



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

**MIGRACIÓN DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN DE CENTRALES
TELEFÓNICAS EN GUATEMALA, A PROTOCOLOS DE VOZ
SOBRE IP**

Ulises Guillermo Juárez Quiquívix
Asesorado por el Ing. Edgardo Loukota Castellanos

Guatemala, septiembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MIGRACIÓN DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN DE CENTRALES
TELEFÓNICAS EN GUATEMALA, A PROTOCOLOS DE VOZ SOBRE IP**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ULISES GUILLERMO JUÁREZ QUIQUIVIX

ASESORADO POR EL ING. EDGARDO LOUKOTA CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA.

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

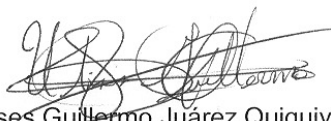
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADO	Ing. Julio Cesar Solares Peñate
EXAMINADO	Ing. Guillermo Antonio Puente
EXAMINADO	Ing. Gustavo Adolfo Villeda
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MIGRACIÓN DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN DE CENTRALES
TELEFÓNICAS EN GUATEMALA, A PROTOCOLOS DE VOZ SOBRE IP,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Eléctrica, en julio de 2007.



Ulises Guillermo Juárez Quiquívix

Guatemala 01 de Junio del 2009

Ingeniero
Julio César Solares Peñate
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

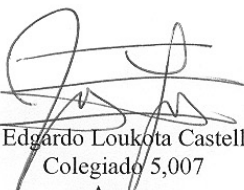
Estimado Ingeniero Solares.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: "**MIGRACION DE RUTAS DE INTERCONEXION DE CENTRALES TELEFONICAS EN GUATEMALA A PROTOCOLOS DE VOZ SOBRE IP**", del señor Ulises Guillermo Juárez Quiquívix, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

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

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,


Ing. Edgardo Loukota Castellanos
Colegiado 5,007
Asesor

Edgardo Loukota Castellanos
Ingeniero Electrónico, Colegiado 5,007



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 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 8 de julio de 2009

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.


Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"MIGRACION DE RUTAS DE INTERCONEXION DE CENTRALES TELEFONICAS EN GUATEMALA A PROTOCOLOS DE VOZ SOBRE IP"**, desarrollado por el estudiante **Ulises Guillermo Juárez Quiquivix**, 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



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 44. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Ulises Guillermo Juárez Quiquívix titulado: "MIGRACIÓN DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN DE CENTRALES TELEFÓNICAS EN GUATEMALA A PROTOCOLOS DE VOZ SOBRE IP", procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez



GUATEMALA, 4 DE AGOSTO 2009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 325.2009

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: "MIGRACION DE RUTAS DE INTERCONEXION DE CENTRALES TELEFONICAS EN GUATEMALA A PROTOCOLOS DE VOZ SOBRE IP", presentado por el estudiante universitario **Ulises Guillermo Juárez Quiquivix**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, septiembre de 2009

/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por todas las bendiciones que me ha regalado durante el tiempo de estudios.
- Mis padres** Por el apoyo y la confianza depositada en todo este tiempo.
- Mis hermanos** Por ser apoyo en todos los momentos de mi vida estudiantil.
- Mi asesor** Por su confianza, su orientación y por su apoyo durante la realización de este trabajo todo este tiempo.
- Mis amigos** Por ser apoyo durante este recorrido.
- La Universidad de San Carlos** Por ofrecerme la oportunidad de superación y ser parte de la fuerza de trabajo de mi Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. REDES DE INTERCONEXIÓN TELEFÓNICA NACIONAL EN LA ACTUALIDAD

1.1 Legislación actual de la interconexión.....	1
1.2 Estructura de las redes de telefonía en la actualidad.....	3
1.2.1 Nodos de conmutación.....	6
1.3 Estándares y protocolos que rigen la interconexión.....	9
1.3.1 Estándar G.711.....	9
1.3.2 Protocolos que rigen la interconexión actual.....	15
1.3.2.1 RDSI.....	15
1.3.2.2 ISUP.....	16

2. LA VOZ SOBRE IP ENTRE CENTRALES

2.1 Voz sobre IP.....	19
2.2 Protocolo de voz sobre IP entre centrales.....	21
2.2.1 Protocolo de comunicación entre MSC's, BICC.....	23

2.2.2	Protocolo de comunicación entre MCS's y MGW, GCP.....	29
2.2.3	Protocolo de comunicación entre MGW y MGW, IPBCP.....	32
2.2.4	Protocolos que predominaran en el futuro.....	34
2.3	Niveles de compresión de voz sobre IP entre centrales.....	38
2.4	Estándares de calidad de voz sobre IP.....	40

3. MIGRACIÓN DE REDES MONOLÍTICAS A REDES DE VOZ SOBRE IP, EN GUATEMALA

3.1	Arquitectura de redes monolíticas.....	45
3.1.1	Centrales monolíticas.....	46
3.1.2	Interconexión entre centrales de conmutación por circuitos.....	49
3.2	Arquitectura de redes de vos sobre IP.....	52
3.2.1	Centrales de conmutación por paquetes	53
3.2.2	Interconexión de centrales de conmutación por paquetes.....	54
3.3	Dimensionamiento y características del sistema.....	59
3.3.1	Demanda de ancho de banda.....	60

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

4.1	Crecimiento con centrales de conmutación por circuito...	67
4.1.1	Análisis de inversión a nivel de conmutación.....	67
4.1.2	Análisis de inversión a nivel de transmisión.....	69

4.1.3	Análisis de costo total de inversión.....	71
4.2	Crecimiento con centrales de conmutación por paquetes..	73
4.2.1	Análisis de inversión a nivel de conmutación.....	73
4.2.2	Análisis de inversión a nivel de transmisión.....	75
4.2.3	Análisis de costo total de la inversión.....	77
4.3	Viabilidad económica del proyecto.....	79
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES.....		83
BIBLIOGRAFÍA.....		85

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de codificación analógico – digital	10
2	Modulación de amplitud de pulso	11
3	Señal PAM cuantificada	12
4	Primeros tres valores de tabla I	13
5	Proceso de conversión de la voz de analógico a digital	14
6	Red monolítica actual	20
7	Red monolítica y MGW	20
8	Red de telefonía monolítica	21
9	Red de telefonía con MSC`s y MGW	21
10	Protocolos de comunicación entre MSC's y MGW	22
11	Modelo de protocolo BICC	25
12	Estructura del mensaje BICC	26
13	Red monolítica inalámbrica	45
14	Red monolítica alámbrica	45
15	Conmutador matricial	47
16	Interconexión de centrales a nivel interna y local	49
17	Modelo de interconexión de una red VOIP	51
18	Modelo de interconexión interna de una red VOIP.	54
19	Modelo de interconexión de redes VOPI a nivel local	55
20	Modelo de interconexión de red de datos	56
21	Modelo de interconexión de una red VOIP con routers	57
22	Tráfico en hora cargada desde el 2006 al 2010	65

TABLAS

I	Cuantificación usando signo y magnitud.	13
II	Tamaño en bytes de paquetes IP.	60
III	Tamaño de cuadros en bytes.	60
IV	Proyección de tráfico en hora cargada por año.	65
V	Comportamiento de la red por mes.	67
VI	Costo de inversión en conmutación.	68
VII	Costo total de transmisión mensual por STM1.	69
VIII	Costo total por transmisión.	70
IX	Inversión de transmisión y conmutación.	71
X	Retorno de inversión en centrales de conmutación por circuito	72
XI	Comportamiento de la red con central de paquetes	73
XII	Detalle de inversión en conmutación.	74
XIII	Costo de multiplexores	75
XV	Inversión total	76
XVI	Retorno de inversión	77
XVII	Retorno de comparación de inversión	78

GLOSARIO

ATM	Modo de Transferencia Asíncrona.
AMR	Compresión Multi-tasa Adaptativa, nombre que recibe el compresor de voz de 12.2 Kb a 4.75 kb de ancho de banda.
Bit	Es un dígito binario, que puede tomar el valor de 1 ó 0.
BICC	Protocolo de control de llamada de portador independiente.
BSC	Estación Base Controladora.
BTS	Estación Base Transmisora.
CODEC	Codificador decodificador.
Enrutar	Camino definido o ruta creada por donde es dirigido el tráfico de telecomunicaciones.
Estandares	Reglas establecidas por autoridades conocidas como normas.
GWY	Media Gateway.
HLR	Base de datos inteligente en la que guarda el registro de información de los clientes de una red móvil.
ISUP	Servicios Integrados de Red Digital para Usuarios de Red.

ISDN	Red Digital de Servicios Integrados.
IP	Protocolo de Internet.
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
Jitter	La variación en el tiempo en la llegada de los paquetes.
Modulación	Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora típicamente senoidal.
MSC	Central de conmutación de servicios móviles.
MSC-S	Servidor de central de conmutación de servicios móviles.
MGW	Media Gateway.
MGC	Control de Media Gateway.
Nodo	Punto de intersección o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar.
PCM	Modulación por código de pulso.
PAM	Modulación de amplitud de pulso.
Protocolo	Ciertas reglas que están establecidas.
Qos	Calidad de servicio.

PSTN	Red pública de telefonía conmutada.
SIT	Superintendencia de Telecomunicaciones, entidad guatemalteca creada con el fin de cumplir a cabalidad lo estipulado en la Ley General de Telecomunicaciones.
VOIP	Voz sobre protocolo de Internet.

RESUMEN

Este trabajo presenta en forma resumida el proceso general de migración de protocolos que deben tener las rutas que interconectan centrales monolíticas, tanto internas como locales, de las empresas de telecomunicaciones de Guatemala, a protocolos de Internet, que se da a través del proceso de sustituir las centrales de conmutación de circuitos por centrales de conmutación por paquetes.

En Guatemala, las empresas de telecomunicaciones están por el proceso de migrar sus centrales monolíticas a centrales de conmutación por paquetes, actualmente dichas empresas están introduciendo este tipo de tecnología dentro de su misma red, algunas ya ofrecen servicios como video llamadas que es donde la voz y el video también están montados sobre protocolo de Internet, en otras palabras, aún no se ha llegado al punto donde las rutas locales de voz se lleguen a interconectar bajo protocolos de Internet, sin embargo a nivel de rutas internas esto ya es un hecho y es donde actualmente se está trabajando bajo protocolos de Internet.

Otra de las ventajas que hacen la diferencia y por lo que es considerado como un factor determinante es en la parte económica, la migración con las nuevas centrales representa entre un 50% y un 60% de una inversión con centrales de conmutación por paquetes, considerando la parte de conmutación y la parte de transmisión de una central así también la capacidad de las mismas es casi dos veces mas si solo estuviera dedicada para servicios de voz.

OBJETIVOS

General:

Conocer el proceso completo que conlleva migrar los protocolos de rutas de interconexión de centrales de conmutación de circuitos hacia centrales de conmutación por paquetes entre los diferentes operadores locales de Guatemala.

Específicos:

1. Conocer las posibles regulaciones de la superintendencia de telecomunicaciones de Guatemala con el tema de interconexión entre operadores locales que trabajen con centrales de conmutación por paquetes.
2. Conocer los protocolos con los que actualmente trabaja en forma interna las centrales de conmutación por paquetes.
3. Conocer los protocolos que predominarán entre las centrales de conmutación por paquetes en el futuro bajo redes que trabajen en ambientes completamente de tercera generación.

4. Conocer las ventajas económicas que tiene el migrar hacia centrales de conmutación por paquetes.

5. Conocer los nuevos elementos que puedan intervenir en la interconexión de rutas locales en ambientes de centrales de conmutación por paquetes.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Guatemala es uno de los países del continente americano que en tema de las telecomunicaciones está dando pasos acelerados en migración hacia tecnología de tercera generación.

Actualmente, los operadores de telefonía están haciendo esfuerzos para migrar sus centrales de conmutación por circuitos, por centrales de conmutación por paquetes con la idea de prestar en un futuro no muy lejano servicio de tercera generación.

El proceso de cambio de centrales de conmutación por paquetes va acompañado de cambios, tanto a nivel software como hardware, en este estudio se hablará de ambas partes, ya que son complementarias, en la parte de Hardware se conocerán características de dichas centrales y elementos de transmisión, en la parte de software que es la que tiene que ver directamente con la programación de centrales, se conocerán los diferentes protocolos con los que trabajan las rutas de una central de conmutación de circuitos y una central de conmutación de paquetes, así también se hablará de los protocolos que predominaran en el futuro y la forma en que éstos pueden convivir de manera que se mantenga una correcta comunicación entre las diferentes centrales de telefonía.

Al final de este estudio se presentará un análisis económico comparativo entre centrales de conmutación por circuitos y centrales de conmutación por paquetes.

1. REDES DE INTERCONEXIÓN TELEFÓNICA NACIONAL EN LA ACTUALIDAD

1. 1 Legislación actual de la interconexión:

En Guatemala, a partir de 1996 están reguladas las operaciones de empresas privadas de telecomunicaciones, en ese mismo año fue promulgada la ley general de telecomunicaciones y creada la Superintendencia de Telecomunicaciones SIT, encargada de que se cumpla a cabalidad lo estipulado en esta ley general de telecomunicaciones, este organismo tiene como objetivo principal las siguientes funciones:

- Administrar y supervisar la explotación del espectro radioeléctrico.
- Administrar el Registro de Telecomunicaciones.
- Elaborar y administrar el Plan Nacional de Numeración.
- Aplicar cuando sea procedente, las sanciones contempladas en la ley general de telecomunicaciones.
- Participar como el órgano técnico representativo del país, en coordinación con los órganos competentes, en las reuniones de los organismos internacionales de telecomunicaciones y en las negociaciones de tratados, acuerdos y convenios internacionales en materia de telecomunicaciones.

Según el Artículo 3 relacionado a términos técnicos, para efectos de interpretación y aplicación de la presente ley, los términos técnicos en materia de telecomunicaciones tendrán los significados reconocidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Según lo estipulado en la Ley General de Telecomunicaciones se entiende por interconexión, la función mediante la cual se asegura la operabilidad entre redes, de tal modo que se pueda cursar tráfico de telecomunicaciones entre ellas. Según el capítulo III, Interconexión de Redes, Artículo 26, la interconexión de redes comerciales de telecomunicaciones es libremente negociada entre las partes, salvo lo estipulado en la Ley General de Telecomunicaciones con relación a los recursos esenciales. Según capítulo IV, Acceso a Recursos Esenciales, Artículo 27, son considerados como recursos esenciales:

- Terminación en la red de una de las partes, de telecomunicaciones originadas en cualquier otra red comercial.
- Transferencia de telecomunicaciones originadas en la red de una de las partes a cualquier otra red comercial de telecomunicaciones seleccionada por el usuario final implícita o explícitamente.
- Señalización.
- Datos necesarios para la facturación de los servicios prestados.
- Derechos de publicación de datos y registro de usuarios en las páginas blancas de todo directorio telefónico.

- Derecho de acceso a las bases de datos de los directorios públicos de los clientes de otras empresas de servicios de telecomunicaciones con la única finalidad de su publicación en las páginas blancas de su directorio telefónico.
- Traspaso de identificación automática del número de identificación del usuario que origina la comunicación.
- Todo operador de redes comerciales de telecomunicaciones deberá proporcionar acceso a recursos esenciales a cualquier operador que lo solicite, mediante el pago correspondiente. Todo lo relativo a interconexión y acceso a recursos esenciales está normado en la Ley General de Telecomunicaciones.

Referencia: Ley General de Telecomunicaciones de Guatemala, capítulos III y IV.

1.2 Estructura de las redes de telefonía en la actualidad.

Actualmente la red de telefonía es la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene y es el sistema más complejo del que dispone la humanidad. Permite establecer una llamada entre dos usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática y prácticamente instantánea.

Actualmente existen dos tipos de redes telefónicas, las redes públicas que se dividen en redes públicas móviles y públicas fijas, también existen las redes telefónicas privadas formadas también por un conmutador, los diferentes tipos de centrales o conmutadores que existen en el medio son:

Central con Capacidad de Usuario	CCA
Central con Capacidad de Enlace	CCE
Central de Tránsito Urbano	CTU
Central de Tránsito Internacional	CTI
Central Internacional	CI
Central Mundial	CM

Actualmente, las centrales ubicadas en diferentes ciudades pueden comunicarse entre sí, por medio de enlaces de cable coaxial, fibra óptica o canales de microondas, las mismas están dispuestas de forma que se pueda evitar congestión en horas de alto tráfico.

La red telefónica está organizada de manera jerárquica, el nivel más bajo está formado por el conjunto de nodos a los cuales están conectados los usuarios, le siguen nodos o centrales en niveles superiores, enlazados de manera tal que entre mayor sea la jerarquía, de igual manera será la capacidad que los enlaza; con esta arquitectura se proporcionan a los usuarios, diferentes rutas para colocar sus llamadas, que son seleccionadas por los mismos nodos, de acuerdo con criterios preestablecidos, tratando de que una llamada no sea enrutada más que por aquellos nodos y canales estrictamente indispensables para completarla.

Asimismo existen centrales que permiten enrutar una llamada hacia otra localidad, ya sea dentro o fuera del país, este tipo de centrales se denomina centrales automáticas de larga distancia. A pesar que el acceso a las centrales de larga distancia se realiza en cada país por medio de un código propio, éste señala, sin lugar a dudas, cuál es el destino final de la llamada.

Las centrales telefónicas están divididas en dos partes principales, la parte de control y la parte de conmutación. La parte de control, se lleva a cabo por diferentes microprocesadores, los cuales se encargan de enrutar, direccionar, limitar y dar diferentes tipos de servicios a los usuarios. La parte de conmutación se encarga de las interconexiones necesarias en los equipos para poder realizar las llamadas.

1.2.1 Nodos de conmutación.

Los nodos son parte fundamental en cualquier red de telecomunicaciones, son los encargados de realizar las diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red. Desde un punto de vista topológico, los nodos proveen los enlaces físicos entre los diversos canales que conforman la red. Los nodos de una red de telecomunicaciones son equipos que realizan las siguientes funciones:

Establecimiento y verificación de un protocolo. Los nodos de la red de telecomunicaciones realizan los diferentes procesos de acuerdo a reglas conocidas como protocolos; la ejecución de los mismos garantiza una comunicación exitosa entre sí.

Transmisión. En esta función, los nodos adaptan al canal, la información o los mensajes en los cuales está contenida, para su transporte eficiente y efectivo a través de la red.

Interfase. En esta función el nodo se encarga de proporcionar al canal, las señales que serán transmitidas de acuerdo con el medio que está formado el canal. Esto es, sí el canal es de radio, las señales deberán ser electromagnéticas a la salida del nodo, independientemente de la forma que hayan tenido a su entrada.

Recuperación. Sí durante una transmisión se interrumpe la posibilidad de terminar exitosamente la transferencia de información de un nodo a otro, el sistema, a través de sus nodos, debe ser capaz de recuperarse y reanudar en cuanto sea posible la transmisión de aquellas partes del mensaje que no fueron transmitidas con éxito.

Formateo. Cuando un mensaje transita a lo largo de una red, pero principalmente cuando existe una interconexión entre redes que manejan distintos protocolos, puede ser necesario que en los nodos se modifique el formato de los mensajes para que todos los nodos de la red puedan trabajar con éste; esto se conoce con el nombre de formateo.

Enrutamiento. Cuando un mensaje llega a un nodo de la red de telecomunicaciones, debe tener información acerca de los usuarios de origen y destino. Sin embargo, cada vez que el mensaje transita por un nodo y considerando que en cada nodo hay varios enlaces conectados por los que, al menos en teoría, el mensaje podría ser enviado a cualquiera de ellos, en cada nodo se debe tomar la decisión de cuál debe ser el siguiente nodo al que debe enviarse el mensaje para garantizar que llegue a su destino rápidamente. Este proceso se denomina enrutamiento a través de la red.

Repetición. Existen protocolos que entre sus reglas tienen una previsión por medio de la cual el nodo receptor detecta si ha habido algún error en la transmisión. Esto permite al nodo destino solicitar al nodo previo que retransmita el mensaje hasta que llegue sin errores y el nodo receptor pueda, a su vez, retransmitirlo al siguiente nodo.

Direccionamiento. Un nodo requiere la capacidad de identificar direcciones para poder hacer llegar un mensaje a su destino, principalmente cuando el usuario final está conectado a otra red de telecomunicaciones.

Control de flujo. Todo canal de comunicaciones tiene una cierta capacidad de manejar mensajes; cuando el canal está saturado no se deben enviar más por medio de ese canal, hasta que los previamente enviados hayan sido entregados a sus destinos.

Conmutación. La conmutación es una de las propiedades más importantes de los nodos, se puede dar de dos formas, la conmutación de circuitos y la conmutación por paquetes.

Para la conmutación de circuitos, se establece la trayectoria a seguir, es decir que existen circuitos dedicados para el establecimiento de una llamada y la conmutación de paquetes, la cual funciona a través de ráfagas de información, en las cuales los paquetes pueden viajar por diferentes nodos hasta llegar al punto final.

Señalización. La señalización es la forma en que se va a comunicar el equipo de conmutación con los siguientes dispositivos u otra central de conmutación, la señalización transporta la inteligencia necesaria para que un abonado se comunique con cualquier otro de esa red, de manera que le indica a la central que un abonado desea servicio, le proporciona además los datos necesarios para identificar al abonado distante, entonces enruta debidamente la llamada a lo largo de su trayectoria.

La señalización da también al abonado cierta información de estado, por ejemplo: tono de invitación, tono de ocupado y timbrado, además provee información indicando si el circuito esta o no en uso.

Existen otras funciones mas que forman parte de la estructura a nivel de las centrales, sin embargo éstas que se describieron son las principales que deben conocerse para entender como es que funcionan las centrales de conmutación.

1.3 Estándares y protocolos que rigen la interconexión.

Cuando se habla de estándares o protocolos, se hace referencia a un conjunto de reglas o normas que regularizan procesos para garantizar interoperabilidad entre los elementos que forman parte de un proceso.

Las telecomunicaciones están regidas por una serie compleja de estándares que permiten al usuario final generar llamadas, haciendo una analogía, estos estándares en las telecomunicaciones son el idioma que utilizan las centrales para poder entenderse entre un punto y otro.

Antes de entrar de lleno a la descripción de estos protocolos es necesario conocer el estándar G.711 que es parte importante del proceso de una llamada, ya que trata sobre la conversión de voz a un formato de unos y ceros.

1.3.1 Estándar G.711

El estándar G.711 hace referencia al proceso de modulación por código de pulsos (PCM), que es el proceso de conversión de una señal analógica (la voz humana) en un código digital (unos y ceros) y de esta forma se prepara la información para ser enviada hacia su punto destino, que en este caso un receptor o quien recibe la llamada.

Modulación por Código de Pulso (PCM).

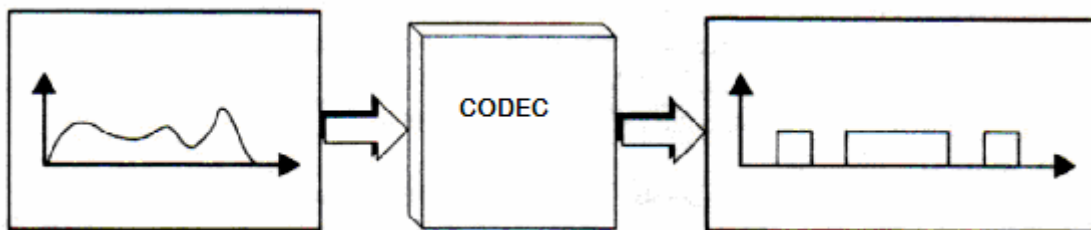
PCM se compone de 4 partes:

- Codificación Analógica-Digital,
- Modulación de Amplitud de Pulso (PAM)
- Modulación PCM
- Tasa de muestreo

Codificación Analógica – Digital.

Actualmente, los teléfonos tienen un convertidor Analógico-Digital, el cual hace la función de convertir las señales analógicas de voz a códigos digitales, estos dispositivos son denominados CODEC (codificador-decodificador). Ver figura 1.

Figura 1. Diagrama de codificación analógico - digital

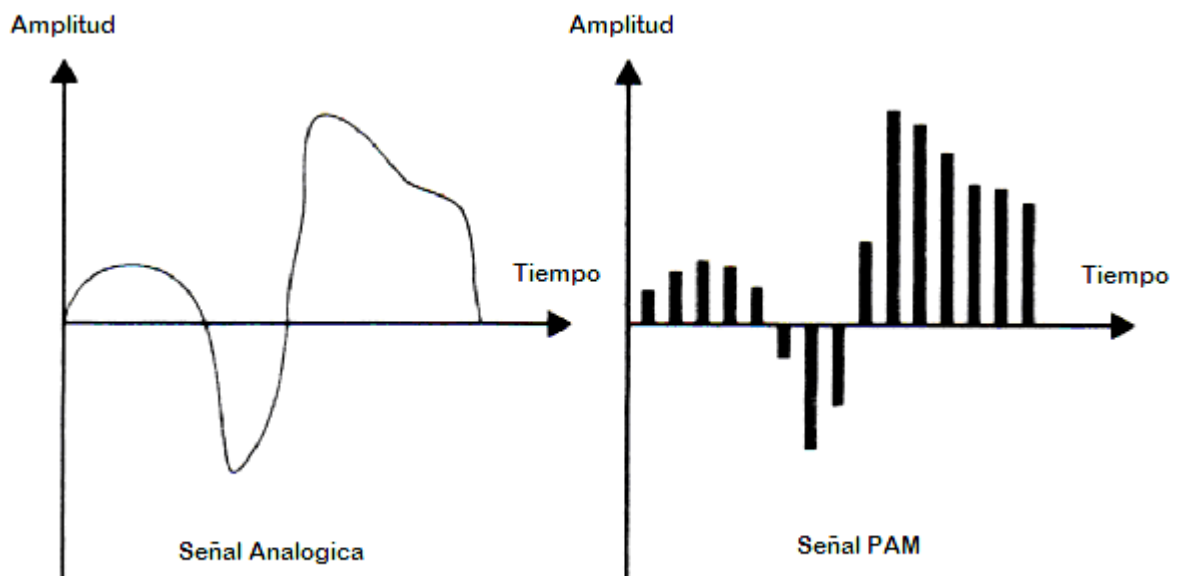


Modulación de Amplitud de Pulso (PAM)

El primer paso en la codificación analógica - digital se llama PAM. Esta técnica recoge información análoga, la muestrea, y genera una serie de pulsos basados en los resultados de las muestras, de esta forma PAM es la base de la codificación Analógica – Digital de PCM.

En PAM, se toman muestras instantáneas de la amplitud de la señal original de voz, es decir, el valor de la muestra sucede solamente de modo instantáneo a la forma actual de la onda. Ver figura 2.

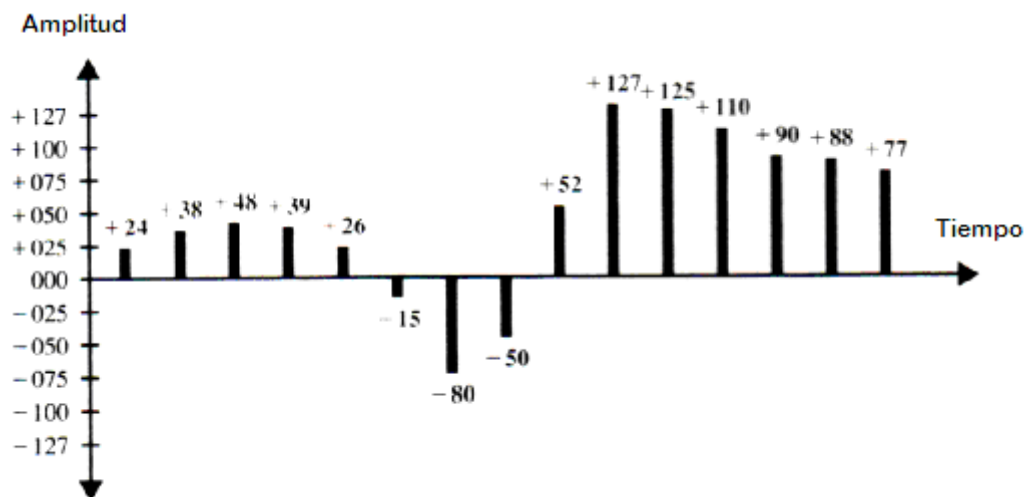
Figura 2. Modulación de amplitud de pulso



Modulación PCM.

PCM modifica los pulsos creados por PAM para crear una señal completamente digital. Para hacerlo, PCM, en primer lugar, cuantifica los pulsos de PAM y la cuantificación no es más que la asignación a valores discretos de las muestras que se encuentran dentro de un rango específico. Ver figura 3.

Figura 3. Señal PAM cuantificada



En la Tabla I se muestra un método simple de asignación de signo y magnitud de los valores para muestras cuantificadas. Cada valor es traducido en su equivalente binario de 7-bits. El octavo bit indica el signo.

Observar Tabla I

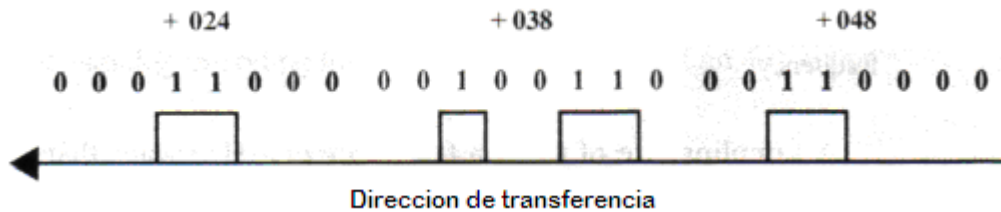
Tabla I. Cuantificación usando signo y magnitud

+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

Señal de bit
+ es 0 - es 1

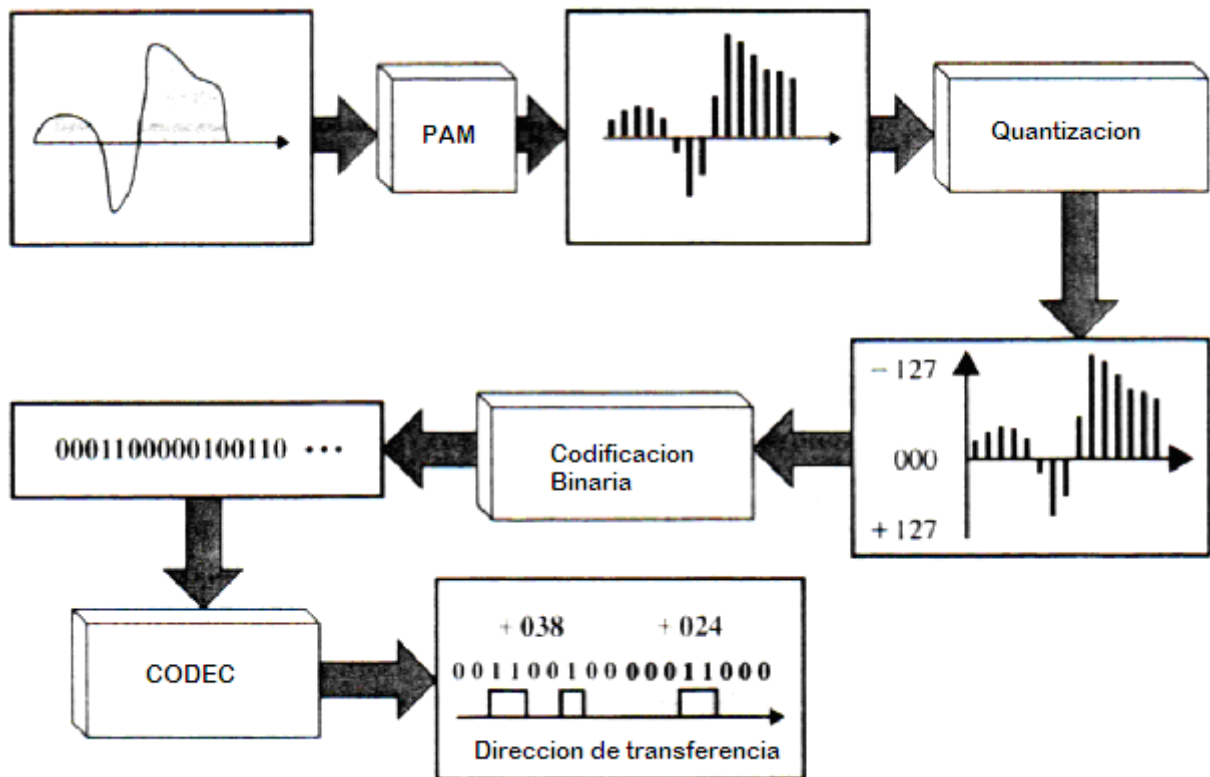
Los dígitos binarios son transformados en una señal digital.

Figura 4. Primeros tres valores de tabla I.



Actualmente, PCM es el método de prueba usado para digitalizar la voz y es más usado en la transmisión de señales a través de las líneas telefónicas. Ver figura 5.

Figura 5. Proceso de conversión de la voz de analógico a digital



Tasa de muestreo.

Este estándar hace referencia a la velocidad de muestreo de una señal analógica de voz comprendida entre los 300 Hertz a 4000 Hertz que es donde generalmente se encuentran las frecuencias más comunes de la voz humana.

Según teoría de la información, una señal analógica puede ser digitalizada, ser enviada hacia un punto destino y ser recuperada sin mayor cambio, el teorema que trata este caso, es conocido como Teorema de Muestreo de Nyquist-Shannon o Criterio de Nyquist.

El teorema de Muestreo de Nyquist-Shannon trata de la reproducción exacta de una señal analógica, la cual indica que la tasa de muestreo de una señal debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal original. De este modo, si deseamos hacer muestra con la información de voz de un teléfono que tiene como frecuencia máxima 3300 HZ, la tasa de muestra debe ser de 6600 pruebas/s. En la práctica, actualmente se toman 8000 muestras para compensar las imperfecciones del proceso.

1.3.2 Protocolos que rigen la interconexión actual.

Actualmente, el protocolo por el cual se comunican las centrales de telefonía es el denominado ISUP (Parte de Usuario RDSI o Parte de Usuario ISDN), el cual quiere decir: **Servicios Integrados de Red Digital para Usuarios de Red.**

1.3.2.1 RDSI

La Red Digital de Servicios Integrados o RDSI es una evolución de las redes telefónicas actuales, es decir, que los sistemas telefónicos originalmente estaban compuestos por elementos analógicos donde la voz era transportada por líneas telefónicas moduladas con una forma de onda analógica, y posteriormente aparecieron las centrales digitales, las cuales utilizaron sistemas avanzados. La RDSI supone entonces el último avance, es decir, comunicación digital entre el abonado y su central telefónica, teóricamente esto supone una comunicación digital de extremo a extremo que conlleva un gran número de ventajas.

1.3.2.2 ISUP

Actualmente, las centrales telefónicas utilizan ISUP usado para configurar, manejar y gestionar llamadas de voz y datos sobre PSTN (Red de Telefónica Pública Conmutada), ISUP fue creada como soporte del sistema RDSI, para incluir los servicios de usuarios del sistema RDSI y ofrecer nuevos servicios a los usuarios del sistema análogo y tomar en consideración los nuevos equipos desarrollados en el concepto de red inteligente (RI).

ISUP es uno de muchos protocolos responsables de las funciones del control de llamadas, y hay algunas variantes existentes de ISUP y adaptaciones nacionales, el mapeo es realizado entre diferentes ISUP's y entre ISUP y otro sistema de señalización.

A continuación se describen los mensajes más comunes en ISUP.

- IAM. Contiene la información inicial de llamada para el encaminamiento.
- SAM. Transporta las cifras no enviadas en el mensaje IAM.
- ACM. Indica que se ha obtenido en acceso al destino.
- ANM. Indica que el usuario llamado ha respondido.
- BLO. Permite el bloqueo del canal útil.
- UBL. Desbloquea el canal útil.
- REL. Permite iniciar la liberación del canal.
- RLC. Informa que la liberación ha sido completada.

ISUP soporta servicios básicos de portadora y servicios suplementarios para aplicaciones en una red digital de servicios integrados, generalmente soporta tres servicios de portadora:

- Voz
- Audio de 3,1 kHz
- 64 kbit/s o $N \times 64$ kbist/s

Dentro de la estructura de ISUP las funciones principales son propiamente el protocolo ISUP considero la parte más importante y la MTP (Interfase de Transferencia de Mensaje).

Protocolo ISUP

El protocolo ISUP puede considerarse la parte principal de la estructura de ISUP, puede ser dividido en dos partes básicas: el primero relacionado con la función del tráfico y el segundo con la función del mantenimiento de señales.

Lo siguiente es un sumario de las funciones del Protocolo ISUP:

- Separación de tráfico y mantenimiento relacionado a señalización, flujo y direccionamiento de mensajes.
- Proceso de señalización de mensajes recibidos desde el MTP.
- Generación de señalización de mensajes salientes enviados al MTP.
- Comunicación con las funciones del sistema de control de tráfico vía Interfase de control de llamadas.
- Comunicación con la MTP vía la interfase de MTP.

Interfase de Transferencia de Mensaje (MTP)

Esta fusión provee una interfase entre la MTP y las diferentes variantes de ISUP. Esta parte es responsable de asegurarse de que los mensajes recibidos de la red estén dirigidos a la versión de protocolo ISUP apropiada. Dentro de las principales funciones de la interfase MTP están:

- Controla todos los puertos, de las diferentes variantes del protocolo ISUP y dirige cada mensaje entrante al protocolo apropiado ISUP.
- Recibe mensajes de las diferentes variantes de ISUP y lo pasa enseguida a la MTP donde serán enviados a través de la red de señalización.
- Esto lo convierte al nivel de ISUP, inserta y quita los valores o etiquetas en los mensajes de entrada o salida.
- Administra la conexión y desconexión del enlace hacia la función de direccionamiento de información de señalización desconocida.
- Inicia acciones para dispositivos relevantes en la recepción de mensajes, indicando bloqueo, desbloqueo o congestión en cualquier intercambio.

2. LA VOZ SOBRE IP ENTRE CENTRALES

2.1 Voz sobre IP

Es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos. Actualmente las empresas de telecomunicaciones en Guatemala están llevando a cabo las primeras migraciones de sus equipos de comunicación para poder brindar en un futuro no muy lejano el servicio de telefonía IP.

Con los equipos que poseen actualmente las operadoras de telefonía, la información para ser transportada de un punto A hacia un punto B, utiliza centrales “Conmutadas por Circuitos”.

Todo este proceso de conmutación por circuitos requiere disponibilidad de recursos o canales dedicados para el intercambio de información, así como de una correcta sincronización entre los mismos, esto se convierte en una desventaja frente a la nueva tecnología, ya que en ella no existe el concepto de circuitos dedicados.

Este tipo de tecnología utiliza en lugar de centrales de “Conmutación por circuitos” centrales de “Conmutación por paquetes”, con estos cambios se dan los primeros pasos para transformar las actuales redes monolíticas a redes de arquitectura de capas.

La diferencia principal entre las mismas es la forma en como manejan los recursos para el envío de la información de un punto a otro, mientras que una lo hace a través de canales dedicados, la otra lo hace a través de paquetes de información utilizando todo su ancho de banda.

Figura 6. Red monolítica actual

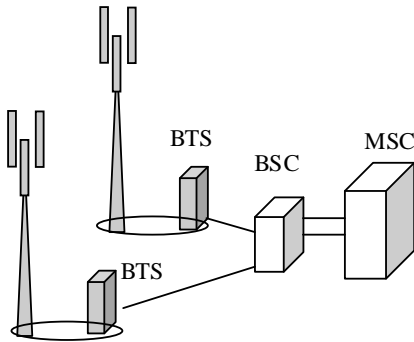
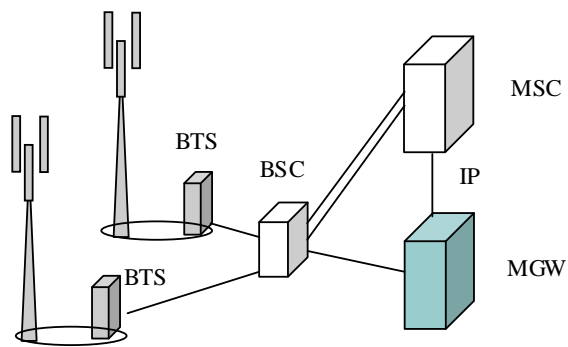


Figura 7. Red monolítica y MGW



En la figura 6, se ilustra la estructura de una Red Monolítica, la cual utiliza centrales de conmutación por circuitos. En la figura 7, se ilustra el primer cambio hacia una red de voz sobre IP con centrales de conmutación por paquetes, con lo cual se migra hacia una red de arquitectura de capas.

En Guatemala y otros países de Latinoamérica, se observa que la principal causa es el cambio de tecnología, la cual trae consigo mayores beneficios económicos y como primeros pasos los cambios de centrales, las cuales tienen ventaja de poder convivir con las centrales de conmutación por circuitos, de esta manera las diferentes empresas de telefonía dan los pasos necesarios para migrar parte por parte todos los sistemas hasta lograr en un futuro que todos los equipos trabajen con protocolos de Voz Sobre IP.

2.2 Protocolos de voz sobre IP entre centrales.

Con las centrales de conmutación por paquetes la forma de comunicarse entre los diferentes dispositivos y la central cambia, para entender esto es necesario conocer que implica el cambio de una central de conmutación por circuitos hacia una de conmutación por paquetes.

Figura 8. Red de telefonía monolítica

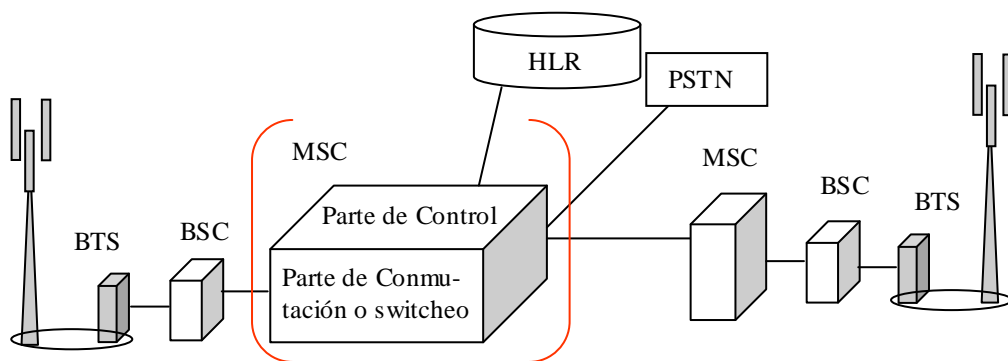
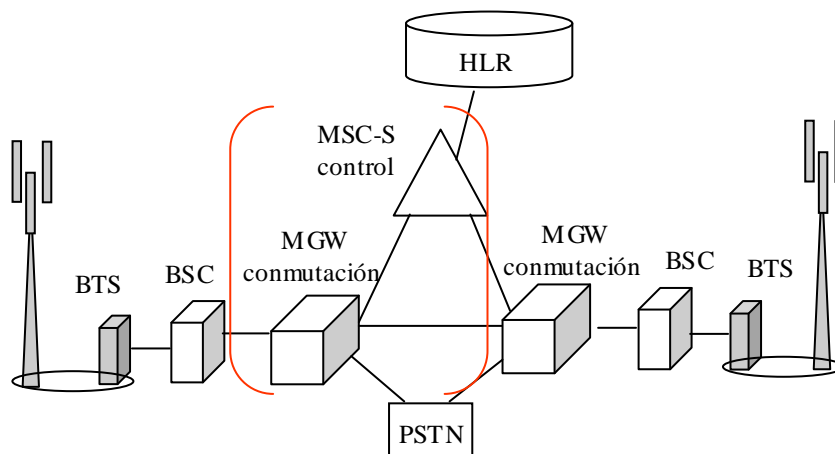


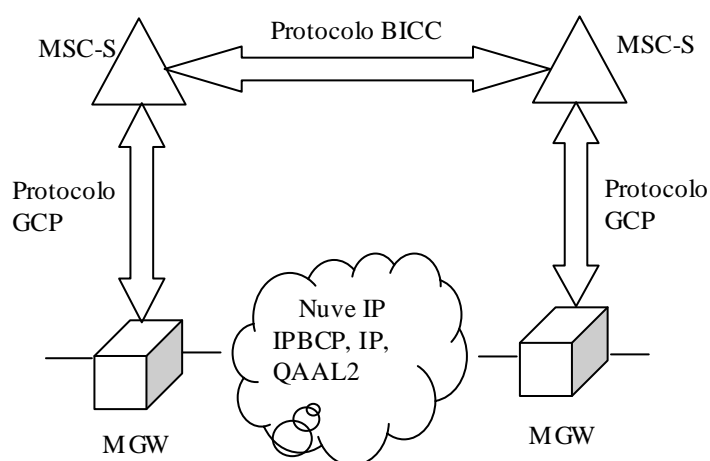
Figura 9. Red de telefonía con MSC's y MGW



Es necesario saber que las centrales de conmutación por circuitos tienen la propiedad de tener la parte de control y una parte de conmutación integrada, tal como se aprecia en la figura 8, con las centrales de conmutación por paquetes, estas partes están divididas, tal como se aprecia en la Figura 9, con lo cual se consigue una mayor capacidad de manejo de datos y de recursos.

Como había definido el en capítulo anterior, los protocolos son el lenguaje que utilizan los distintos dispositivos internos de la central para poder comunicarse, el capítulo 1 describe el protocolo que utilizan actualmente las centrales conmutación por circuitos denominado ISUP, para las centrales de conmutación por paquetes, existen protocolos para comunicar la parte de control o MSC-S, la parte de conmutación el MGW y entre un MGW y un MGW así como también entre MSC-S, ver Figura 10.

Figura 10. Protocolos de comunicación entre MSC's y MGW



2.2.1 Protocolo de comunicación entre MSC-S, BICC.

Como se había descrito, el papel de una MSC-S es la de llevar la parte de control de todo proceso de una llamada. El protocolo formulado para las comunicaciones entre MSC-S es conocido como protocolo de control de llamada de portador independiente BICC. Este protocolo es para las necesidades de las actuales empresas operadoras de redes que han instalado protocolos ISUP en sus redes y desean poder migrar a protocolo mas avanzados en el futuro.

BICC fue diseñado utilizando las últimas técnicas de redes, basadas en una arquitectura servidor, intermediario y pasarela de medios, permite explotar todos los servicios que se ofrecen a través de redes de conmutación de circuitos, ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) e IP (Protocolo de Internet).

BICC está basado en el protocolo de parte usuario de RDSI (ISUP), y se especifica en la recomendación Q.1901 y Q.1902 de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Existen dos versiones de BICC, las cuales están especificadas por la ITU, BICC de capacidad 1 (CS1) y BICC de capacidad 2 (CS2)

BICC de capacidad 1 (CS1).

Esta es la primera versión de BICC, la cual se estandarizó en el año 2000 (recomendación ITU Q.1901) CS1 soportar servicios ISDN de banda estrecha sobre ATM, esta versión asume un MSC-S de control por cada MGW (Media Gateway).

BICC de capacidad 2 (CS2).

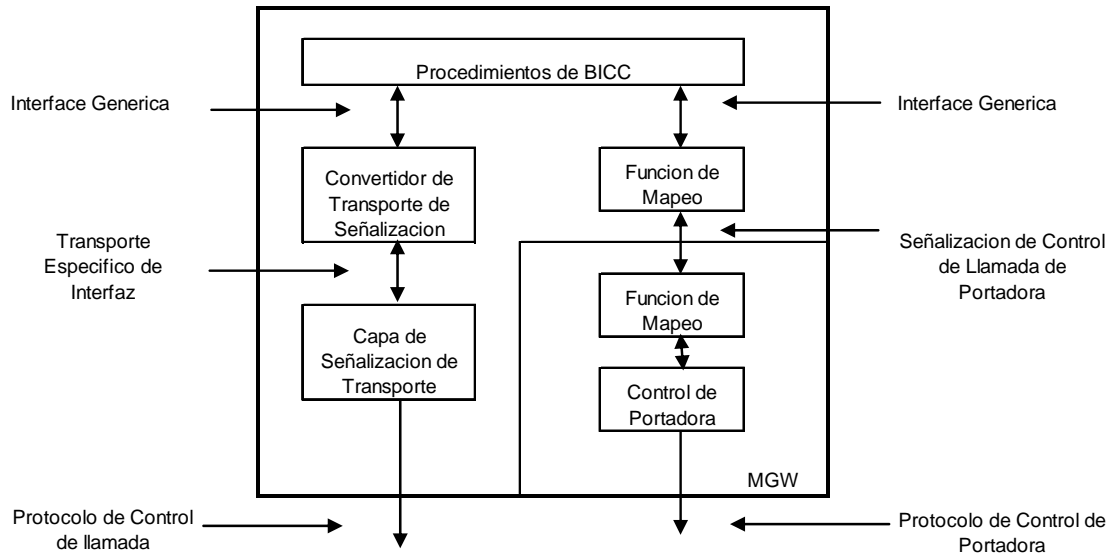
Esta segunda versión de BICC fue estandarizada por la ITU el 2000/2001 (recomendación ITU Q.1902) y lo más importante de esta es:

- La inclusión en un solo modelo de arquitectura de la MSC-S, MGW y centrales de tránsito.
- La separación física de la parte de control y la parte de conmutación, permitiendo con esto tener una sola parte de control para varios MGW
- El soportar tecnología para IP.

Modelo de Protocolo BICC.

El Modelo de protocolo que describe los procedimientos de BICC es el que se muestra en la figura 11.

Figura 11. Modelo de protocolo BICC



- Del lado izquierdo del modelo, esta la comunicación con parejas que hablan BICC para el control de llamadas.
- Del lado derecho corresponde a la comunicación para el control de portadora.

En la figura 11, el lado izquierdo incorpora el Convertidor de Transporte de Señalización (STC) y la Capa de señalización de Transporte (STL). El STC proporciona una interfase estándar a BICC, esto garantiza la transición de mensajes de BICC hacia la STL.

El STL puede transportar cualquier tecnología, en donde hay un tipo de STC para cada tipo de STL.

En el modelo, el derecho incorpora la función de mapeo y el control de portadora, esta es la ruta que toma la señalización de control de llamada de portadora, la función de mapeo realiza la conversión adecuada entre las primeras versiones de BICC y la señalización de control de llamada de portadora y viceversa.

Estructura del mensaje BICC.

Los parámetros en los mensajes de BICC son generalmente idénticos a los usados en el protocolo ISUP. La estructura del mensaje BICC es:

Figura 12. Estructura del mensaje de BICC

Parte Opcional	Obligatoria, Parte Variable	Obligatoria, Parte Fija	Código de Tipo de Mensaje	CIC	MTP Ruta LBI
----------------	-----------------------------	-------------------------	---------------------------	-----	--------------

CIC en BICC.

La instancia del código de llamada CIC, es la representación lógica de los parámetros de supervisión de una llamada. Para el protocolo ISUP CIC se refiere al código de la identificación de circuito.

El uso del CIC permite a la MSC-S establecer, supervisar y liberar llamadas, en cambio en ISUP el CIC es usado para identificar el circuito (64 Kbps canal de PCM) entre dos centrales; en un entorno donde existe una separación entre el control y la conmutación, CIC es el método utilizado para la gestión de un circuito desde el centro de la red para el establecimiento y liberación de llamadas.

Código de tipo de mensaje.

Los códigos de tipos de mensaje tienen el mismo propósito y toman el mismo valor en BICC que en ISUP excepto diez de los cuarenta y ocho mensajes de ISUP que no están definidos para BICC.

Parámetros.

Los parámetros obligatorios de parte fija, parte variable y opcional, y sus correspondientes métodos de codificación son exactamente los mismos para BICC que para ISUP. Para las redes de integración horizontal donde hay separación entre el control de llamada y las funciones de control de portadora, los parámetros de BICC son necesarios para la transferencia de información a través de la capa de control a circuitos requeridos en la capa de conectividad.

Especificación de elementos de información BICC.

La implementación de BICC requiere un conjunto adicional de elementos de información, estos elementos de información pueden ser enviados en los mensajes IAM y otras veces vía APM (aplicación de transporte de mensajes).

Elementos de información BICC CS1.

Estos elementos de información son también incluidos en CS2.

- Indicador de Acción.
- Identificador de BNC (Conexión de Portadora de Red).
- Dirección BIWF (portadora de interfuncionamiento).
- Características de BNC.

Elementos de información en BICC CS2.

- Identificador de Unidad de Portadora.
- Información de Control de Portadora.
- Señalización.
- Capacidad de Redireccionamiento de Portadora.
- Indicador de Redireccionamiento de Portadora.

2.2.2 Protocolo de comunicación entre MSC y MGW, GCP

GCP es el Protocolo de Control del Gateway, este protocolo está basado bajo las recomendaciones H.248, también conocido como H.248/CGP o H.248/MEGACO, tiene sus orígenes en protocolos anteriores definidos por el grupo especial sobre ingeniería de Internet (IETF) y la comisión de estudio 16 del UIT, que normaron el protocolo H.248/MEGACO en 1999.

Este protocolo opera en configuración Maestro-esclavo, donde la MSC-S es la parte maestra y el MGW es la parte controlada. El MGC es conocido como una pasarela física, encargada de proporcionar una interfaz bidireccional entre redes de distinta naturaleza. Realiza la conversión de flujos de información entre el formato típico de una red de conmutación por circuitos y el de una red de conmutación por paquetes.

El controlador de pasarela MGC maneja señalización para canalizar la provisión de servicios y realiza funciones de procesamiento y control de llamadas.

El modelo de este protocolo utiliza dos partes básicas, terminación y contexto, la terminación, es la fuente o sumidero de uno o más flujos, hace referencia a una conexión, el contexto, es la asociación existente entre el numero de terminaciones que permite describir la topología (quien escucha a quien) y la mezcla de flujos y/o parámetros de conmutación en el caso de que haya más de dos terminaciones involucradas en la comunicación.

Por ejemplo, en una llamada bidireccional existirá un contexto con dos terminaciones una por cada extremo de la misma.

H.248/MEGACO no solo es compatible con H.323 y SIP, sino que además presenta funcionalidades complementarias. Así, mediante el uso del protocolo H.248 se puede realizar el control de la red y la provisión de algunos servicios, aunque bastante básicos. Sin embargo desde el momento en que se pretendan ofrecer servicios más avanzados se requerirá del empleo de un protocolo con mayor número de funcionalidades como SIP.

Instrucciones de comandos de H.248/MEGACO.

Las MSC-S junto con las MGW utilizan una serie de comandos, algunos proveedores han implementado el uso de siete comandos. Para propósitos de introducción a los mismos será necesario entender tres de estos.

- ADD (Adicionar)
- SUBTRACT (Substraer)
- MOVE (Mover)

Como se había descrito, un contexto es una asociación entre varias terminaciones que describen una conferencia. La MGW utiliza la instrucción Adicionar para añadir una terminación a un determinado contexto, si no se especifica el contexto, la MGW deberá crear uno nuevo.

Mediante la instrucción *substraer* se elimina una terminación de un contexto. Cuando se suprime la última terminación de un contexto, la MGW lo destruye implícitamente.

La instrucción *mover* sirve para desplazar una terminación de un contexto a otro. Una misma terminación sólo puede existir en un solo contexto simultáneamente.

Estas terminaciones existen dentro de un contexto nulo, y se suprimen de dicho contexto cuando se emplea la instrucción *adicionar* para añadir las a otro contexto y vuelven al mismo cuando se les aplica la instrucción *substraer*. Las terminaciones representan fuentes de secuencias cuyas instancias las crea un protocolo de capa superior y existen únicamente mientras dura esa secuencia. La MGW crea o suprime las terminaciones mediante la aplicación a las mismas de las instrucciones *adicionar* o *substraer*.

Una terminación se describe mediante un cierto número de propiedades que lo caracterizan; pueden haber señales que se le apliquen (por ejemplo tonos y anuncios) y pueden programarse para detectar eventos.

La instrucción *modificar* permite a la MGC modificar las propiedades, señales y eventos de una determinada terminación. Cuando se produce un determinado evento en una terminación dada, la MGW puede informar al MGC al respecto mediante la instrucción *notificación*.

2.2.3 Protocolo de comunicación entre MGW y MGW, IPBCP.

IPBCP es conocido como el protocolo de control de portadora IP, se utiliza para el intercambio de información, número de puertos y direcciones IP, las recomendaciones para este protocolo son Q.1902.3, Q.1902.4, Q.765.5 Q.1990, Q.1970 y Q.1950, normados por la ITU.

Este protocolo se ha diseñado para ser un protocolo de túnel que utiliza tanto señalización vertical como horizontal, funciona valiéndose del protocolo H.248/GCP y el protocolo BICC CS2, crea una especie de túnel virtual utilizando estos protocolos para el transporte de mensajes de un MGW a otro MGW receptor.

Mensajes de IPBCP.

IPBCP utiliza cuatro tipos de mensajes:

- **Requerimiento:** El mensaje de requerimiento es usado para iniciar el establecimiento y/o modificación de una portadora IP.
- **Aceptar:** El mensaje de aceptación es usado para responder un establecimiento o modificación recibida por el mensaje de requerimiento.

- **Confusión:** El mensaje de confusión es enviado solamente en circunstancias en las que no se pueda procesar un mensaje recibido.
- **Rechazo:** El mensaje de rechazo es usado en respuesta a un mensaje recibido de establecimiento o modificación, solamente en circunstancias que es rechazando el mensaje de requerimiento recibido.

SDP protocolo de codificación en IPBCP.

IPBCP requiere del uso de otros protocolos genéricos que están referidos a protocolos de descripción de sesiones (SDP), estos protocolos definen las sesiones que se establecen entre los MGW-S.

Cada mensaje contiene tres niveles de descripción de sesiones, una descripción de sesiones, una descripción de tiempo y una descripción de medios.

- **Descripción de sesiones:** La descripción de sesiones es definida por la versión de SDP, direcciones IP de MGW iniciando la sesión, versión de IP usada y tipo de mensaje de IPBCP.
- **Descripción de tiempo:** La descripción de tiempo se define desde el inicio al final de la sesión.

- **Descripción del medio:** La descripción del medio se define por el contenido de la dirección IP y el número de puertos que son usados para la portadora de IP, que tipo de medio (audio, video, aplicaciones de control de datos) la portadora de IP podría llevar también el protocolo usado por la portadora.

2.2.4 Protocolos que predominaran en el futuro.

Como se había mencionado, actualmente en Guatemala varias operadoras ya han realizado las primeras implementaciones para migrar hacia esta nueva tecnología, por lo que las nuevas centrales de comunicación trabajarán con los protocolos anteriormente descritos, con el transcurrir del tiempo, las aplicaciones a soportar requerirán de protocolos mas poderosos, por lo que se describirán los mas adecuados y usados para ellos.

Protocolo H.323

El protocolo H.323 forma parte de una familia de recomendaciones conocidas con el nombre de H.32X, propuestas por la ITU, que especifican como proveer servicios de multimedia sobre diversas redes. En concreto, H.323 trata sobre la transmisión de audio, video y datos en tiempo real, haciendo uso de redes de conmutación de paquetes. Aunque es un protocolo para todo el rango de comunicaciones multimedia, su mayor reconocimiento ha sido como fundamento de soluciones de voz sobre IP.

Este protocolo permite el control del tráfico de la red, por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan caídas importantes en el rendimiento.

Las redes soportadas en IP presentan las siguientes ventajas adicionales:

- Es independiente del tipo de red física que lo soporta. Permite la integración con las grandes redes de IP actuales.
- Es independiente del hardware utilizado.
- Permite ser implementado tanto en software como en hardware, con la particularidad de que el hardware supondría eliminar el impacto inicial para el usuario común.
- Permite la integración de Video y TPV.

H.323 especifica la existencia de cuatro componentes de red distintos que operan conjuntamente, los cuales son capaces de ofrecer servicios de comunicación multimedia punto a punto.

- **Terminal.** Es el equipo final que transmite o recibe el flujo de datos.
- **Pasarela Gateway.** Es el equipo que permite la interconexión de redes de distinta naturaleza.
- **Gatekeeper.** Es el equipo de control que vela por el funcionamiento de la red.

- **Unidad de control multipunto (MCU).** Es el equipo central empleado para el establecimiento de multiconferencias.

Este protocolo permite dotar a la red de mecanismos avanzados de control y gestión, tales como control de admisión, gestión de ancho de banda, autorización de llamadas o traducción de direcciones entre la PSTN y las redes de paquetes. Aunque se trate de un protocolo avanzado ya se emplea en ciertas soluciones comerciales, tiene una serie de limitaciones e inconvenientes, como su elevada complejidad, o ciertas ineficiencias debidas a su orientación a la compatibilidad con la PSTN, que justifican los esfuerzos que se están realizando en las especificaciones de otros protocolos con propósitos similares.

Protocolo SIP.

Es el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) fue desarrollado por la IETF (Fuerza de tareas de ingeniería de Internet) específicamente para telefonía IP, que a su vez toma ventaja de otros protocolos existentes para manejar parte del proceso de conversión, situación que no se aplica en H.323 ya que define sus propios protocolos bases.

Se trata de un protocolo que opera a nivel de aplicación y que es empleado para realizar el control de llamadas multimedia y servicios telefónicos avanzados. Se encarga de establecer, modificar y terminar sesiones multimedia o llamadas con uno o más participantes. Se trata de un

protocolo elaborado basándose en Http (Protocolo de transferencia de Hiper texto), empleado en Internet. Sus componentes principales son:

- **Agente usuario.** Hacer referencia a la aplicación final que realiza las peticiones, si se trata de un UAC (Agente de cliente usuario), o a la aplicación que genera las respuestas en el caso de un UAS (Agente usuario servidor). Se puede encontrar en los terminales de los usuarios y además en otros equipos de control y pasarelas.
- **Servidor proxy.** Es el responsable primario del encaminamiento de mensajes entre equipos finales. Se encarga de interpretar y modificar, en caso de ser necesario, la petición que recibe para reenviarla hacia su destino final.
- **Servidor de redirección.** Acepta peticiones y se encarga, a partir de la dirección del destinatario final de las mismas, de obtener la dirección del seguimiento elemento de la cadena y devolver al cliente para que este sea capaz de contactar con el mismo por si mismo.
- **Servidor de Localización.** Suministra información sobre la posible localización del destinatario de la llamada.
- **Servidor de registro.** Acepta peticiones de registro por parte de los usuarios.

En este protocolo los usuarios se identifican por medio de las direcciones similares a las actuales de correo electrónico y disponen de gran movilidad, puesto que la red se encarga de localizarlos cuando se requiere establecer una comunicación con ellos. En este sentido, parece fácil su integración en el futuro escenario de las comunicaciones móviles.

Una de las mayores potencialidades de SIP es que incluye entornos sencillos para la programación de servicios, incluso por parte de usuario final.

2.3 Niveles de compresión de voz sobre IP entre centrales.

La información, en el proceso de comunicación de una central a otra primero codificada y cuando llega a su destino es decodificada, este proceso se implementa para poder aprovechar mejor los recursos en los canales donde es transmitida, este proceso comúnmente es conocido como compresión de información, lo que genera estas compresiones recibe el nombre de codec (Codificador Decodificador), para las centrales monolíticas el codec que prevalece esta bajo el estándar G.711 donde la tasa de información es de 64 Kbps la cual se describió en el capítulo 1.

Para las nuevas centrales existe compatibilidad de este mismo estándar así como también está el codec AMR (Compresión Multi-tasa Adaptativa) que ofrece más ventajas.

Multi-tasa Adaptativa AMR.

Con la nueva tecnología, en las centrales de conmutación por paquetes, sería un desperdicio asignar 64 kbps a una portadora. Multi-tasa adaptativa AMR, es un formato de compresión de audio optimizado para la codificación de voz.

AMR ha sido adoptado como el estándar de codificación de audio por 3gpp (Asociación de Tercera Generación) en octubre de 1998 y actualmente se utiliza en GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles). Gestiona dinámicamente el ancho de banda seleccionando entre ocho diferentes tasas de bits.

Los anchos de banda 12.2, 10.2, 7.95, 7.40, 6.70, 5.90, 5.15 y 4.75 kb/s se basan en la toma de 160 muestras de información con duración de 20 milisegundos.

Existen programas para transformar este formato a formatos de audio como son el MP3 o el WAV. El uso de éstos es relativamente necesario a causa de que no todos los reproductores de sonido tienen por defecto los archivos necesarios como para reproducir un archivo codificado como AMR.

Es necesario que los codec garanticen la codificación y compresión del audio o del video para su posterior decodificación y descompresión antes de poder generar un sonido o imagen utilizable. Según el codec utilizado en la transmisión, se utilizará más o menos ancho de banda. La cantidad de ancho de banda suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos.

Entre los codec utilizados en VOIP encontramos los normados por la UIT y son G.711, G.723.1 y el G.729 y actualmente AMR en las centrales de VOIP.

2.4 Estándares de calidad de voz sobre IP

Actualmente el tema de la calidad de servicio en las redes de VOIP es muy discutido, debido a que en la transmisión de información usando los protocolos de internet no está asegurada.

Los principales problemas en cuanto a la calidad del servicio de una red de VOIP, son la Latencia, el Jitter, la pérdida de paquetes y el Eco.

- **Latencia:** Se define técnicamente en VOIP como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino. La latencia o retardo entre el punto inicial y final de la comunicación debería ser inferior a 150 milisegundos (ms). El oído humano es capaz de detectar latencias de unos 250 ms, 200 ms en el caso de personas bastante sensibles. Si se supera ese umbral la comunicación se vuelve molesta.
- **Jitter:** Se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debería ser inferior a 100 ms. Si el valor es menor a 100 ms el jitter puede ser compensado de manera apropiada. En caso contrario debería ser minimizado.

- **Pérdida de paquetes:** Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo de datagrama de usuario UDP . Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes que no se reenvían. Además, la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor. Sin embargo, la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas. La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser al 1%.
- **EI ECO:** Se define como una reflexión retardada de la señal acústica original, es especialmente molesto cuanto mayor es el retardo y cuanto mayor es su intensidad con lo cual se convierte en un problema en VOIP puesto que los retardos suelen ser mayores que en la red de telefonía tradicional. El oído humano es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es igual o superior a 10 ms. Pero otro factor importante es la intensidad del eco, ya que normalmente la señal de vuelta tiene menor potencia que la original, es tolerable que llegue a 65 ms y una atenuación de 25 a 30 dB.

Los problemas de la calidad del servicio en VOIP vienen derivados de dos factores principalmente:

a) Internet es un sistema basado en conmutación de paquetes y por tanto la información no viaja siempre por el mismo camino. Esto produce efectos como la pérdida de paquetes o el jitter.

b) Las comunicaciones VOIP son en tiempo real lo que produce que efectos como el eco, la pérdida de paquetes y el retardo o latencia sean muy molestos y perjudiciales y deban ser evitados.

Las redes requieren mecanismos que nos aseguren que la voz tendrá prioridad, esto debido a que las conversaciones telefónicas ocurren en tiempo real, de manera que es inaceptable que los paquetes de usando VOIP lleguen tarde o demasiado tarde o no lleguen nunca.

Para resolver este problema se han creado mecanismos para asegurarnos de que los paquetes de VOIP sean priorizados dentro de una red, lo que se denomina calidad de servicio (QoS).

La calidad de servicio se está logrando con base a los siguientes criterios:

- La supresión de silencios, otorga más eficiencia a la hora de realizar una transmisión de voz, ya que se aprovecha mejor el ancho de banda al transmitir menos información.
- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP.
- Priorización de los paquetes que requieran menor latencia. Las tendencias actuales son:
 - Asigna un porcentaje del ancho de banda disponible.
 - Establecer prioridad en las colas.

- Asignación de la prioridad al tráfico de menos carga.
 - Evitar tablas de encaminados intermedios y establecer decisiones de rutas por paquete.
-
- La implantación de IPv6 (Protocolos de Internet versión 6) que proporciona mayor espacio de direccionamiento.

RTP es la abreviación de Protocolo de Transporte en Tiempo Real, es un estándar creado por la IETF para la transmisión confiable de voz y video a través de Internet. La primera versión fue publicada en 1996 en el documento RFC 1889 y fue reemplazado por el estándar RFC 3550 en 2003.

En aplicaciones de Voz sobre IP, el protocolo RTP es el responsable de la transmisión de los datos. La digitalización y compresión de la voz y el video, para el manejo de señalización o establecimiento de llamada existe el protocolo SIP.

Dentro del estándar RFC 3550 se define un protocolo adicional para el envío de datos de control y datos de mediciones realizadas durante la transmisión. Se conoce como RTCP RTP Control Protocolo. Los paquetes RTCP se envían periódicamente dentro de la secuencia de paquetes RTP.

3. MIGRACIÓN DE REDES MONOLÍTICAS A REDES DE VOZ SOBRE IP, EN GUATEMALA

Como se había descrito en capítulos anteriores, en todo este proceso de migración hacia esta nueva tecnología la primera parte a migrar es la central de conmutación de circuitos por una central de conmutación por paquetes. Actualmente los operadoras de telefonía en Guatemala, cuentan con al menos una central de conmutación por paquetes, las cuales están integrando con sus actuales redes monolíticas.

Sin embargo, las operadoras de telefonía en Guatemala están en proceso de migrar hacia una red completamente de estructura de capas que brinde no solo el servicio de VOIP sino además servicios complementarios que puedan facilitar las diferentes actividades de los usuarios.

3.1 Arquitectura de redes monolíticas

Actualmente, el concepto que se maneja de estas redes es que se construyeron primordialmente para la transmisión de voz, aunque ahora puedan también transportar datos como por ejemplo el caso del fax, conexiones a Internet de baja velocidad y otras.

Existen dos tipos de redes monolíticas, las móviles y las fijas, entre ellas la red monolítica fija es las mas antigua.

En Guatemala la red monolítica fija, tiene sus inicios en la década de 1970 con la empresa estatal de telecomunicaciones denominada GUATEL, a finales de la década de 1990 inicia la evolución de la redes monolíticas de telefonía móvil y con ello se marca el inicio de las comunicaciones inalámbricas en nuestro medio.

En ambas redes la parte principal es la central de conmutación por circuitos.

Figura 13. Red monolítica inalámbrica

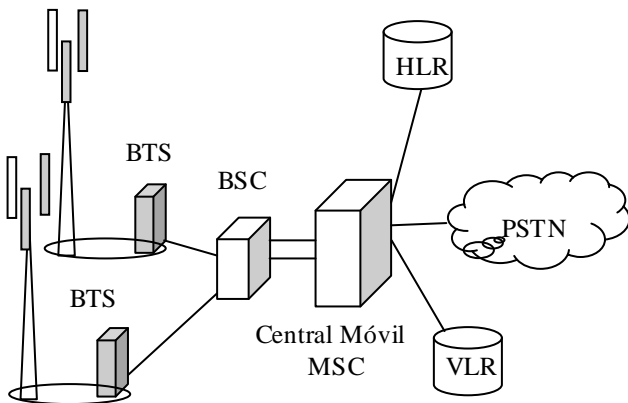
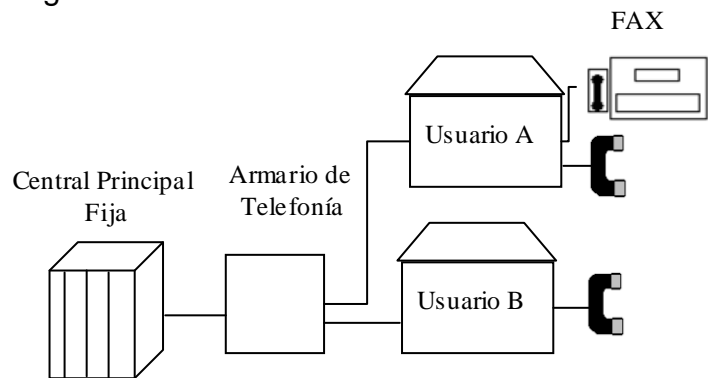


Figura 14. Red monolítica alámbrica



3.1.1 Centrales monolíticas.

Se ha descrito que existen dos tipos de centrales monolíticas, conocidas también como centrales de conmutación por circuitos, las móviles y las fijas, las mismas tienen como característica principal llevar la parte de control y de conmutación durante el proceso de una llamada, se puede afirmar que las centrales son la parte principal de una arquitectura de telefonía móvil o fija por llevar el control en todo el proceso.

Históricamente las primeras centrales de telefonía fija debían ser atendidas por operadoras las cuales se sentaban una a la par de la otra, frente a un cuadro de distribución telefónico, ellas eran las que hacían la parte de conmutación, cuando un usuario descolgaba su receptor en el cuadro de distribución telefónico brillaba una diminuta lamparita, la operadora atendía la señal, y se le informaba con quien establecer información, de manera que ellas eran quienes hacían sonar el timbre del teléfono de la persona a quien se llamaba.

Con el transcurso del tiempo y los avances tecnológicos, las centrales de telefonía fija fueron automatizándose, de manera que ya no era necesaria la intervención de una telefonista, los nuevos equipos tenían integrada la operación de conmutación en forma directa a través de dispositivos denominados relés que abrían y cerraban un circuito para dar paso a nuevas llamadas.

Después de las centrales de líneas fijas, surgieron las centrales de telefonía móvil las cuales eran de menores dimensiones, estas centrales eran más sofisticadas ya que se construyeron con dispositivos semiconductores que hacen del tamaño físico de la central mas compacto que las centrales de telefonía fija.

Se describió que las centrales de conmutación por circuito tienen dos tareas importantes, la de llevar la parte de control y la otra es la parte de conmutación, la unidad de control realiza tres tareas importantes:

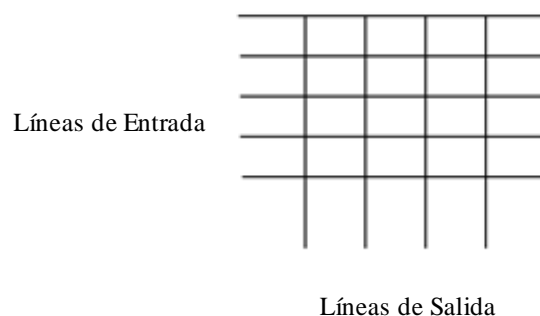
- Establece conexiones ante la solicitud de un dispositivo conectado a la red.
- Debe de mantener la conexión.
- Debe de liberar la conexión por solicitud o por razones propias.

La unidad de conmutación se encarga de crear un camino directo para las llamadas que se realizan, para las centrales de telefonía fija el tipo de conmutación que se aplica es denominada “Conmutación por División en el Espacio”.

Un conmutador por división en el espacio es aquel en que las rutas de señal que se establecen son físicamente independientes entre sí, cada conexión necesita el establecimiento de un camino físico a través del conmutador que se dedique únicamente a la transferencia de señales entre los dos extremos.

El bloque básico de un conmutador consiste en una matriz de conexiones o puntos de cruce o puertas semiconductoras que una unidad de control puede habilitar o deshabilitar, ver figura 15.

Figura 15. Conmutador matricial



Cada estación se conecta a la matriz a través de una línea de entrada y otra de salida, la conexión entre cualesquiera dos líneas es posible habilitando el punto de cruce correspondiente es decir, si tiene 10 entradas y 10 salidas existirán 100 conexiones.

Para las centrales de red móvil, el tipo de conmutación que utilizan es más sofisticado, es llamado "Conmutación por División de Tiempo",

Estos sistemas constan de líneas de entrada y lo que hacen es muestrear una a una cada línea y lo que encuentren lo pasan a unas memorias de donde serán pasados a sus correspondientes líneas de salida.

Las líneas de entrada son fijas para cada emisor, pero las líneas de salida se irán conmutando dependiendo de las velocidades de asimilación de datos por las líneas de salida.

Las velocidades de trabajo del sistema deben de ser lo suficientemente altas para que ninguna entrada supere a ésta en velocidad.

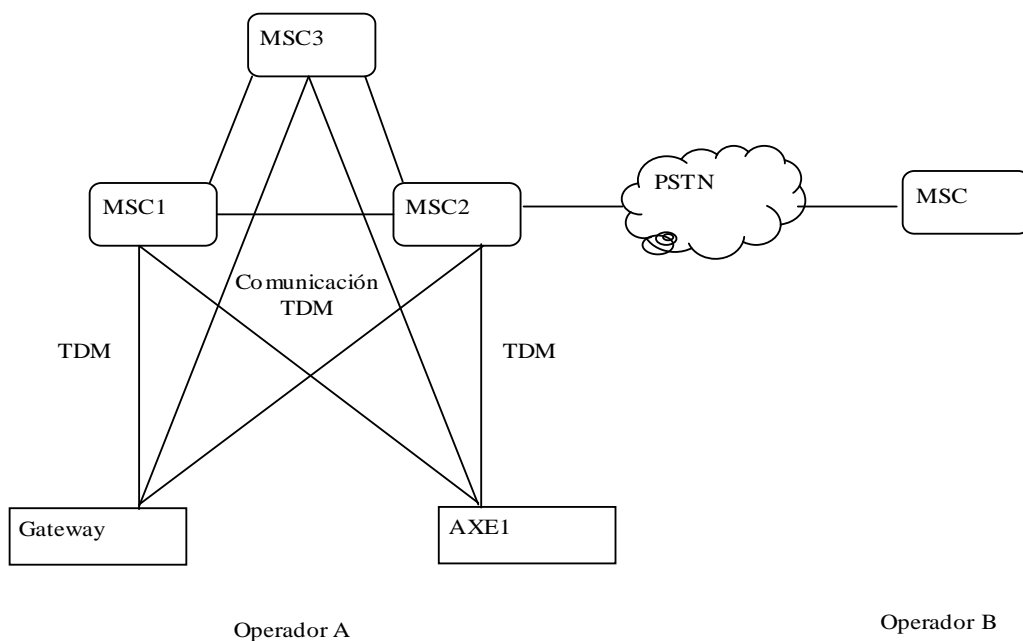
3.1.2 Interconexión entre centrales de conmutación por circuitos.

Existen diferentes formas de interconectar una central con otra o con otra, la interconexión entre centrales esta actualmente regularizada en forma legal por la SIT, (La parte legal a nivel de interconexión se detalla en el capítulo 1).

Existen diferentes tipos de interconexión, las internas que son la que se realizan dentro de la misma red, las locales que son la que se establecen con otros operadores que se encuentran en la misma área geográfica y las internacionales también denominadas de larga distancia que son las que se establecen con operadores de otros países.

En el siguiente diagrama se detalla a manera de ejemplo la interconexión usual entre centrales móviles monolíticas a nivel interno y local.

Figura 16 Interconexión de centrales a nivel Interna y Local



Existen diferentes tipos de interconexión entre las centrales, como por ejemplo: Interconexión punto a punto, Interconexión tipo estrella, Interconexión tipo bus, observar en la figura 16, es una configuración de interconexión "Tipo Malla", esto significa que cada una de las centrales tiene un punto de interconexión con las otras centrales.

Si por algún motivo se rompiera la comunicación entre una central y otra, se podría designar alguna otra ruta como medio alternativo de tránsito logrando con esto que no se pierda nada de información.

Cuando se implementa una nueva central en una red monolítica es necesario realizar una matriz compleja de pruebas, de manera que no existan problemas de comunicación con las otras centrales.

Parte de pruebas que se tienen que llevar a cabo son:

- Pruebas de señalización hacia cada una de las centrales de la red.
- Análisis de enrutamiento hacia los diferentes nodos.
- Pruebas de cobros.
- Pruebas de interconexión a hacia otras plataformas.

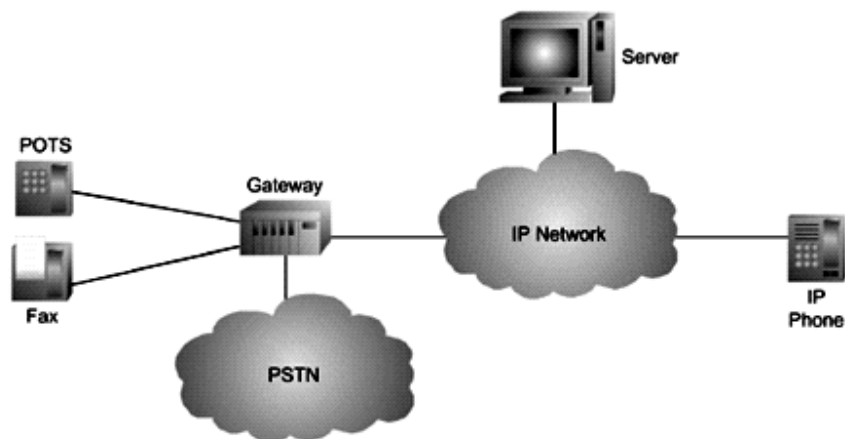
Todo este proceso se convierte en una desventaja para las centrales de conmutación por circuito, ya que implica asegurarse que todo funciona bien con cada una de las centrales, sin embargo para las centrales de conmutación por paquetes este proceso solamente se hace una sola vez, se ampliará esta información más adelante.

3.2 Arquitectura de redes de voz sobre IP

La industria de las telecomunicaciones en nuestro país esta presenciando cambios acelerados en las comunicaciones de organizaciones y personas. Muchos de estos cambios han surgido debido al crecimiento de la Internet y sus aplicaciones basadas en el Protocolo de Internet (IP).

La estructura que soportara estos servicios será como la que se muestra a continuación:

Figura 17. Modelo de interconexión de un red VOIP



Fuente: www.imagenes.google.com.gt

Las partes fundamentales de una red de datos para un servicio de Voz sobre IP son las siguientes.

- **Terminales:** Son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.

- **Gatekeepers:** Es el nombre que reciben el centro de toda la organización VoIP, y serían el sustituto para las actuales centrales.
- **Gateways:** Se trata del enlace con la red telefónica tradicional, actuando de forma transparente para el usuario.

Estas partes fundamentales interactúan entre sí a través de los protocolos descritos en el capítulo 1 para VOIP, además este conjunto de elementos tiene la capacidad de poder convivir con los elementos que conforman las actuales redes nomolíticas, de forma que también los dispositivos que se utilizan en ellas forma parte de la toda la estructura en una red datos.

3.2.1 Centrales de conmutación por paquetes

Como se había descrito, los Gatekeepers (controlador de paso) son los dispositivos que van a sustituir las centrales de conmutación en las redes nomolíticas, estos actúan como controladores del sistema, es decir, autenticación, enrutamiento, contabilidad de llamadas y determinación de tarifas, registro de llamadas, información de facturación y otros.

Las funciones básicas de los GateKeespers son las siguientes:

- Autenticación y control de admisión, para permitir o denegar el acceso de usuarios.
- Proporciona servicios de control de llamada.

- Servicio de traducción de direcciones (DNS), de tal manera que se puedan usar nombres en lugar de direcciones IP.
- Gestionar y controlar los recursos de la red: Administración del ancho de banda.
- Localizar los distintos Gateways y MCU's cuando se necesita.

Actualmente, como se esta dando paso a este tipo de tecnología, las nuevas centrales de conmutación de paquetes son las encargadas de llevar el control en todos los procesos que se den de una llamada.

Las centrales de conmutación por paquetes que actualmente poseen los operadores locales están compuestas por una parte de control y una de conmutación, las cuales físicamente están separadas, la parte de control es llamada MSC (Centro de Conmutación de Servicios Móviles) y la parte de conmutación es llamada MGW (Medio de Acceso).

Unas de las razones de separar la parte control de la parte de conmutación es de proveer de mayor capacidad en la parte de conmutación, de esta forma habrá suficiente recurso para el transporte de las diferentes aplicaciones y servicios a través del MGW.

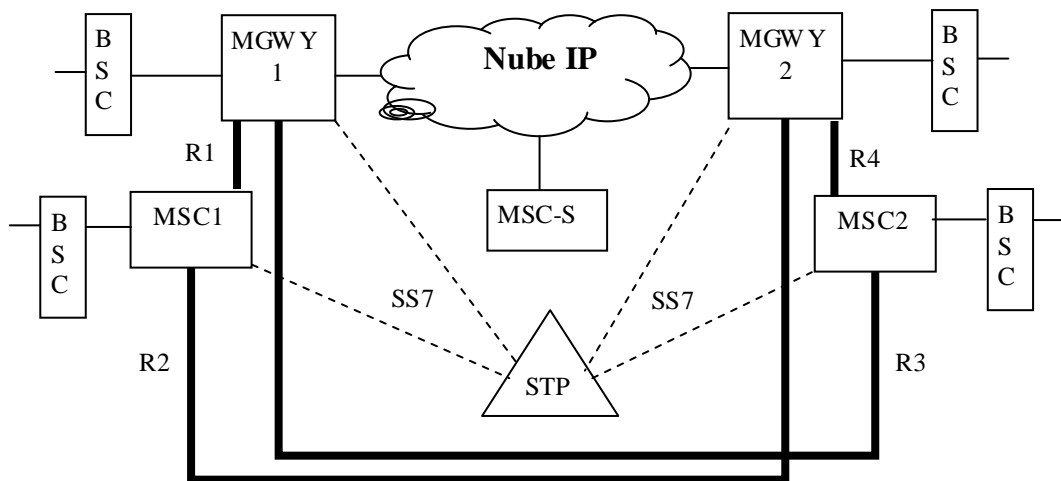
3.2.2 Interconexión de centrales de conmutación por paquetes

Como se había descrito, actualmente el ente regulador de telecomunicaciones SIT en Guatemala, no ha regulado aun este tema ya que es una tecnología que apenas se esta introduciendo, con el tiempo se verá la necesidad de hacer regulaciones entre operadores de esta tecnología.

Los operadores que poseen estos equipos manejan modelos de interconexión interna, según recomendaciones de sus proveedores, el desempeño de estas centrales es óptimo debido a que conviven con centrales de la misma tecnología y con centrales monolíticas.

En la siguiente gráfica se presenta un modelo de interconexión interno entre centrales de conmutación por paquetes y entre centrales de conmutación por circuitos.

Figura 18. Modelo de interconexión interna de una red VOIP.

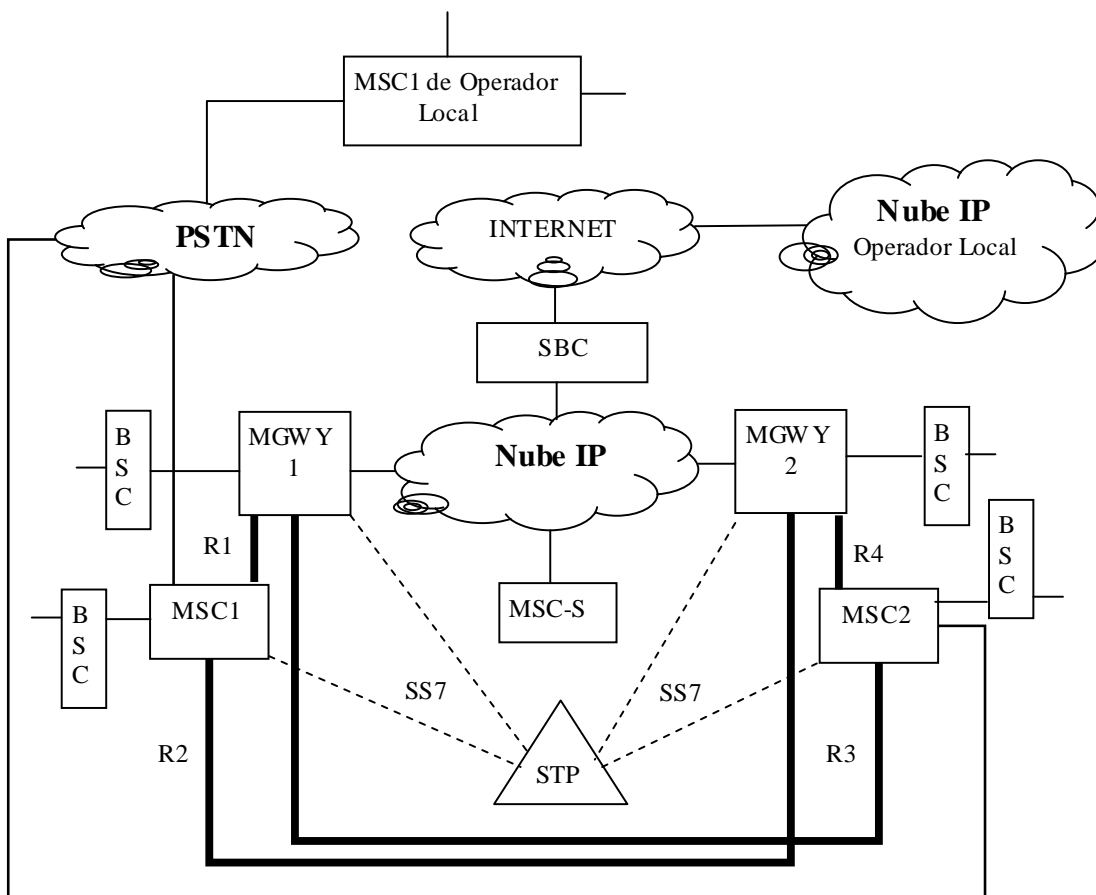


En la figura 18, la interconexión de rutas está resaltada con líneas de color negro, R1, R2, R3 y R4 son rutas internas que comunican centrales monolíticas (MSC's) con centrales de paquetes (MGWY's).

La señalización entre centrales esta dirigida a un dispositivo denominado STP (Punto de Transferencia de Señalización), la interconexión de centrales hacia el STP se denota con las líneas punteadas, como se observar en la figura 18, en ella convergen toda la señalización de la diferentes centrales.

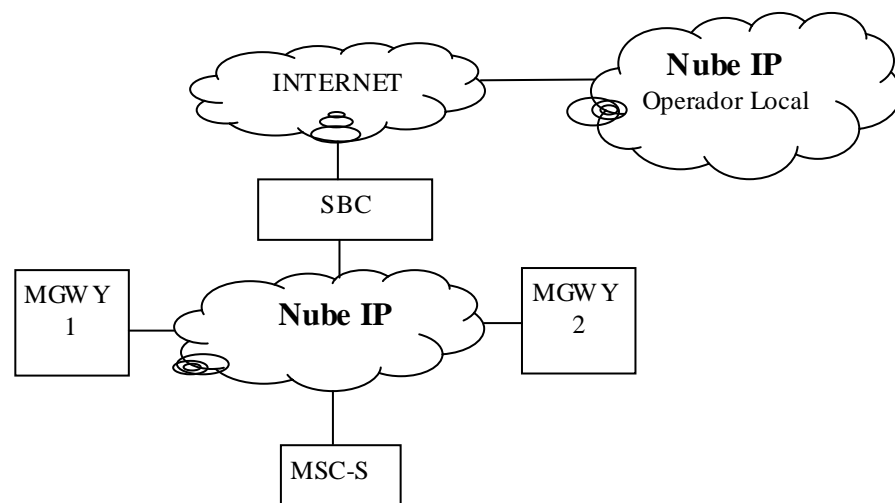
La parte que interesa recalcar, es la comunicación entre centrales de conmutación por paquetes, dicha comunicación la logran a través de la nube IP, de manera que todos lo dispositivos que se encuentren interconectados a la nube, puede establecer comunicación, si embargo lo que hay detrás de la nube, son dispositivos denominados routers, que son los encargados de transportar los datos a otros routers dentro de una red IP y de esta forma llevar la información a cada uno de los punto finales. Ver figura 19.

Figura 19. Modelo de interconexión de redes VOIP a nivel local



La figura 19, es parecida a la figura 18, con la diferencia que este modelo presenta la parte de interconexión con un operador local a través de la red de datos, tal como lo muestra la figura 20, que es lo que interesa analizar.

Figura 20. Modelo de interconexión de red de datos



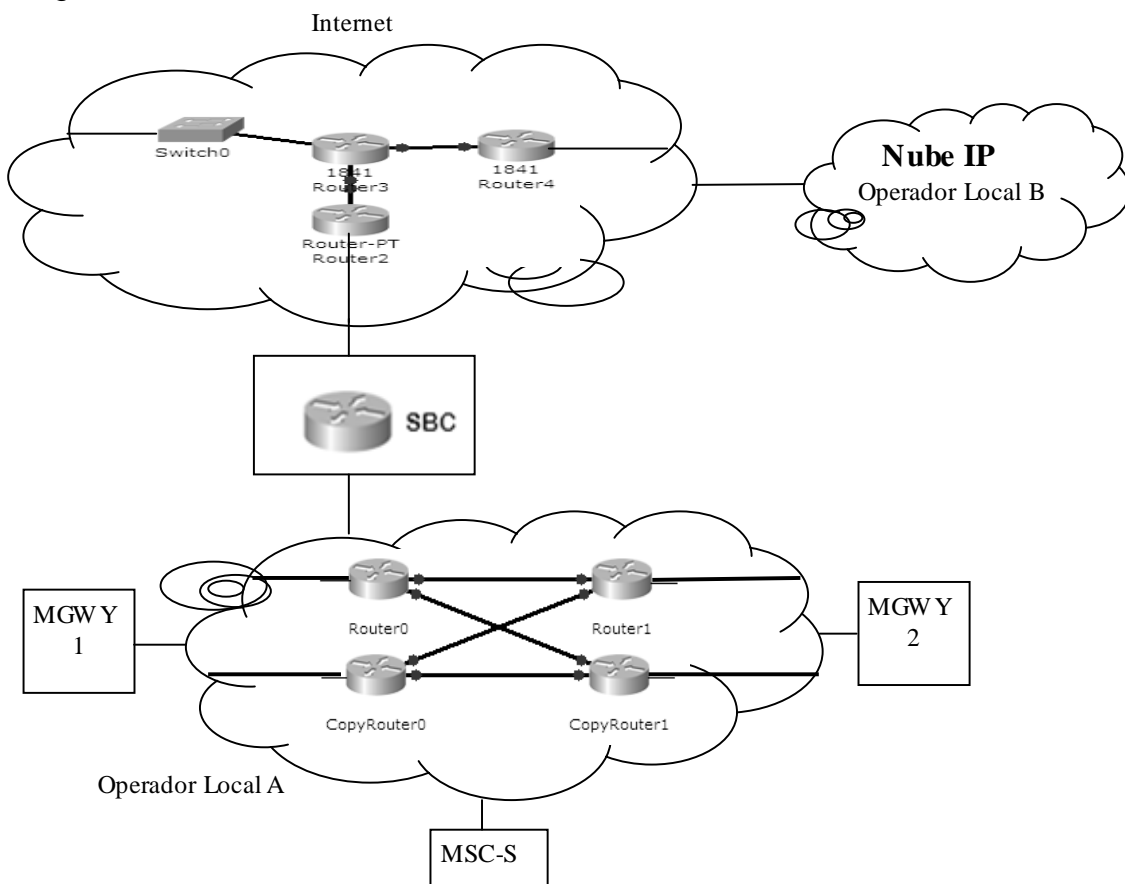
La nube IP del operador local podría tener conectado MGW y un MSC-S tal como se observa del lado del modelo interno, sin embargo una de las partes importantes de esta red que interesa conocer es la función que desempeña el dispositivo denominado SBC (Sesión de Control de Borde).

De forma general los SBC`s son dispositivos que se colocan en la ruta de señalización y datos (voz y video) entre el que llama y el que es llamado, los SBC`s entienden tanto la señalización usada como los datos convertidos en voz, actúa como si fuera el teléfono VOIP al que se llama y realiza una segunda llamada al teléfono VOIP que se llamó originalmente, el efecto es que el tráfico, tanto de señalización de voz como el de video, tiene que atravesar el SBC.

Un SBC además de ser un dispositivo de interconexión entre redes IP, también actúa como un dispositivo de seguridad, y permitir sólo el paso de paquetes de VOIP a la red del proveedor, protege contra ataques identificando el tráfico que no es propio de la red, los mensajes de control y señalización que atraviesan el SBC pueden ser re-escritos, con lo que se logra un efecto de ocultamiento a los clientes y otros proveedores, de los detalles de la topología del proveedor que usa el SBC.

Para lograr la interconexión a futuro entre operadores locales, es necesario contar con un SBC entre ellos de manera que pueda establecer la seguridad de una red para otra, así mismo del lado de cada una de las redes se deben tener redes con las mismas características, de tal forma que no existan incompatibilidades de una con la otra. Ver figura 21.

Figura 21. Modelo de interconexión de una red VOIP con routers



En la figura 21, se presenta un diagrama de lo que se podría encontrar dentro de las nubes IP.

3.3 Dimensionamiento y características del sistema.

Las actuales centrales monolíticas son dimensionadas de acuerdo a la cantidad de tráfico cursado en su hora mas cargada, generalmente el criterio que se adopta es que la central no debe de sobrepasar el 80% de su capacidad en su hora mas cargada, el objetivo de este criterio es evitar tener una red con fallas y congestión, este mismo criterio también es aplicado para las centrales de conmutación por paquetes.

Otro de los parámetros importantes que se debe tomar en cuenta para el dimensionamiento de las centrales, es conocer la pendiente de crecimiento de tráfico o de datos, conociendo este parámetro se puede hacer una proyección para predecir en que momento la central llegará al 80% de su capacidad, de tal forma que este dato será de utilidad para contar con el equipo necesario y permanecer por debajo de la capacidad permitida.

Las actuales centrales monolíticas pueden ser constantemente ampliadas, a demás se pueden colocar muchas de ellas para brindar la capacidad necesaria y así satisfacer la demanda, sin embargo estas centrales tienen restricciones en capacidad, en tamaño físico, costos y otros elementos importantes, lo cual es una desventaja ante las centrales de conmutación por paquetes.

Para las centrales de conmutación por paquetes, el concepto de Erlang (unidad de tráfico en centrales monolíticas) no existe, el tráfico que existe es medido en cantidad de bits cursados sobre segundo (bps).

Las operadoras de telefonía, que actualmente cuentan con centrales de conmutación por paquetes, para su dimensionamiento, tuvieron como punto de partida el conocer los parámetros de tráfico de sus centrales de conmutación por circuitos, actualmente menos de un 50% de su tráfico es cursado a través de las centrales de conmutación por paquetes, la idea es que al menos el 80% su tráfico curse estas centrales para ofrecer todos los servicios que brinda esta tecnología.

Para dimensionar una central de conmutación por paquetes es necesario conocer que relación hay entre la medida de tráfico cursada en un red de conmutación por circuitos respecto a la red de datos y tomar las consideraciones que brindan los proveedores de las centrales.

3.3.1 Demanda de ancho de banda.

Según el proveedor Ericsson, de centrales de conmutación por paquetes, una central que utilice el CODEC de AMR, durante una conversación activa en IPv4, el ancho de banda que demanda es de 56 a 75 bytes, durante la conversación, se envían paquetes de datos a cada 20 milisegundos, sin embargo, hay un factor de silencio que es tomado en cuenta, por lo que se envían paquetes de 49 bytes transmitidos a cada 160 milisegundos, esta es una característica propia de este CODEC, la cual puede variar con otros.

Para el caso de llamadas de datos, un paquete IPv4 de 84 bytes se envía cada 5 milisegundos, este también es el caso para las conversaciones con CODEC PCM cuando no se dispone de CODEC HR y FR en GSM.

En la tabla II, se presentan diferentes paquetes IP con CODEC de AMR y PCM.

Tabla II. Tamaño en Bytes de paquetes IP

Paquete IP	AMR 12.2	AMR (silencio)	PCM
Tamaño del Paquete	75 bytes	49 bytes	84 bytes

En la tabla II, se presentan el tamaño de cuadro del protocolo Ethernet e IEEE 802.3.

Tabla III. Tamaño de cuadros en bytes

Cuadro	Ethernet	IEEE 802.3
Tamaño de Cuadro	42 bytes	50 bytes

Para las llamadas en AMR se utiliza un factor del 60% de actividad, la diferencia se encuentra en el ancho de banda de Ethernet.

Por ejemplo, según los datos de las tablas anteriores:

Caso AMR:

$$0.6 (75 +42 \text{ bytes})/ 20 \text{ ms} + 0.4 (49 + 42 \text{ bytes}) / 160 \text{ ms} = \mathbf{29.9 \text{ kb/s}}$$

Caso PCM:

$(84 + 42 \text{ bytes}) / 5 \text{ ms} = \mathbf{201.6 \text{ kb/s}}$.

Ver documento de Ericsson "Funcionalidad de IP en M-MGw"

Conociendo la demanda de ancho de banda por segundo, se pueden hacer los cálculos para una central de conmutación por paquetes.

Por ejemplo: contamos con una central de conmutación por circuitos la cual cuenta con 4000 circuitos, deseamos migrar el tráfico de la misma a una central de conmutación por paquetes para ofrecer nuevos servicios, la central cursa en hora pico un promedio diario de 3000 erlang, que capacidad tendrá la central de conmutación por paquetes con las misma cantidad de circuitos?

Para 4000 circuitos al 1% de congestión, utilizando la fórmula de Erlang, la capacidad de tráfico a soportar en estos circuitos es de:

Tráfico (4000, 1%) = 3983.21 Erlang

Para una central de conmutación por circuitos, para poder cursar 3000 Erlang son necesarios 3023 circuitos al un 1% de congestión, según la fórmula de circuitos necesarios de Erlang.

Por lo que la ocupación de la central de conmutación por circuitos es de:

$$\% \text{ de ocupación} = (\text{tráfico cursado} / \text{capacidad teórica}) * 100\%$$

$$\% \text{ de ocupación} = (3000 \text{ Erlang} / 3983.21 \text{ Erlang}) * 100\% = 75\%.30$$

En una central de conmutación por circuitos, cada circuito demanda un ancho de banda de 64Kbps, por lo que teóricamente para 3000 Erlang se requiere un ancho de banda de:

$$3023 * 64 \text{ Kbps} = 193,472 \text{ kb}$$

Haciendo la comparación de una central de conmutación por paquetes que tenga un CODEC AMR, el factor que se utilizará es de 29.9 kbps

$$3023 * 29.9 \text{ kbps} = 90,397 \text{ kb}$$

Haciendo una relación, comparando este último dato obtenido con el anterior, para una centra de paquetes con AMR, los 3000 Erlang representan el 47% de lo que demandaría una central de conmutación por circuitos.

Por lo que para una central de conmutación por paquetes con 4000 circuitos el tráfico de 3000 Erlang cursados en hora cargada representa el 35.31% de la capacidad de la misma.

Es decir:

$$4000 \text{ circuitos} * 64 \text{Kbps} = 256,000 \text{ kb}$$

$$3023 \text{ circuitos} * 29.9 \text{ Kbps} = 90,397 \text{ kb}$$

Por lo que la capacidad de una central de conmutación por paquetes sería de:

$$(90,397 \text{ kb} / 256,000 \text{ kb}) * 100\% = 35.31\%$$

Casi igual a una tercera parte.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

El propósito de este capítulo es mostrar un análisis económico de la migración de las centrales de conmutación por circuito a centrales de conmutación por paquetes y específicamente, el propósito de este estudio es analizar solamente la parte relacionada a las centrales de comunicación, por lo que se hará una comparación costo/benéfico a dos años entre una central y la otra planteando un mismo escenario.

Para ambos escenarios se hará el análisis económico de la parte de conmutación como para la parte de transmisión.

Al final de este capítulo se determinará la viabilidad de la adquisición de las centrales de conmutación por paquetes, haciendo la comparación con las centrales de conmutación por circuitos a nivel económico y se determinará la velocidad de retorno de inversión en cada una de las mismas.

Para llevar a cabo dicho análisis se planteará un escenario muy apegado a la realidad, el cual servirá para llevar a cabo este estudio.

ESCENARIO DE ANÁLISIS:

Una compañía de telecomunicaciones registró la siguiente tasa de crecimiento en hora cargada su tráfico, desde el año 2006 a septiembre del año 2008 los datos son reales, a partir de octubre del año 2008 al año 2010 se presenta una proyección de tráfico esperado por la compañía.

Figura 22. Tráfico en hora cagada desde el 2006 al 2010

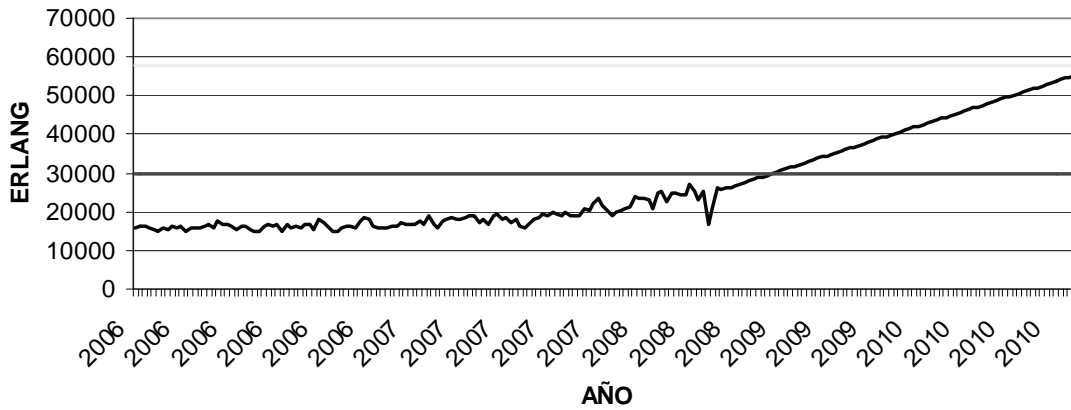


Tabla IV. Proyección de tráfico en hora cargada por año.

Poyección de Tráfico			
Durante el	Tráfico en Hora cargada / año	Incremento de Tráfico	Tasa de Crecimiento Respecto a año Anterior
2007	20000	5000	33%
2008	28500	8500	43%
2009	39000	10500	37%
2010	50000	11000	28%

Para el año 2008 la compañía cuenta con tres centrales de conmutación por circuitos cada una con capacidad teórica de 11,700 Erlang, según la tabla IV, para el año 2,009 y 2,010 se espera un incremento de 10,500 y 11,000 Erlang al final de cada año respectivamente. Partiendo del escenario plasmado, se analizarán dos partes:

- 1) Crecimiento con centrales de conmutación por circuitos.
- 2) Crecimiento con centrales de conmutación por paquetes.

Es necesario tomar en cuenta que este tipo de análisis se realiza con información del comportamiento de la hora más cargada de toda la red por día, ya que esta hora define la máxima utilización que puede llegar a tener cada una de las centrales en función. En cada parte se hará un análisis a nivel de conmutación y a nivel de interconexión, ya que es en estos puntos donde se marca la diferencia de una tecnología a otra, al final se integraran los dos análisis realizados para observar un solo informe económico.

4.1 Crecimiento con centrales de conmutación por circuito.

4.1.1 Análisis de inversión a nivel de conmutación:

Según el escenario descrito, para finales del 2008 la compañía cuenta con 3 centrales con capacidad de 11,700 Erlang cada una, por lo que se cuenta con 35,100 Erlang de capacidad total, según el cuadro de proyección de tráfico.

Para finales del 2008 la compañía estará cursando alrededor de 29,000 Erlang en su hora mas cargada al día, para finales del año 2,009 el trafico que estará demandando la red será de 39,000 Erlang y para 2,010 de 50,000 Erlang.

Tabla V. Comportamiento de la red por mes

Año	Mes	Cantidad de Centrales	Capacidad Total en Erlang	Tráfico de la Red en Hora Cargada en Erlang	Utilización de la Red
2008	Octubre	3	35100	26,300	75%
2008	Noviembre	3	35100	27,500	78%
2008	Diciembre	3	35100	29,000	83%
2009	Enero	3	35100	29,833	85%
2009	Febrero	4	46800	30,667	66%
2009	Marzo	4	46800	31,500	67%
2009	Abril	4	46800	32,333	69%
2009	Mayo	4	46800	33,167	71%
2009	Junio	4	46800	34,000	73%
2009	Julio	4	46800	34,833	74%
2009	Agosto	4	46800	35,667	76%
2009	Septiembre	4	46800	36,500	78%
2009	Octubre	4	46800	37,333	80%
2009	Noviembre	4	46800	38,167	82%
2009	Diciembre	4	46800	39,000	83%
2010	Enero	4	46800	39,917	85%
2010	Febrero	5	58500	40,833	70%
2010	Marzo	5	58500	41,750	71%
2010	Abril	5	58500	42,667	73%
2010	Mayo	5	58500	43,583	75%
2010	Junio	5	58500	44,500	76%
2010	Julio	5	58500	45,417	78%
2010	Agosto	5	58500	46,333	79%
2010	Septiembre	5	58500	47,250	81%
2010	Octubre	5	58500	48,167	82%
2010	Noviembre	5	58500	49,083	84%
2010	Diciembre	5	58500	50,000	85%

Según tabla V, es necesario tener incorporada a la red la cuarta central a finales del enero del año 2009, para esas fechas las tres centrales presentarán una ocupación del 85% en la red, para finales de enero del año 2010 será necesario incorporar la quinta central ya que las cuatro centrales presentarán en su hora mas cargada 85% de ocupación en la red.

Para finales del año 2010 la quinta central estará presentado una ocupación del un 85% según el tráfico proyectado, por lo que se verá la necesidad de crecer en otra central.

En la tabla VI, se muestra la inversión total a nivel de conmutación durante los años 2009 y 2010.

Tabla VI. Costo de inversión en conmutación.

Central Modelo MSC 3 y 8 STM-1			
Descripcion	Cantidad	Precio en 2009	Precio en 2010
GTP Ver. 4.1 504:0 R10 con APZ 21240	1	US \$ 894,962.43	US \$ 850,214.31
Armario ET4-1 para 6 STM-1	1	US \$ 41,475.22	US \$ 39,401.46
Armario ET4-1 para 2 STM-1	1	US \$ 13,824.94	US \$ 13,133.69
Total		US \$ 950,262.59	US \$ 902,749.46

4.1.2 Análisis de inversión a nivel de transmisión:

Actualmente hay empresas que prestan el servicio de transporte o trasmisión de información entre centrales, así también las mismas empresas de comunicaciones hacen la inversión y adquieren todo lo necesario para tener sus propios equipos de transporte, para este análisis se adquirirá el servicio de una empresa de transporte de información.

Las empresas que prestan el servicio de transporte actualmente manejan un precio promedio de \$1000 / mes por E1 utilizado, para este análisis se manejara este precio por E1 utilizado por concepto de transporte.

El tráfico de la compañía crecerá gradualmente según la tabla IV, hasta demandar a finales del 2,010 un tráfico de aproximadamente 50,000 Erlang, las centrales por límites de ingeniería no deben presentar ocupación por arriba del 85% de su capacidad máxima, por lo que gradualmente deben ser monitoreadas para indicar el momento apropiado para una ampliación de capacidad.

Las centrales utilizadas son de una capacidad teórica de 11,700 Erlang, 6 STM-1 cubren esta capacidad, por lo que se calcula el valor por mes de un STM-1 que se debe pagar por el uso del transporte durante los años 2,009 y 2,010.

Tabla VII. Costo total de transmisión mensual por STM1

STM1	E1	Costo / E1	Total 6 Stm-1
1	63	US \$ 1,000.00	US \$ 63,000.00

La tabla VIII, presenta el costo por mes de las centrales a nivel de transmisión desde febrero del año 2009 a finales del año 2010:

Tabla VIII. Costo total por transmisión.

Año	Mes	Integración de	Costo por STM1	Costo Mensul Por Central
2009	Febrero	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Marzo	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Abril	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Mayo	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Junio	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Julio	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Agosto	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Septiembre	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Octubre	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Noviembre	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2009	Diciembre	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Enero	4ta. central	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Febrero	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Marzo	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Abril	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Mayo	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Junio	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Julio	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Agosto	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Septiembre	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Octubre	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Noviembre	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
2010	Diciembre	5ta. Central	US \$ 63,000.00	US \$ 756,000.00
Total				US \$ 12,852,000.00

4.1.3 Análisis de costo total de la inversión:

Conociendo los parámetros de inversión en conmutación y los gastos mensuales en transmisión que se muestran en la tabla IX, el costo total durante los años 2009 y 2,010 de las dos centrales es:

Tabla IX. Inversión de transmisión y conmutación.

Año	Inversión de Conmutación	Inversión de transmisión	Total Invertido
2009	US \$ 950,262.59	US \$ 4,536,000.00	US \$ 5,486,262.59
2010	US \$ 902,749.46	US \$ 8,316,000.00	US \$ 9,218,749.46

Total	\$14,705,012.05
--------------	------------------------

En la siguiente tabla se presenta el retorno de inversión de las dos centrales tomando en cuenta los gastos de inversión de conmutación y lo gastos mensuales de transmisión:

Tabla X. Retorno de inversión en centrales de conmutación por circuito

Año	Mes	Cantidad de Centrales	Tráfico por mes de toda la Red	Tráfico por Central	Ingreso en \$ por Central/mes	Inversión por Conmutación	Inversión por Transmisión	Recuperación de la Inversión	% de inversión
2008	Octubre	3	7,890,000	2,630,000	US \$ 5,365,200.00				
2008	Noviembre	3	8,250,000	2,750,000	US \$ 5,610,000.00				
2008	Diciembre	3	8,700,000	2,900,000	US \$ 5,916,000.00				
2009	Enero	3	8,950,000	2,983,333	US \$ 6,086,000.00				
2009	Febrero	3	9,200,000	3,066,667	US \$ 6,256,000.00	US \$ 950,262.59	US \$ 378,000.00	US \$ 4,927,737.41	21.23%
2009	Marzo	4	9,450,000	2,362,500	US \$ 4,819,500.00		US \$ 378,000.00	US \$ 4,441,500.00	7.84%
2009	Abril	4	9,700,000	2,425,000	US \$ 4,947,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 4,569,000.00	7.64%
2009	Mayo	4	9,950,000	2,487,500	US \$ 5,074,500.00		US \$ 378,000.00	US \$ 4,696,500.00	7.45%
2009	Junio	4	10,200,000	2,550,000	US \$ 5,202,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 4,824,000.00	7.27%
2009	Julio	4	10,450,000	2,612,500	US \$ 5,329,500.00		US \$ 378,000.00	US \$ 4,951,500.00	7.09%
2009	Agosto	4	10,700,000	2,675,000	US \$ 5,457,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 5,079,000.00	6.93%
2009	Septiembre	4	10,950,000	2,737,500	US \$ 5,584,500.00		US \$ 378,000.00	US \$ 5,206,500.00	6.77%
2009	Octubre	4	11,200,000	2,800,000	US \$ 5,712,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 5,334,000.00	6.62%
2009	Noviembre	4	11,450,000	2,862,500	US \$ 5,839,500.00		US \$ 378,000.00	US \$ 5,461,500.00	6.47%
2009	Diciembre	4	11,700,000	2,925,000	US \$ 5,967,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 5,589,000.00	6.33%
2010	Enero	4	11,975,000	2,993,750	US \$ 6,107,250.00		US \$ 378,000.00	US \$ 5,729,250.00	6.19%
2010	Febrero	4	12,250,000	3,062,500	US \$ 6,247,500.00	US \$ 902,749.46	US \$ 756,000.00	US \$ 4,588,750.54	26.55%
2010	Marzo	5	12,525,000	2,505,000	US \$ 5,110,200.00		US \$ 756,000.00	US \$ 4,354,200.00	14.79%
2010	Abril	5	12,800,000	2,560,000	US \$ 5,222,400.00		US \$ 756,000.00	US \$ 4,466,400.00	14.48%
2010	Mayo	5	13,075,000	2,615,000	US \$ 5,334,600.00		US \$ 756,000.00	US \$ 4,578,600.00	14.17%
2010	Junio	5	13,350,000	2,670,000	US \$ 5,446,800.00		US \$ 756,000.00	US \$ 4,690,800.00	13.88%
2010	Julio	5	13,625,000	2,725,000	US \$ 5,559,000.00		US \$ 756,000.00	US \$ 4,803,000.00	13.60%
2010	Agosto	5	13,900,000	2,780,000	US \$ 5,671,200.00		US \$ 756,000.00	US \$ 4,915,200.00	13.33%
2010	Septiembre	5	14,175,000	2,835,000	US \$ 5,783,400.00		US \$ 756,000.00	US \$ 5,027,400.00	13.07%
2010	Octubre	5	14,450,000	2,890,000	US \$ 5,895,600.00		US \$ 756,000.00	US \$ 5,139,600.00	12.82%
2010	Noviembre	5	14,725,000	2,945,000	US \$ 6,007,800.00		US \$ 756,000.00	US \$ 5,251,800.00	12.58%
2010	Diciembre	5	15,000,000	3,000,000	US \$ 6,120,000.00		US \$ 756,000.00	US \$ 5,364,000.00	12.35%

Cuando se hace una inversión en telecomunicaciones lógicamente se piensa en la compra de radio bases, sistemas radiantes, adquisición de sitios donde irán las radio bases, construcción de los sitios físicos, en fin y más aspectos que se toman en cuenta para estos proyectos. Sin embargo parte de lo que muestra en la tabla X, en su última columna es el porcentaje de inversión que hace la parte de conmutación y la parte de transmisión.

Según el tráfico proyectado, la inversión de la cuarta central a nivel de transmisión mas conmutación durante el primer mes representa el 21.23% de sus ingresos proyectados, a partir del segundo mes, la inversión mensual en transmisión representara el 7% en promedio mensual.

Siguiendo la proyección de tráfico, la inversión para la quinta central representa el 26.55% de sus ingresos proyectados, a partir del segundo mes, la inversión mensual en transmisión representa el 13.5% en promedio mensual que es el pago de transmisión por las dos centrales.

4.2 Crecimiento con centrales de conmutación por paquete.

4.2.1 Análisis de inversión a nivel de conmutación:

Según el escenario descrito, para finales del mes de enero del año 2009 tendría que incorporarse a la red, la nueva central de conmutación por paquetes, adicional a la nueva central es necesario incorporar la parte de control, la cual indicará a la central que hacer.

Como se describió en el capítulo 3, sección 3.4.1 “Demanda de Ancho de Banda”, la relación de una central de conmutación por paquetes respecto a la de circuitos es de aproximadamente 3 a 1 utilizando un codec AMR, se supondrá que la nueva central de conmutación de paquetes es de la misma capacidad que la central de conmutación por circuitos.

Teóricamente es como si se incorporara a la red, la capacidad de tres centrales de conmutación por circuitos, esto es suponiendo que la central se utilizará solo para servicios de voz.

Tabla XI. Comportamiento de la red con central de paquetes.

Año	Mes	Cantidad de Centrales	Capacidad Total en Erlang	Tráfico de la Red en Hora Cargada en Erlang	Utilización de la Red
2008	Octubre	3	35100	26,300	75%
2008	Noviembre	3	35100	27,500	78%
2008	Diciembre	3	35100	29,000	83%
2009	Enero	3	35100	29,833	85%
2009	Febrero	6	70200	30,667	44%
2009	Marzo	6	70200	31,500	45%
2009	Abril	6	70200	32,333	46%
2009	Mayo	6	70200	33,167	47%
2009	Junio	6	70200	34,000	48%
2009	Julio	6	70200	34,833	50%
2009	Agosto	6	70200	35,667	51%
2009	Septiembre	6	70200	36,500	52%
2009	Octubre	6	70200	37,333	53%
2009	Noviembre	6	70200	38,167	54%
2009	Diciembre	6	70200	39,000	56%
2010	Enero	6	70200	39,917	57%
2010	Febrero	6	70200	40,833	58%
2010	Marzo	6	70200	41,750	59%
2010	Abril	6	70200	42,667	61%
2010	Mayo	6	70200	43,583	62%
2010	Junio	6	70200	44,500	63%
2010	Julio	6	70200	45,417	65%
2010	Agosto	6	70200	46,333	66%
2010	Septiembre	6	70200	47,250	67%
2010	Octubre	6	70200	48,167	69%
2010	Noviembre	6	70200	49,083	70%
2010	Diciembre	6	70200	50,000	71%

Según tabla XI, es necesario tener incorporada a la red la central de paquetes a finales del enero del año 2009, para esas fechas las tres centrales presentarán una ocupación del 85% en la red, integrando la nueva central de paquetes se tendrá la suficiente capacidad hasta finales del año 2010 si solo se utilizará para voz.

El costo de inversión por en conmutación es de US \$800,187.03, que se despliega de la siguiente forma, ver tabla XII.

Tabla XII. Detalle de inversión en conmutación.

Central de Conmutación por Paquetes		
Descripción	Cantidad	Precio en 2009
MSC'c (servidor de Control) e instalación y pruebas	1	US \$ 390,200.00
MGw HW Plataforma GMP V3.0 modelo 3003	1	US \$ 207,506.17
Expansión de 2 puertos protegidos (2+2) Gigabit Ethernet	1	US \$ 25,867.02
Softwore MGw Básico para R4 para GSM	1	US \$ 118,127.84
Instalación y Pruebas MGw	1	US \$ 58,486.00
Total		US \$ 800,187.03

4.2.2 Análisis de inversión a nivel de transmisión:

Para este análisis también se tomará en cuenta que el transporte va ser rentado a una empresa que preste este servicio, por lo que una central de conmutación por paquetes de la misma capacidad en Erlang que las de una central de conmutación por circuitos cuenta con 6 STM-1 para soportar el tráfico máximo.

Es necesario tomar en cuenta que esta nueva central necesita de dispositivos llamados Demultiplexores, que sirven para el acoplamiento de una central de conmutación por circuitos, para este caso se utilizarán tarjetas por cada STM-1 utilizado, por lo que para este caso se utilizarán 6 tarjetas.

Tabla XIII. Costo de multiplexores

Descripción	Cantidad	Costo/unidad	Costo Total
Demultiplexores (DDF)	6	\$2,000.00	\$12,000.00

Tabla XIV. Costo total a nivel de transmisión.

Año	Mes	Integración de MGw con STM1	Tráfico en Hora cargada	Capacidad total	Ocupación total de la red	Costo por STM1	Costo Mensul Por STM1's utiles
2009	Enero		29,833.33	35,100	85.00%		
2009	Febrero	4	30,666.67	58,573	52.36%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Marzo	4	31,500.00	58,573	53.78%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Abril	4	32,333.33	58,573	55.20%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Mayo	4	33,166.67	58,573	56.62%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Junio	4	34,000.00	58,573	58.05%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Julio	4	34,833.33	58,573	59.47%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Agosto	4	35,666.67	58,573	60.89%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Septiembre	4	36,500.00	58,573	62.31%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Octubre	4	37,333.33	58,573	63.74%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Noviembre	4	38,166.67	58,573	65.16%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2009	Diciembre	4	39,000.00	58,573	66.58%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2010	Enero	4	39,916.67	58,573	68.15%	US \$ 63,000.00	US \$ 252,000.00
2010	Febrero	6	40,833.33	70,394	58.01%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Marzo	6	41,750.00	70,394	59.31%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Abril	6	42,666.67	70,394	60.61%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Mayo	6	43,583.33	70,394	61.91%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Junio	6	44,500.00	70,394	63.22%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Julio	6	45,416.67	70,394	64.52%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Agosto	6	46,333.33	70,394	65.82%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Septiembre	6	47,250.00	70,394	67.12%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Octubre	6	48,166.67	70,394	68.42%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Noviembre	6	49,083.33	70,394	69.73%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
2010	Diciembre	6	50,000.00	70,394	71.03%	US \$ 63,000.00	US \$ 378,000.00
Total						US \$ 7,182,000.00	

Según información de la tabla XI, si se integrara la central con toda su capacidad esta presentaría una ocupación de menos de un 50%, para este caso la capacidad debe de incrementarse según la demanda de tráfico en su hora cargada, de esta forma se pagará solamente por los STM-1 utilizados en su momento, ver tabla XIV.

4.2.3 Análisis de Costo Total de la Inversión:

Conociendo los parámetros de inversión en conmutación y los gastos mensuales en transmisión que se muestran en la tabla XII, el costo total durante los años 2009 y 2,010 de la central de conmutación por paquetes es:

Tabla XV. Inversión total

Año	Inversión de Conmutación	Inversión de Transmisión y Multiplexores	Total Invertido
2009	US \$ 800,187.03	US \$ 7,194,000.00	US \$ 7,994,187.03

En la siguiente tabla se presenta el retorno de inversión de la central tomando en cuenta los gastos de iniciales de conmutación y lo gastos mensuales de transmisión:

Tabla XVI. Retorno de inversión

Año	Mes	Cantidad de Centrales	Tráfico por mes de toda la Red	Tráfico por Central	Ingreso en \$ por Central/mes	Inversión por Conmutación	Inversión por Transmisión	Recuperación de la Inversión	% de inversión
2008	Octubre	3	7,890,000	2,630,000	US \$ 5,365,200.00				
2008	Noviembre	3	8,250,000	2,750,000	US \$ 5,610,000.00				
2008	Diciembre	3	8,700,000	2,900,000	US \$ 5,916,000.00				
2009	Enero	3	8,950,000	2,983,333	US \$ 6,086,000.00				
2009	Febrero	4	9,200,000	250,000	US \$ 510,000.00	US \$ 800,187.03	US \$ 264,000.00	-\$ 554,187.03	
2009	Marzo	4	9,450,000	500,000	US \$ 1,020,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 768,000.00	25%
2009	Abril	4	9,700,000	750,000	US \$ 1,530,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 1,278,000.00	16%
2009	Mayo	4	9,950,000	1,000,000	US \$ 2,040,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 1,788,000.00	12%
2009	Junio	4	10,200,000	1,250,000	US \$ 2,550,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 2,298,000.00	10%
2009	Julio	4	10,450,000	1,500,000	US \$ 3,060,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 2,808,000.00	8%
2009	Agosto	4	10,700,000	1,750,000	US \$ 3,570,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 3,318,000.00	7%
2009	Septiembre	4	10,950,000	2,000,000	US \$ 4,080,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 3,828,000.00	6%
2009	Octubre	4	11,200,000	2,250,000	US \$ 4,590,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 4,338,000.00	5%
2009	Noviembre	4	11,450,000	2,500,000	US \$ 5,100,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 4,848,000.00	5%
2009	Diciembre	4	11,700,000	2,750,000	US \$ 5,610,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 5,358,000.00	4%
2010	Enero	4	11,975,000	3,025,000	US \$ 6,171,000.00		US \$ 252,000.00	US \$ 5,919,000.00	4%
2010	Febrero	4	12,250,000	3,300,000	US \$ 6,732,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 6,354,000.00	6%
2010	Marzo	4	12,525,000	3,575,000	US \$ 7,293,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 6,915,000.00	5%
2010	Abril	4	12,800,000	3,850,000	US \$ 7,854,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 7,476,000.00	5%
2010	Mayo	4	13,075,000	4,125,000	US \$ 8,415,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 8,037,000.00	4%
2010	Junio	4	13,350,000	4,400,000	US \$ 8,976,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 8,598,000.00	4%
2010	Julio	4	13,625,000	4,675,000	US \$ 9,537,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 9,159,000.00	4%
2010	Agosto	4	13,900,000	4,950,000	US \$ 10,098,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 9,720,000.00	4%
2010	Septiembre	4	14,175,000	5,225,000	US \$ 10,659,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 10,281,000.00	4%
2010	Octubre	4	14,450,000	5,500,000	US \$ 11,220,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 10,842,000.00	3%
2010	Noviembre	4	14,725,000	5,775,000	US \$ 11,781,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 11,403,000.00	3%
2010	Diciembre	4	15,000,000	6,050,000	US \$ 12,342,000.00		US \$ 378,000.00	US \$ 11,964,000.00	3%

Es necesario aclarar que durante el primer mes el retorno de la inversión será de valores negativos, lo que significa que no hay retorno en la inversión, debido a que los gastos y pagos iniciales superan los ingresos, para el segundo mes, el gasto de la inversión representa el 25% de los ingresos mensuales, el retorno de la inversión de la central de VOIP es apreciable durante el segundo mes con un 75% de los ingresos.

A partir del tercer mes en adelante los gastos operativos son por transmisión, por lo que representan un 6% en promedio por mes hasta finales del año 2010.

4.3 Viabilidad económica del proyecto:

Tabla XVII. Retorno de comparación de inversión

	Inversión Centrales de Conmutación por Circuitos	Inversión Centrales de Conmutación por Paquetes
Conmutación	US \$ 1,853,012.05	US \$ 800,187.03
Transmisión	US \$ 12,852,000.00	US \$ 7,194,000.00
Total	US \$ 14,705,012.05	US \$ 7,994,187.03

En la tabla XVII, se presenta la comparación del gasto económico que representa el optar por la tecnología de conmutación por paquetes y la tecnología de conmutación por circuitos.

Según tabla XVII, el gasto en la inversión de tecnología de conmutación por paquetes representa un 54% de la inversión de conmutación por circuitos, por lo que el proyecto es más rentable optando por este tipo de tecnología.

CONCLUSIONES

1. Actualmente, la Superintendencia de Telecomunicaciones en Guatemala aplica para la interconexión de centrales de conmutación por paquetes las mismas normas de interconexión de centrales de conmutación por circuitos, aunque a la fecha no se han interconectado centrales de conmutación por paquetes entre diferentes operadores, sin embargo los mismo principios básicos de la actual ley servirán como base para los acuerdo de interconexión, para este tipo de centrales.

2. Los actuales protocolos con los que trabajan actualmente las centrales de conmutación por paquetes son:
 - Protocolo GCP, entre un MGW y una MSC-S
 - Protocolo BICC, Entre una MSC-S y otra MSC-S
 - Protocolo IPBCP o QAAL2, Entre MGW y otro MGW

3. Los protocolos que predominaran el en futuro para redes completamente de tercera generación serán:
 - Protocolo H323, soporta transmisión de datos de audio y video en tiempo real.
 - Protocolo SIP, dedicado específicamente para telefonía sobre IP.

4. La ventaja que tiene implementar centrales de conmutación de paquetes en las redes actuales representa entre el 50% y 55% del valor de los costos de integración de un central de conmutación de circuitos.

5. La ventaja que tiene implementar centrales de conmutación por paquetes representa contar con tres veces la capacidad en ancho de banda comparada con la capacidad dada por una central de conmutación por circuitos si exclusivamente dicha central esta designada a cursar tráfico de voz.

6. Para la interconexión de rutas entre operadores será necesario el uso de dispositivos llamados SBC's (sesión de control de borde) que son dispositivos que se colocan entre las rutas de señalización las cuales diferencian entre paquetes de voz y datos de un operador y otro, así mismo es un dispositivo que le brinda seguridad a las redes donde es utilizado.

RECOMENDACIONES

1. La migración de redes de telecomunicaciones con centrales de conmutación por paquetes, traerá como beneficio a los diferentes operadores ahorros económicos a largo plazo en temas de transmisión y temas relacionados de conmutación y mantenimiento.
2. A nivel de regulación de la SIT entre operadores, será necesario contemplar cláusulas legales de los niveles de calidad de audio y video, con el fin de mantener un alto nivel de calidad del servicio entre los mismo.
3. Actualmente no se han interconectado centrales de conmutación por paquetes de un operador local con otro, por lo que cuando llegue el momento será necesario el uso de dispositivos SBC's (sesión de control de borde) que diferenciaran información correspondiente de un operador con otro.

BIBLIOGRAFÍA:

1. ERICSSON, GSM Layered Architecture Network introduction
 - i. Student book LTZ 123 7998 R1A

2. ERICSSON, IMS Overview
 - i. Student book LTZ 123 8314 R1A

3. ERICSSON, GSM Signaling in the core network
 - i. Student book EN/LTZ 123 4734 R7B
 - ii. Binder 1/2

4. ERICSSON, GSM Signaling in the core network
 - i. Student book EN/LTZ 123 4734 R7B
 - ii. Binder 2/2

5. ERICSSON, IP Networking
 - i. Student book LTZ 123 7773 R3A

6. <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

7. Superintendencia de Telecomunicaciones SIT, República de Guatemala.
 - i. Ley General de Telecomunicaciones