

MIGRACIÓN DE TELEFONÍA IP DE UNA PLATAFORMA PROPIETARIA A UNA PLATAFORMA BAJO SOFTWARE LIBRE GNU/LINUX PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Quelal Taboada Karla Gabriela
Universidad Técnica del Norte
kgquelal@gmail.com

Resumen.- La telefonía IP es una aplicación de la tecnología VoIP, que es parte de las redes de múltiple servicio que integra voz y datos mediante el protocolo IP. Esta aplicación ha logrado reducción en los costos, integración de servicios en las redes y funcionalidades adicionales.

El presente artículo tiene como objetivo realizar un análisis de los requerimientos necesarios para la migración de Telefonía IP de una plataforma propietaria a una plataforma bajo Software Libre.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de telefonía IP en la Universidad Técnica del Norte (UTN), se encuentra actualmente funcionando bajo una plataforma Cisco que se maneja de manera cerrada; es decir, que utiliza protocolos y estándares propietarios y está sujeto a costes de licencias.

La migración de la Telefonía a una plataforma basada en Software Libre ofrece independencia y garantía a futuro; protocolos de señalización y estándares interoperables, posibilidad de independencia de proveedor, soporte de protocolos propietarios y capacidad de integración con entornos pre-existentes, inclusión de mayores códecs estándar, brindado a la UTN un sistema de VoIP, robusto, escalable, flexible y de alto rendimiento, que tenga las mismas características del servicio actual y algunas adicionales, que se podrán ampliar fácilmente dependiendo de las características de crecimiento estructural y organizacional.

II. CONCEPTOS BÁSICOS

A. Definición de VoIP

Voz sobre IP es una tecnología que permite la transmisión de la voz mediante paquetes basados en el protocolo IP, el mismo que envía la voz sin necesidad de utilizar circuitos analógicos de la telefonía tradicional PSTN. La voz sobre el protocolo de Internet utiliza su propio lenguaje informático y está sujeta a ciertas políticas de servicio.

B. Funcionamiento de VoIP

“La VoIP es el resultado del siguiente proceso; primero se transforma la voz de una señal continua a discreta en tiempo y amplitud, se muestrea esta señal para luego ser cuantificada (evaluada en el tiempo), después esta señal será codificada y por ultimo comprimida. Una vez que se ha realizado este proceso, la voz se encuentra en forma binaria, por lo que es posible formar paquetes para ser enviada por medio de la red de datos”[1]. En la siguiente figura (ver Imagen 1), se muestra el proceso de la voz para digitalizarse y enviarse por un canal de datos:

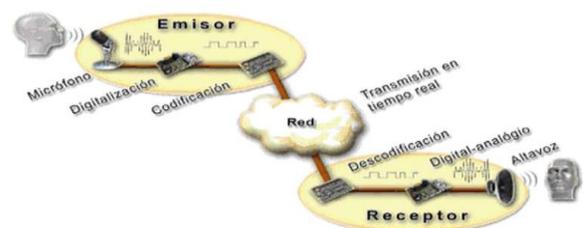


Imagen 1. Transmisión de la voz en redes digitales.

Fuente: Carballar Falcón, J. A. (2007). *VoIP. La tecnología de Internet.*

C. Telefonía IP

La telefonía IP es la aplicación inmediata de la tecnología VoIP. Es la prestación de servicios de telefonía donde la red de transporte para la voz es una red de datos bajo el protocolo IP. Permite hacer llamadas telefónicas ordinarias utilizando Internet, desde un PC y/o terminales que soporten el protocolo. Para hacer una llamada telefónica a través del protocolo IP, la voz debe ser digitalizada, comprimida y enviada en datagramas con formato IP.

La simplificación de la infraestructura de comunicaciones en un sistema unificado de telefonía, a través de la red de datos, convierte a la Telefonía IP en una aplicación con muchas ventajas, entre ellas: gestión centralizada, llamadas internas gratuitas, plan de numeración y acceso a funcionalidades como: IVR¹, buzones de voz, integración de agendas con gestor de correos electrónicos y muchas aplicaciones que pueden adaptarse a las necesidades de las empresas.

D. Protocolo H.323

Este protocolo fue creado para transmitir voz, video y datos sobre las redes de conmutación de paquetes en tiempo real. Se establece estándares para la compresión y decompresión de audio y video y especifica mecanismos de interoperabilidad de equipos fabricantes. H.323 tiene la capacidad de integrarse sin problemas con la PSTN y al mismo tiempo enviar comunicaciones a través de Internet. Las llamadas son enviadas sobre el protocolo TCP por el puerto 1720.

Arquitectura H.323

Consta de un conjunto de características y funciones, necesarias y opcionales. Cuenta con cuatro componentes:

Terminales: Se encuentran en los extremos de la red y proporcionan comunicaciones bilaterales en tiempo real. Los terminales H.323

obligatoriamente deben soportar comunicaciones con el códec G.711.

Gateway: Son los encargados de proporcionar la interconexión en tiempo real de terminales con terminales H.323 y gateways de la red conmutada.

Gatekeeper: Es el cerebro de H.323. Su función primordial es la traducción de direcciones y el control de acceso a la red.

No es un requerimiento obligatorio en un sistema H.323, pero para redes extensas existe la necesidad de centralizar la administración de control de llamadas. Una característica importante de un Gatekeeper es el enrutamiento de llamadas.

Unidad de Control Multipunto: Está diseñada para soportar la conferencia entre tres o más terminales H.323. Consta de tres componentes importantes:

- Controlador Multipunto (MU)
- Procesador Multipunto (MP)
- Proxy H.323

E. Protocolo SIP

Es un protocolo de señalización para la creación, modificación y terminación de sesiones multimedia con uno o más participantes de una red IP, que están transmitiendo voz, video, mensajería instantánea, juegos en red o cualquier aplicación en tiempo real. El protocolo SIP trabaja en el puerto TCP 5060 y UDP 5061.

- Se encuentra basado en texto, es abierto y flexible, similar a HTTP² y SMTP³.
- El protocolo de mensajes es de Petición/Respuesta y el modelo que maneja es de Cliente/Servidor.
- SIP es extensible y se acopla cómodamente en diferentes arquitecturas y escenarios de implementación.
- Está orientado a conexiones end-to-end
- SIP no es un protocolo de propósito general; es decir, solamente ayuda a establecer y finalizar la comunicación.

¹ **IVR:** Interactive Voice Response. Sistema Automatizado de respuesta automática, orientado a entregar información a través del teléfono, permitiendo acceder al usuario a servicios de información y operaciones autorizadas, las 24 horas del día.

² **HTTP:** HyperText Transfer Protocol. Método más común de intercambio de información por medio de las páginas web.

³ **SMTP:** Simple Mail Transfer Protocol. Protocolo de transferencia de correo electrónico saliente basado en texto.

Componentes SIP

Son elementos que participan en una sesión SIP y son 2 principales: agentes de usuario y servidores.

Agentes de Usuario (UA): Son los puntos extremos del protocolo SIP. Se encargan de enviar y procesar los mensajes del protocolo. A los Agentes no les importa la interfaz con el usuario, solamente sus mensajes y el comportamiento. Entre los UA existen:

- Agente de Usuario Cliente (UAC): Son los que generan peticiones SIP y reciben respuestas.
- Agente de Usuario Servidor (UAS): Son los que generan respuestas a las peticiones SIP de los clientes.

Servidores: los servidores SIP se clasifican en:

- Servidores de Registro: Satisfacen las solicitudes SIP REGISTER, actualizan la base de datos de localización. Ayuda con las direcciones lógicas de los usuarios con el siguiente formato usuario@dominio.
- Servidores Proxy: Enrutan las invitaciones de sesión y las envían a los agentes de usuario. Además revisan consultas SIP y las procesan y envían a otros servidores SIP.
- Servidores de Redirección: Generan respuestas para quien genera la comunicación de la dirección de destino o la del servidor que se acerque al destino. Y también escucha peticiones y emite respuestas de localización.

F. Centrales Telefónicas IP

Una IP-PBX es una centralita que trabaja bajo el protocolo Internet, utilizando la infraestructura de datos de una empresa. Es totalmente digital, es decir, aceptar voz y video.

Tipos de Enlaces

Los enlaces son conexiones internas (troncales) de la central, a estas se conectan los dispositivos de la central telefónica IP.

- Enlaces Analógicos: son enlaces que funcionan como una línea tradicional y se conectan teléfonos analógicos. No soportan

velocidades altas en la transmisión de los datos y solo permiten una conexión simultánea por línea.

- Enlaces Digitales: conocidos como enlaces E1 o T1, tienen un ancho de banda de 2 Mbps, que en la actualidad se instalan sobre fibra óptica utilizando 3 canales de voz sin multiplexar.
- Enlaces entre Centrales: son enlaces que conectan centrales entre sí.
- En la actualidad se está desarrollando un estándar QSIG, que permite la interconexión con equipos de distintos fabricantes.
- Enlaces VoIP: son enlaces sobre cualquier medio de transporte IP. Se comportan como líneas analógicas: entre las líneas y la central se instalan elementos que convierten la voz y esta sale a un canal analógico y luego son insertados en la red IP.
- Enlaces GSM: como en el caso de la VoIP, hay dispositivos que permiten realizar llamadas usando la red GSM.

G. Teoría de Tráfico

En redes con Voz sobre IP, la teoría de tráfico es la herramienta que se utiliza para dimensionar el sistema de telefonía y asignar recursos, por ejemplo: el ancho de banda; con un mínimo Grado de Servicio (GoS).

H. Flujo de Tráfico

Si se conoce la cantidad de tráfico generado y el GoS requerido es posible calcular el número de troncales requeridas para el sistema.

El flujo de tráfico puede ser calculado usando:

$$A = C * T$$

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo del flujo de tráfico.

Dónde:

A: tráfico ofrecido

C: número de llamadas originadas en una hora

T: tiempo promedio de duración de una llamada

III. TRÁFICO DE TELEFONÍA IP

A. Establecimiento de la Hora Pico

La hora de tráfico son los 60 minutos de un día, en el que el tráfico de telefonía registra un aumento considerable, es decir, es la hora en el cual las llamadas telefónicas tienen un máximo tráfico.

Para calcular la hora de tráfico de manera rápida, se debe tomar en cuenta 1 día de los días laborables del mes y a ese tráfico multiplicarlo por el 15% o 17%, pues se considera como regla general del mayor tráfico que ocurre durante un día.

B. Análisis de la hora de tráfico en la Universidad Técnica del Norte.

Para determinar la hora de tráfico en la UTN, con la herramienta Wireshark, el monitoreo de la red determina la hora de mayor tráfico (hora pico) está entre las 12:00 y 13:00.

A continuación se muestra en las imágenes, el tráfico de telefonía en la hora pico, tomada del día 09 de junio de 2014.

Llamadas de 08:00 a 09:00:

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State	Comments
14,660401	158,231176	172.20.65.75			SKINNY	17	COMPLETE	
15,354175	158,235439	172.20.65.45			SKINNY	6	COMPLETE	
22,542254	31,519949	172.20.64.168			SKINNY	5	COMPLETE	
31,542652	46,515780	172.20.64.168			SKINNY	25	COMPLETE	
37,596536	250,759424	172.20.64.174			SKINNY	17	COMPLETE	
41,987203	116,912571	172.20.64.189			SKINNY	33	COMPLETE	
42,457491	46,232518	172.20.64.168			SKINNY	5	COMPLETE	
42,464167	46,232642	172.20.64.174			SKINNY	5	COMPLETE	

Total: Calls: 464 Start packets: 0 Completed calls: 257 Rejected calls: 1

Imagen 2. Análisis de hora pico en la UTN 8:00 a 9:00.
Fuente: Wireshark, UTN, 2014.

Llamadas de 09:00 a 12:00:

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State	Comments
7,288372	45,550625	172.20.65.5			SKINNY	17	COMPLETE	
8,001671	45,562710	172.20.64.183			SKINNY	6	COMPLETE	
10,806422	10,883366	172.20.64.2			SKINNY	5	COMPLETE	
10,810495	10,810502	172.20.64.203			SKINNY	2	COMPLETE	
10,811397	10,891517	172.20.64.2			SKINNY	5	COMPLETE	
10,816770	10,816770	172.20.64.209			SKINNY	2	COMPLETE	
13,407770	250,695697	172.20.64.4	62959759	7000	H.323	113	COMPLETE	Tunneling: OFF F
13,431430	46,249278	172.20.64.168			SKINNY	17	COMPLETE	

Total: Calls: 4545 Start packets: 0 Completed calls: 1995 Rejected calls: 73

Imagen 3. Análisis de hora pico en la UTN 9:00 a 12:00.
Fuente: Wireshark, UTN, 2014.

Llamadas de 12:00 a 13:00:

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State	Comments
7,288372	45,550625	172.20.65.5			SKINNY	17	COMPLETE	
8,001671	45,562710	172.20.64.183			SKINNY	6	COMPLETE	
10,806422	10,883366	172.20.64.2			SKINNY	5	COMPLETE	
10,810495	10,810502	172.20.64.203			SKINNY	2	COMPLETE	
10,811397	10,891517	172.20.64.2			SKINNY	5	COMPLETE	
10,816770	10,816770	172.20.64.209			SKINNY	2	COMPLETE	
13,407770	250,695697	172.20.64.4	62959759	7000	H.323	113	COMPLETE	Tunneling: OFF F
13,431430	46,249278	172.20.64.168			SKINNY	17	COMPLETE	

Total: Calls: 5750 Start packets: 0 Completed calls: 2624 Rejected calls: 82

Imagen 4. Análisis de hora pico en la UTN 12:00 a 13:00.
Fuente: Wireshark, UTN, 2014.

Llamadas de 14:00 a 17:00:

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State	Comments
1100,507331	1102,876726	172.20.65.149			SKINNY	12	COMPLETE	
1103,627787	1117,907341	172.20.65.149	7010	7012	SKINNY	22	COMPLETE	
1105,425369	1117,721557	172.20.64.108			SKINNY	6	COMPLETE	
1206,475481	1228,879760	172.20.64.4	62612021	7000	H.323	5	CANCELLED	Tunneling: OFF F
1206,490487	1228,896085	172.20.64.126			SKINNY	6	COMPLETE	
2002,968369	2059,098984	172.20.64.217			SKINNY	35	COMPLETE	
2010,539633	2059,024777	172.20.64.2	7309	2950686	H.323	37	COMPLETE	Tunneling: OFF F
2010,674396	2059,032830	172.20.64.217			SKINNY	5	COMPLETE	

Total: Calls: 8798 Start packets: 0 Completed calls: 4689 Rejected calls: 131

Imagen 5. Análisis de hora pico en la UTN 14:00 a 15:00.
Fuente: Wireshark, UTN, 2014.

En resumen, las llamadas originadas el 09 de junio, se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Datos de llamadas obtenidas del analizador de tráfico.

HORA DE LLAMADA	NÚMERO DE LLAMADAS
08:00 a 09:00	464
09:00 a 12:00	4545
12:00 a 13:00	5057
14:00 a 17:00	8798

Fuente: Wireshark, UTN, 2014.

Para realizar los cálculos necesarios se toma como referencia los siguientes datos de las llamadas desde las 12:00 hasta las 13:00.

Número de llamadas en 1 hora:

$$\text{Número de llamadas} = 1205$$

$$\text{Tiempo promedio de cada llamada} = 43.25 \text{ segundos}$$

Ecuación 2. Total de llamadas en una hora

Fuente: Wireshark, UTN, 2014

C. Cálculo del Tráfico Ofrecido

Es conocido como el flujo de tráfico, su unidad es el Erlang y se calcula mediante la fórmula:

$$A = C * T$$

Ecuación 3. Flujo de tráfico

Fuente: Tráfico en Redes de Telecomunicaciones. Profesor: Diógenes Marcano

En donde:

A: es el tráfico ofrecido.

C: Número de llamadas generadas en una hora.

T: tiempo promedio de duración de una llamada.

Ahora, para el caso de la UTN, se tiene:

$$A = C * T$$

$$A = \frac{1205 \text{ llamadas} * 47.12 \text{ segundos}}{3600 \text{ segundos}}$$

$$A = 15.77 \text{ Erlangs}$$

Ecuación 4. Flujo de Tráfico

Fuente: Datos de Wireshark, UTN, 2014

Entonces, el valor aproximado de 15.77 Erlangs, es la cantidad de tráfico que cursa sobre la red de telefonía actual de la Universidad Técnica del Norte. Este requerimiento sirve como referencia para proyectar el crecimiento a futuro en la migración del servicio.

D. Grado de Servicio (GoS)

El grado de servicio es una condición de QoS que es usado en telefonía, y se define como la probabilidad de bloqueo de una llamada al primer intento en la hora pico.

Para que el GoS sea aceptable, el valor de la probabilidad debe ser menor a 1% de bloqueo en la hora pico.

La fórmula simplificada de GoS es:

$$\text{GoS} = \frac{\text{Número de llamadas rechazadas}}{\text{Número de llamadas realizadas}}$$

$$\text{GoS} = \frac{22}{1205}$$

$$\text{GoS} = 0.0182$$

Ecuación 5. Grado de Servicio.

Fuente: Tráfico en Redes de Telecomunicaciones. Profesor: Diógenes Marcano

Mediante la tabla de Erlang B y C, para este caso se utilizaran las dos tablas ya que se debe encontrar los valores por dos casos: Erlang B para cuando se quiera encontrar el GoS sin que existan colas; y Erlang C, cuando se tome en cuenta las colas en el GoS.

Conociendo el número de canales y el tiempo promedio de una llamada se puede encontrar la cantidad de tráfico:

$$\text{Número de canales} = 30$$

$$\text{GoS} = 0.0182$$

Ecuación 6. Información de canales y GoS

Fuente: Datos obtenidos en la UTN

IV. ELECCIÓN DEL SOFTWARE

La elección del software de telefonía IP a utilizarse en la UTN, se basa en la norma IEEE-830 SRS de Comparación de Software, después del desarrollo de esta norma de comparación, una vez establecidos los parámetros para la selección, se evalúa cual es el software que presenta las mejores características. Se toma en cuenta los siguientes requerimientos:

1. Arquitectura
2. Estado Actual
3. Interfaces
4. Hardware para Telefonía IP
5. Administración
6. Número de Usuarios Soportados
7. Número de Llamadas Simultáneas
8. Nivel Comercial
9. Protocolos Soportados
10. Códecs Soportados
11. Reporte de Llamadas
12. IVR - Call Manager
13. Flexibilidad

- 14. Escalabilidad
- 15. Interoperabilidad

A. *Calificación del Software a utilizarse*

Después de la calificación a los tres software, Elastix es la aplicación de telefonía IP idónea por sus características y las funcionalidades que brinda.

- Elastix es una plataforma de software libre, con un nivel comercial alto, aplicado para soluciones empresariales pequeñas, medianas y grandes por el soporte de usuarios (desde 2 hasta 1000). Como tiene un alto nivel de inserción comercial, existe mucha información en internet y libros que es accesible a los usuarios, por lo que el sistema puede ser actualizado en cualquier momento y en caso de algún fallo la solución puede ser fácilmente encontrada.
- Cuenta con una arquitectura modular, es decir, que dentro de la plataforma se agrupan varios servicios que funcionan independientemente: un sistema operativo Linux Centos, una IP- PBX Asterisk, servidores web y de base de datos, servicios SMTP⁴ para correo, y Hylafax⁵ para trabajar con servicio de fax. Formando así un software robusto para las comunicaciones de voz IP.
- Como Elastix está pensado para soluciones dedicadas de voz sobre IP, tiene compatibilidad de interfaces analógicas y digitales.
- Elastix está diseñado nativamente para comunicaciones SIP e IAX, permitiendo trabajar con direcciones IP de extremo a extremo, reduciendo así el tiempo de procesamiento en los equipos de networking por eliminar la conversión análogo-digital. Sin embargo, pueden integrarse a esta plataforma protocolos: MGCP, H.323, SCCP. De esta forma, brinda características de flexibilidad e interoperabilidad.
- Elastix es un software que se adapta a cambios sin muchas dificultades, y es fácilmente escalable. Mediante un enlace troncal entre

Elastix y Cisco, los dos sistemas pueden coexistir hasta que la migración se complete.

- Por las características antes mencionadas se concluye que el mejor software es Elastix, por las prestaciones, por facilidad de administración. Y también por la integración de distribuciones en un mismo software. El sistema propuesto con Elastix, beneficia a la Institución porque se contará con un servicio actualizado y mejorado, dando paso a proyectos futuros encaminados a las comunicaciones unificadas. Cabe recalcar también que Elastix es un producto que ha sido desarrollado en Ecuador, convirtiéndose en una aplicación robusta e innovadora en beneficio del mundo de las TIC's.

V. DISEÑO DE LA MIGRACIÓN DE LA TELEFONÍA IP BAJO LA PLATAFORMA GNU/LINUX

A. *Dimensionamiento de la Central de Voz*

Para dimensionar el sistema de VoIP, se toma como referencia el modelo ISO/OSI⁶, se estudian los parámetros de VoIP para cada capa, basándose en requerimientos necesarios.

1. **Capa Física:** La red interna de la UTN tiene un cableado estructurado de par trenzado UTP, de categoría 5e y 6. Para la telefonía IP, la institución cuenta con un acceso analógico de un E1 que lo provee CNT, EP. La línea telefónica con la que se comunica a la PSTN, es 2997800.
2. **Capa Enlace de Datos:** Se encuentra con una arquitectura Ethernet. Esta capa está distribuida lógicamente con equipos de networking (switches) que están conectados en cada edificio de la Universidad Técnica del Norte. Y están configuradas 200 extensiones.
3. **Capa de Red:** Utiliza el protocolo Internet, sus direcciones IP están distribuidas por la red 172.X.X.X, esta red esta subdividida

⁴ **SMTP:** Simple Mail Transfer Protocol, es un protocolo de red que se utiliza para el envío de mensajes de correo electrónico a través de dos dispositivos (computadores o dispositivos móviles). Utiliza el puerto 25.

⁵ **Hylafax:** Servidor de Fax para sistemas informáticos. Es de código abierto.

⁶ **OSI (Open System Interconnection):** Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones.

lógicamente por VLAN's que se encuentran configuradas en un switch

Además para el diseño del nuevo sistema de telefonía IP, es necesario saber la cantidad de ancho de banda que se debe asignar para brindar un servicio con calidad.

4. **Capa Transporte:** Para que la red interna de datos de la UTN, brinde el servicio de telefonía IP se debe utilizar un protocolo de transporte que no esté orientado a conexión UDP, puesto que no hace un control de flujo ni de errores y no permite retransmisiones, cambiando la confiabilidad por una ganancia de velocidad, propia de aplicaciones VoIP. Además del protocolo UDP, se trabaja con el protocolo RTP, su función es multiplexar varios flujos de datos en tiempo real en un solo paquete UDP.
5. **Capa Sesión:** Esta capa es la encargada de establecer y finalizar el enlace de comunicación entre dispositivos emisores y receptores, de gestionar la sesión, para la telefonía IP en la UTN, se utilizará el protocolo SIP, señalización que establece, configura, modifica y finaliza sesiones multimedia en este caso trabaja entre la central de voz y los terminales.
6. **Capa Presentación:** Se encarga de cifrar los datos, también los comprime para reducir su tamaño. Por lo que en esta capa se determinará el códec apropiado para la telefonía IP de la UTN. La siguiente tabla (ver Tabla. 2), nos muestra un resumen de los códec que se utilizan:

Tabla 2. Comparación de Códec

Nombre	Bit rate (kb/s)	Sampling rate (kHz)	Período de Empaquetamiento (ms)	Licencia	MOS ³⁶ (Mean Opinion Score)
G.711	64	8	20-30	No	4.4
G.722	64	16	20-30	No	3 a 4
G.726	32	8	20-30	No	3.85
G.729	8	8	20	Si	4
GSM	13	8	20	No	3.7
Speex	8, 16, 32	8/16/32	30	No	3
iLBC	8	13.3	20-30	No	2

Fuente: Resumen de códec. Portal Web: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

Como se puede observar en la tabla los códec tienen un período de empaquetamiento de 20 ms,

por lo tanto no es posible determinar el mejor códec de acuerdo a este parámetro. Para las redes telefónicas, el MOS ayuda a considerar la calidad de servicio, es por este motivo que según este parámetro el mejor códec a utilizarse es el G.711.

7. **Capa Aplicación:** Proporciona la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones. Es lo que se encuentra a la vista del usuario. Para la migración de telefonía IP, el software que se ha elegido, de acuerdo a la norma IEEE 830 SRS el software que se ajusta a los requerimientos es Elastix.

En resumen, el diseño de la migración será:



Imagen 6. Telefonía IP en la UTN dentro del modelo OSI.

Fuente: Modelo de referencia OSI. Portal Web: <http://belarmino.galeon.com>.

B. Cálculo del Ancho de Banda para una llamada VoIP

Ahora, se calcula el ancho de banda necesario para una llamada de VoIP, se siguen los siguientes pasos:

Paso 1: Obtener el período de empaquetamiento del códec y el ancho de banda del códec.

La información necesaria del códec, velocidad, ancho de banda, período de empaquetamiento es:

Nombre	Bit rate (kb/s)	Sampling rate (kHz)	Período de Empaquetamiento (ms)	Licencia	MOS ³⁶ (Mean Opinion Score)
G.711	64	8	20-30	No	4.4

Imagen 7. Características de G.711

Fuente: Comparación de Códec

Entonces el período de empaquetamiento será:

$$\begin{aligned} \text{Período de empaquetamiento} &= 20\text{ms} \\ \text{Ancho de Banda} &= 64\text{kbps} \end{aligned}$$

Paso 2: Obtener la información necesaria del enlace; si se utiliza cRTP o IPSec y se determina el tamaño de la cabecera de protocolo de la capa enlace

Para el caso de la UTN, no se utiliza control del protocolo de transporte y tampoco en la red se tiene configurado un protocolo tipo túnel. Entonces, queda determinar el tamaño de la cabecera de protocolo de capa enlace:

Tabla 3. Parámetros de la cabecera de capa enlace

Parámetro	Valor
Cabecera de capa 2	6 a 18 bytes
Cabeceras IP+UDP+RTP	40 bytes
Tamaño del payload	160 bytes para G.711

Fuente: Basado en datos de la trama de capa enlace y del códec utilizado.

Paso 3: Calcular el período o tamaño de empaquetamiento.

Para calcular el tamaño del empaquetamiento en bytes por paquete utilizamos la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Tamaño de empaquetamiento} &= \left(\frac{\text{Período de empaquetamiento}}{1000} \right) \times \left(\frac{\text{AB códec} \times 1000}{8} \right) \\ \text{Tamaño de empaquetamiento} &= \left(\frac{20\text{ms}}{1000} \right) \times \left(\frac{64\text{kbps} \times 1000}{8} \right) \\ \text{Tamaño del empaquetamiento} &= 160 \text{ bytes} \end{aligned}$$

Ecuación 7. Fórmula para calcular el período o tamaño del empaquetamiento

Fuente: Dimensionamiento de sistemas telefónicos IP.

Paso 4: Sumar el tamaño de empaquetamiento con el tamaño de todas las cabeceras y trailers.

Para obtener el tamaño total de paquete, se toma en cuenta la cabecera de capa enlace y la cabecera IP pero no se tomará en cuenta la cabecera del túnel, pues la UTN no cuenta con protocolo IPsec o MPLS, reemplazando los valores se tiene:

$$\text{Total del paquete} = \text{Cabecera Capa Enlace} + (\text{IP} + \text{UDP} + \text{RTP}) + \text{Payload}$$

Ecuación 8. Sumatoria de cabeceras que determinan el tamaño del paquete

Fuente: Dimensionamiento de sistemas telefónicos IP.

$$\begin{aligned} \text{Total del paquete} &= 6 + 40 + 160 \\ \text{Total del paquete} &= 206 \text{ bytes} \end{aligned}$$

Ahora, calculamos el tamaño del paquete utilizando la cabecera 802.1Q:

Overhead Ethernet Trunk 802.1Q: 22 bytes

$$\begin{aligned} \text{Tamaño del paquete} &= 22 + 40 + 160 \\ \text{Tamaño del paquete} &= 222 \text{ bytes} \end{aligned}$$

El tamaño del empaquetamiento del códec G.711 es un valor alto pero representa mejor calidad de voz, pero se debe recordar que a mayor compresión menor calidad de voz.

Paso 5: Determinar la velocidad del paquete en pps (paquetes por segundo), usamos la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad del paquete [pps]} = \frac{1}{(\text{Período del empaquetamiento}/1000)}$$

Ecuación 9. Velocidad de empaquetamiento

Fuente: Dimensionamiento de sistemas telefónicos IP.

Entonces, la velocidad del paquete para el códec G.711 es:

$$\begin{aligned} \text{Velocidad del paquete [pps]} &= \frac{1}{\frac{20\text{ms}}{1000}} \\ \text{Velocidad del paquete} &= 50[\text{pps}] \end{aligned}$$

Paso 6: Calcular el ancho de banda total

Con los datos de lo calculado anteriormente, el valor del ancho de banda será:

$$\frac{\text{Tamaño total del paquete}}{\text{Tamaño del payload}} = \frac{\text{Requerimiento total de ancho de banda}}{\text{Requerimiento nominal de ancho de banda}}$$

Ecuación 10. Fórmula del Requerimiento de AB

Fuente: Dimensionamiento de sistemas telefónicos IP.

El requerimiento de AB para el sistema de telefonía IP que será implementado en una Red Ethernet, con una cabecera igual a 18 bytes:

$$\text{Requerimiento de AB} = \frac{206 \text{ bytes} * 64 \text{ kbps}}{160 \text{ bytes}}$$

Requerimiento de AB = 82.4 kbps

Como en la red de la UTN, tenemos una configuración de VLANs, se calcula también el requerimiento de AB con la cabecera Ethernet Trunk 802.1Q igual a 22 bytes:

$$\text{Requerimiento de AB} = \frac{222 \text{ bytes} * 64 \text{ kbps}}{160 \text{ bytes}}$$

Requerimiento de AB = 88.8 kbps

Paso 7: Aplicar VAD (Voice Activity Detection) para la detección de silencios:

Estimadamente, un tercio de las llamadas promedio de voz permanece en silencio; por este motivo se debe aplicar el método VAD para eliminar patrones de silencio; el cual reduce el AB a un 35% de lo que realmente requiere.

Requerimiento de AB para una red Ethernet utilizando VAD:

$$\text{Requerimiento de AB} = 82.4 \text{ kbps} * 35\%$$

$$\text{Requerimiento de AB} = 53,56 \text{ kbps}$$

Requerimiento de AB para una red con VLANs utilizando VAD:

$$\text{Requerimiento de AB} = 88.8 \text{ kbps} * 35\%$$

$$\text{Requerimiento de AB} = 57,72 \text{ kbps}$$

Para dimensionar canales para VoIP, el VAD no se toma en cuenta, especialmente en canales que transporten menos de 24 canales de forma simultánea, en el caso de la UTN que tiene una capacidad de 1 E1.

Ahora, es necesario también calcular el número de troncales requeridas para un mínimo GoS. Puesto que este cálculo es complejo para realizarlo matemáticamente se hace uso de las tablas de Erlang B y Erlang C, se utiliza comúnmente el Erlang B que es bloqueo de una llamada si todos los canales están ocupados.

Con los valores del flujo de tráfico y el GoS.

$$A = 15,77 \text{ Erlangs}$$

$$GoS = 0,0182$$

El Grado de Servicio GoS, tiene un valor de 1%, es decir que de cada 100 llamadas realizadas, existe la probabilidad de que una se bloquee y de que de cada 100 llamadas realizadas, una sea rechazada cuando todos los canales estén ocupados.

C. Cálculo del número de Troncales

Para conocer el número de troncales que se necesitan para un sistema de VoIP, debemos tener en cuenta el flujo de tráfico y el GoS.

Entonces:

$$A = 15,77 \text{ Erlangs}$$

$$GoS = 0,0182$$

Por lo tanto, según la tabla de la Probabilidad de Pérdida de Erlang B (Ver Imagen 59.), con un GoS del 1% para un flujo de tráfico de 15,77 Erl, se necesitan 24 troncales para el dimensionamiento del sistema de VoIP

Ch	1%	2%	5%	Ch	1%	2%	5%
7	2.50	2.94	3.74	29	19.49	21.04	23.83
8	3.12	3.63	4.54	30	20.34	21.93	24.80
9	3.78	4.34	5.37	31	21.19	22.83	25.77
10	4.46	5.08	6.21	32	22.04	23.73	26.75
11	5.16	5.84	7.07	33	22.90	24.63	27.72
12	5.87	6.61	7.95	34	23.77	25.53	28.70
13	6.60	7.40	8.83	35	24.63	26.44	29.68
14	7.35	8.20	9.72	36	25.51	27.34	30.66
15	8.10	9.00	10.63	37	26.38	28.25	31.64
16	8.87	9.82	11.54	38	27.25	29.16	32.62
17	9.65	10.65	12.46	39	28.13	30.08	33.61
18	10.43	11.49	13.39	40	29.01	31.00	34.60
19	11.23	12.33	14.31	41	29.89	31.92	35.58
20	12.03	13.18	15.25	42	30.77	32.83	36.57
21	12.83	14.03	16.19	43	31.66	33.76	37.56
22	13.65	14.90	17.13	44	32.54	34.68	38.56
23	14.47	15.76	18.08	45	33.43	35.60	39.55
24	15.29	16.63	19.03	46	34.32	36.53	40.55
25	16.12	17.50	19.99	47	35.21	37.46	41.54
26	16.95	18.38	20.94	48	36.11	38.39	42.54
27	17.77	19.26	21.90	49	37.00	39.32	43.53
28	18.64	20.15	22.86	50	37.90	40.25	44.53

Imagen 8. Número de troncales.

Fuente: Network Planning. Portal Web: welcome2igor.chat.ru/gsm_network_planning/gsm_network_planning.htm

D. Requerimientos Generales y Técnicos para la red de Telefonía IP

GENERALES

- La central de voz IP debe ser bajo software libre.
- El nuevo sistema de VoIP debe tener similitud con el sistema que funciona actualmente
- Debe manejar protocolo SIP
- Inicialmente debe ser compatible con el protocolo H.323, para que pueda coexistir con el

sistema actual de telefonía en el UTN.

- La solución planteada, debe soportar llamadas a la PSTN y facilidad de conexión en la red interna.
- La central de voz, debe tener la capacidad del acoplamiento a futuro de redundancia de varias funcionalidades.

TÉCNICAS

- Inicialmente debe soportar 200 extensiones, con capacidad de crecimiento futuro.
- Requiere un total de 24 troncales SIP.
- Soporte del códec G.711 A-law.
- Un servidor DHCP para asignar las direcciones IP de manera dinámica.

E. Requerimientos de Hardware

Los requerimientos de hardware para la telefonía IP en la UTN, se basa en la red física y de infraestructura que existe en la Institución. Se considera el uso de los siguientes equipos para poder realizar la migración, que depende de los parámetros existentes además del crecimiento a futuro.

Tomando en cuenta que la migración deberá tener las mismas características del sistema que se encuentra en funcionamiento, se considera cumplir con lo siguiente, para que exista armonía entre lo que está operando y lo que se propone:

- Las autoridades principales de la Universidad, es decir, el Rector y Vicerrectores Administrativo y Académico respectivamente, deberán tener un equipo terminal con características de soporte de video y salas de conferencia.
- Para los directores de cada departamento, decanos y subdecanos de cada facultad, se requiere un total de 24 teléfonos, con características menores que los teléfonos de las autoridades principales.
- Para las demás extensiones se recomienda un teléfono SIP con características básicas, que permitan la comunicación.
- Para el operador, es necesario un teléfono tipo operadora para que se puedan gestionar las llamadas que entran a esta extensión.

A continuación se presenta una tabla (Ver Tabla 4) resumida del hardware de telefonía IP necesario:

Tabla 4. Hardware de telefonía IP.

HARDWARE PARA TELEFONÍA IP			
Nro.	COMPONENTES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1	Servidor VoIP Elastix	1	Servidor para comunicaciones
2	Teléfono Ejecutivo Tipo I	3	Equipo para autoridades principales
3	Teléfono Ejecutivo Tipo II	24	Equipo para directores de departamento, decanos y subdecanos
4	Teléfono Operadora	1	Teléfono para la extensión 7000
5	Teléfono Básico	150	Equipo para los usuarios

Fuente: Basado en el sistema de telefonía IP actual de la UTN.

F. Dimensionamiento de las Aplicaciones

Para explotar los recursos de Elastix, en la Universidad Técnica instalaran aplicaciones enfocadas a la simplificación de las comunicaciones.

Voicemail

El voicemail, es el servicio del buzón de voz, se lo utiliza en caso que la extensión a la que está llamando no sea atendida, la persona que llama podrá dejar un mensaje a la persona que llamo.

El voicemail deberá estar configurado en todas las extensiones y cada persona podrá consultar los mensajes que tiene marcando *97.

Grupo de Llamada

Son un conjunto de extensiones que están en un mismo grupo, configuradas para que cuando entre una llamada suenen en una extensión, pueda contestarse en otra. Y así contestar la llamada.

En la UTN, se ha tomado en cuenta dos dependencias que necesitan tener este servicio:

Biblioteca: En esta dependencia las extensiones que integran el mismo grupo “Grupo 1”, serán;

Tabla 5. Grupo de llamada 1

DEPENDENCIA	EXTENSIÓN
JEFA DE BIBLIOTECA	7701
ANALISTA SISTEMAS BIBLIOTECA	7702
BIBLIOTECARIO	7703
PROCESOS TÉCNICOS BIBLIOTECA	7704

Fuente: Directorio Telefónico UTN. DDTI-UTN

Centro de Educación Continua: Las dos extensiones pertenecientes al “Grupo 2” serán;

Tabla 6. Grupo de llamada 2

DEPENDENCIA	EXTENSIÓN
COORDINACIÓN GENERAL CEC	7724
ASISTENTE CEC	7725

Fuente: Directorio Telefónico UTN. DDTI-UTN

G. Tratamiento y redirección de llamadas

- Identificador de llamadas
- Parqueo de llamadas, recogida de llamadas
- Transferencia de llamadas automático, las llamadas se direcciona a una extensión sin necesidad de transferirla.
- Música en Espera .wav o .mp3
- Colas de Atención
- Conferencias

Mínimo 1 sala de conferencia, se considera un crecimiento a futuro determinado por el administrador de la red.

Manejo mínimo de 15 usuarios por cada sala de conferencia.

H. Plan de Numeración

Para el plan de numeración para la migración, se ha tomado en cuenta el mismo plan de numeración que existe en la UTN, puesto que el directorio guarda un orden establecido y sobretodo los usuarios ya están familiarizados con él. Por lo tanto, el directorio estará configurado:

Consta de 4 dígitos;

El primero será a nivel general: 7;

El segundo será de la dependencia;

[0 - 1]: Administrativos Planta Central

[2]: Facultad FICA

[3]: Facultad FICAYA

[4]: Facultad FFCCSS

[5]: Facultad FECYT

[6]: Facultad FACAE

[7 – 8]: Administrativos edificios CAI, Postgrados, Biblioteca, Colegio Universitario.

El tercero y cuarto números, está establecido por

orden de numeración para cada dependencia.

I. Plan de Marcado

En el plan de marcado, se tienen las restricciones de cada grupo de funcionarios de la UTN.

Los permisos se configuran para que las entidades puedan ahorrar recursos.

Según la Tabla 7. Plan de Marcado de la UTN, las llamadas se restringen de la siguiente manera:

- Operador: Puede realizar llamadas internas, locales y nacionales.
- Autoridades: No tienen restricción de llamadas.
- Directores de Departamento: Tiene acceso a llamadas internas, locales y nacionales.
- Secretarías y Funcionarios: Tienen acceso a llamadas internas.

Tabla 7. Plan de Marcado UTN

LLAMADAS	GRUPOS				
	Operador	Autoridades	Directores de Departamento	Secretarías	Funcionarios
Internas	✓	✓	✓	✓	✓
Llamadas 1700	✓				
Llamadas 1800	✓	✓	✓	✓	✓
Locales	✓	✓	✓	✓	✓
Nacionales	✓	✓	✓		
Internacionales		✓			
Celulares		✓			
APLICACIONES					
Interceptar llamadas	✓	✓	✓	✓	✓
Voicemail	✓	✓	✓	✓	✓
Grupos de llamada					✓
Salas de Conferencia		✓	✓	✓	✓
IVR	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Directorio Telefónico UTN. DDTI-UTN

VI. CONCLUSIONES

Con la migración de la telefonía IP de una plataforma propietaria Cisco, a una bajo Software Libre, la Universidad tendrá un servicio de voz, actualizado y, a partir de él, se podrán desarrollar otros proyectos que vayan encaminados a la integración de servicios enfocados a las comunicaciones unificadas.

Con la implementación de una telefonía IP que no tiene costo de licenciamiento, la UTN estará reduciendo costos por adquisición de licencias que limitan el crecimiento y flexibilidad del servicio.

Al trabajar con el protocolo H.323, un modelo complejo y rígido, utilizado especialmente por equipos fabricantes (propietarios), se genera carga en el procesador, por ende el tiempo también aumentará, haciendo que en ocasiones la red de datos consuma más recursos de los que normalmente lo hace.

Un protocolo de señalización completamente digital como lo es SIP, está basado en direcciones IP, las cuales al utilizar la infraestructura de datos, no tienen que hacer una conversión análogo-digital, brindando a la red un ahorro en tiempos de procesamiento y también facilidad de escalabilidad e interoperabilidad.

Para determinar parámetros de servicio, como número de llamadas concurrentes y hora de mayor tráfico, en un servidor de voz, se utiliza un software de monitoreo de tráfico.

La implementación de un sistema nuevo de telefonía IP, permite a la institución pensar en nuevos servicios de comunicación, unificando servicios y software que se manejan de forma independiente, pero al unirse pueden formar una plataforma de comunicaciones unificadas robusta y con mucha aplicabilidad para los trabajadores administrativos, docentes y alumnos de la UTN.

REFERENCIAS

- [1] Narváez, W & Ugalde, E., *Telefonía IP*, Universidad Politécnica Salesiana, 2006

Autora



Quelal Taboada Karla Gabriela

Nació en Ibarra – Ecuador, el 08 de Octubre de 1987. Hija de Carlos Quelal (+) y Zoila Taboada. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Fiscal “Rafael Suárez Meneses”. En el año 2005 obtuvo su título de Bachiller en Ciencias con especialización Físico Matemático en el “Colegio Nacional Ibarra”.

Actualmente, es egresada de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.