



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO MONOGRAFICO

TITULO

**Propuesta de Estudio de Factibilidad para la Implementación de un
Sistema de Telefonía IP en la Empresa Towercom S.A**

Elaborado por:

Br. Yasser Antonio Vélez Mindece

Carnet:2000-10898

Br. Carlos Alberto Meza Moreno

Carnet:2003-19228

Tutor: Msc. Cedrick Dalla Torre

Managua, Nicaragua

Agosto del 2013

INDICE

INTRODUCCION	3
ANTEDECENTES	4
JUSTIFICACION	6
OBJETIVOS	7
CAPITULO I: REDES DE DATOS	8
CAPITULO II: VOZ IP	27
CAPITULO III: ESTUDIO TECNICO	58
CAPITULO IV: ESTUDIO ECONOMICO	63
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFIA	69

1. Introducción

El objetivo de este documento es planificar y diseñar un sistema de telefonía IP en la empresa Towercom S.A ubicada en la ciudad de Managua, Nicaragua.

Para ello se empleará la herramienta basada en software libre Asterisk. Asterisk es una robusta plataforma de telefonía implementada en software que permite utilizar una computadora regular como un servidor de comunicaciones. Éste permite interconectar llamadas telefónicas de forma sencilla encargándose de realizar aquellas tareas de bajo nivel necesarias para tal fin – como el enrutamiento de señales, multiplexación de flujos de audio, interacción con equipo de telefonía e implementación de protocolos VoIP. Esto hace posible la implementación de un sin fin de aplicaciones telefónicas sobre este PBX.

La necesidad de interactuar con una gran variedad de terminales y protocolos de telefonía, consultar recursos externos como bases de datos y servicios web, e integrarse con otras tecnologías como el reconocimiento de voz hacen de Asterisk una plataforma muy atractiva sobre la cual implementar sistemas de telefonía IP. El poder y flexibilidad provistos por un sistema telefónico programable permiten dar respuestas a los usuarios de forma más significativa. Tener el conocimiento para implementar este tipo de sistemas en Asterisk le permite a cualquier individuo o empresa crear un sistema de telefonía IP a la medida.

La telefonía IP en la actualidad ha tenido un gran desarrollo y utilización a nivel mundial debido al gran desarrollo del internet. La telefonía IP aprovecha la red de datos ya existente para transportar la voz.

El pretende estudio pretende mostrar los beneficios que brindan los sistemas de telefonía IP basados en software libre (Asterisk) para su utilización en PYMES ya que mediante el aprovechamiento de la infraestructura de datos existente en Towercom S.A. se podría ahorrar significativamente la tarifa de telefonía.

2. Antecedentes

En 1991 Linus Benedict Torvalds, entonces estudiante de la universidad de Helsinki, anuncia su trabajo sobre un sistema operativo que fue luego bautizado como Linux y es un programa de código abierto, o free software. Siendo un clon del Unix, su éxito fue inmediato ya que llenó el vacío que dejaba el Unix por su alto costo y los problemas de patentes entre los diferentes vendedores de este sistema.¹

La historia de la telefonía IP empezó solo unos años atrás, en 1995, cuando VocalTec lanzó su primer teléfono Internet. Antes de eso, la telefonía IP era un campo que atraía el interés principalmente de investigadores; pero ya que la comunicación de voz sobre el protocolo TCP/IP ha probado ser no solo posible sino viable comercialmente, muchas son las empresas que han incursionado al mundo de la telefonía IP tratando Obtener muchos de sus Beneficios.²

Asterisk® es una Central Telefónica, una aplicación de código abierto bajo la licencia GPL(licencia publica general de GNU) que corre en varios sistemas operativos principalmente en GNU/Linux. Es la alternativa libre a las soluciones propietarias de telecomunicaciones privadas como Avaya, Alcatel, Nortel, entre otras. Asterisk es una central telefónica IP por defecto y su popularidad a sido tal que empresas que han estado casi desde el inicio en el negocio de la telefonía están buscando como vender sus división de centrales privadas(caso de Ericksson y Siemens) antes de irse a la quiebra, y otras empresas como 3com han optado por usar Asterisk como núcleo de sus nuevas centrales IP.³

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Linus_Torvalds

² <http://www.caracol.com.co/noticias/entretenimiento/vocaltec-lanza-la-primera-red-virtual-mundial-para-llamar-desde-una-pc/19970820/nota/41296.aspx>

³ <http://asterisknica.com/tag/telefonía/>

Asterisk® fue creada por Mark Spencer de la compañía Digium en 1999. Al ser una aplicación de código abierto la comunidad del Software Libre alrededor del mundo han ayudado a la mejora continua de este software. El mundo de la Telefonía Publica actual mantiene el uso de líneas analógicas y digitales(E1 y T1), muy poco ha avanzado a la telefonía IP publica, y es por ello que la empresa Digium se vio en la obligación de buscar una solución para poder conectar tecnología “vieja” a la computadora, es ahí donde entra a escena el *proyecto zapata* creado por Jim Dixon el cual se centraba en fabricar tarjetas para conectar E1 y T1 bajo la GPL, primeramente usaban el bus ISA de 16 bit y luego desarrollaron para PCI, este proyecto era de más antigüedad que el propio asterisk, pero estaba estancado porque no había software que pudiera usarlas. Otras empresas han seguido el camino de Digium para fabricar sus propias tarjetas analógicas y digitales(E1) como lo son Sangoma, Pika, OpenVox, Rhino, Zapmicro, entre otras. La mayoría son buenas y las diferencias prácticamente son sus precios y algunas prestaciones como los famosos canceladores de eco en hardware.⁴

En la Universidad Nacional de ingeniería se han desarrollado trabajos de investigación (Proyectos Monográficos, Tesis y Tesinas) relacionados con Voz sobre IP, utilización de Asterisk como PBX, diseños de sistemas IP en la Alcaldía, etc⁵. En estos trabajos se han descrito procesos de sus características, funcionamiento y han realizado experimentos con él. De igual manera se ha elaborado manuales para su instalación y configuraciones generales. Los cuáles serán de mucha utilidad para la propuesta que se pretende desarrollar en la Empresa Empresa Towercom S.A.

⁴ <http://asterisknica.com/tag/telefonía/>

⁵ 1. Armando Calero. Wilmer Aburto. Proyecto Monográfico. Implementación de una PBX virtual en la Facultad de Electrotecnia y Computación. UNI. 2008.

2. Marlon Pérez Sotomayor. Propuesta de diseño de la red de telefonía IP en la Alcaldía de Managua. UNI. 2011.

3. Mauricio Dinarte. Estudio sobre la implementación de sistemas IVR utilizando el PBX Asterisk. UNI. 2010.

3. Justificación

La importancia de las tecnologías que impliquen un ahorro en las comunicaciones es muy significativo. La red pública telefónica conmutada (PSTN) se debe pagar mensualmente en función del número y tiempo de llamadas que se realicen, en la empresa Towercom S.A se pretende reducir el costo de llamadas entre oficinas y sucursales con el uso de la tecnología IP basada en Asterisk.

También es de mucha necesidad inmigrar a tecnologías IP, ya que VoIP se define por su infraestructura al explotar los recursos del canal utilizando el mismo ancho de banda para brindar varios servicios.

Muchas de las PBX que se comercializan en los diferentes mercados, tanto nacional como internacional tienen un alto costo en su adquisición, lo que tiene un impacto muy significativo en las pequeñas y medianas empresas desde el punto de vista económico. Por tal razón, la plataforma Asterisk tiene mucha pertinencia ya que no se paga licencia por ser un software libre.

Otra característica que justifica este estudio es que al utilizar una red VoIP, no se necesita equipo adicional para el sitio remoto. Utilizando una planta telefónica virtual como Asterisk (software libre), facilita su uso, mantenimiento y espacio físico que dispone. Asterisk permite conectividad en tiempo real entre las redes PSTN y redes VoIP. También es una implementación escalable, puede aumentar su alcance a medida que se introduzca más esta tecnología.

Para las PYMEs en Nicaragua, la implementación de la tecnología VoIP, basado en Asterisk, presenta una oportunidad de su fácil adquisición, por lo que resulta

favorable al no tener que pagar por una licencia para la utilización del software, y que se utiliza un hardware de bajo costo..

4. Objetivos

Objetivo General:

Realizar una propuesta factibilidad para la implementación de un sistema de telefonía IP en la empresa Towercom S.A.

Objetivos Específicos:

1. Estudiar las características y funcionamiento de los servicios esenciales que el software Asterisk brinda para implementarlos en la empresa Towercom S.A.
2. Diseñar un sistema de telefonía IP basado en Asterisk en la empresa Towercom S.A que permita satisfacer el trafico de llamadas que se realizan en la Empresa.
3. Realizar un estudio económico que permita conocer el grado de rentabilidad para la implementación del sistema de telefonía IP en Towercom S.A.

CAPITULO I: Redes de Datos

Una Red es una manera de conectar varias computadoras entre sí, compartiendo sus recursos, servicios e información y estando conscientes una de otra. Estas redes desempeñan un papel importante para el desarrollo de las comunicaciones, dado que la comunicación es casi tan importante para nosotros como el aire, el agua, los alimentos y un lugar para vivir.

Los métodos que utilizamos para compartir ideas e información están en constante cambio y evolución. Al igual que con cada avance en la tecnología de comunicación, la creación e interconexión de redes de datos sólidas tiene un profundo efecto.

Las primeras redes de datos estaban limitadas a intercambiar información basada en caracteres entre sistemas informáticos conectados. Las redes actuales evolucionaron para agregarle voz, flujos de video, texto y gráficos, a los diferentes tipos de dispositivos. Las formas de comunicación anteriormente individuales y diferentes se unieron en una plataforma común. Esta plataforma proporciona acceso a una amplia variedad de métodos de comunicación alternativos y nuevos que permiten a las personas interactuar directamente con otras en forma casi instantánea.

La naturaleza inmediata de las comunicaciones en Internet alienta la formación de comunidades globales. Estas comunidades motivan la interacción social que depende de la ubicación o el uso horario.

Las redes de datos que fueron alguna vez el transporte de información entre negocios se replanificaron para mejorar la calidad de vida de todas las personas. A medida que transcurre el tiempo, se ha abierto paso a nuevas formas de comunicación que han permitido a las personas crear información que puede ser consultada por una audiencia global. Tales como:

Mensajería Instantánea, que es una forma de comunicación en tiempo real entre dos o más personas en forma de texto escrito.

Weblogs, que son páginas Web fáciles de actualizar y editar. Proporcionan a todas las personas un medio para comunicar sus opiniones a una audiencia global sin tener conocimientos técnicos sobre diseño Web.

Wikis, que son páginas Web que un grupo de personas puede editar y visualizar. Mientras un blog es más como un diario individual, personal, una wiki es una creación de grupo, puede estar sujeta a una revisión y edición más extensa.

Podcasting, que es un medio basado en audio que originalmente permitía a las personas grabar y convertir audio para utilizarlo con los iPod. Permite a las personas difundir sus grabaciones a una vasta audiencia, es decir, el archivo de audio se coloca en un sitio Web (o blog o wiki) desde donde otras personas pueden descargarlo.

Las herramientas de colaboración, que permiten a las personas trabajar conjuntamente y compartir documentos. Sin las restricciones de ubicación, las personas conectadas a un sistema compartido pueden hablar entre ellos, compartir textos, gráficos y editar documentos en forma conjunta.

La amplia distribución de las redes de datos permite que las personas en ubicaciones remotas puedan contribuir de igual manera con las personas ubicadas en los centros de gran población.

Arquitectura de red

Las redes deben admitir una amplia variedad de aplicaciones y servicios, como así también funcionar con diferentes tipos de infraestructuras físicas.

La arquitectura de red se refiere a las tecnologías que admiten la infraestructura y a los servicios y protocolos programados que pueden trasladar los mensajes en toda esa infraestructura.

Existen cuatro características básicas que la arquitectura necesita para cumplir con las expectativas de los usuarios.

- Tolerancia a fallas: Una red tolerante a fallas debe limitar el impacto de una falla del software o hardware y debe poder recuperarse rápidamente cuando se produce dicha falla.

- Escalabilidad: Una red escalable puede expandirse rápidamente para admitir nuevos usuarios y aplicaciones sin afectar el rendimiento del servicio enviado a los usuarios actuales.
- Calidad de servicio: Las nuevas aplicaciones disponibles para los usuarios en internetworks (interconexión de dos o más redes diferentes) crean expectativas mayores para la calidad de los servicios enviados. Las transmisiones de voz y video en vivo requieren un nivel de calidad consistente y un envío ininterrumpido que no era necesario para las aplicaciones informáticas tradicionales, la calidad de estos servicios se mide con la calidad de experimentar la misma presentación de audio y video en persona.
- Seguridad: Por la gran evolución que ha tenido Internet se han cambiado los requerimientos de seguridad de la red. La rápida expansión de las áreas de comunicación que no eran atendidas por las redes de datos tradicionales aumenta la necesidad de incorporar seguridad en la arquitectura de red.

Redes orientadas a la conexión, conmutadas por circuito.

La función que desempeñan estas redes es similar a los sistemas telefónicos, cuando una persona realiza una llamada utilizando un teléfono tradicional, la llamada primero pasa por un proceso de configuración en el cual se identifican todas las conmutaciones telefónicas entre la persona y el teléfono al que está llamando. Se crea una ruta temporal o circuito a través de las distintas ubicaciones de conmutación a utilizar durante la duración de la llamada telefónica y si falla algún enlace o dispositivo que participa en el circuito, la llamada se cae, para volver a conectarse, se debe realizar una nueva llamada y crear un nuevo circuito entre el teléfono de origen y el de destino.

Muchas redes conmutadas por circuitos otorgan prioridad al mantenimiento de conexiones de circuitos existentes a expensas de nuevas solicitudes de circuitos. En este tipo de red orientada a la conexión, una vez establecido el circuito, aunque no exista comunicación entre las personas en ningún extremo de la llamada, el circuito permanece conectado y los recursos se reservan hasta que una de las partes desconecta la llamada.

Debido a que existe una determinada capacidad para crear nuevos circuitos, es posible que a veces reciba un mensaje de que todos los circuitos están ocupados y no pueda realizar la llamada.

El costo que implica crear muchas rutas alternativas con capacidad suficiente para admitir un gran número de circuitos simultáneos y las tecnologías necesarias para recrear en forma dinámica los circuitos descartados en caso de falla, han llevado a considerar otros tipos de redes.

Redes sin conexión, conmutadas por paquetes.

En la búsqueda de una red que pueda soportar la pérdida de una cantidad significativa de sus servicios de transmisión y conmutación, los primeros diseñadores de Internet reevaluaron las investigaciones iniciales acerca de las redes conmutadas por paquetes. En este tipo de redes un simple mensaje puede dividirse en múltiples bloques de mensajes, los bloques individuales que contienen información de direccionamiento indican tanto su punto de origen como su destino final. Utilizando esta información incorporada, se pueden enviar por la red a través de diversas rutas esos bloques de mensajes, denominados paquetes, y se pueden rearmar como el mensaje original una vez que llegan a destino.

Los dispositivos dentro de la misma red no tienen en cuenta el contenido de los paquetes individuales, sólo es visible la dirección del destino final y del próximo dispositivo en la ruta hacia ese destino. No se genera ningún circuito reservado entre emisor y receptor, cada paquete se envía en forma independiente desde una ubicación de conmutación a otra, en cada ubicación, se decide qué ruta utilizar para enviar el paquete al destino final.

Si una ruta utilizada anteriormente ya no está disponible, la función de enrutamiento puede elegir en forma dinámica la próxima ruta disponible. Debido a que los mensajes se envían por partes, en lugar de hacerlo como un mensaje completo y único, los pocos paquetes que pueden perderse en caso de que se produzca una falla pueden volver a transmitirse al destino por una ruta diferente. En muchos

casos, el dispositivo de destino no tiene en cuenta que se ha producido una falla o reenrutamiento.

Inicialmente Internet, era el resultado de una investigación respaldada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos (DoD). Su objetivo principal fue tener un medio de comunicación que pudiera soportar la destrucción de numerosos sitios e instalaciones de transmisión sin interrumpir el servicio.

Los investigadores del Departamento de Defensa (DoD) se dieron cuenta de que una red sin conexión conmutada por paquetes tenía las características necesarias para admitir una arquitectura de red resistente y tolerante a fallas.

En una red conmutada por paquetes no existe la necesidad de un circuito reservado y simple de extremo a extremo. Cualquier parte del mensaje puede enviarse a través de la red utilizando una ruta disponible.

El problema de los circuitos inactivos o no utilizados desaparece; todos los recursos disponibles pueden utilizarse en cualquier momento para enviar paquetes al destino final. Al proporcionar un método para utilizar dinámicamente rutas redundantes sin intervención del usuario, Internet se ha vuelto un método de comunicación tolerante a fallas y escalable.

Redes Convergentes

En el pasado, los servicios como, el teléfono tradicional, la radio, la televisión y las redes de datos informáticos, requerían una tecnología diferente para emitir su señal de comunicación particular. Además, cada servicio tiene su propio conjunto de reglas y estándares para garantizar la comunicación exitosa de su señal a través de un medio específico.

Los avances de la tecnología nos permiten consolidar esas redes dispersas en una única plataforma: una plataforma definida como una red convergente.

El flujo de voz, vídeo y datos que viajan a través de la misma red elimina la necesidad de crear y mantener redes separadas.

En una red convergente todavía hay muchos puntos de contacto y muchos dispositivos especializados pero una sola infraestructura de red común.

Modelos de referencia

Un modelo de referencia proporciona una referencia común para mantener consistencia en todos los tipos de protocolos y servicios de red, no está pensado para ser una especificación de implementación ni para proporcionar un nivel de detalle suficiente para definir de forma precisa los servicios de la arquitectura de red. El propósito principal de un modelo de referencia es asistir en la comprensión más clara de las funciones y los procesos involucrados.

El modelo de interconexión de sistema abierto (OSI) es el modelo de referencia de internetwork más ampliamente conocido. Se utiliza para el diseño de redes de datos, especificaciones de funcionamiento y resolución de problemas.

Aunque los modelos TCP/IP y OSI son los modelos principales que se utilizan cuando se analiza la funcionalidad de red, los diseñadores de protocolos de red, servicios o dispositivos pueden crear sus propios modelos para representar sus productos.

Modelo OSI

Inicialmente, el modelo OSI fue diseñado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, International Organization for Standardization) para proporcionar un marco sobre el cual crear una suite de protocolos de sistemas abiertos. La visión era que este conjunto de protocolos se utilizara para desarrollar una red internacional que no dependiera de sistemas propietarios. Aunque pocos de los protocolos desarrollados mediante las especificaciones OSI son de uso masivo en la actualidad, el modelo OSI de siete capas ha realizado aportes importantes para

el desarrollo de otros protocolos y productos para todos los tipos de nuevas redes. Las capas o niveles que presenta este modelo son:



Capa Física: Define las normas y protocolos usados en la conexión, las técnicas para transferir una cadena de bits por un cable y los equipos a utilizar como tarjetas de red, tipo de cable, tipo de conectores etc.

Esta capa es la encargada de describir los medios mecánicos, eléctricos, funcionales y el procedimiento para activar, mantener y desactivar conexiones físicas para la transmisión de bits hacia y desde un dispositivo de red.

Entre los protocolos implementados en este nivel destacan IEEE 802, IEEE 802.2 y ISO 2110 ISDN. Los componentes de red utilizados son repetidores, multiplexadores, *hubs*, amplificadores, etc.

Capa de enlace de datos: Gestiona las entradas/salidas como interfaz de la red. Esta capa describe los métodos para intercambiar tramas de datos entre dispositivos en un medio común. Controla la correcta transferencia de datos y gestiona los métodos necesarios para la detección y corrección de errores. Constituye el puente entre el hardware y el software.

Entre los protocolos implementados en este nivel destacan IEEE 802.1, 802.2, 802.3, 802.4, 802.5 y 802.12. Los componentes de red utilizados son *bridge*, *switch*, ISDN *router*, etc.

Capa de red: Enruta los paquetes dentro de la red. Es el encargado de transportar los paquetes de datos y se compone de la información del usuario que proviene de los niveles superiores, para el establecimiento y control de la información.

Proporciona servicios para intercambiar los datos individuales en la red entre dispositivos finales identificados.

Esta capa deberá traducir nombres y direcciones lógicas de red a direcciones físicas, determinar rutas de modo de interconectar subredes.

Entre los protocolos implementados en este nivel destacan IP, ICMP, RIP, OSPF, IGMP, ARP y RARP. Los dos últimos tienen por función traducir las direcciones. Los componentes de red utilizados son *brouter*, *router*, *frame relay device*, *ATM switch*, etc.

Capa de transporte: Comprueba la integridad de datos, ordena los paquetes, construye cabeceras de los paquetes, realiza la transmisión de datos de forma segura y económica, desde el equipo emisor al equipo receptor.

Define los servicios para segmentar, transferir y reensamblar los datos para las comunicaciones finales entre los dispositivos finales. La funcionalidad de esta capa dependerá si el servicio es o no confiable y si es o no orientado a conexión. Entre los protocolos implementados en este nivel destacan TCP, SPX, UDP y ATP.

Capa de sesión: Proporciona servicios a la capa de presentación para organizar su diálogo y administrar el intercambio de datos.

Permite la fijación de puntos de sincronización en el diálogo para poder repetir éste desde algún punto, la interrupción del diálogo con posibilidades de volverlo a iniciar y el uso de testigos (tokens) para dar turno a la transferencia de datos.

Entre los protocolos implementados en este nivel destacan *NetBIOS* y *RPC*.

Capa de presentación: Proporciona una representación común de los datos transferidos entre los servicios de la capa de aplicación.

Controla los problemas relacionados con la representación de los datos que se pretendan transmitir, además se encarga de la preservación del significado de la información transportada.

Capa de aplicación: En esta capa se ejecutan las aplicaciones de software de red, contiene los programas del usuario que hacen el trabajo real para el que fueron adquiridos los ordenadores.

Controla y coordina las funciones a realizar por los programas de usuario, conocidos con el nombre de aplicaciones.

Entre los protocolos implementados en este nivel destacan DNS, FTP, TFTP, TELNET, HTTP, SMTP, etc.

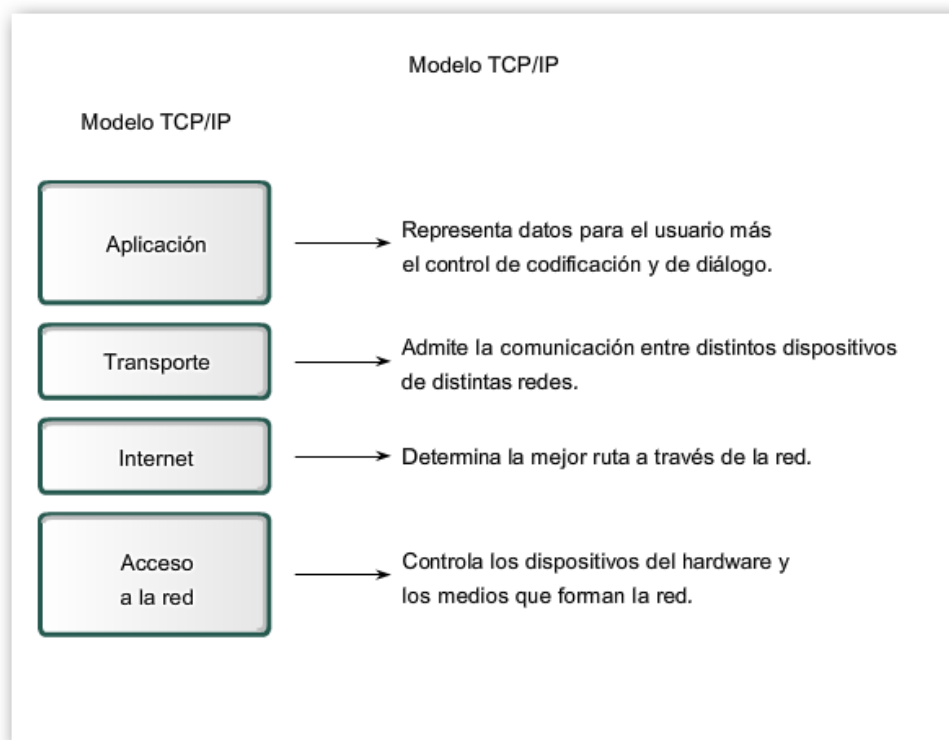
Modelo TCP/IP

Este modelo se creó a principios de la década de los setentas y es el modelo en que se basa Internet. Puesto que el modelo TCP/IP es un estándar abierto, una compañía no controla la definición del modelo, las definiciones del estándar y los protocolos TCP/IP se explican en un foro público y se definen en un conjunto de documentos disponibles al público. Estos documentos se denominan Solicitudes de comentarios (RFCs), contienen las especificaciones formales de los protocolos de comunicación de datos y los recursos que describen el uso de los protocolos.

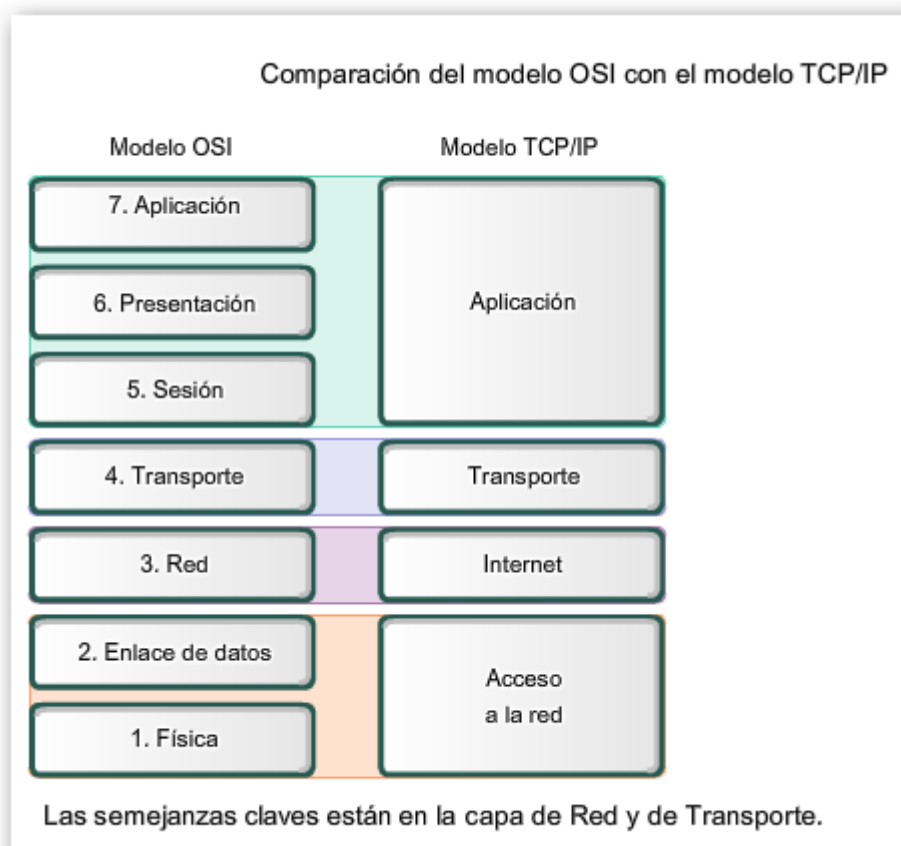
La velocidad a la que fue adoptada la Internet basada en TCP/IP y la proporción en la que se expandió ocasionaron que el desarrollo y la aceptación de la suite de protocolos OSI quedaran atrás.

El modelo TCP/IP es un modelo de protocolo porque describe las funciones que se producen en cada capa de los protocolos dentro del conjunto TCP/IP.

Este modelo define cuatro categorías de funciones que deben tener lugar para que las comunicaciones sean exitosas.



Comparación entre el modelo OSI y el modelo TCP/IP.



Los protocolos que forman la suite de protocolos TCP/IP pueden describirse en términos del modelo de referencia OSI. En el modelo OSI, la capa Acceso a la red y la capa Aplicación del modelo TCP/IP están subdivididas para describir funciones discretas que deben producirse en estas capas.

En la capa Acceso a la red, la suite de protocolos TCP/IP no especifica cuáles protocolos utilizar cuando se transmite por un medio físico; sólo describe la transferencia desde la capa de Internet a los protocolos de red física. Las Capas OSI 1 y 2 analizan los procedimientos necesarios para tener acceso a los medios y los medios físicos para enviar datos por una red.

La Capa 3 del modelo OSI, la capa Red, se utiliza casi universalmente para analizar y documentar el rango de los procesos que se producen en todas las redes de datos para direccionar y enrutar mensajes a través de una internetwork. En el modelo TCP/IP la función de la capa de Internet es similar a la descrita en la capa 3 del modelo OSI.

La Capa 4, la capa Transporte del modelo OSI, con frecuencia se utiliza para describir servicios o funciones generales que administran conversaciones individuales entre los hosts de origen y de destino. Estas funciones incluyen acuse de recibo, recuperación de errores y secuenciamiento. En esta capa, los protocolos TCP/IP, Protocolo de control de transmisión (TCP) y Protocolo de datagramas de usuario (UDP) proporcionan la funcionalidad necesaria.

La capa de aplicación TCP/IP incluye una cantidad de protocolos que proporcionan funcionalidad específica para una variedad de aplicaciones de usuario final, dentro de esta capa se incluyen las capas de sesión y presentación del modelo OSI. Las Capas 5, 6 y 7 del modelo OSI se utilizan como referencias para proveedores y programadores de software de aplicación para fabricar productos que necesitan acceder a las redes para establecer comunicaciones.

Encapsulación

Es el proceso en el cual los protocolos agregan información desde los datos de la aplicación a medida que bajan por cada uno de los niveles del stack de protocolos, hasta que se transmiten por los medios de red.

La desencapsulación es el proceso inverso al descrito anteriormente.

La forma que adopta una sección de datos en cualquier capa se denomina Unidad de datos del protocolo (PDU). Durante la encapsulación, cada capa encapsula las PDU que recibe de la capa inferior de acuerdo con el protocolo que se utiliza. En cada etapa del proceso, una PDU tiene un nombre distinto para reflejar su nuevo aspecto. Por ejemplo:

Datos: el término general para las PDU que se utilizan en la capa de aplicación.

Segmento: PDU de la capa de transporte.

Paquete: PDU de la capa de Internetwork.

Trama: PDU de la capa de acceso a la red.

Bits: una PDU que se utiliza cuando se transmiten físicamente datos a través de un medio.

Elementos de una red

En los elementos de una red típica se incluyen dispositivos, medios y servicios unidos por reglas, que trabajan en forma conjunta para enviar mensajes.

Dentro de los elementos de una red se encuentran:

Dispositivos.

Repetidores:

Son unos dispositivos usados para amplificar, regenerar y retransmitir la señal.

Operan al nivel físico del modelo OSI.

Hub:

Son usados para conectar múltiples usuarios a un dispositivo físico, el cual es conectado a la red. Este realiza la misma función que los repetidores pero a través de múltiples puertos. Operan en la capa física del modelo OSI.

Puente:

Conecta normalmente dos redes de área local.

Es empleado para separar lógicamente segmentos dentro de la misma red y operan en la capa de enlace de datos del modelo OSI.

Switch:

Es similar al puente pero posee mayor cantidad de puertos, el switch provee un único segmento de red por cada puerto siendo capaz de separar dominios de colisión. Se basa en una tabla de direcciones físicas de los dispositivos conectados, para enviar la señal que recibe al puerto correspondiente y no a todos sus puertos, evitando así un congestionamiento en la red. Los switches han reemplazado a los hubs, de manera de incrementar las prestaciones y ancho de banda de una red, conservando las instalaciones de alambrado existentes. El switch opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI.

Router:

Son equipos diseñados para interconectar distintas redes. Dentro de sus capacidades está la de separar dominios de broadcast, lo que permite realizar un mejor empleo del ancho de banda en una red de gran extensión, de modo que los mensajes de difusión colectiva en una red sólo afectan a la red que los origina, sin utilizar los recursos de las redes vecinas. Los routers encaminan el tráfico basándose en una tabla de enrutamiento, en la cual se encuentran las direcciones IP para el próximo salto o una ruta por defecto, hasta alcanzar la red de destino. El router opera en la capa de red del modelo OSI.

Las técnicas de diseño e implementación de las redes actuales utilizan routers y switches para la gestión del tráfico, debido a que además de presentar un mejor desempeño, ofrecen mecanismos de crecimiento más flexible y escalable.

Los dispositivos finales pueden ser computadoras, impresoras de red, cámaras de seguridad, teléfonos IP, etc. Es en estos en donde se originan o destinan los mensajes a petición de los usuarios.

Mensajes.

El término mensaje abarca las páginas Web, los e-mails, los mensajes instantáneos, las llamadas telefónicas y otras formas de comunicación permitidas por Internet.

El mensaje primero debe ser convertido en un formato que pueda transportarse en la red. Todos los tipos de mensajes tienen que ser convertidos a bits, señales digitales codificadas en binario, antes de ser enviados a sus destinos.

Esto es así sin importar el formato del mensaje original: texto, video, voz o datos informáticos. Una vez que el mensaje instantáneo se convierte en bits, está listo para ser enviado a la red para su remisión.

Reglas.

Las personas generalmente buscan enviar y recibir distintos tipos de mensajes a través de aplicaciones informáticas; estas aplicaciones necesitan servicios para funcionar en la red. Algunos de estos servicios incluyen World Wide Web, e-mail, mensajería instantánea y telefonía IP. Los dispositivos interconectados a través de medios para proporcionar servicios deben estar gobernados por reglas o protocolos. Las reglas son las normas o protocolos que especifican la manera en que se envían los mensajes, cómo se direccionan a través de la red y cómo se interpretan en los dispositivos de destino.

Actualmente el estándar de la industria en redes es un conjunto de protocolos denominado TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet). Son los protocolos TCP/IP los que especifican los mecanismos de formateo, de

direccionamiento y de enrutamiento que garantizan que los mensajes sean entregados a los destinatarios correctos.

Medios.

Para que funcione una red, los dispositivos deben estar interconectados. Las conexiones de red pueden ser con cables o inalámbricas. En las conexiones con cables, el medio puede ser cobre, que transmite señales eléctricas, o fibra óptica, que transmite señales de luz. En las conexiones inalámbricas, el medio es la atmósfera de la tierra o espacio y las señales son microondas. Los medios de cobre incluyen cables, como el par trenzado del cable de teléfono, el cable coaxial o generalmente conocido como cable de par trenzado no blindado (UTP) de Categoría 5. Las fibras ópticas, hebras finas de vidrio o plástico que transmiten señales de luz, son otra forma de medios de networking.

Los medios inalámbricos incluyen conexiones inalámbricas domésticas entre un router inalámbrico y una computadora con una tarjeta de red inalámbrica, conexión inalámbrica terrestre entre dos estaciones de tierra o comunicación entre dispositivos en tierra y satélites. En un viaje típico a través de Internet, un mensaje puede viajar en una variedad de medios.

Muchas de las redes instaladas utilizan cables para proporcionar conectividad. Ethernet es la tecnología de red con cable más común en la actualidad. Los cables conectan las computadoras a otros dispositivos que forman las redes. Las redes con cables son mejores para transmitir grandes cantidades de datos a alta velocidad y son necesarias para respaldar multimedia de calidad profesional.

Topología de red

Se refiere a como distribuyen, organizan o conectan el conjunto de computadoras o dispositivos dentro de una red, es decir, a la forma en que están interconectados los distintos nodos que la forman.

Tipos de topologías:

Topología En Estrella:

Se caracteriza por tener todos sus nodos conectados a un controlador central. Todas las transacciones pasan a través del nodo central siendo este el encargado de gestionar y controlar todas las comunicaciones. El controlador central es normalmente el servidor de la red, aunque puede ser un dispositivo especial de conexión denominado comúnmente concentrador o hub.

Las ventajas de esta topología son que presenta buena flexibilidad para incrementar el número de equipos conectados a la red, si alguna de las computadoras falla, el comportamiento de la red sigue sin problemas, sin embargo, si el problema se presenta en el controlador central se afecta toda la red y el diagnóstico de problemas es simple, debido a que todos los equipos están conectados a un controlador central.

Las desventajas son que no es adecuada para grandes instalaciones, debido a la cantidad de cable que deben agruparse en el controlador central y esta configuración es rápida para las comunicaciones entre las estaciones o nodos y el controlador, pero las comunicaciones entre estaciones es lenta.

Topología en anillo:

Todas las estaciones o nodos están conectados entre si en forma de un anillo, formando un camino unidireccional cerrado que conecta todos los nodos. Los datos viajan por el anillo siguiendo una única dirección, es decir, la información pasa por las estaciones que están en el camino hasta llegar a la estación destino, cada estación se queda con la información que va dirigida a ella y retransmite al nodo siguiente los que tienen otra dirección.

Las ventajas que presenta esta topología son que permite aumentar o disminuir el número de estaciones sin dificultad y la velocidad dependerá del flujo de información, cuantas más estaciones intenten hacer uso de la red mas lento será el flujo de información.

La desventaja es que una falla en cualquier parte deja bloqueada a toda la red.

Topología en bus:

Los nodos se conectan formando un camino de comunicación bidireccional con puntos de terminación bien definidos, cuando una estación transmite, la señal se propaga a ambos lados del emisor hacía todas las estaciones conectadas al bus, hasta llegar a las terminaciones del mismo. Así, cuando una estación transmite un mensaje alcanza a todas las estaciones, por esto el bus recibe el nombre de canal de difusión.

Las ventajas de esta topología son que permite aumentar o disminuir fácilmente el número de estaciones y el fallo de cualquier nodo no impide que la red siga funcionando normalmente, lo que permite añadir o quitar nodos sin interrumpir su funcionamiento.

Las desventajas son que cualquier ruptura en el bus impide la operación normal de la red y la falla es muy difícil de detectar, el control del flujo de información presenta inconvenientes debido a que varias estaciones intentan transmitir a la vez y existe un único bus, por lo que solo una estación logrará la transmisión.

Para elegir una topología de red se debe tener en cuenta, minimizar los costos de encaminamiento (necesidad de elegir los caminos más simples entre el nodo y los demás), la tolerancia a fallas o facilidad de localización de estas, facilidad de instalación y reconfiguración de la red.

Tipos de redes

Las infraestructuras de red pueden variar en gran medida en términos de:

El tamaño del área cubierta, la cantidad de usuarios conectados, la cantidad y tipos de servicios disponibles.

Red de área local (LAN).

Este tipo de red cubre una única área geográfica y proporciona servicios y aplicaciones a personas dentro de una estructura organizacional común, como una empresa, un campus o una región.

Una LAN por lo general está administrada por una organización única. El control administrativo que rige las políticas de seguridad y control de acceso está implementado en el nivel de red.

Red área amplia (WAN).

Cuando una compañía o una organización tiene ubicaciones separadas por grandes distancias geográficas, es posible que deba utilizar un proveedor de servicio de telecomunicaciones (TSP) para interconectar las LAN en las distintas ubicaciones. Los proveedores de servicios de telecomunicaciones operan grandes redes regionales que pueden abarcar largas distancias.

Por lo general, las organizaciones individuales alquilan las conexiones a través de una red de proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Las redes de área amplia (WAN) son las que conectan las LAN en ubicaciones separadas geográficamente. Las WAN utilizan dispositivos de red diseñados específicamente para realizar las interconexiones entre las LAN.

Las LAN y WAN son de mucha utilidad para las organizaciones individuales. Conectan a los usuarios dentro de la organización. Permiten gran cantidad de formas de comunicación que incluyen intercambio de e-mails, capacitación corporativa y acceso a recursos.

Internetwork:

Es una malla global de redes interconectadas, generalmente una conexión de dos o más redes de datos forma una internetwork: una red de redes.

También es habitual referirse a una internetwork como una red de datos o simplemente como una red, cuando se consideran las comunicaciones a alto nivel. La internetwork más conocida, ampliamente utilizada y a la que accede el público en general es Internet.

Internet se crea por la interconexión de redes que pertenecen a los Proveedores de servicios de Internet (ISP). Estas redes ISP se conectan entre sí para proporcionar acceso a millones de usuarios en todo el mundo.

Intranet:

El término intranet se utiliza generalmente para referirse a una conexión privada de algunas LAN y WAN que pertenecen a una organización y que está diseñada para que puedan acceder solamente los miembros y empleados de la organización u otros que tengan autorización.

CAPITULO II: Voz sobre IP

Hoy en día las redes basadas en conmutación de paquetes han evolucionado desde la transmisión de datos únicamente, hasta realizar las funciones de una red tradicional de conmutación de circuitos. Debido a que la tecnología ha avanzado lo suficiente, se puede ofrecer este servicio, VoIP que es la transmisión de voz a través de las redes IP con propósitos de transporte únicamente.

Un grupo de recursos hace posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP, esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes en lugar de enviarla (en forma digital o analógica) a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional.

Además presenta una reducción de los costes, más económico que las redes de conmutación de circuitos, por ejemplo, las llamadas entre las distintas delegaciones de una empresa saldrían gratis. Y que proporciona también el desarrollo de una serie de servicios nuevos para voz que hubiese sido imposible con las redes de circuitos conmutados.

VoIP ofrece una calidad bastante aceptable, similar a la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), esto es debido al desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, los distintos protocolos de señalización y transmisión en tiempo real, así como los codecs a utilizar.

Factores que afectan la calidad de la voz

Al querer transmitir voz a través de una red de paquetes de datos, nuestra voz y la de los participantes en la conversación, se muestrea a intervalos regulares y se envía como paquetes de datos por la red. Este medio es compartido por otros usuarios de la red que están usando servicios como navegación por la Web, correo electrónico, etc., y en cuyo caso nuestra conversación puede verse afectada por una pérdida de paquetes y retrasos en la recepción de los mismos.

Los motivos por los que una red de paquetes no es deseable para transmisión de voz son los siguientes:

- ❖ Sobrecarga en los paquetes: debido a la cantidad de información que deben llevar estos en sus cabeceras y que no son utilizadas por el servicio.
- ❖ Pérdida de paquetes: al estar basados, sobre todo UDP, en una transmisión no fiable las pérdidas de paquetes si existe congestión o problemas en la transmisión pueden llegar a ser importantes. Se producirá normalmente en situaciones de congestión de la red.

Existen cuatro causas posibles para la pérdida de paquetes:

- Duración de vida expirada (TTL = 0).
- Retardo en el extremo receptor superior a la fluctuación de fase de la memoria tampón.
- Destrucción por un módulo congestionado.
- Paquete no válido debido a fallos de transmisión.

La tasa de pérdida de paquetes dependerá de la calidad de las líneas utilizadas y del dimensionamiento de la red. Para que la calidad vocal sea aceptable, dicha tasa de pérdida de paquetes ha de ser menor que el 20%. Una solución posible para reducir la pérdida de paquetes consiste en utilizar sistemas de corrección de errores que tengan codificación redundante y adaptable, es decir, variable de acuerdo con las pérdidas de paquete estadísticamente observadas en la red en determinado momento.

- ❖ Latencia: consiste en tener un retraso mayor a un cierto umbral perceptible para la conversación en el que ambos interlocutores detectan que transcurre un tiempo entre que uno de ellos habla y el otro lo escucha.

El retardo tiene un impacto en la calidad de la transmisión, pues a medida que aumenta el tiempo de envío disminuye el nivel de interacción en la conversación. Si la conexión es unidireccional un retardo en torno a 150 ms no produce mayor distorsión, pero si éste supera los 400 ms la calidad comienza a verse afectada. Por otro lado, en comunicaciones bidireccionales aparece el problema de eco, por lo que para mantener la calidad en niveles aceptables, si el retardo supera los 30 ms, es necesario implementar mecanismos de cancelación de eco.

A continuación se muestran en la tabla, los valores que indican las clases de calidad e interactividad de acuerdo con el retardo de transmisión en una conversación telefónica.

Clase N°	Retardo	Observaciones
1	De 0 a 150 ms	Aceptable para la mayoría de las conversaciones; sólo algunas funciones altamente interactivas pueden experimentar degradación.
2	De 150 a 300 ms	Aceptable para las llamadas de baja interactividad (satélite con 250 ms por salto).
3	De 300 a 700 ms	Prácticamente una llamada semidúplex.
4	Mas de 700 ms	Inútil, a menos que los llamantes estén habituados a conversar en semidúplex (como los radioaficionados).

Calidad e interactividad de una llamada, según el retardo de transmisión.

Retardo en el transmisor

En el extremo transmisión, la voz es codificada y comprimida antes de encapsularla en paquetes IP. El tamaño del paquete representa una solución intermedia entre la necesidad de reducir el retardo de transmisión y la optimización de la anchura de banda. Los componentes del retardo en el transmisor son:

- La digitalización y codificación, es decir, el tiempo necesario para que una tarjeta de sonido o una pasarela digitalice y codifique una señal analógica.

La compresión, que se divide a su vez en tres partes:

- Retardo de trama: a diferencia de la digitalización de señal, que se lleva a cabo de una manera continua, la compresión se relaciona con determinada longitud de datos, cuya espera puede hacer necesario un tiempo de procesamiento especial.
 - Retardo de codificación: este retardo, que también involucra la compresión por síntesis basada en la predicción, es solicitado por el codificador para saber, mientras está funcionando, cómo evoluciona la señal.
 - Retardo de procesamiento: tiempo que toma el algoritmo para comprimir una trama. Depende del procesador y del tipo de algoritmo.
- Empaquetado: periodo de tiempo durante el cual la aplicación arma un paquete (creación del encabezamiento e inserción de los datos).
- Transmisión: este periodo de tiempo dependerá de la configuración utilizada, es decir, si la conexión se hace mediante un módem o un acceso directo en una LAN/WAN.

Retardo de red

- Propagación: en una red alámbrica la velocidad de propagación es de 200000km/s, lo que resulta en un tiempo de propagación largo.
- Encaminamiento y colas: según el tipo de red, se pueden indexar varios tiempos diferentes.

Cuando se trate de una red IP bien controlada, tal como una intranet o equivalente, la transmisión de paquetes toma entre 50 y 100 ms (propagación y compensación de fluctuación de fase), y los encaminadores introducen un retardo de unos 50 ms, con un retardo total resultante de entre 200 y 250 ms de un extremo a otro, para una red de este tipo. En el caso de Internet, estos retardos son mucho mayores e incluso indeterminados.

- ❖ Eco: Tiempo transcurrido desde que se habla hasta que se percibe el retorno de la propia voz. Si la demora de retorno es menor a 50 ms, o el nivel de retorno está por debajo de los -25dB, el efecto del eco no es percibido. Dado que las demoras de voz sobre redes de datos son altas, puede existir eco.

Por lo general, este problema aparece en el contexto de las comunicaciones de PC a teléfono, de teléfono a PC o de teléfono a teléfono, y es causado por los componentes electrónicos de las partes analógicas del sistema que reflejan una parte de la señal procesada.

- ❖ Jitter: es muy dependiente del retardo de los paquetes, y consiste en el tiempo de variación en la llegada de paquetes.

Debido a que UDP funciona en un modo sin conexión, los paquetes no siguen necesariamente la misma ruta y, por tanto, hay variaciones en el tiempo de tránsito. Otra posible causa de variación del tiempo de tránsito puede ser el número de encaminadores que se encuentran y la carga de cada uno de ellos. Para reconstituir un flujo síncrono en el extremo receptor, se instalan buffers de compensación de fluctuación de fase. No obstante, este procedimiento incrementa aún más el retardo de transmisión. Para mantener un nivel de calidad aceptable, la fluctuación de fase debe ser menor que 100 ms.

El Buffer de fluctuación de fase es una memoria que permite la resincronización de los paquetes que llegan con retardos variables, compensando así los desfases temporales y restableciendo el orden correcto de los paquetes.

El resultado de esto, en las actuales condiciones tecnológicas usadas en Internet y su dimensionamiento, es que la voz sobre IP, sería posible solamente en una red IP controlada del tipo intranet, mientras que en Internet será muchísimo más impredecible.

Ventajas.

- Aprovecha mejor el ancho de banda disponible, haciendo un uso más efectivo de canales costosos.
- Se basa en redes abiertas.
- Más económico.
- Integración de servicio y unificación de estructura.
- Convergencia de las comunicaciones de datos y voz en una plataforma única, facilitando la gestión, el mantenimiento y el entrenamiento del personal.
- Facilidad de incorporar servicios especiales.

Arquitectura de una red con VoIP

El Estándar define tres elementos fundamentales en su estructura:

- Terminales: Son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software (softphones) como en hardware (teléfonos IP).
- Gatekeepers: Son el centro de toda la organización VoIP, y serían el sustituto para las actuales centrales. Normalmente implementadas en software, en caso de existir, todas las comunicaciones pasarían por él.

El Gatekeeper es un elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de aquel. Su función es la de gestión y control de los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación de la misma.

- Gateways: Se trata del enlace con la red telefónica tradicional, actuando de forma transparente para el usuario.

El Gateway es un elemento esencial en la mayoría de las redes pues su misión es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI.

Con estos tres elementos, la estructura de la red VoIP podría ser la conexión de dos delegaciones de una misma empresa. La ventaja es inmediata: todas las comunicaciones entre las delegaciones son completamente gratuitas.

Direccionamiento:

1. RAS (Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través del Gatekeeper.
2. DNS (Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS.

Transmisión de voz:

UDP (User Datagram Protocol): La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP. Ya que se desea transmitir la voz en tiempo real, se requiere utilizar UDP por lo que los paquetes se envían sin verificar que la información está completa al alcanzar el destino, es decir no hay retransmisión de datos, esto indica que hay menos demora al entregar la información.

RTP (Real Time Protocol): Es el mecanismo de transporte para multimedia para redes IP.

Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

IP (Internet Protocol): Es un protocolo que rige las comunicaciones en Internet. Transporta sencillamente los datos de extremo a extremo, sin conocer las aplicaciones que se ejecutan.

Control de la transmisión:

RTCP (Real Time Control Protocol): Implica la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participantes en una sesión (no llevan información de audio/vídeo).

Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

Protocolos de VoIP.

Es el lenguaje que utilizarán los distintos dispositivos dentro de VoIP para su conexión.

Los protocolos de las redes IP originalmente no fueron diseñados para el fluido el tiempo real de audio o cualquier otro tipo de medio de comunicación.

Es por lo anterior que se crean los protocolos para VoIP, cuyo mecanismo de conexión abarca una serie de transacciones de señalización entre terminales que cargan dos flujos de audio para cada dirección de la conversación.

Algunos de los protocolos VoIP más importantes y compatibles con Asterisk PBX son:

H.323:

Es el protocolo internacional para conferencia sobre redes de paquetes que ha sido aprobado por la ITU (International Telecommunication Union) en 1996. Es el estándar que permite que el tráfico multimedia (audio, video y datos) en tiempo real sea intercambiado sobre una red de paquetes, que no provee calidad de servicio garantizada.

H.323 se puede aplicar a una gran variedad de mecanismos como: Sólo audio (telefonía IP), audio y video (videoconferencia), también se puede aplicar a comunicaciones multimedia multipunto.

La aparición de aplicaciones de voz sobre IP (VoIP) y telefonía IP dio lugar a una revisión de la especificación de H.323. La ausencia de un estándar de voz sobre IP dio lugar a productos incompatibles. Con el desarrollo de VoIP han surgido nuevos requisitos, como ofrecer comunicación entre telefonía sobre PC y telefonía sobre redes de conmutación de circuitos tradicionales (SCN, switched circuit network).

Aunque su especificación es compleja, es un protocolo relativamente seguro, ya que utiliza RTP (protocolo de transporte en tiempo real) que permite transmitir los datos (audio y video) en tiempo real sobre IP, es capaz de permitir algoritmos de encriptación de la información dando seguridad a la conexión a Internet.

Los protocolos que incorpora el estándar H.323 especifican el funcionamiento de todas las partes de que consta un terminal H.323, desde la codificación de la voz o vídeo hasta el proceso para registrar las llamadas y conectar el timbre del terminal llamado.

SIP (Session Initiation Protocol):

H.323 es un estándar muy complejo por lo que la IETF (Internet Engineering Task Force) (RFC2543) ha aprobado un estándar alternativo específicamente diseñado para telefonía sobre Internet mucho más sencillo conocido como SIP.

Es un protocolo de señalización de capa de aplicación que define la iniciación, modificación y terminación de sesiones interactivas de comunicación multimedia entre usuarios. Este protocolo considera a cada conexión como un par y se encarga de negociar las capacidades entre ellos.

Tiene una sintaxis simple, modelado sobre otros protocolos de Internet como HTTP o SMTP.

Es un protocolo orientado a texto, posee un sistema de autenticación de petición/respuesta (basado en HTTP), el routing es basado en SMTP.

Permite conferencias multimedia en Internet, llamadas en Internet o sobre cualquier red IP.

Las direcciones son URLs (como direcciones de e-mail), lo que permite movilidad a los usuarios, es decir, los usuarios son identificados mediante una SIP URL en un servidor SIP, por ejemplo, SIP: user@dominio.com.

La SIP URL hace referencia a la localización real del usuario: puede ser una página Web, una dirección de e-mail u otra dirección SIP.

Brinda funciones como: traslación de nombres, localización del usuario, negociación de características, Mensajería instantánea, disponibilidad del usuario, esto es, determinación de la voluntad del receptor de la llamada de participar en las comunicaciones y capacidad del usuario, que es la determinación del medio y de sus parámetros.

Puede ser usado sobre UDP y TCP, el puerto 5060 en TCP (Transmission Control Protocol) y UDP (User Datagram Protocol) para conectar con los servidores SIP.

Utiliza, dos Canales:

- Señalización (UDP 5060): Establecimiento, Negociación, Fin...)
- Streaming RTP (UDP 10000-20000 normalmente) y control RTCP.

Es un protocolo diseñado para ser extensible y escalable.

IAX (Inter Asterisk Exchange):

Es un protocolo desarrollado por Digium, es exclusivo para enlaces entre Asterisk, aunque es un protocolo abierto, es decir que se puede descargar y desarrollar libremente.

Utiliza el puerto UDP 4569 tanto para señalización como para el flujo de datos, es un protocolo binario, no es basado en texto.

La función principal de IAX es empaquetar múltiples sesiones dentro de un flujo de datos, así requiere de menos ancho de banda y permite mayor número de canales entre terminales.

En seguridad, permite la autenticación, pero no hay cifrado entre terminales.

Este protocolo quedó obsoleto, ha sido reemplazado por IAX2 (versión mejorada de IAX).

No presenta problemas con NAT (Network Address Translator), ya que es transparente ante este proceso. No es el caso para los protocolos antes mencionados (H.323, SIP) que si presentan problema.

MGCP:

Media Gateway Control Protocol, es un protocolo de señalización que fue desarrollado por la IETF. Inicialmente diseñado para simplificar en lo posible la comunicación con terminales como los teléfonos.

Utiliza un modelo centralizado (arquitectura cliente * servidor), de tal forma que un teléfono necesita conectarse a un controlador antes de conectarse con otro teléfono, así la comunicación no es directa.

Tiene tres componentes un MGC (Media Gateway Controller), uno o varios MG (Media Gateway) y uno o varios SG (Signaling Gateway), el primero también denominado dispositivo maestro controla al segundo también denominado esclavo.

*No es un protocolo estándar.

SCCP:

Skinny Client Control Protocol, es un protocolo propietario de Cisco.

Es el protocolo por defecto para terminales con el servidor Cisco Call Manager PBX que es el similar a Asterisk PBX.

En donde el cliente Skinny usa TCP/IP para transmitir y recibir llamadas.

Para la transmisión del audio utiliza RTP, UDP e IP.

Los mensajes Skinny son transmitidos sobre TCP y usa el puerto 2000.

Los protocolos de control de llamada resuelven el problema de traducir una numeración telefónica en una dirección IP.

El siguiente cuadro trata de realizar una comparación entre las características más importantes de los protocolos para VoIP antes descritos:

	Tecnología	Disponibilidad	Seguridad	NAT	Total
SIP	2	2	2	1	7
IAX	2	3	1	3	9
H.323	3	1	2	1	7
MGCP	2	1	¿?	¿?	3
SCCP	3	1	¿?	¿?	4

En la primera columna tenemos a los protocolos y en la primera fila se tiene a las características que se explican a continuación:

- **Tecnología:** se refiere a los protocolos de red tradicionales utilizados por el protocolo voip como RTP, TCP, UDP; a la arquitectura y a mecanismos de transmisión.
- **Disponibilidad:** El puntaje varía de acuerdo si es propietario, si tiene una especificación simple o compleja y si es “open”.
- **Seguridad:** Se refiere a los mecanismos de seguridad que implementa como la autenticación, el cifrado del flujo, etc.
- **NAT:** El puntaje varía de acuerdo a en que medida esto es soportado por el protocolo voip.

Se puede concluir que el protocolo que obtiene mayor puntaje es IAX, sin embargo sus características no son uniformes como en el caso de SIP que presenta paridad

en todos los aspectos. Hay que notar también que los demás protocolos destacan en la tecnología que poseen, es decir son más complejos.

CODECS:

Para poder transportar la señal de voz a través de una red de datos es necesario hacer uso de codecs, estos garantizan la codificación y la compresión de la voz para que pueda viajar de manera adecuada por la red IP, luego la señal de voz es decodificada y descomprimida al alcanzar el destino, antes de generar el sonido utilizable.

El uso de cada codec dependerá del ancho de banda disponible, la calidad varía en cada uno de ellos, por lo que hay que tener en cuenta que entre mejor es la calidad del codec mayor ancho de banda se utilizará.

Entre los codecs mas utilizados en VoIP se encuentran:

- **G.711:** es un estándar de la ITU-T para la compresión de audio, utiliza PCM (Pulse Code Modulation). Este estándar es usado principalmente en telefonía a partir del año 1972.
Este estándar representa señales de audio con frecuencias de la voz humana, mediante muestras comprimidas de una señal de audio digital con una tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo, proporciona un flujo de datos de 64kbit/s. Para este estándar existen 2 modelos:
Ley μ , usado en Norte América y Japón, corresponde con el estándar T1 usado en Estados Unidos. Ley A, usado en Europa y el resto del mundo, corresponde con el estándar E1. Ambos algoritmos son logarítmicos.
- **G.723:** Es un estándar definido por la ITU-T, puede operar a 2 tasas de bits transmitiendo a 5.3kbit/s y a 6.3kbit/s. El uso de este estándar requiere de licencia.

- **G.726:** Es un estándar definido por la ITU-T, cubre transmisiones de voz a tasas de 16, 24, 32, and 40 kbit/s. También conocido como ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation).
- **G.729:** Definido por la ITU-T, opera a una tasa de bits de 8kbit/s, aunque existen varias versiones de este codec como:
G.729A o anexo A, es una simplificación del G.729 y es compatible con este, es menos complejo pero tiene menos calidad.
G.729B o anexo B, este incorpora supresión de silencios y no es compatible con los anteriores.
Existen versiones de 6.4kbit/s (Anexo D) y 11.4 kbit/s (Anexo E).
- **GSM:** Estándar que opera a una tasa de 13kbit/s, presenta una tasa de muestreo de 8khz. Utilizado ampliamente en las comunicaciones mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.
- **Speex:** Es un software libre, es decir, no requiere licencia. Presenta un amplio rango de tasa de bits disponible (desde 2 kbps a 44 kbps).
- **iLBC:** Codec bajo de Bitrate del Internet, creado originalmente por Global IP Sound, presenta una tasa de bits de 13.33 kbit/s para el tamaño de marco de 30 ms y 15.2 kbit/s para el tamaño de marco de 20 ms.

CODIFICADORES TIPO WAVEFORM

Este tipo de codificadores representan digitalmente características temporales o espectrales de la forma de onda de una señal de voz. En el dominio del tiempo, la señal de voz presenta redundancia, como periodicidad, variación lenta de intensidad, etc., que son aprovechados por estos codificadores. Por otro lado, los métodos *waveform* basados en el dominio de la frecuencia, toman en consideración que la

distribución de las componentes espectrales no es uniforme. Ejemplo de este tipo de codificadores son *Filter Bank Analysis*, *Sub-Band Coders* (SBC) y *adaptive Transform Coders* (ATC).

Codificación PCM

La metodología más simple para codificar una señal de voz es utilizar solamente cuantización uniforme. Generalmente, se utiliza 16 bits por muestra por lo que si la señal es muestreada a 8000 Hz, uno obtendrá una tasa de codificación de 128 kbps. Sin embargo, se ha demostrado que dada la dinámica de una señal de voz, sólo es necesario utilizar 12 o 13 bits disminuyendo la tasa a 96 y 104 kbps respectivamente, sin pérdida considerable de calidad.

Una de las primeras características apreciables en una señal de voz es que la distribución en el tiempo no es uniforme, esto principalmente debido a silencios y sonidos con poca energía. Este tipo de cuantización no aprovecha bien el número de bits utilizados para representar la señal por lo que es posible utilizar otro tipo de metodología no uniforme que sea más efectiva. Además, el SNR aumenta en segmentos de la voz con mayor amplitud, por lo que la cuantización uniforme tiende a reproducir una señal cuya calidad varía en función del tiempo, debido a la dinámica de la voz. Para solucionar este problema, es posible utilizar cuantización logarítmica, proporcionando un error de cuantización más uniforme.

En 1972, el comité de consulta internacional telefónico y telegráfico (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique*, CCITT) publicó la recomendación G.711, basado en la tecnología PCM. Rápidamente se transformó en el referente principal de los sistemas de transmisión de voz de la época. La vigencia del estándar se mantiene hasta nuestros días en las redes de telefonía fija. El codificador utiliza 8 bits por muestras, las cuales son muestreadas a 8 kHz codificando a una tasa de 64 kbps.

El estándar G.711, establece dos tipos de algoritmos de compresión: la ley μ , la cual es utilizada como estándar PCM en Estados Unidos, y la ley A, la cual es utilizada como estándar PCM en Europa.

La idea fundamental detrás de este estándar es comprimir la señal de voz en forma logarítmica, para luego realizar cuantización uniforme. En ambas leyes, la compresión es casi lineal para señales de amplitud pequeña y logarítmica para señales de amplitud grande.

Codificación ADPCM

La idea básica detrás del sistema DPCM es cuantizar y transmitir el error de predicción en vez de la señal misma. Este sistema explota el comportamiento de la voz en el dominio del tiempo. En vez de cuantizar cada muestra de voz separadamente, DPCM cuantiza la diferencia entre la señal original y una estimación predictiva de la misma, basado en un promedio ponderado de muestras anteriores, usando la propiedad de correlación muestra a muestra que presentan las señales de voz. Además, el error de predicción, presenta menor varianza que la señal original, por lo que la cuantización del error de predicción introduce menos ruido de cuantización. Dado que la señal de voz no es estacionaria, los coeficientes del predictor deben ser recalculados cada cierto tiempo en forma adaptiva obteniendo un sistema ADPCM.

El estándar G.721 codifica a una tasa de 32 kbps usando 4 bits por muestra. Entre 1985 y 1988, se desarrolló el estándar G.723 el cual extendía la tasa de codificación a 24 y 40 kbps usando 3 y 5 bits por muestras respectivamente. Entre 1989 y 1992, ambos estándares fueron unidos formando el estándar G.726, el cual mantuvo compatibilidad completa con los sistemas anteriores y además agregó una nueva tasa a 16 kbps usando tan sólo 2 bits por muestra.

Tanto PCM como ADPCM corresponden a codificadores *waveform* en el dominio del tiempo. Tecnologías similares a las anteriores son: DPCM, APCM (*Adaptive Pulse Code Modulation*), DM (*Delta Modulation*), ADM (*Adaptive Delta Modulation*) y APC

Adaptive Predictive Coding). Todas estas técnicas aprovechan características temporales de la voz.

CODIFICADORES TIPO VOICE CODER

Los codificadores de tipo *voice coder* o *vocoder*, se caracterizan principalmente por utilizar el modelo de producción y recepción del habla a través de señales de excitación y filtros. Estas tecnologías han logrado disminuir las tasas de transmisión considerablemente, logrando estándares de codificación por debajo de los 2.5 kbps.

El oído humano tiene limitaciones que estas tecnologías aprovechan. Si dos señales se superponen en el tiempo, y una de ellas posee mayor energía que la otra, el sistema auditivo humano no es capaz de distinguir la señal de menor energía. A este fenómeno perceptivo se le denomina enmascaramiento (*masking*). Utilizando esta propiedad se llega a la conclusión que lo más importante es que la señal decodificada sea perceptiblemente similar a la original. Con esto se puede modificar el espectro del ruido producido en la cuantificación y hacerlo perceptiblemente inaudible logrando que estos codificadores no vean afectada su calidad perceptiva a pesar de utilizar tasas de transmisión bajas.

Codificadores CELP

Las técnicas utilizadas por los *vocoders* revolucionaron los sistemas de transmisión de voz. Se lograron alcanzar tasas tan bajas como 2.4 y 4.8 kbps.

Las tecnologías CELP descomponen la señal de voz, tomando en cuenta características de periodicidad, hasta dejar una señal plana semejante a un ruido aleatorio. Esta señal resultante o residuo es modelado por medio de sistemas de cuantización. El procesamiento es realizado sobre segmentos de voz denominados *frames*, y no muestra-a-muestra como en la mayoría de los codificadores *waveforms*. El número de muestras por *frame* varía generalmente entre 80 y 280, que muestreadas a 8 kHz corresponden a 10 y 35 milisegundos respectivamente.

Algunas tecnologías CELP son: ITU-T G.728, ITU-T G.729, ITU-T G.723.1, entre otras. Todos estos estándares fueron implementados orientados a diferentes escenarios, por lo que su utilización dependerá de los requerimientos del sistema tanto de costo, calidad y retardo. Entre ellos, el sistema de codificación más importante en transmisión de voz por Internet es el codificador ITU-T G.729. La tasa de transmisión que entrega este esquema es de 8 kbps, obteniendo una calidad perceptiva mayor a la mayoría de los otros sistemas *vocoders*.

CALIDAD DE CODIFICADORES

La necesidad de sistemas de medición, comenzó en los años 1950 con el desarrollo del sistema de comunicación análogo. Estas técnicas fueron esenciales en la optimización de diseños de sistemas de codificación. Actualmente, existen muchas formas de medir la calidad, los cuales, en general, pueden ser divididos en métodos subjetivos y objetivos.

La forma de comparar las distintas metodologías a nivel de calidad, dependerá del tipo de codificación que se trate. Dado que los codificadores *waveform* buscan reproducir una señal lo más parecida, en forma, a la original, los parámetros objetivos de medición de calidad son perfectamente utilizables. Sin embargo, en codificadores tipo *vocoder* estos parámetros son poco efectivos, pues la codificación busca que la voz reproducida sea perceptivamente igual a la original, por lo que en forma no son necesariamente semejantes. Los métodos subjetivos de medición de calidad entregan una herramienta adecuada para este tipo de codificadores, pero producto del elevado costo de las evaluaciones, debido a los requerimientos necesarios para llevar a cabo este tipo de pruebas, hacen complicada su utilización.

Métodos Subjetivos

Los métodos subjetivos están basados en la opinión de grupos de personas sobre la calidad de frases codificadas. Las personas son entrenadas auditivamente, para posteriormente en laboratorios con equipos altamente especializados realizar las pruebas.

Algunos de los métodos subjetivos buscan medir la inteligibilidad de los codificadores. Para ello, utilizando palabras que se pronuncien parecidas se evalúa

a los codificadores. Ejemplo de este tipo de sistemas de medida son MRT (*Modified Rhyme Test*) y DRT (*Diagnostic Rhyme Test*). Sin embargo, la inteligibilidad es sólo una parte en la calidad de voz, por lo que estos sistemas de medidas son incompletos, si el objetivo es medir la calidad.

Otra clase de sistema de evaluación que intenta medir no sólo la inteligibilidad de señal codificada es el *test* de calidad IAJ (*Isometric Absolute Judgment*). En esta prueba, las personas deben escuchar frases distorsionadas por los codificadores, para luego emitir un juicio usando la escala que va de excelente a insatisfactoria. Lo interesante de este método es que es isométrico en el sentido que a las personas no se les presentan frases de referencia antes de evaluar la calidad.

Otro tipo de metodología utilizada es entrenar a los evaluadores con señales de referencia, para evitar diferencias de criterios. Alguno de estos sistemas de medida son: MOS, PAR (*Paired Acceptability Rating*) y ACR. Una técnica distinta de sortear diferencias de preferencia individuales lo incorpora el método de medición PAJ (*Parametric Absolute Judgment*), el cual consiste en evaluar diferentes componentes de la calidad por separado, en vez de evaluar sólo el promedio. Este método es efectivo, pues las personas comúnmente concuerdan en el grado de degradación de factores aislados. El proceso de ponderación de estos factores es el principal responsable de las diferencias en los criterios de los evaluadores. Para llegar a un valor promedio, el sistema de medida PAJ pondera los resultados usando un mismo criterio. Las pruebas QUART (*Quality Acceptance rating test*) y DAM (*Diagnostic Acceptability Measure*) son dos ejemplos más de este tipo de sistema de medida.

De los métodos subjetivos discutidos, sin lugar a duda el *test* MOS es el más importante y el más utilizado. En este sistema, un grupo de personas evalúan las frases codificadas usando una escala de cinco puntos según lo expuesto en la tabla. Una fase de entrenamiento es utilizada antes de la prueba para asociar criterios. En este período, varias frases estándares con calidades conocidas son reproducidas a los evaluadores para que les sirvan de referencia al momento de evaluar. Una de las características interesantes de destacar, es que este método es aplicable a un amplio rango de distorsiones. La desventaja que presenta el sistema de medida MOS es que los resultados pueden variar por factores como la selección de los

evaluadores, las instrucciones dadas, el equipamiento utilizado, el orden en que se realiza la prueba, etc.

Nivel de Distorsión	Calidad de Voz	Nivel
Imperceptible	Excelente	5
Algo perceptible pero no molesto	Bueno	4
Perceptible y levemente molesto	Regular	3
Molesto pero no objetable	Pobre	2
Muy molesto y objetable	Insatisfactorio	1

Escala de 5 puntos de MOS.

Algunos de estos métodos forman parte del estándar ITU-T P.800, el cual describe varios métodos para la medición subjetiva de la calidad de la voz transmitida.

Métodos Objetivos

Los métodos objetivos de medición de calidad para señales de voz se basan en comparaciones matemáticas entre la señal original y codificada. La mayoría de estos métodos utilizan medidas de distancia para cuantizar la diferencia entre la señal distorsionada y la original. Una de las ventajas de este tipo de prueba es que permite obtener un valor cuantitativo de la calidad que no depende de factores externos, como en el caso de las medidas de calidad subjetivas. Es decir, cada vez que se realice la medición se obtendrá el mismo valor. Esto permite medir variaciones pequeñas en la calidad producidos por modificaciones poco significativas en los codificadores. Si se quisiera medir estas variaciones con métodos objetivos, se tendría que utilizar un gran número de evaluadores para tener un resultado significativo estadísticamente.

Los métodos más elementales de este tipo de codificadores son el SNR y la razón señal a ruido segmentada (*Segmental Signal to Noise Ratio*, SEGSNR), los cuales miden la razón entre la potencia de la señal y la potencia del ruido. Estos métodos son ampliamente utilizados en codificadores tipo *waveform*. Sin embargo, estos métodos no son aplicables a los codificadores tipo *vocoder*. Para medir la calidad en este tipo de codificadores se han desarrollado métodos objetivos que permitan

predecir los resultados que se obtendrían al utilizar pruebas de calidad subjetiva. Para ello se utilizan técnicas de análisis de voz, las cuales buscan imitar el comportamiento perceptivo del oído y en base a este modelo emitir un juicio sobre la calidad de las frases analizadas por los sistemas.

Producto del desarrollo experimentado por las técnicas de codificación, surgió la necesidad de estandarizar sistemas de medición objetivas. Una de las iniciativas presentadas fue el método de medida de calidad de voz perceptivo (*Perceptual Speech Quality Measure*, PSQM), publicado en el estándar ITUT P.861. Esta prueba, que fue diseñada para medir señales distorsionadas por redes telefónicas, ofrece una correlación muy baja con pruebas subjetivas en situaciones de recorte de la voz, ruido de fondo, *jitter* y pérdida de paquetes para VoIP. Otro método, que fue incluido como anexo de la recomendación ITU-T P.861, es el MNB (*Measure Normalized Block*), el cual fue desarrollado por el ITS (*Institute Telecommunication Sciences*). Este sistema incluye consideración de error de bits y tramas incompletas. A pesar que este método presenta buen índice de correlación con pruebas MOS, el rendimiento frente a retardos y efectos de pérdida de paquete no es óptima. Un número de organizaciones instaron a la ITU a seleccionar un reemplazo para PSQM que se adaptara mejor a las redes existentes. Con este fin, el grupo de estudio de la ITU organizó una competencia en la que participaron diversas compañías durante septiembre de 1998 y marzo del 2000. En la ocasión fueron seleccionaron dos tecnologías: PAMS (*Perceptual Analysis Measurement System*) y PSQM99. El sistema PSQM99 brindaba un mejor rendimiento en condiciones de variación rápida de ganancia e intervalos intensos de cortes, mientras que el sistema PAMS era mejor en condiciones de pérdidas de paquete en redes IP y filtrado. Ambos sistemas fueron integrados logrando un modelo simple y mejorado, denominado PESQ, el cual fue publicado como estándar en la recomendación ITU-T P.862 en el año 2001. El método PESQ presenta mayor exactitud que cualquier otro modelo en promedio, es altamente robusto y da predicciones exactas de calidad para un amplio rango de condiciones. Es ideal para medir efecto de pérdida de paquete, *jitter*, ruido ambiental y errores en transmisión de canal en codificadores como G.711, G.726, G.728, G.729 y G.723.1. El resultado entregado por el estándar PESQ es normalizado a una escala similar al sistema MOS en el rango 0.5 y 4.5, sin embargo en la mayoría de los

casos el rango de salida varia entre 1.0 y 4.5, rango normal para valores MOS encontrados en los experimentos de calidad subjetivos.

En la tabla , se resumen las características para los codificadores más utilizados en el servicio de Telefonía y Voz sobre IP.

Codificador	Norma / Recomendación	Velocidad Binaria	Calidad Vocal (MOS)	Retardo de codificador / decodificador [ms]
PCM Temporal	G.711	64 kbit/s	4,1 a 4,4	0,1
ADPCM Temporal	G.726	32 kbit/s	3,8 a 4,2	12,0
LD-CELP	G.728	16 kbit/s	3,9 a 4,2	33,0
CS-ACELP	G.729	8 kbit/s	3,9 a 4,2	20,0
MP-MLQ-ACELP	G.723.1	6,3 y 5,3 kbit/s	3,9 a 3,7	16,0

Redes Telefónicas

Una red telefónica es un conjunto ordenado de medios de transmisión y conmutación, interconectados de tal forma que un usuario pueda hablar con otro mediante el empleo de aparatos telefónicos (equipos terminales para usuarios). Tradicionalmente, la red telefónica ha sido una red de conmutación de circuitos. El nombre de conmutación de circuitos se debe a que cuando un usuario quiere comunicarse con otro debe establecerse un camino o circuito extremo a extremo. Este circuito no es permanente, ya que se forma antes del establecimiento de la comunicación y se libera una vez que alguno de los interlocutores cuelga el teléfono. Esta comunicación se da gracias al conjunto de centrales de conmutación que permiten interconectar distintos cables conductores con el fin de establecer dicho circuito.

Elementos de una red telefónica

La red telefónica básicamente se compone de las siguientes partes:

- La red de transporte: está formada por el conjunto de medios conductores (cables metálicos, ópticos o submarinos) o radioeléctricos (radio enlaces,

enlaces satelitales, etc) que junto con otros sistemas electrónicos permiten transmitir las señales entre los distintos elementos de la red. Puede ser compartida por distintos tipos de servicios (voz, datos, etc).

- La red de conmutación: contiene los nodos (centrales) locales y de tránsito que permiten establecer circuitos físicos o lógicos entre terminales.
- La red de acceso: esta formada por un conjunto de conductores, por lo general de cobre, e infraestructuras civiles (conductos, cajas, postes, etc.) que sirven para conectar la línea telefónica con la central de conmutación local. En su forma más simple, la red de acceso consiste en dos cables de cobre que conectan el teléfono y el conmutador local CO o del conmutador remoto del que depende la línea.

PBX

Una PBX es una versión pequeña de las centrales locales CO utilizadas por las compañías telefónicas.

Los conmutadores PBX son instalados en empresas u otros recintos para sustituir los conmutadores públicos de la compañía telefónica, considerando que se podrán realizar llamadas localmente.

Cuando un trabajador llama a otro trabajador que se encuentra en el mismo campus, el conmutador PBX establece la comunicación en lugar de utilizar los conmutadores públicos. Las PBX también disminuyen la cantidad de troncales que se deben conectar al conmutador CO de una compañía telefónica.

Las líneas telefónicas tradicionales proporcionadas por una compañía telefónica a una empresa por lo general son conocidas oficialmente como lazos de suscriptor, troncales o simplemente líneas CO.

IP PBX

Un PBX (Private Branch Exchange, sistema telefónico al interior de la empresa) IP es un sistema que conmuta llamadas entre los usuarios de VoIP (voz sobre protocolo de Internet ó IP) en líneas locales mientras permite a todos los usuarios compartir cierto número de líneas telefónicas externas. El PBX IP típico también puede conmutar llamadas entre un usuario VoIP y un usuario de la telefonía tradicional, o entre dos usuarios de telefonía tradicional, en la misma forma en que lo hace un PBX convencional.

Con sistemas convencionales de PBX se requieren redes separadas para comunicaciones de voz y de datos. Una de las principales ventajas de un PBX IP es su utilización de convergencia de redes de voz y datos, es decir, el acceso a la Internet al igual que la comunicación por VoIP y la telefonía tradicional son todas posibles con una sola línea de acceso a cada usuario. Esto provee flexibilidad en la medida que las empresas crecen y pueden reducir los costos de operación y mantenimiento a largo plazo.

Asterisk

Asterisk es una aplicación de software libre (bajo licencia GPL) de una central telefónica (PBX). Como cualquier PBX, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP. Asterisk instalado en un servidor que permite que sus terminales o clientes se conecten a él. Una vez conectados a él los usuarios pueden transmitir voz y videos en tiempo real utilizando cualquiera de los protocolos y códecs soportados por asterisk.

Digium, empresa que promueve el Asterisk, invierte en ambos aspectos, el desenvolvimiento de código fuente y en hardware de telefonía de bajo costo que funciona con Asterisk. Asterisk corre en plataforma Linux y otras plataformas Unix con la posibilidad de conectarse a la red pública de telefonía, PSTN (Public Service Telephony Network) utilizando el hardware adecuado.

Asterisk permite conectividad en tiempo real entre las redes PSTN y redes Voip. Asterisk es mucho más que un PBX central. Con Asterisk en una red, se pueden crear cosas nuevas en telefonía como:

- Conectar empleados trabajando desde casa para un PBX de escritorio sobre conexiones de banda ancha.
- Conectar equipos en varias provincias sobre IP. Esto puede ser hecho por Internet o por una red IP privada.
- Dar a los funcionarios, correo de voz, integrándolo con una “web” y sus e-mail.
- Construir aplicaciones de respuesta automática por voz, que pueden conectarse a un sistema de pedidos, o a otras aplicaciones internas.
- Dar acceso al PBX de la compañía para usuarios que viajan, conectando sobre la VPN de un aeropuerto o un hotel.

Asterisk incluye muchos recursos que solo eran encontrados en sistemas de mensajería unificada como:

- Música en espera para clientes en listas de espera, soportando streaming de media así como música en MP3.
- Listas de llamada donde agentes de forma conjunta atienden las llamadas y monitorean dicha lista.
- Integración para sintetización de conversación (text to speech).
- Registro detallado de llamadas (call-detail-records) para integración con sistemas de tarificación.
- Integración con reconocimiento de voz (Tal como el software de código abierto para reconocimiento de voz).

- La habilidad de interfaces con líneas telefónicas normales.

Tener control sobre el sistema de telefonía

Este es uno de los beneficios más citados, en vez de esperar que alguien configure su PBX propietario, puede ser configurado por uno mismo. Se tiene una total libertad de diseño y utilización de interfaces estándar. En fin de cuentas es corre bajo linux y es libre.

Ambiente de desarrollo fácil y rápido

Asterisk puede ser programado en C con las APIs (Application Programming Interface) nativas, o en cualquier otro lenguaje usando AGI (Asterisk Gateway Interface).

Como se ha resaltado desde el comienzo, pocos son los recursos encontrados en equipamientos PBX vendidos en el mercado que no puedan ser encontrados o creados en Asterisk. En él ya se puede encontrar todo lo que tiene un PBX tradicional.

Posibilidad de proveer contenido dinámico.

Como Asterisk es programado con C u otros lenguajes de dominio de la mayoría de los programadores, las posibilidades de proveer contenido dinámico, así como servicios de valor agregado, no tienen límites.

Corre bajo Linux y es código abierto

Una de las cosas más destacables de Linux es la comunidad de software libre. Cuando se accede al Wiki, o los foros de software en código abierto se percibe que la adopción de nuevos usuarios es muy rápida, millones de preguntas y comentarios de problemas son enviados todos los días.

Asterisk es probablemente uno de los software que más personas tienen disponible para probar. Esto torna el código estable y permite una rápida resolución de problemas.

El Asterisk maneja estos artículos internamente:

- Núcleo PBX switching: La esencia del Asterisk, por supuesto es un sistema de conmutación de intercambio de rama privada (PXB), conectando llamadas entre varios usuarios y tareas automatizadas. La base de conmutación conecta a los usuarios llegando a varios software y hardware de interfase.
- Lanzador de aplicaciones: Lanza aplicaciones que mejoran servicios para usos tales como, voicemail, file playback y lista de directorio.
- Traductor de códecs: usa módulos de códecs para codificar y decodificar varios formatos de comprensión de audio, usadas en la industria de la telefonía. Un gran número de códecs están disponibles para satisfacer necesidades y llegar al mejor balance entre la calidad del audio.
- Organizador y manejador: Maneja organización de tareas de bajo nivel y sistemas de manejo para un óptimo desempeño bajo cualquier condición de carga.
- Cargador dinámico de módulos: es el que se encarga de cargar los APIs.

Módulos Cargables APIS

Cuatro APIs están definidos por módulos cargables, facilitando el hardware y la abstracción del protocolo. Usando este sistema APIs, la base del Asterisk no tiene que preocuparse de detalles como por ejemplo: que llamada está entrando o que códecs está usando actualmente, etc.

- □ Canal API: El canal API maneja el tipo de conexión al cual el cliente está llegando, sea una conexión VoIP, ISDN, PRI, o alguna otro tipo de tecnología.

Módulos dinámicos son cargados para manejar los detalles más bajos de la capa de estas conexiones.

- Aplicación API: Esta aplicación permite a varios módulos de tareas cumplir varias funciones , conferencias, paging, lista de directorios, voice mail en la línea de transmisión de datos , y cualquier otra tarea la cual PBX sea capas de cumplir ahora o en el futuro son manejados por estos módulos.
- Traductor del códec API: Carga módulos de codecs para apoyar varios tipos de audio, codificando y decodificando formatos tales como GMS, mu law, a law, e incluso mp3.
- Formato de archivo API: Maneja la lectura y escritura de varios formatos de archivos para el almacenaje de datos en el sistema de archivos.

Usando estos APIs Asterisk alcanza una completa abstracción entre sus funciones básicas como un servidor de sistema PBX y la variedad tecnológica existente (o en desarrollo) en el área de la telefonía.

La formula modular es lo que le permite al Asterisk integrar hardware de telefonía implementados y tecnología de paquetes de voz emergentes hoy en día.

La aplicación API provee el flexible uso de aplicaciones modulares para realizar cualquier acción flexible en demanda, también permite un desarrollo abierto de nuevas aplicaciones para satisfacer necesidades o situaciones únicas.

En conclusión, cargar todo el uso como módulos permite un sistema flexible, permitiéndole al administrador diseñar la mejor y más satisfactoria trayectoria para los usuarios en el sistema PBX y también modificar la trayectoria de llamadas para satisfacer las cambiantes necesidades de la comunicación que nos concierne.

Componentes básicos de la arquitectura de Asterisk

Canales

Un canal es el equivalente a una línea telefónica en la forma de un circuito de voz digital. Este generalmente consiste de una señal analógica en alguna combinación de códec y protocolos de señalización (GSM con SIP, Ulaw con IAX). En un principio las conexiones de telefonía eran siempre analógicas y por eso, más susceptibles a ruidos y ecos. Más recientemente, buena parte de la telefonía pasó

hacia sistemas digitales, donde la señal analógica es codificada en forma digital usando normalmente PCM (Pulse Code Modulation). Esto permite que un canal de voz sea codificado en 64 kilobits/segundo sin ser compactado.

Canales que soporta Asterisk:

- Agent: Un canal de agente DAC.
- Console: Cliente de consola de Linux.
- H323: Uno de los protocolos mas antiguos de VoIP, usado en muchas implementaciones.
- IAX e IAX2: Inter-AsteriskExchange Protocol, el protocolo propio de Asterisk.
- MGCP: Media Gateway Control Protocol, otro protocolo de VOIP.
- Modem: Usado para lineas ISDN y en modems.
- NBS: Usado para broadcast de sonido.
- Phone: Canal de telefonia de Linux.
- SIP: Session Initiation Protocol, el protocolo de VoIP más común.
- Skinny: Un driver para el protocolo de los teléfonos IP de Cisco.
- VOFR: voz sobre frame-relay de Adtran.
- VPB: Líneas telefónicas para placas de Voicetronix.
- ZAP: Para conectar teléfonos y líneas con placas de Digium.
- Unicall: Usado para líneas digitales con señalización E1/R2.

Codecs

Obviamente es deseado poner tantas llamadas como sea posible en una red de datos. Esto puede ser hecho codificando en una forma que use menos banda ancha. Este es el papel de CODEC (COder/DECoder), algunos CODECs como el g.729 permite codificar a 8 kilo bits por segundo, una compresión de 8 para 1. Otros ejemplos son ulaw, alaw, gsm, ilbc y g729.

Asterisk soporta los siguientes CODECs:

- G.711 ulaw (usado en USA) – (64 Kbps).
- G.711 alaw (usado en Europa) – (64 Kbps).
- G.723.1 – Modo Pass-through
- G.726 - 32kbps en Asterisk1.0.3, 16/24/32/40kbps
- G.729 – requiere adquisición de licencia, a menos que este siendo usando en modo pass-thru.(8Kbps).
- GSM – (12-13 Kbps)
- iLBC – (15 Kbps)
- LPC10 - (2.5 Kbps)
- Speex - (2.15-44.2 Kbps)

Protocolos

Enviar datos de un teléfono a otro seria fácil si los datos encontrasen su propio camino para el otro teléfono destino. Desafortunadamente esto no sucede así, es preciso un protocolo de señalización para establecer las conexiones, determinar el punto de destino, y también cosas relacionadas a señalización de telefonía como el tono y tiempo de duración de este, identificador da llamada, desconexión etc. Hoy en día es común el uso de SIP (Session Initiated Protocol), y otros protocolos también

muy en auge en el mercado como lo es el MGCP y mas recientemente el IAX que es excepcional cuando se trata de trunking y NAT (Network Address Translation). Asterisk soporta:

- SIP
- H323
- IAXv1 y v2
- MGCP
- SCCP (Cisco Skinny).

Aplicaciones

Para conectar las llamadas de entrada con las llamadas de salida u otros usuarios de asterisk son usadas diversas aplicaciones como es Dial, por ejemplo. La mayor parte de las funcionalidades de Asterisk son creadas en forma de aplicaciones como son estas el VoiceMail (correo de voz), Meetme (conferencia), entre otras. Se pueden ver las aplicaciones disponibles en Asterisk usando el comando “show applications” en la interfase de línea de comando de asterisk. Más allá de las aplicaciones en la versión central existen aplicaciones que pueden ser adicionadas a partir de archivos asteriskaddons y de terceros.

CAPITULO III. ESTUDIO TÉCNICO

Para poder emular de manera satisfactoria una IP PBX dentro de Towercom S.A”, necesitamos de un software que nos brinde el mejor desempeño y mejores prestaciones al menor precio. El software que nosotros elegimos para esta tarea fue Asterisk.

Las telecomunicaciones a lo largo de estos años, tanto de voz como de datos, así como el software, eran todos propietarios, controlados por unas pocas empresas que creaban las tecnologías y otras que utilizaban los productos y servicios. A finales de la década de los 90, los datos se expandieron gracias a la propagación de Internet, los precios bajaron y surgieron nuevas e innovadoras tecnologías, servicios y empresas.

También surgió el concepto de software libre bajo licencias GPL y una plataforma de software llamada Linux. Sin embargo, las comunicaciones de voz, omnipresentes en las telecomunicaciones eran todavía un campo propietario. El surgimiento de las centralitas telefónicas IP PBX junto con el trabajo desarrollado por Mark Spencer, dieron lugar a la centralita software IP PBX de código abierto, Asterisk.

Asterisk es líder mundial como motor de telefonía no propietaria y herramientas para su uso. Ofrece una flexibilidad sin precedentes en el mundo de las comunicaciones y facilita tanto a desarrolladores como integradores la tarea de crear soluciones avanzadas en comunicaciones y de forma gratuita. Al ser GPL está disponible para su descarga en internet, teniendo cada cierto tiempo la posibilidad de versiones nuevas y mejoradas.

También utilizamos una distribución del sistema operativo GNU/Linux llamada Trixbox, la cual está basada en CentOS. Además de utilizar a Asterisk como núcleo de la PBX incluye otros componentes como lo son su entorno gráfico, el administrador de salas de conferencias, etc.

De igual manera para disminuir los costos de este proyecto se propone instalar en las PC de cada usuario un softphone X-Lite, por ser una herramienta práctica y a la vez porque éste software también es distribuido de manera libre sin ningún costo.

3.2 Definición del nuevo hardware a utilizar

El servidor en el cual será instalada la PBX virtual deberá tener los siguientes requerimientos mínimos:

- Pentium II a 300Mhz o superior
- Memoria RAM 128 Mb
- Disco Duro de 6 GB o superior
- Tarjeta de Red 10 Mbps o superior
- Unidad de CD-ROM

De igual manera deberá tener una tarjeta instalada que sirva como gateway hacia la PSTN. La tarjeta que brindará más semejanza al sistema con la actual PBX que posee FUDEMI es la tarjeta Digium TDM02B. La Digium TDM02B es una tarjeta perteneciente a la familia TDM400P, con 2 puertos FXO⁶ y ningún puerto FXS⁷.

La marca digium brinda un 100% de compatibilidad con el software Asterisk por tal motivo esta es la mejor elección de tarjeta analógica que podemos hacer.

También se debe contemplar la utilización de auriculares genéricos para cada uno de los usuarios en sus respectivas estaciones de trabajo.

3.3 Escenario actual de telecomunicación en Towercom S.A..

Actualmente la Empresa Towercom S.A. no posee ningún PBX.

⁶ Foreign Exchange Office

⁷ Foreign Exchange Station

Plan de Marcación

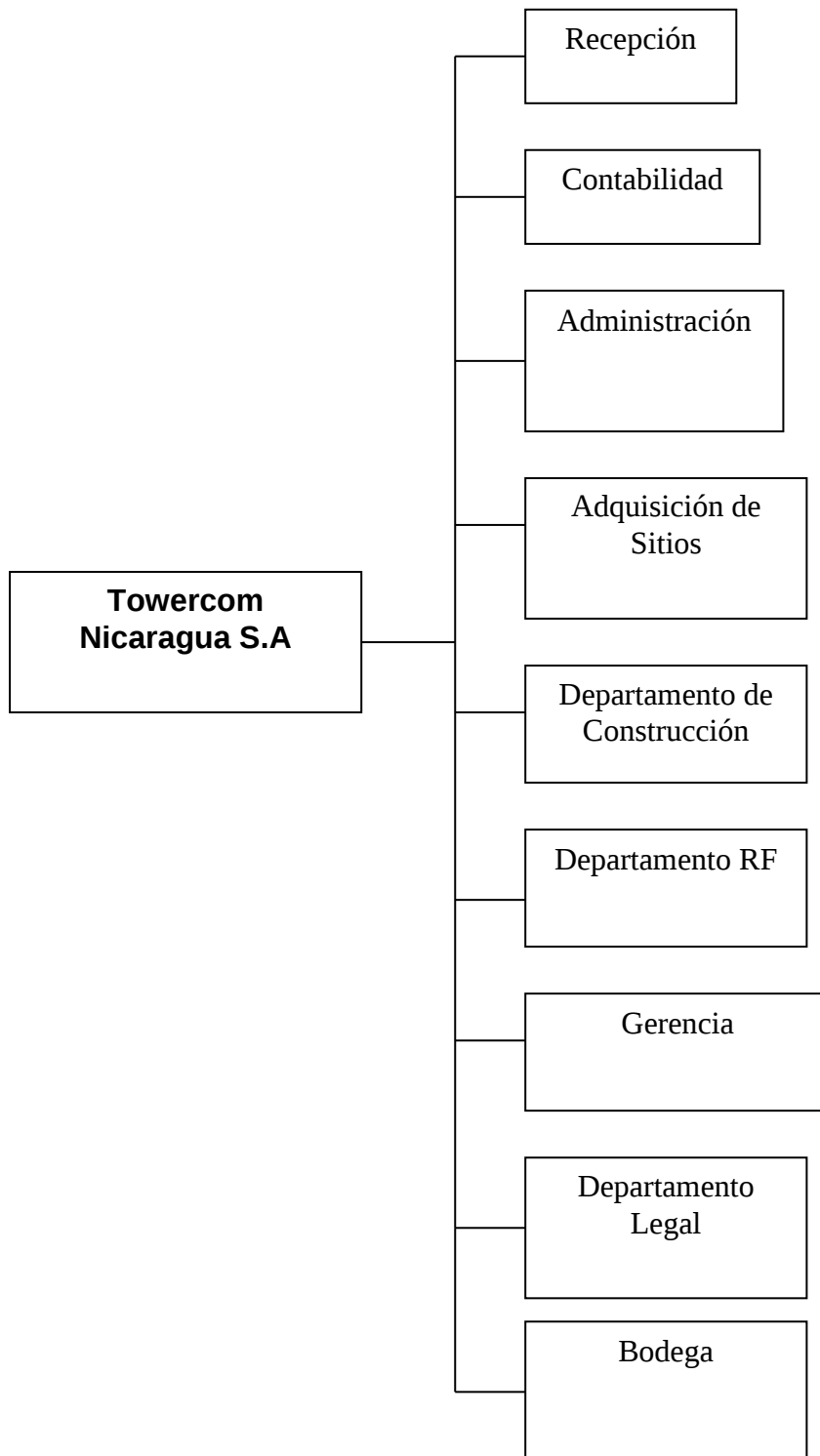
El plan de marcación o dial plan, está almacenado en un archivo de texto, el archivo de configuración extensions.conf. en este archivo las acciones son conectadas a las extensiones, cada extensión pertenece a un contexto, ya sea contexto por defecto o un contexto específico que uno haya creado, como llamadas SIP entrantes, llamadas de salida de larga distancia PSTN, llamadas locales, llamadas entre oficinas o alguna otra cosa. Todos los usuarios conectados al asterisk pertenecen a un contexto (especificado en el canal de archivo de configuración), que es donde el asterisk busca consejos de cómo manejar las llamadas colocadas por el usuario, revisando el acceso directo a líneas costosas, con reglas distintas puestas por usuarios locales y contactos de llamadas de afuera.

En el plan dial, se instalan todas las acciones y situaciones que el PBX debe manejar, se pueden configurar contextos que funcionen solo en una parte del día o la noche. Se puede incluir contextos de otros contextos y simplificar o hacer más difíciles los planes de marcado.

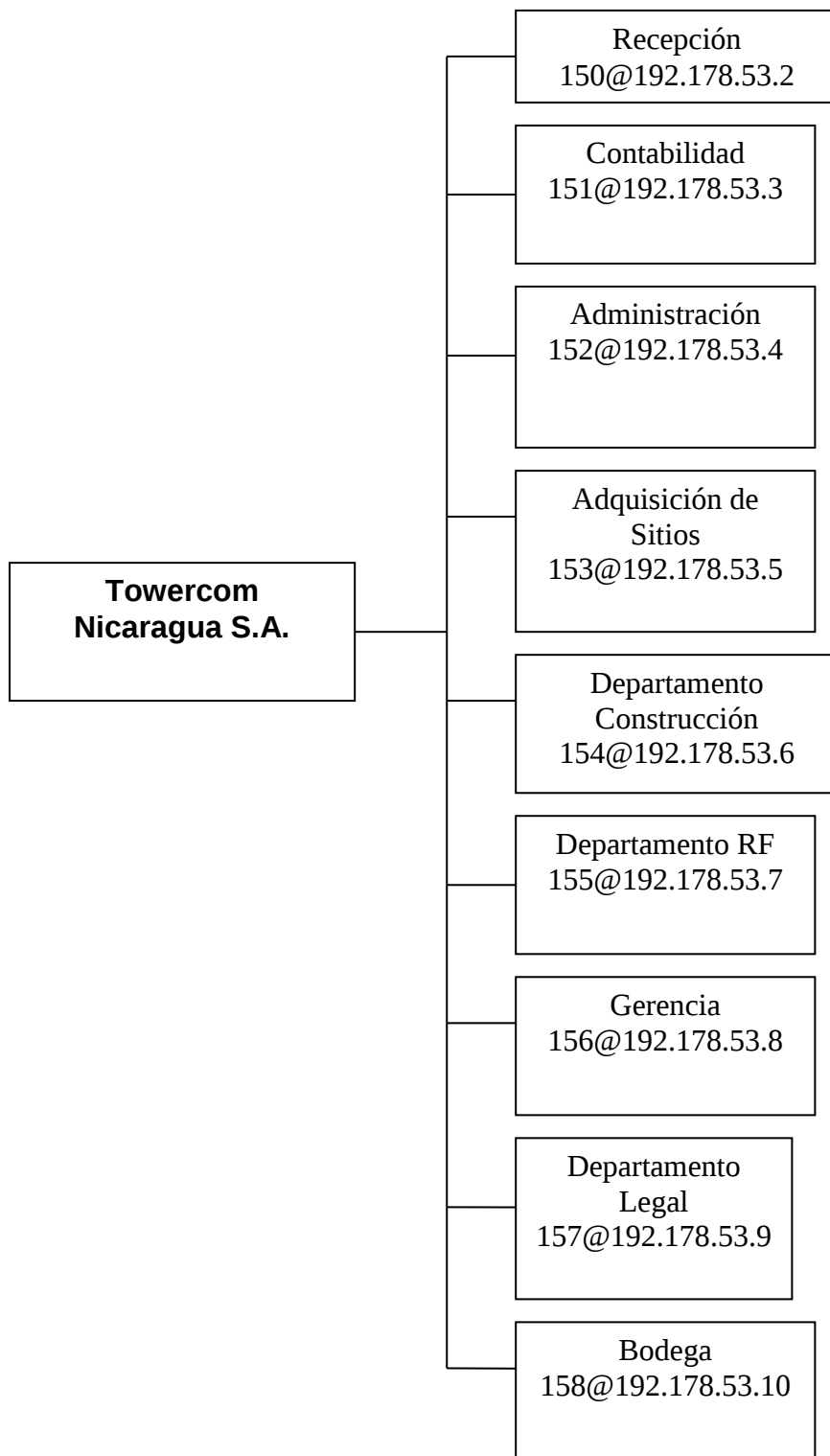
Ejemplos de lo que puede hacer:

- Conectar una llamada a un voicemail si el usuario no responde la primera ni la segunda llamada durante los primeros 20 segundos.
- Conectar una llamada a una conferencia multi fiesta
- Transferir una llamada a otro asterisk PBX
- Bloquear llamadas de un llamante no deseado o no identificado.
- Crear llamadas en espera y dejar a grupos de agentes que manejen las llamadas entrantes

Oficinas en la empresa Towercom S.A.



Plan de Marcación:



CAPITULO IV: ESTUDIO ECONOMICO

A continuación se detalla la inversión total que se necesita para implementar la PBX virtual.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Audífono	9	3	27
Tarjeta Digium TDM02B	1	250	139
Implementación Tarjeta	1	15	15
Costo de instalación de Software	1	20	20
Costo del diseño del plan de marcación y servicios agregados	1	150	150
Total USD			361

Costo de la nueva red telefónica a instalar.

Análisis de ahorro en llamadas internas dentro de la red datos

Actualmente en la mayoría de oficinas que cuentan con líneas telefónicas se utiliza la red telefónica de la empresa CLARO para poder establecer comunicación con otras oficinas.

La propuesta de PBX ahorrara en lo que respecta a la tarificación que esta empresa cobra mes a mes en los recibos telefónicos. Las oficinas son favorecidas con un número de extensión, dentro de las configuraciones de nuestro servidor, podrán tener comunicación interna sin costo alguno. Con todas y cada una de las

extensiones definidas en el servidor. Sin embargo todas las extensiones que se encuentren fuera podrán tener restringido el acceso a nuestras troncales.

El ahorro mínimo en la tarificación de llamadas internas tomando como período de observación solamente 3600Seg por día, como hora ocupada, lo calculamos de la siguiente manera. Primero, tomamos en consideración el máximo tráfico interno que fue de 1.93 Erlang a como se describió en el procedimiento del subtema. Segundo, despejamos de la siguiente fórmula, la sumatoria del tiempo de duración de cada llamada.

$$A = \frac{\sum_i t_{CDi}}{T_{BH}} \quad (4.3.1)$$

Donde

A (tráfico) =1.93 Erlang

T_{BH} (período de observación): 3600seg

$\sum t_{CDi}$ (sumatoria de tiempo de duración de cada llamada): 6788Seg =109.8min= 1.93 horas

Si únicamente tomásemos en cuenta los costos de las llamadas durante esta hora de observación y tomando en cuenta la tabla de tarificación de la empresa CLARO/ las llamadas locales. Los ahorros serían los siguientes:

En 1 día: US \$3.17. Los sábados y domingos no se trabaja. Por tanto, serian 20 días al mes tendríamos:

En un mes: US \$ 74

Evaluación económica comparativa de la PBX Asterisk

La evaluación económica que realizamos para ambos casos se basó principalmente en el cálculo del valor presente neto. Este cálculo nos ayuda a tomar una decisión dentro de diversas alternativas posibles, al tener que realizar una inversión. Los resultados que nos brinda el VPN, son estrictamente valoraciones económicas, no se incluye algún tipo de ventaja intangible. Debido a que lo único que se están comparando son los costos de ambas alternativas y ahorros que puedan brindar (no hay algún tipo de ingresos),

La siguiente fórmula muestra como calcular la VPN:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

FNE_n - Flujo neto de efectivo del año n , que corresponde a la ganancia neta después de impuestos en el año n .

P - Inversión inicial en el año cero.

i - tasa de descuento.

Para la presente evaluación económica de ambos sistemas se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- El cálculo de la VPN se hizo para un período de tiempo de tres años.
- No existirá algún tipo de ingreso, más que el posible valor residual de inventario. De esta manera el valor de la alternativa que brinde un valor presente neto menor será la más conveniente desde el punto de vista económico.
- Debido a que ambas alternativas realizan las mismas funciones. Lo que principalmente se viene a tomar en cuenta en los cálculos es el ahorro que se puede generar al realizar las llamadas entre las distintas sucursales u otras oficinas dentro de Towercom S.A. Tomando en cuenta los costos del tráfico de llamadas internas que puede soportar el sistema.
- La tasa de descuento que utilizamos para ambos casos fue de un 14%.

Flujo de caja para la PBX virtual

FLUJO DE CAJA EN AÑOS				
AÑO	0	1	2	3
INGRESOS				
Valor Residual Inventario		0.0	0.0	91
TOTAL INGRESOS		0.0	0.0	91
EGRESOS				
INVERSION INICIAL(PBX virtual)	361.0	0	0	0
COSTOS de llamadas		0.0	0.0	0.0
TOTAL EGRESOS		0.0	0.0	0.0
FLUJO TOTAL	361.0	0.0	0.0	91
VPN TOTAL		(321.7)		
Tasa Descuento		14.00%		

- Debido a que la tecnología de informática avanza de manera muy rápida a través del tiempo, consideramos de que a un período de tres años, el valor residual de inventario será de un 245% del valor de la inversión inicial, al finalizar los tres años.
- En este sistema no existen costos de llamadas entre sucursales, ya que resultan gratuitas al ser parte de la misma red de datos, siempre y cuando no se exceda el tráfico soportado por la PBX virtual.
- El resultado de la VPN indica el costo que tendrá la implementación de la PBX virtual durante el periodo de tres años.

- Para este sistema consideramos de que a un período de tres años, el valor residual de inventario será de un 50% del valor del costo de la red telefónica instalada.
- En este caso existen costos de llamadas entre sucursales, ya que para lograr comunicarse requieren el acceso de las troncales, de esta manera esas llamadas son facturadas.
- El resultado de la VPN indica el costo de mantener la PBX actual en el periodo de tres años incurre en gastos superiores a debido a las llamadas entre sucursales.

CONCLUSIONES

Para establecer una comunicación de voz utilizando la red Internet, lo primero que se necesita es establecer la conexión entre los dos terminales de los usuarios, equipados con el mismo software o compatible, que desean comunicarse, es decir establecer una sesión IP, a partir de ahí, se digitaliza la voz, se comprime para que se ocupe menos ancho de banda, y se transmite a través de la red como si fuese un flujo de datos. La comunicación puede ser multimedia y transferirse ficheros o ver un video mientras se conversa.

El atractivo que representa una Red Telefónica IP reside en que en este caso las tarifas que aplican son las propias de Internet, es decir siempre tarifa local en ambos extremos y en muchos casos tarifa plana, en lugar de las telefónicas, que dependen de la distancia y del tiempo de conexión. El usuario admite la peor calidad de la comunicación, que se ve compensada por el ahorro económico que obtiene.

Existen otras dos modalidades que se dan en el caso de establecer la comunicación entre un teléfono y un PC o bien entre dos teléfonos, utilizando la red Internet. En el primer caso es necesario disponer un Gateway con conexión por una lado a Internet y por otro lado a la PSTN.

Los estándares para la comunicación telefónica sobre IP, utilizando terminales aislados o conectados a una PBX, están ya definidos por el ITU-T, (H-323) y varios fabricantes, entre ellos Intel y Microsoft, están ya trabajando para desarrollar software con este propósito.

BIBLIOGRAFIA

- Armando Calero. Wilmer Aburto. Proyecto Monográfico. Implementación de una PBX virtual en la Facultad de Electrotecnia y Computación. UNI. 2008.
- Marlon Pérez Sotomayor. Propuesta de diseño de la red de telefonía IP en la Alcaldía de Managua. UNI. 2011.
- Maurico Dinarte. Estudio sobre la implementación de sistemas IVR utilizando el PBX Asterisk. UNI. 2010.
- Jim Van Meggelen, Leif Madsen, y Jared Smith. *Asterisk: The Future of Telephony, Second Edition*. O'Reilly Media, Inc. 2007, 978-0-596-51048-0
- Barrie Dempster, David Gomillion y David Merel. *Asterisk 1.6*. Packt Publishing 2009, 978-1-847198-62-4
- Nir Simionovich. *Asterisk Gateway Interface 1.4 and 1.6 Programming*. Packt Publishing 2009, 978-1-847194-46-6
- Colman Carpenter, David Duffett, Ian Plain, Nik Middleton. *Asterisk 1.4: The Professional's Guide*. Packt Publishing 2009, 978-1-847194-38-1
- Nir Simionovich. *AsteriskNOW*. Packt Publishing 2008, 978-1-847192-88-2
- Documentación oficial: directorio /doc del código fuente.
- Web oficial del proyecto: <http://www.asterisk.org/>
- Wiki oficial del proyecto: <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Home>