado en STPs lo que hace que su coste sea menor en comparación con SIGTRAN. A diferencia del protocolo SS7, las plataformas donde se desarrolla SIGTRAN son más baratas. Es bueno resaltar que, la señalización de una red se encarga de las operaciones más importantes para controlar las utilidades que recibirá el operador de telefonía móvil.

RECOMENDACIONES

1. Informarse acerca de los tipos de señalización que existen, y cuál es el más óptimo de emplear en una red de telefonía, según los requerimientos que se necesiten.
2. Tomar en cuenta las ventajas y desventajas del protocolo de señalización SS7, a la hora de emplearlo en una red de telefonía móvil.
3. Tomar en cuenta las ventajas y desventajas del protocolo de señalización SIGTRAN, a la hora de emplearlo en una red de telefonía móvil.
4. A largo plazo es inevitable contar con señalización SIGTRAN, ya que previsiblemente los nodos de conmutación UMTS, a partir de un cierto momento no se fabricarán con acceso TDM.
5. No se debe de confundir el protocolo de señalización SS7 con el protocolo de señalización SIGTRAN, ya una tecnología trabaja por PSTN y la otra trabaja por IP.
6. Finalmente, dado que la tendencia de la transmisión TDM es que quedará en desuso en el futuro, puede resultar una ventaja adquirir experiencia cuanto antes en la nueva tecnología y facilitar la evolución de la red hacia una arquitectura con una red de transmisión de tipo "All-IP" y el despliegue de la futura red UMTS.

BIBLIOGRAFÍA

1. B. BIDULOCK, R. Dantu, H. J. Schwarzbeuer, and K. Morneault, *Signaling System 7 (SS7) Message Transfer Part 2 (MTP2) – User Peer-to-Peer Adaptation Layer (M2PA)*, Internet draft, IETF, Work in progress.
2. Dialogic SS7 protocols Document reference U30SSS. [en línea]. <<https://www.dialogic.com/~-/media/manuals/ss7/cd/genericinfo/generaldocumentation/u30sss03-mtu-mtr-ug.pdf>> [Consulta: 26 de abril del 2018].
3. ITU-T Recommendation Q.706: Signalling System No. 7 – Message Transfer Part Signalling Performance, International Telecommunication Union, Geneva, 1993.
4. HARTMANN, Christian. *GSM Architecture, Protocols and Services*. Inglaterra: Wiley, 2009. 325p. ISBN: 978-0470030707.
5. OPEN SS7. *Mobile Application Part Interface Specification* [en línea]. <<http://www.openss7.org/specs/mapi.pdf>>. [Consulta: 22 de febrero del 2018].
6. OPEN SS7. *Map Desing* [en línea]. <http://www.openss7.org/map_design.html>. [Consulta: 22 de abril del 2018].

7. 3GPP. *GSM History* [en línea]. <<http://www.3gpp.org/specifications/gsm-history>>. [Consulta: 25 de abril del 2018].
8. SCTP [en línea] <<http://www.sctp.de/sctp.html>> [Consulta: 28 de abril del 2018].
9. SIDEBOTTOM, G. Signaling system 7 (SS7) Message transfer part 3 (MTP3)-User adaptation layer (M3UA). [en línea]. <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3332.txt>>. [Consulta: 24 de julio de 2017].
10. Signalig over IP – a step closer to am all - IP network Mia Immonen, Master of Science Thesis Stockholm, Sweden 200 [en línea] <<https://people.kth.se/~maguire/DEGREE-PROJECT-REPORTS/050619-Mia-Immonen-with-cover.pdf>> [Consulta: 22 de julio de 2017].
11. Understandig the SIGTRAN Protocol Suite: A tutorial <https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1203417> [en línea]. [Consulta: 20 de febrero de 2018].