



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

“Sistema de Comunicación Basado en VoIP para un
Campus Universitario”

Tesis Profesional

Que para obtener el título de Licenciado en Ciencias de
la Computación

PRESENTA:

HANSEL ALVA PÉREZ

ASESOR:

DR. MANUEL MARTÍN ORTIZ

COASESOR:

DR. IVO PINEDA TORRES

Puebla, Pue.

Junio 2008

Agradecimientos

*A mi madre **Ma. de Lourdes C. Pérez Zamora***

*....por ser y dar vida, por ser tiempo, amor y creer
en mi en la oscuridad.*

*A mi padre **Enrique Alva Ordúñez***

*....por ser mar sobre el cual flota mi nave, por dar
asilo a mis ilusiones.*

*A mi hermana **Jannete Alva Pérez***

*....por ser ejemplo, por ser camino y mano
inquebrantable.*

A mi Quimera

*....por ser Luna, por ser mi sentimiento y anhelo en
cada momento.*

A todos los que me han brindado la mano en mi camino

....gracias por saber que no avanzo solo.

A todos los que me han brindado el pie en mi camino

....gracias por hacerme más fuerte.

INDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
OBJETIVOS	11
OBJETIVOS GENERALES	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	11
1. MARCO TEÓRICO	13
1.1 LA COMUNICACIÓN	13
1.3 LA COMUNICACIÓN A DISTANCIA	13
1.3.1 SERVICIOS POSTALES	13
1.3.2 MAYOR RAPIDEZ EN LA COMUNICACIÓN A LA LARGA DISTANCIA	14
1.3.3 EL TELÉGRAFO	14
1.3.4 EL TELÉFONO	15
1.4 INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMPUTADORAS	19
1.4.1 DEFINICIÓN DE UNA RED DE COMPUTADORAS	19
1.4.2 TOPOLOGÍA DE REDES	20
1.4.2.1 <i>Topología de Estrella</i>	20
1.4.2.2 <i>Topología en anillo</i>	20
1.4.2.3 <i>Topología en Bus</i>	21
1.4.3 FAMILIA DE PROTOCOLOS TCP/IP	22
1.4.3.1 <i>Origen</i>	22
1.4.3.2 <i>Definición e Importancia de los protocolos</i>	23
1.4.3.3 <i>Servicios de los protocolos TCP/IP</i>	23
CAPÍTULO 2. CENTRALES TELEFONICAS PBX	26
2.1 DESCRIPCIÓN	26
2.2 FUNCIONALIDADES	27
2.3 INTERFACES	29
2.4 IPBX	29
2.5 ASTERISK	30
2.5.1 TARJETAS ANALÓGICAS FXO/FXS	34
2.5.2 TARJETAS DIGITALES	37
CAPÍTULO 3. VOZ SOBRE IP (VOIP)	39

3.1 DEFINICIÓN	39
3.2 CONCEPTOS	46
3.2.1 PSTN – RTB	46
3.2.2 Señalización en telefonía tradicional	47
3.2.3 Señalización analógica	48
3.2.4 Transporte de medios (RTP/ RTCP)	49
3.2.5 RTSP	49
3.3 ARQUITECTURA	50
3.4 CODIFICADORES DE AUDIO.	51
3.5 ESTÁNDARES ABIERTOS CÓDIGO LIBRE	54
3.6 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	55
3.6.1 H.323	56
3.6.2 SIP	56
3.6.3 MGCP-MEGACO	58
3.6.4 IAX	58
CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	59
4.1 ESCENARIO Y ESPECIFICACIONES	59
4.2 CONFIGURACIÓN CLIENTES SIP	62
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA PBX	63
4.3.1 INSTALACIÓN TDM400P	64
4.3.1.1 Zaptel	64
4.3.1.2 Instalación drivers	65
4.3.2 ASTERISK	67
PRUEBAS Y EJEMPLOS.	68
PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.	68
CONCLUSIONES	71
TRABAJO A FUTURO	73
ANEXO A	77
MANUAL DE CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE ASTERISK	77
INSTALACIÓN DE ASTERIK	77
PRIMER ARRANQUE DE ASTERISK NOW	82
ADMINISTRACIÓN DE ASTERISK A TRAVÉS DE UN NAVEGADOR	83
INSTALAR SONIDOS DE ASTERISK EN ESPAÑOL.	83
CONFIGURACIÓN	84
Dialplan	86
Zapata Hardware	88
SIP.	88
Voicemail	89
MOH	89
Operadora Virtual	90

<i>Ejecución</i>	90
ANEXO B	95
CONFIGURACIÓN DEL SOFTPHONE	95
PANTALLAS PERSONAL ACADÉMICO CON EXTENSIONES VOIP	97

Resumen

La telefonía sobre IP o, simplemente telefonía IP, al margen del desconocimiento general y de las precauciones normales ante el nuevo avance, es toda una revolución. No sólo los profesionales habituados a adaptarse a las nuevas tecnologías están comenzando a aplicar el nuevo recurso, si no que ya son muchos los usuarios que se comunican con sus amigos o familiares a través de algún programa de voz sobre el protocolo IP (VoIP / Voice over IP) como, por ejemplo Skype.

Muchas empresas ya han interconectado sus sedes mediante redes IP y los operadores, cada vez apuestan más por esta tecnología, como una manera de compensar la reducción de sus ingresos por la telefonía tradicional.

Las llamadas de voz sobre IP a través de Internet, o telefonía por Internet, se han convertido en una manera muy popular de ahorro en las comunicaciones, ya que resultan muy baratas y en muchas ocasiones, incluso gratis al hacer uso de las redes de transporte de datos para la transmisión de voz, lo que está haciendo que la telefonía tradicional pierda terreno entre aquellos clientes que se adaptan bien a las nuevas tecnologías, pues todo lo que se requiere es una conexión a un red IP. Como puede ser Internet, y una computadora personal equipada con la tarjeta de sonido y el software adecuado, o un teléfono IP.

El avance en la digitalización y la transmisión de la voz sobre las redes de datos está abriendo las puertas a un nuevo mercado en pleno auge de expansión y explotación. La Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, esta conciente de este hecho y por eso centra parte de sus esfuerzos en el desarrollo de la conversión a VoIP.

La idea principal de este proyecto es aprovechar las ventajas del protocolo VoIP para la implementación de una central telefónica privada. Asterisk, una solución software GNU, no sólo permite construir una central telefónica de forma económica sino que además integra algunos servicios de valor añadido como los ofrecidos por las más potentes centrales telefónicas comerciales. Al servidor de voz finalmente implementado se le han configurado algunos de estos servicios adicionales, como fax, operadora virtual, voicemail, desvío de llamadas o música en espera.

Debido al actual incremento del interés por parte de las empresas en invertir en la gestión de cualquier tipo de redes, se decide utilizar los recursos de las redes que se tiene en el campus, para implementar todo en VoIP, en todos los edificios, donde no se cuenta con línea telefónica, se cuenta ahora con comunicación y un teléfono.

que vamos a enfocarnos específicamente ha tenido cambios notables. Internet ha venido a revolucionar el área de las redes con los servicios que ofrece. La creación de páginas Web, transferencia de archivos, foros, y el mismo e commerce, se considera como medios de comunicación.

Por medio de una computadora, hoy en día las personas se pueden comunicar con otras personas de otras partes del mundo, mediante el correo electrónico o con los servicios de la mensajería instantánea. Pueden también encontrar cantidades de información de diferentes idiomas acerca de un tema específico, o quizá poder bajar información de diferentes áreas o parte de la información que estos les sean útiles.

Los servicios que Internet nos ofrece son conocidos por protocolos en la computación, y estos protocolos son el medio por el cual las redes se comunican, los protocolos que Internet nos brinda son, http, smtp, ftp, https, que son los más usados en el Internet.

Usando estos protocolos y otros protocolos de Ethernet, haremos la comunicación en un campus vía voz sobre IP, empleando software libre.

Los sistemas de comunicación de voz, y en especial la red de telefonía convencional, han jugado un papel muy importante en el desarrollo de cualquier empresa. Hoy en día es difícil imaginar algún plan de negocio en el que no se incluya una pequeña inversión en la implantación de una infraestructura de telecomunicaciones que permita la comunicación tanto como en el exterior, para ofrecer por ejemplo un servicio de atención a clientes, como la interconexión entre los diferentes departamentos de la propia empresa.

Gracias a las aparición de las primeras centrales telefónicas, más conocidas con el acrónimo PBX (Private Branch eXchange), las empresas evitan conectar todos sus teléfonos de manera separada a la red de la telefonía pública conmutada (PSTN), consiguiendo una infraestructura local de voz independiente de cualquier proveedor de telefonía, pudiendo realizar llamadas internas de manera totalmente gratuita.

Con la digitalización de la señal de voz, el fuerte crecimiento de las redes IP y la aparición de protocolos de transmisión en tiempo real se ha creado un nuevo entorno para la transmisión de voz sobre IP (VoIP). Hasta ahora las empresas operaban con dos infraestructuras separadas para el transporte de voz y el de datos, cuya dificultad de gestión y mantenimiento va creciendo progresivamente. Gracias a la tecnología de red LAN y los diferentes protocolos de VoIP es posible converger estas dos infraestructuras en una. De esta forma no solo se consigue reducir costes, si no que se puede ofrecer nuevos servicios de valor añadido y funcionar independientemente del dispositivo de acceso utilizado (teléfono convencional, teléfono IP, softphone, etc.)

Planteamiento del Problema

La falta de líneas telefónicas, la utilización de los recursos con los que contamos y el aumento de nuevos de edificios es lo que nos hizo pensar en este proyecto. La comunicación principal de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es por líneas telefónicas conectadas a grandes PBX, se cuenta con 3 PBX, uno en el Área de la salud, otra en el Área Centro y la ultima en el Área de C. U., ahora ya no se tiene las líneas telefónicas y el trafico de voz por estas líneas es muy saturado.

Se quiere que nuestro campus utilice lo menos posible este sistema de comunicación, se integre y emigre a la nueva tecnología que es Voz sobre IP. Utilizando todos los recursos actuales del campus, la infraestructura de red, una máquina que será nuestra central telefónica con software libre, una tarjeta Digium TDM400P con dos puertos FXO y dos puertos FXS, que es la que nos hará la conexión de nuestra central telefónica a la red PSTN, dos líneas analógicas que nos harán posible la comunicación en todo el campus universitario, e investigar sobre los servicios de valor agregado que puede contar esta nueva tecnología.

Objetivos

Objetivos Generales

El objetivo principal de este proyecto se basa en la implementación de una computadora que sea capaz de sustituir las costosas PBX. Este dispositivo no sólo ha de hacer las funciones de enrutamiento de llamadas VoIP si no que ha de servir como Gateway a otras redes de voz como por ejemplo la red de PSTN, además de ofrecer diferentes servicios de valor añadido como puede ser el buzón de voz, operadora virtual o música en espera.

Con este propósito, se ha realizado un estudio de los distintos protocolos para la transmisión de telefonía sobre una red IP y las diferentes soluciones disponibles para la implementación de la centralita. Asterisk se ha escogido como la solución libre que mejor se adapta a las necesidades del proyecto, se procede al diseño de un escenario que permite simular el comportamiento de una PBX. Además es posible configurar Asterisk de manera que ofrezca un gran número diferente de servicios de valor añadido.

Objetivos Específicos.

- Describir el uso de la tecnología VoIP que actualmente se esta utilizando y explicar cómo es su funcionamiento.
- Implementar una PBX haciendo uso del software Asterisk. No se pretende construir una potente central telefónica comercial sino analizar el potencial de Asterisk y familiarizarse con su entorno de comunicación.

- Integrar algunos de los servicios de valor añadido programados en Asterisk.
- Integrar la comunicación vía VoIP en un Campus Universitario utilizando toda la infraestructura existente.

1. Marco Teórico

1.1 La Comunicación

Se refiere al proceso de transmisión y recepción de ideas, información y mensajes. En los últimos 150 años, y en especial en las dos últimas décadas, la reducción de los tiempos de transmisión de la información a distancia y de acceso a la información supone uno de los retos esenciales de nuestra sociedad.

La comunicación actual entre dos personas es el resultado de múltiples métodos de expresión desarrollados durante siglos. Los gestos, el desarrollo del lenguaje y la necesidad de realizar acciones conjuntas tienen aquí un papel importante.

1.3 La Comunicación a Distancia

Con el desarrollo de la civilización y de las lenguas escritas surgió también la necesidad de comunicarse a distancia de forma regular, con el fin de facilitar el comercio entre las diferentes naciones e imperios.

1.3.1 Servicios Postales

De los diferentes tipos de servicios de comunicación de la antigüedad, el más notable fue el sistema de relevos del Imperio persa. Jinetes a caballo transportaban mensajes escritos de una estación de relevos a otra. Basándose en este sistema, los romanos desarrollaron su propio sistema de postas (del latín *positus*, 'puesto'), de donde procede el término "servicio

postal". En Extremo Oriente también se emplearon sistemas similares. A pesar de que en la Europa medieval los servicios postales eran en su mayor parte privados, el auge del nacionalismo posterior al renacimiento propició la aparición de sistemas postales gubernamentales. A finales del siglo XVIII había desaparecido gran parte de los servicios privados.

1.3.2 Mayor rapidez en la comunicación a larga distancia

Los sistemas postales modernos siguieron creciendo con la aparición del ferrocarril, los vehículos de motor, los aviones y otros medios de transporte. Últimamente ha surgido el correo electrónico. Sin embargo, a lo largo de los siglos siempre se han buscado medios de comunicación a larga distancia que fueran más rápidos que los convencionales. Entre los métodos más primitivos se encuentran los golpes de tambor, el fuego, las señales de humo o el sonido del cuerno. En la edad media se utilizaban palomas mensajeras para transmitir mensajes. Hacia 1790, Claude Chappe, científico e ingeniero francés, inventó un sistema de estaciones de semáforos capaz de enviar mensajes a muchos kilómetros de distancia en algunos minutos. La distancia entre estas grandes torres (similares a las utilizadas posteriormente en el ferrocarril) podía alcanzar los 32 Km. Este sistema de semáforos con telescopios y espejos reflectantes (adoptado por Gran Bretaña y Estados Unidos) era lento, pues era necesario repetir las señales en cada estación con el fin de verificar la exactitud de la transmisión.

1.3.3 El telégrafo

Con el descubrimiento de la electricidad en el siglo XVIII, se comenzó a buscar la forma de utilizar las señales eléctricas en la transmisión rápida de mensajes a distancia. Sin embargo, no se lograría el primer sistema eficaz de telegrafía hasta el siglo XIX, cuando en 1837 se hicieron públicos dos inventos: uno de Charles Wheatstone y William F. Cooke, en Gran Bretaña, y otro de Samuel F. B. Morse, en Estados Unidos. Morse también desarrolló un código de puntos y rayas que fue adoptado en todo el mundo. Estos inventos fueron

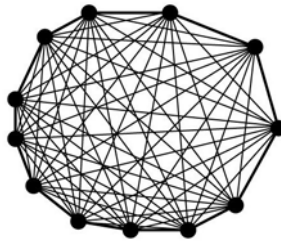
mejorados a lo largo de los años. Así, por ejemplo, en 1874, Thomas Edison desarrolló la telegrafía cuádruple, que permitía transmitir dos mensajes simultáneamente en ambos sentidos. Algunos de los productos actuales de la telegrafía son el teletipo, el télex y el fax.

1.3.4 El Teléfono

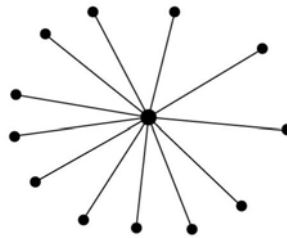
A pesar de que la telegrafía supuso un gran avance en la comunicación a distancia, los primeros sistemas telegráficos sólo permitían enviar mensajes letra a letra. Por esta razón se seguía buscando algún medio de comunicación eléctrica de voz. Los primeros aparatos, que aparecieron entre 1850 y 1860, podían transmitir vibraciones sonoras, aunque no la voz humana. La primera persona que patentó un teléfono eléctrico, en el sentido moderno de la palabra, fue el inventor de origen inglés Alexander Graham Bell, en 1876. En aquellos años, Edison investigaba la forma de poder registrar y reproducir ondas sonoras, abriendo así el camino a la aparición del gramófono.

Estructura del Sistema Telefónico.

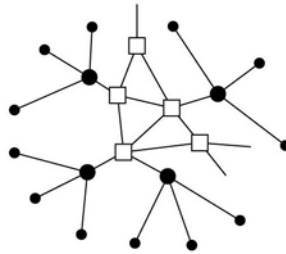
Después de que Alexander Graham Bell patentó el teléfono en 1876, hubo una gran demanda por este nuevo invento. El mercado inicial fue para la venta de teléfonos, los cuales se vendían en pares. Le tocaba al cliente conectarlos con un solo alambre. Los electrones regresaban por tierra. Si el propietario de un teléfono deseaba comunicarse con otros n propietarios de teléfono, tenía que enlazar alambres individuales a todas las n casas. Después de un año, las ciudades se cubrieron de alambres que pasaban sobre las casas y los árboles convirtiéndose en una maraña. De inmediato quedó en claro que el modelo de conexión de cada teléfono con todos los demás, no iba a funcionar.



Bell tuvo la suficiente visión para darse cuenta de esto y formo la Bell Telephone Company, la cual abrió su primera oficina de conmutación en 1878. La compañía colocó un alambre en la casa u oficina de cada cliente. Para realizar una llamada, el cliente tenía que dar de vueltas a una manivela en el teléfono para producir un sonido en la oficina de la compañía de teléfonos que atrajera la atención del operador, que a continuación conectaba manualmente a quien llamaba con el receptor de la llamada por medio de un cable puenteado.



Muy rápidamente surgieron por todas partes oficinas de conmutación del Bell System y la gente quiso hacer llamadas de larga distancia entre ciudades, de modo que el Bell System empezó a conectar las oficinas de conmutación. El problema original pronto reapareció: conectar cada oficina de conmutación con todas las demás por medio de un cable entre ellas pronto dejo de ser práctico, así que se inventaron las oficinas de conmutación de segundo nivel. Poco después, fueron necesarias múltiples oficinas de segundo nivel, la jerarquía creció a cinco niveles.



Para 1980, las tres partes principales del sistema telefónico ya estaban en su lugar: las oficinas de conmutación, los cables entre los clientes y las oficinas de conmutación (a estas alturas cables de par trenzado balanceados y aislados, en lugar de cables abiertos con retorno a tierra) y las conexiones de larga distancia entre las oficinas de conmutación. Aunque desde entonces se han realizado mejoras en las tres áreas, el modelo básico del Bell System ha permanecido intacto en lo esencial por más de 100 años.

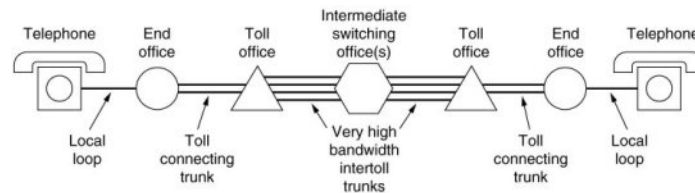
Previo a la división de AT&T en 1984, el sistema telefónico fue organizado como una jerarquía de múltiples niveles, con alta redundancia. A pesar de su simplicidad la siguiente descripción da una idea de la situación. Cada teléfono tiene dos alambres de cobre que van directamente a la oficina central local de la compañía telefónica. Por lo general la distancia va de uno a 10 Km., y en las ciudades es más corta que en las áreas rurales. En el ámbito de las comunicaciones, las conexiones de dos alambres entre el teléfono de cada suscriptor y la oficina central se conocen como circuito local. Si los circuitos locales de todo el mundo se extendieran de extremo a extremo, llegarían a la Luna y regresarían a la Tierra 1000 veces.

Si un suscriptor conectado a una oficina central determinada llama a otro suscriptor conectado a la misma oficina central, el mecanismo de conmutación dentro de la oficina establece una conexión eléctrica directa entre los dos circuitos locales. Esta conexión permanece intacta mientras dura la llamada.

Si el teléfono que llama está conectado a otra oficina central, se tiene que usar un procedimiento diferente. Cada oficina central, tiene varias líneas salientes a uno o más

centros de conmutación cercanos, llamados oficinas interurbanas. Estas líneas se llaman troncales de conexión interurbanas. Si sucede que tanto la oficina central de quien llama como la de quien es llamado tienen una troncal de conexión a la misma oficina interurbana, la conexión se puede establecer dentro de la oficina interurbana.

Si el que llama y el que es llamado no tiene una oficina interurbana en común, la trayectoria se deberá establecer en un nivel más alto de la jerarquía. Hay oficinas primarias, seccionales y regionales que forman una red que conecta a las oficinas interurbanas. Las centrales interurbanas, primarias, seccionales y regionales se comunican entre sí mediante troncales interurbanas de gran ancho de banda. La cantidad de tipos diferentes de centros de conmutación y su topología varían dependiendo el país a país dependiendo de su densidad telefónica.



Para las telecomunicaciones se usan diversos medios de transmisión. En nuestros días, los circuitos locales consisten en pares trenzados, aunque en los primeros días de la telefonía eran comunes los cables no aislados espaciados a 25 cm en los postes telefónicos. Entre las oficinas de conmutación se usan ampliamente cables coaxiales, microondas, y en especial fibra óptica.

En el pasado, la transmisión en todo el sistema telefónico era analógica, con la señal de voz real transmitida como un voltaje eléctrico entre la fuente y el destino. Con el advenimiento de la fibra óptica, la electrónica digital y las computadoras, actualmente todas las troncales y los conmutadores son digitales, y el circuito local queda como el único elemento de la tecnología analógica del sistema. Existe preferencia por la transmisión digital por que en esta no es necesario reproducir exactamente una forma de onda analógica después de que ha pasado por muchos amplificadores en una llamada larga. Es suficiente

con distinguir correctamente un 0 de un 1. Esta propiedad da más confiabilidad a la transmisión digital que a la analógica. Su mantenimiento también es más económico y sencillo.

El sistema telefónico consiste en tres componentes principales:

1. Circuitos locales (cables de par trenzado que van hacia las casas y las empresas).
2. Troncales (fibra óptica digital que conecta a las oficinas de conmutación).
3. Oficinas de conmutación (donde las llamadas pasan de una troncal a otra).

Los circuitos locales dan acceso a todo el mundo a cada uno de estos tres componentes en detalle. Por desgracia, también son la parte más débil del sistema. Para las troncales de largo alcance, la principal consideración es como reunir múltiples llamadas y enviarlas juntas por la misma fibra. Esto se llama multiplexión. Existen dos formas fundamentalmente distintas de efectuar la conmutación.

1.4 Introducción a las redes de computadoras

1.4.1 Definición de una red de computadoras

En su forma más básica, una red de computadoras es, sencillamente, dos computadoras que se comunican entre sí. Por su supuesto, la mayoría de las redes constan de más de dos computadoras. No obstante, los principios de comunicación son los mismos para dos, tres o aun mil computadoras. Si entiende cómo se comunican dos computadoras tendrá los fundamentos para comprender cómo lo hacen mil o más.

En general, las redes caen en uno de los dos siguientes grupos: redes de área local y redes de área amplia. Una *red de área local*(*LAN Local Area Network*), conecta computadoras cercanas una de la otra. En algunos casos, "local" significa dentro de la

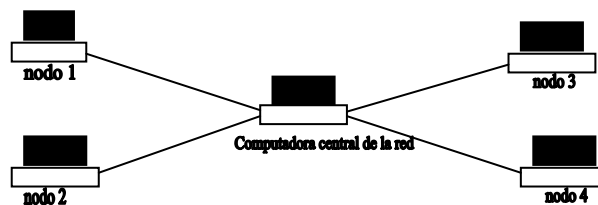
misma habitación o edificio; en otros se refiere a computadoras ubicadas a varios kilómetros de distancia. En contraste, las *redes de área amplia* (*WAN Wide Area Network*) constan de computadoras que se encuentran en diferentes ciudades, estados e incluso países, también se puede hablar de las WAN como redes de larga distancia debido al enorme trayecto que debe recorrer la información que intercambian.

1.4.2 Topología de Redes

Existe un número limitado de formas de conectar un número ilimitado de formas de conectar computadoras. La *topología de red* se refiere a la forma o arreglo geométrico de las computadoras y proporciona un método para comparar y clasificar redes. Las tres topologías más comunes son en estrella, en anillo, y en bus. En Internet (una red de redes interconectadas), tal vez encuentre todas estas topologías en ella.

1.4.2.1 Topología de Estrella

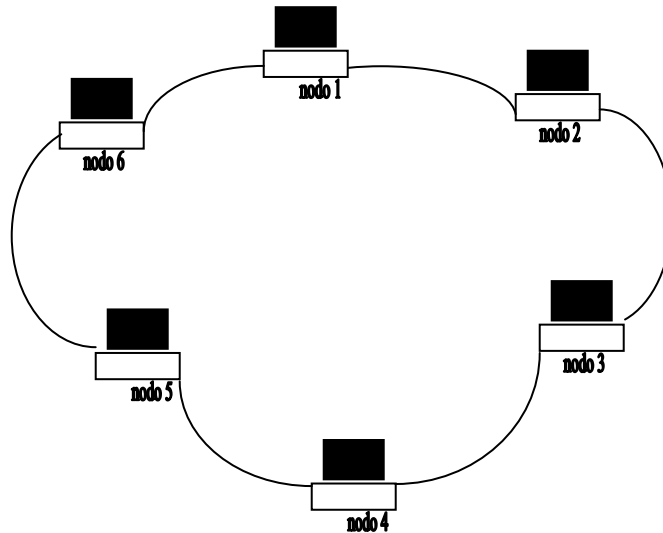
En una topología en estrella todas las computadoras (nodos) se conectan a una computadora central (*hub*). Aquí no puede existir la comunicación directa entre dos computadoras (que no sean la central). La siguiente figura muestra una red de computadoras utilizando la topología en estrella.



1.4.2.2 Topología en anillo

En una *topología en anillo* la red no tiene conexiones terminales, es decir, forma un anillo continuo (una ruta ininterrumpida pero no necesariamente circular) a través del cual

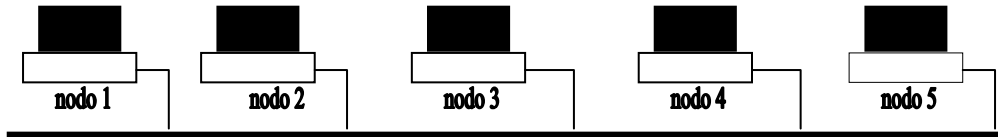
puede viajar la información. Por ejemplo, de todos los puntos de la red usted puede viajar en una dirección y, al final, regresará al punto de partida. Debido a este enlace circular, en una topología en anillo los datos viajan sólo en una dirección alrededor de éste. La siguiente figura muestra una red de computadoras utilizando una topología en anillo.



A diferencia de la topología en estrella, la de anillo necesita una ruta ininterrumpida entre las computadoras de la red, Una interrupción en cualquier punto ocasionaría que las comunicaciones en la red se detuvieran. Otro punto débil de la topología de en anillo es que la información pasa por cada una de las computadoras de la red, de tal manera que se puede usar cada computadora para fisgar o espiar la información que circula.

1.4.2.3 Topología en Bus

Una *topología en bus* utiliza un solo medio de transmisión llamado *bus (cable)*. Todas las computadoras en una red similar se enlazan directamente al bus. Casi siempre un cable coaxial sirve como medio de transmisión en una topología de este tipo. La siguiente figura muestra una red de computadoras utilizando una topología en bus.



En una topología en bus la información puede viajar en ambas direcciones. Esta topología requiere conexiones terminales (o terminadores) especiales a ambos extremos del bus. Al igual que una red en anillo, una interrupción física en cualquier parte del bus ocasiona una falla en todas las comunicaciones de la red. En las topologías en bus y en anillo la seguridad es débil por las mismas razones: la información pasa por cada una de las computadoras.

1.4.3 Familia de Protocolos TCP/IP

1.4.3.1 Origen

Desarrollados como parte del proyecto DARPA a mediados de los 70's, dando lugar a la red ARPANET. Su objetivo fue que computadoras cooperativas compartieran recursos mediante una red de comunicaciones. ARPANET deja de funcionar oficialmente en 1990.

En 1973, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada para la Defensa (DARPA), de los Estados Unidos, inició un programa para la investigación de tecnologías que permitieran la transmisión de paquetes de información entre redes de diferentes tipos y características. El proyecto tenía por objetivo la interconexión de redes, por lo que se le denominó "Interneting", y a la familia de redes de computadoras que surgió de esta investigación se le denominó "Internet". Los protocolos desarrollados se denominaron el Conjunto de Protocolos TCP/IP, que surgieron de dos conjuntos previamente desarrollados; los Protocolos de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol) e Internet (Internet Protocol).

1.4.3.2 Definición e Importancia de los protocolos

TCP/IP son las siglas de Protocolo de Control de Transporte (Transport Control Protocol) e IP de Protocolo de Internet (Internet Protocol).

Los protocolos son las reglas que determinan cómo debe funcionar el software. Los sistemas operativos emplean las reglas (protocolos) para manejar el flujo de información entre los usuarios, las aplicaciones y las computadoras, del mismo modo, los protocolos administran el flujo de información entre las computadoras y los programas de red.

El Internet, depende de una serie de protocolos llamados, en conjunto, TCP/IP, los cuales manejan toda la información que se mueve a través de la red en un formato diferente.

Establecen una descripción formal de los formatos que deberán presentar los mensajes para poder ser intercambiados por equipos de cómputo; además definen las reglas que ellos deben seguir para lograrlo.

Los protocolos están presentes en todas las etapas necesarias para establecer una comunicación entre equipos de cómputo, desde aquellas de más bajo nivel (e.g. la transmisión de flujos de bits a un medio físico) hasta aquellas de más alto nivel (e.g. el compartir o transferir información desde una computadora a otra en la red).

1.4.3.3 Servicios de los protocolos TCP/IP

Los servicios tradicionales más importantes de TCP/IP son:

- **Transferencia de ficheros.** FTP permite al usuario sobre cualquier computadora, traer ficheros desde otro ordenador o enviar ficheros a otro ordenador.

- **Login lejano.** TELNET permite a un usuario conectarse con cualquier otra computadora en la red.
- **Correo electrónico o E-Mail.** Este servicio te permite enviar mensajes a usuarios de otros ordenadores.

Estos servicios deberían estar presentes en cualquier versión de TCP/IP y todavía juegan un papel muy importante en las redes con base en TCP/ IP. Sin embargo, recientemente, la forma en la cual se utilizan las redes ha cambiado. El antiguo modelo de gran número de ordenadores auto- suficientes esta comenzando a transformarse. Ahora existen muchos tipos de ordenadores, incluyendo microcomputadoras, estaciones de trabajo, minicomputadoras y mainframes. Estos ordenadores son configurados para realizar tareas determinadas. Aunque la gente probablemente todavía trabaje con un ordenador específico, ese ordenador deberá llamar a otros sistemas en la red para servicios especializados. Esto ha conducido a un modelo servidor/cliente dentro de la red. Un servidor es un sistema que proporciona un servicio especial para el resto de la red. Un cliente es otro sistema que usa ese servicio. Existen muchos tipos de servidores presentes en la configuración de un ordenador moderno, todos los cuales pueden ser utilizados dentro de la organización TCP/IP. Los más importantes son los siguientes:

- **Sistemas de ficheros de red (network file systems).** Permite a un sistema acceder a los ficheros de otro ordenador de una forma integrada más cercana que FTP. Este sistema proporcionando la ilusión de que discos u otras partes de un sistema están directamente conectadas a otros sistemas.
- **Impresión lejana (remote printing).** Este sistema te permite acceder a las impresoras de otro ordenador como si estuviesen directamente conectadas al tuyo.
- **Ejecución lejana (remote execution).** Este sistema te permite hacer funcionar un programa particular de un ordenador diferente. Es muy útil cuando debes hacer la mayor parte de tu trabajo en un ordenador pequeño, pero unas pocas tareas necesitan de los recursos de un gran ordenador.

- **Servidores de nombres (name servers).** En grandes instalaciones, hay cierto número de diferentes colecciones de nombres que se utilizan normalmente. Estos incluyen a usuarios y sus palabras clave, nombres y direcciones dentro de la red para ordenadores, y cuentas. Es muy tedioso mantener todos estos datos actualizados en todos los ordenadores por lo que solo se mantiene en unos pocos sistemas.
- **Servidores de terminales (terminal servers).** Muchas instalaciones no conectan terminales directamente a ordenadores. En lugar de esto conectan estos a servidores de terminales. Un servidor de terminal es simplemente un pequeño ordenador que solo sabe como hacer funcionar telnet. Si tu terminal está conectada a uno de estos, simplemente escribe el nombre de un ordenador y estarás conectado a este.

CAPÍTULO 2. CENTRALES TELEFONICAS PBX

Antes de iniciar el diseño y la implementación de la central telefónica es necesario entender el papel que juega esta en la transmisión de voz. En este capítulo se describen y analizan las funciones más importantes de una central PBX (*Private Branch/Business eXchange*) así como los distintos dispositivos y redes que se pueden conectar a las distintas interfaces que la conforman.

2.1 Descripción

Una central de telefonía privada (PBX) es un dispositivo que permite a las empresas conectar sus terminales telefónicas de forma independiente al proveedor de telefonía. De esta forma se consigue que todas las llamadas internas de una misma empresa sean conmutadas directamente sin necesidad de salir al exterior por la red pública de telefonía (PSTN o RDSI) disminuyendo notablemente la factura mensual.

Las primeras PBX, tal y como se puede observar en la imagen izquierda de la Fig. 2.1 requerían la contribución de una persona encargada de conectar distintos cables para establecer la comunicación entre las distintas extensiones de una empresa. Estas centrales eran conocidas como PBMX (*Manual PBX*). El avance tecnológico rápidamente permitió prescindir de estos operadores para dar paso a un nuevo sistema electromecánico de conmutación totalmente automático llamados PABX (*Automatic PBX*). En la fotografía derecha de la Fig. 1.1 se observa un ejemplo de PABX comercial: la *Alcatel Omni PCX Enterprise*.



Fig. 2.1 Centrales telefónicas.

A todos los dispositivos conectados a la PBX se les conoce como extensiones y tanto pueden ser teléfonos, como faxes o módems, aunque estos últimos pueden degradar la calidad de la línea. Además, también es posible conectar a la central telefónica un determinado número de líneas troncales para poder realizar y recibir llamadas del exterior e incluso conectar varias PBX entre si para realizar llamadas entre las distintas sedes de una compañía. Normalmente para establecer la comunicación con el exterior, la PBX requiere que se marque el dígito 9 ó 0 seguido del número destino. De esta forma, la centralita es capaz de identificar que se trata de una llamada hacia el exterior y así poder seleccionar la utilización de una de las líneas troncales disponibles.

2.2 Funcionalidades

Como se ha definido anteriormente, el objetivo principal de una central telefónica PBX es establecer y mantener la comunicación entre dos puntos finales durante todo el tiempo requerido por los usuarios.

Existe un gran número de empresas, como *Alcatel*, *Cisco*, *Ericsson*, *Fujitsu*, *NEC*, *Nortel*, *Panasonic*, *Samsung*, *Siemens* o *Toshiba* entre otros, que ofrecen una gran variedad de PBXs. Cada uno de estos fabricantes hacen esfuerzos para diferenciar sus productos sobre el de sus competidores, por eso añaden a sus centrales telefónicas nuevos servicios de valor añadido. A continuación se enumera alguno de los servicios más extendidos en las centrales telefónicas:

- **Operadora automática/virtual:** permite al llamante transferir la llamada a la extensión deseada mediante menús interactivos sin la intervención física de una operadora. Es un sistema basado en el reconocimiento de voz y/o de tonos DTMF (Dual Tone MultiFrequency), generados al marcar el teclado del teléfono. De esta forma se consigue sustituir la labor efectuada por una persona que sólo podrá atender una llamada al tiempo, por un servicio de atención automatizado capaz de

atender múltiples llamadas simultáneamente.

- **Marcación rápida** a números de servicio público como emergencias, policía o bomberos.
- **Buzón de voz:** servicio de almacenamiento de mensajes de voz (contestador automático). El mensaje de bienvenida puede personalizarse.
- **Transferencia de una llamada** a otra extensión para que sea atendida, por ejemplo, por otro departamento.
- **Desvío de llamada** a otra terminal en caso de que la extensión no conteste o esté ocupada.
- **Follow-me:** listado de números a los que redireccionar la llamada en caso de que la extensión no conteste. Los empleados pueden configurar esta lista, por ejemplo, para desviar la llamada a su celular en caso de no encontrarse en su puesto de trabajo.
- **Llamada en espera, parking de llamadas (*call park*):** posibilidad de mantener conversaciones en espera para atender una nueva llamada entrante.
- **Música en espera (MOH: *Music on Hold*):** servicio de reproducción de música para rellenar el silencio producido al mantener al que llama en espera.
- **Tarificación de llamadas:** sistema de cálculo del coste de una llamada.
- **CallerID** o identificación de llamada.
- **DDI (*Direct Dialling-In*):** enrutado de llamadas mediante la marcación directa a una extensión desde el exterior.
- **Salas de conferencia:** conversación entre más de dos terminales.
- **Listas negras:** restricción del acceso a determinados números.
- **Registro y listado de llamadas** entrantes y salientes.
- **Envío y recepción automática de faxes.**
- **Monitorización de llamadas** en curso.
- **Grabación y escucha** de llamadas.
- **Integración con bases de datos:** posibilidad de almacenar y recuperar información.
- **Mensajería SMS:** servicio de envío de mensajes cortos.

2.3 Interfaces

Se entiende por interfaz al circuito físico que establece la conexión entre dos sistemas permitiendo su comunicación. Las interfaces no son universales, sino que existen diferentes estándares que establecen especificaciones técnicas concretas. Los puertos de comunicaciones más comunes que se pueden encontrar en una centralita PBX son:

- **FXO (*Foreign eXchange Office*):** conexión a extensiones de otras centrales telefónicas o a la PSTN.
- **FXS (*Foreign Exchange Station*):** conexión a enlaces de centrales telefónicas, teléfonos analógicos (POTS: *Plain Old Telephone System*) y faxes.
- **E&M:** conexión específica a otras centrales telefónicas.
- **BRI:** acceso básico RDSI (2B+D)
- **PRI:** acceso primario RDSI (30B+D)
- **G703/G.704. (E&M digital)** conexión específica a centrales telefónicas a 2 Mbps.

El número de interfaces dependerá del tamaño y las necesidades del escenario a implementar.

2.4 IPBX

La tendencia actual de los fabricantes de PBXs es incorporar a sus centrales telefónicas la posibilidad de transmitir la voz sobre redes de datos. No es sólo la reducción de costos por la gestión de una única infraestructura lo que se le ofrece al cliente, sino que la integración simplifica y amplía las posibilidades de generar nuevos servicios de valor añadido.

El término IPBX (*Intranet PBX*) hace referencia a aquellas centrales telefónicas capaces de transmitir la voz sobre redes IP basándose en el protocolo VoIP (*Voice over Internet*

Protocol). Para la conexión a la red de Área Local (LAN) hace uso de tarjetas ethernet, y al igual que el resto de PBXs, también posee alguna de las interfaces anteriormente definidas para la conexión con otras redes de voz. Esto implica la necesidad de complejos mecanismos software que adapten la señal de voz durante la comunicación a cada uno de los diferentes estándares.

2.5 Asterisk

Asterisk es una aplicación con licencia GPL (código abierto) capaz de simular las funciones de una IPBX. Este proyecto fue desarrollado por el ingeniero *Mark Spencer*, miembro fundador de la compañía *Digium*, principal desarrolladora de *Asterisk*. Originalmente fue implementado para cualquiera de las diferentes distribuciones *Linux* existentes, y aunque actualmente se está intentando portar a otros sistemas operativos como Mac, Solaris o Microsoft Windows, las expectativas son bastante pobres ya que carece de soporte.

Asterisk pese a ser una aplicación software ofrece las mismas características y servicios que los caros sistemas propietarios PBX como puede ser el buzón de voz, salas de conferencia o música en espera entre otros. Son muchas las ventajas que ofrece *Asterisk* respecto a las centrales telefónicas hardware:

- Reducción de costes y no sólo por el hecho de integrar voz y datos bajo una misma infraestructura, sino el hecho de que *Asterisk* sea una aplicación de código abierto evitando tener que pagar grandes cantidades por licencias.
- Facilita la integración y desarrollo de nuevos servicios de valor añadido.
- Compatibilidad con un gran número de protocolos VoIP y códecs.
- Es posible conectar *Asterisk* con otras centrales telefónicas, lo que le convierte en una solución flexible para futuros redimensionamientos.
- Existe un gran número de empresas y comunidades interesadas en el desarrollo de *Asterisk* que generan nuevas actualizaciones periódicamente. Debido a este gran interés existe una gran cantidad de información disponible.

Asterisk está formado por un núcleo principal encargado de gestionar todo el sistema PBX. Sus funcionales principales son:

- Interconectar de forma automática cada llamada ente los usuarios participantes teniendo en cuenta el tipo de protocolo utilizado por cada terminal.
- Lanzar los servicios de valor añadido cuando sean requeridos.
- Traducir y adaptar los códecs a cada terminal involucrado en la comunicación.
- Gestionar el sistema para que funcione de forma óptima en diversas condiciones de carga.

Para realizar estas funciones, este núcleo se apoya de un conjunto de módulos que le dotan de una gran flexibilidad y de una total abstracción de los protocolos, códecs e interfaces utilizados en cada conexión. Destacan cuatro APIs (*Application Programming Interface*) utilizadas por el núcleo de *Asterisk*

- **Channel API:** encargado de gestionar y extraer la información dinámica (protocolos, interfaces y códecs) de cada conexión.
- **Application API:** contiene diferentes módulos encargados de ofrecer distintos servicios de valor añadido. Esta estructura modular facilita la incorporación de nuevos servicios.
- **Codec Translator API:** permite cargar los diferentes formatos de códecs de audio utilizados para la compresión y codificación de la señal. Al igual que las aplicaciones, estos códecs están implementados como módulos independientes.
- **File Format API:** permite leer y escribir ficheros para el almacenamiento de información en el sistema de archivos, como por ejemplo, la grabación de una conversación.

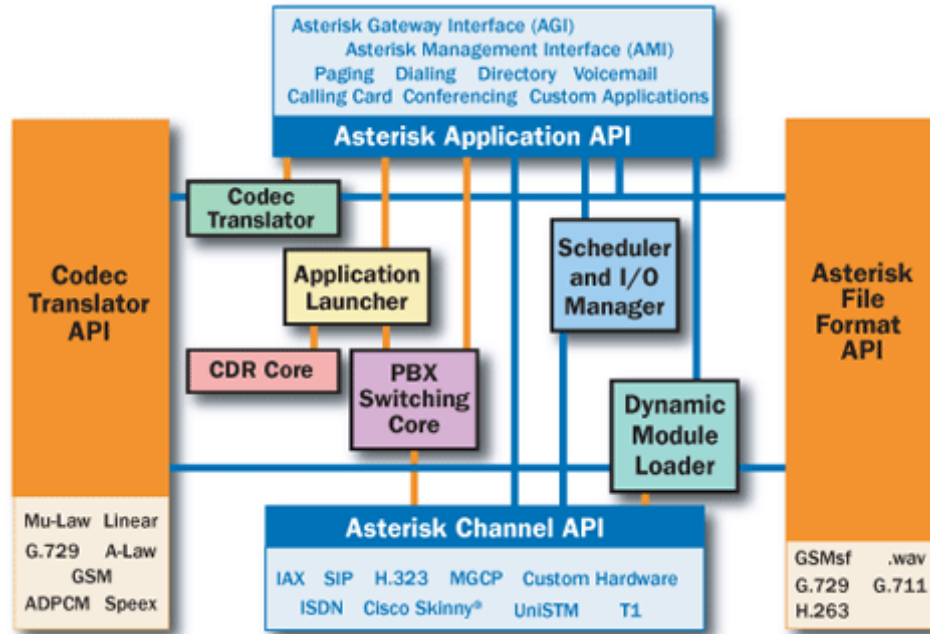


Fig. 2.2 Núcleo principal de *Asterisk*

Tal y como se puede observar en la Tabla 2.1, otra de las características que hace de *Asterisk* una solución interesante es el soporte de varios protocolos VoIP y códecs de audio.

Protocolos VoIP	SIP H.323 IAX MGCP/MEGACO SCCP UNISTIM
Códecs de audio	G.711(a-law y μ -law) G.726 G.723.1 G.729A GSM iLBC Speex ADPCM Linear MP3.

Tabla 2.1 Protocolos VoIP y códecs de audio soportados por *Asterisk*

A continuación se expone un ejemplo para entender más a fondo el esquema mostrado en la Fig. 2.2. Se parte de la idea que previamente se han configurado dos terminales IP, una utiliza el protocolo SIP y codifica la señal en iLBC mientras que la segunda es un terminal IAX que utiliza el códec G.726. Si el terminal SIP se quiere comunicar con el dispositivo IAX, por ejemplo, cuando la central telefónica reciba la señal de llamada, antes de interconectar los dos canales consultará qué interfaz, protocolo y códec utiliza el emisor y cuáles necesita el receptor. De esta forma el núcleo una vez interconecte internamente ambas interfaces, mediante *Channel API* y *Codec Translator API* será capaz de adaptar la información en tiempo real para que pueda ser interpretada por cada terminal. Podría ser

que, en el caso que el receptor no esté disponible, se ejecutara el buzón de voz a través de la *Application API*. Para poder almacenar el mensaje de voz en la centralita en un formato de audio, como WAVE o MP3, *Asterisk* se servirá de las funciones de *File Format API*.

El comportamiento del núcleo variará dependiendo de las necesidades de cada cliente. Para cambiar su configuración, *Asterisk* ofrece un conjunto de archivos de texto llamados scripts escritos en un lenguaje especial que sólo puede ser interpretado por *Asterisk* y le indica al núcleo aspectos como el número y tipo de dispositivos conectados a la centralita, los códecs que utiliza cada terminal, los servicios de valor añadido que se quiere disponer, etc. También incluye una base de datos *Berkeley* para facilitar las labores de gestión de la centralita desde el *dialplan* (script de configuración principal).

Además, *Asterisk* incorpora una consola CLI (*Command Line Interface*) que permite controlar y comunicarse con el demonio y un par de interfaces (AGI: *Asterisk Gateway Interface* y AMI: *Asterisk Management Interface*) que permiten añadir aplicaciones externas programadas en C, C++, Java, Perl o en cualquier otro lenguaje de programación soportado por *Linux*.

Asterisk puede actuar de servidor y gateway. Para conectar esta IPBX a la red PSTN, a la RDSI o bien conectarle teléfonos analógicos no basta con un simple módem sino que son necesarias unas tarjetas telefónicas con puertos FXO, BRI/PRI o FXS respectivamente. La comunicación entre el servidor y las tarjetas se efectúa a través de otro módulo externo, llamado *zaptel*, que actúa como controlador de la tarjeta. Además si el acceso al exterior se realiza mediante puertos primarios de una red RDSI se necesita un segundo módulo complementario llamado *libpri*. En los siguientes subapartados se puede observar alguna de las diferentes tarjetas comerciales.

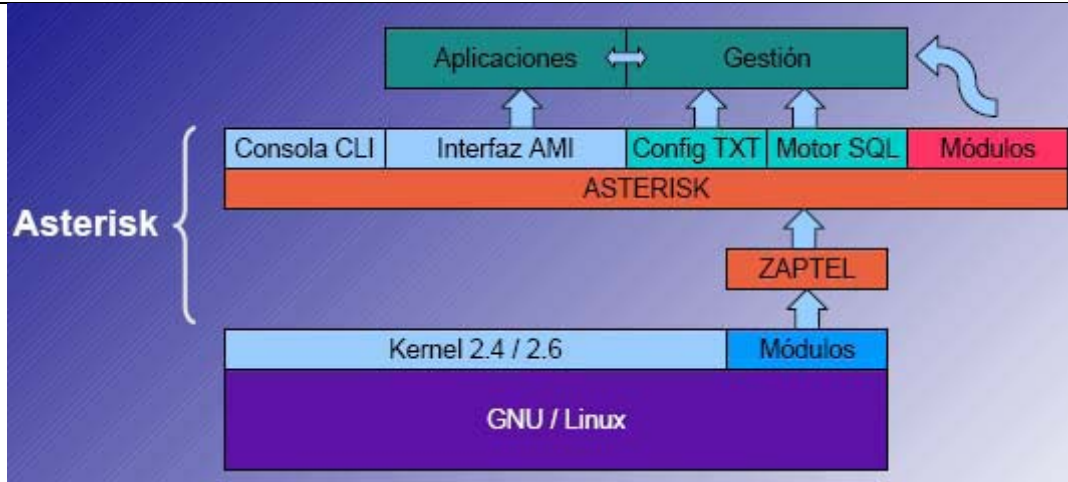


Fig. 2.3 Arquitectura de Asterisk

2.5.1 Tarjetas analógicas FXO/FXS

Las tarjetas analógicas permiten conectar el servidor *Asterisk* con la red de telefonía conmutada y/o con teléfonos analógicos. Uno de los principales ingresos de la empresa *Digium*, dejando al margen el soporte y mantenimiento de servidores *Asterisk*, es la implementación, distribución y venta de tarjetas PCI compatibles dedicadas a gestionar el tráfico de voz.

TDM es el nombre comercial que recibe las tarjetas analógicas desarrollados por *Digium* y está formada por un conjunto de módulos extraíbles que permiten la conversión analógico-digital y viceversa:

- FXO (módulos rojos): permite conectar tantas líneas externas de la PSTN como módulos.
- FXS (módulos verdes): permite conectar tantos teléfonos analógicos como módulos.

Existen básicamente dos familias de tarjetas analógicas:

- **TDM400P:** tarjeta mini-PCI 2.2 con capacidad de conectar hasta 4 interfaces FXO

(nomenclatura comercial: X100M), 4 módulos FXS (S110M) o cualquier combinación de estos con un máximo de 4 módulos. *Digium* ha asignado a este grupo de tarjetas la nomenclatura TDM X Y B, siendo X el número de interfaces FXS que incorpora la tarjeta, e Y el número de interfaces FXO. Por tanto, la tarjeta TDM13B (Fig. 2.4) es una tarjeta de la familia TDM400P con un módulo FXS y tres interfaces FXO.

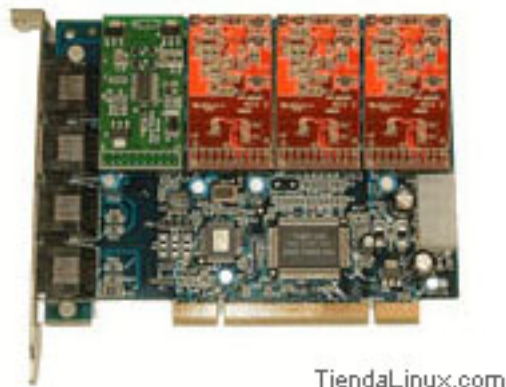


Fig. 2.4 TDM13B

- **TDM2400P:** tarjeta PCI 2.2 con capacidad de conectar hasta 6 módulos X400M (4 interfaces FXO), 6 módulos S400M (4 interfaces FXS) o cualquier combinación de estos con un máximo de 24 interfaces. La nomenclatura asignada para este grupo de tarjetas la nomenclatura se rige según la Tabla 1.2. Por tanto, la tarjeta TDM2451B (Fig. 2.5) es una tarjeta de la familia TDM2400P con cinco módulos X400M y un módulo S400M, equivalente a tener 20 interfaces FXO y 4 FXS.

X400M S400M	0	1	2	3	4	5	6
0	TDM2400P TDM2400E	TDM2401B TDM2401E	TDM2402B TDM2402E	TDM2403B TDM2403E	TDM2404B TDM2404E	TDM2405B TDM2405E	TDM2406B TDM2406E
1	TDM2410B TDM2410E	TDM2411B TDM2411E	TDM2412B TDM2412E	TDM2413B TDM2413E	TDM2414B TDM2414E	TDM2415B TDM2415E	
2	TDM2420B TDM2420E	TDM2421B TDM2421E	TDM2422B TDM2422E	TDM2423B TDM2423E	TDM2424B TDM2424E		
3	TDM2430B TDM2430E	TDM2431B TDM2431E	TDM2432B TDM2432E	TDM2433B TDM2433E			
4	TDM2440B TDM2440E	TDM2441B TDM2441E	TDM2442B TDM2442E				
5	TDM2450B TDM2450E	TDM2451B TDM2451E					
6	TDM2460B TDM2460E						

Tabla 2.2 Nomenclatura familia tarjetas analógicas TDM2400P

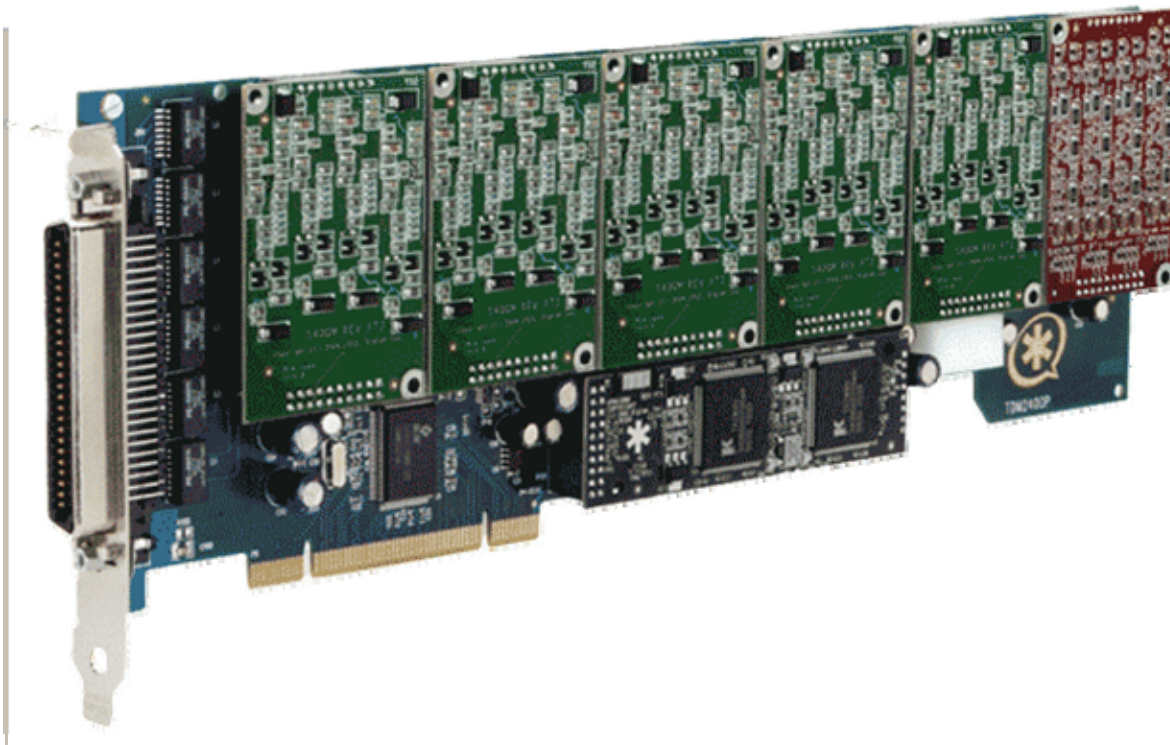


Fig. 2.5 TDM2451B

En el caso de querer disponer de puertos FXS para conectar teléfonos analógicos es necesario alimentar la tarjeta analógica a 12 V mediante la fuente de alimentación del propio PC para poder producir el timbre del teléfono. Es necesario tomar precaución a la hora de conectar la red PSTN con la tarjeta ya que conectarla por error a un módulo FXS puede dañar al módulo e incluso a la propia tarjeta.

El precio de cada una de las tarjetas dependerá del número de módulos necesarios. En el caso de prever un futuro crecimiento de la red, la opción más rentable es sobredimensionar en cierta medida el sistema; ya que el precio de adquirir posteriormente los módulos es mayor que comprar inicialmente una tarjeta con un mayor número de puertos. Paralelamente, otras marcas como *Sangoma*, *Junghanns*, *Rhino* o *Eicon Networks*, entre otras, sacan tarjetas clónicas con características similares con un menor coste.

2.5.2 Tarjetas digitales

La función de estas tarjetas es similar a la de las analógicas, pero en este caso estas interfaces digitales permiten conectar *Asterisk* con una red digital RDSI. De este tipo de tarjetas se pueden encontrar dos tipos:

- **Básicas (BRI):** cada puerto BRI permite mantener 2 conversaciones simultáneamente. *Digium* no fabrica este tipo de tarjetas ya que en América las redes RDSI básicas no se han extendido. Para conseguir este tipo de tarjetas hay que recurrir a alguna de las compañías nombradas en el anterior apartado. Estas empresas ofrecen tarjetas de:
 - **1 puerto** = 2 conversaciones simultáneas.
 - **4 puertos** = 8 conversaciones simultáneas.
 - **8 puertos** = 16 conversaciones simultáneas.



Fig. 2.6 Tarjetas BRI. a) *Eicon Networks Diva Server V-BRI*, b) *Eicon Networks Diva Server 4V-BRI*, c) *OctoBRI Junghams*

- **Primarios (PRI):** cada primario (E1/T1) permite establecer aproximadamente 30 conversaciones simultáneas. *Digium* comercializa varias tarjetas digitales con diferente número de puertos primarios:
 - **1 primario** = 30 conversaciones simultáneas.
 - **2 primarios** = 60 conversaciones simultáneas.
 - **4 primarios** = 120 conversaciones simultáneas.

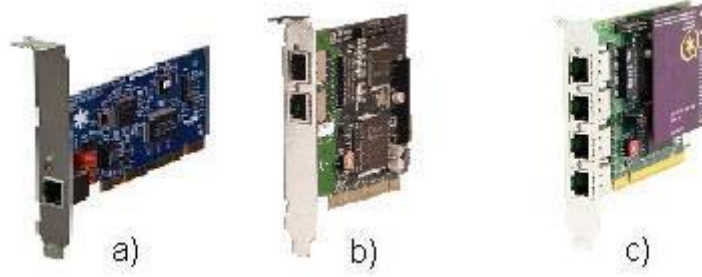


Fig. 2.7 Tarjetas PRI. *Digium* a) *TE110P*, b) *TE210P*, c) *TE412P*

CAPÍTULO 3. VOZ SOBRE IP (VoIP)

La idea de usar Internet como una red telefónica no es nueva, pero se oye como algo “revolucionario”, ahora pretenderé describir los conceptos esenciales a la introducción a la voz IP.

Los problemas a la hora de gestionar el gran número de redes de telecomunicaciones existentes están motivando el estudio de mecanismos que favorezcan a la integración en una única red el transporte tanto de voz como datos. Esta homogeneización es posible gracias a la aparición de nuevos estándares y a la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz. El avance de las telecomunicaciones, y en especial, la gran expansión de Internet, está posibilitando la implantación del transporte de voz sobre redes IP.

En este capítulo se introduce al lector los conceptos más importantes en la transmisión de voz sobre el protocolo IP. Tras definir el estándar y observar las ventajas e inconvenientes que suponen integrar la transmisión de datos y voz en una misma red, se enumeran y explican los diferentes protocolos de transmisión disponibles actualmente.

3.1 Definición

Las primeras investigaciones hacia la convergencia de las actuales redes de telecomunicaciones se basaban en la utilización de multiplexores que permitían utilizar las redes WAN de datos de las empresas (típicamente conexiones punto a punto y *Frame Relay*) para la transmisión del tráfico de voz. La falta de estándares, así como el largo plazo de amortización de este tipo de soluciones han imposibilitado su implantación.

Tres son los elementos que te permitirán desplegar una infraestructura de telefonía: VoIP, estándares abiertos y los programas libres y abiertos. Debido al crecimiento de las redes de

IP, cuya presencia es universal en todos los host, el desarrollo de tecnologías avanzadas para la digitalización, compresión y codificación de la voz, mecanismos de control y priorización de tráfico en las redes, protocolos de transmisión en tiempo real, así como la aparición de nuevos estándares, han creado un entorno donde es posible transmitir telefonía sobre redes de paquetes.

Basándose en este concepto es posible la transmisión de señales de voz con una calidad ligeramente inferior a la de la red telefónica pública, pero con la ventaja de que el costo de la llamada es bastante inferior a la de esta última, especialmente en lo que se refiere a llamadas de larga distancia.

La necesidad de un estándar era evidente y observando el incuestionable éxito a nivel mundial de Internet, el protocolo IP parecía ser el medio que simplificaba en cierta manera esta integración. A esta nueva solución se le conoce como VoIP (*Voice over Internet Protocol*).

El estándar VoIP define la tecnología que permite encapsular la voz en paquetes para poder ser transportados sobre redes IP sin necesidad de disponer de circuitos conmutados como es el caso de la red de telefonía conmutada (PSTN). La red convencional se basa en la conmutación de circuitos, es decir, al iniciarse la comunicación se establece un circuito físico durante el tiempo que dura la conversación. Esto implica la reserva de los recursos hasta que finalice la comunicación no pudiendo ser utilizado por otra, incluso durante los silencios que se suceden dentro de una conversación típica. En cambio, la telefonía IP no utiliza circuitos físicos para la conversación, sino que envía múltiples conversaciones a través del mismo canal (circuito virtual) codificadas en paquetes y en flujos independientes. Cuando se produce un silencio en una conversación, los paquetes de datos de otras conversaciones pueden ser transmitidos por la red, lo que implica un uso más eficiente del ancho de banda.

Desde que en 1995 la empresa *VocalTec* iniciara las primeras aplicaciones de comunicación de voz entre dos PCs a través de la red IP, han aparecido distintos niveles de desarrollo

hacia la convergencia de redes:

- **Voz en Internet:** servicios de telefonía prestados sobre la red pública global formada por la interconexión de redes de conmutación de paquetes basadas en IP.
- **Voz sobre IP (VoIP):** servicios de telefonía prestados sobre redes IP "privadas" sin interconexión a la red PSTN o a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).
- **Telefonía IP:** servicios de telefonía prestados sobre Redes IP privadas en interconexión con la PSTN y/o RDSI.
- **Voz sobre Frame Relay (VoFR):** servicios de telefonía prestados sobre redes Frame Relay orientadas a la transmisión de datos.
- **Voz sobre ATM (VoATM):** servicios de telefonía prestados sobre redes ATM donde existe posibilidad de ofrecer calidad de servicio (QoS: *Quality of Service*).
- **Multimedia sobre IP (MoIP):** servicios multimedia (vídeo, audio, imagen, etc.) prestados sobre redes IP
- **Fax sobre IP (FoIP):** servicios de transmisión de fax sobre redes IP.
- **XoIP:** integración global de todos los servicios actuales y futuros que se puedan ofrecer sobre una red IP. El término X puede referirse por ejemplo a:
 - F = fax
 - M = multimedia
 - V = voz
 - D = datos

En definitiva, las redes IP parecen ser la solución más inmediata para alcanzar la convergencia de redes debido sobre todo a su ámbito de cobertura actual, su aceptación por parte del usuario y la próxima aparición del protocolo IPv6. Integrar la voz en las redes IP aporta múltiples ventajas:

- La reducción de costes debido, por ejemplo, al mantenimiento, gestión y administración de una única red; llamadas gratuitas entre las distintas sedes de una empresa, etc.
- Mejor utilización del ancho de banda.

- La integración de servicios en una misma infraestructura permite una mayor estandarización.
- Permite el control del tráfico de la red por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan caídas importantes en el rendimiento.
- Es independiente del tipo de red física que lo soporta.
- Permite utilizar terminales por hardware y por software.
- Permite la integración de vídeo.
- Ofrece nuevos servicios de valor añadido como el correo de voz (voicemail), centro de llamadas vía Web, etc.

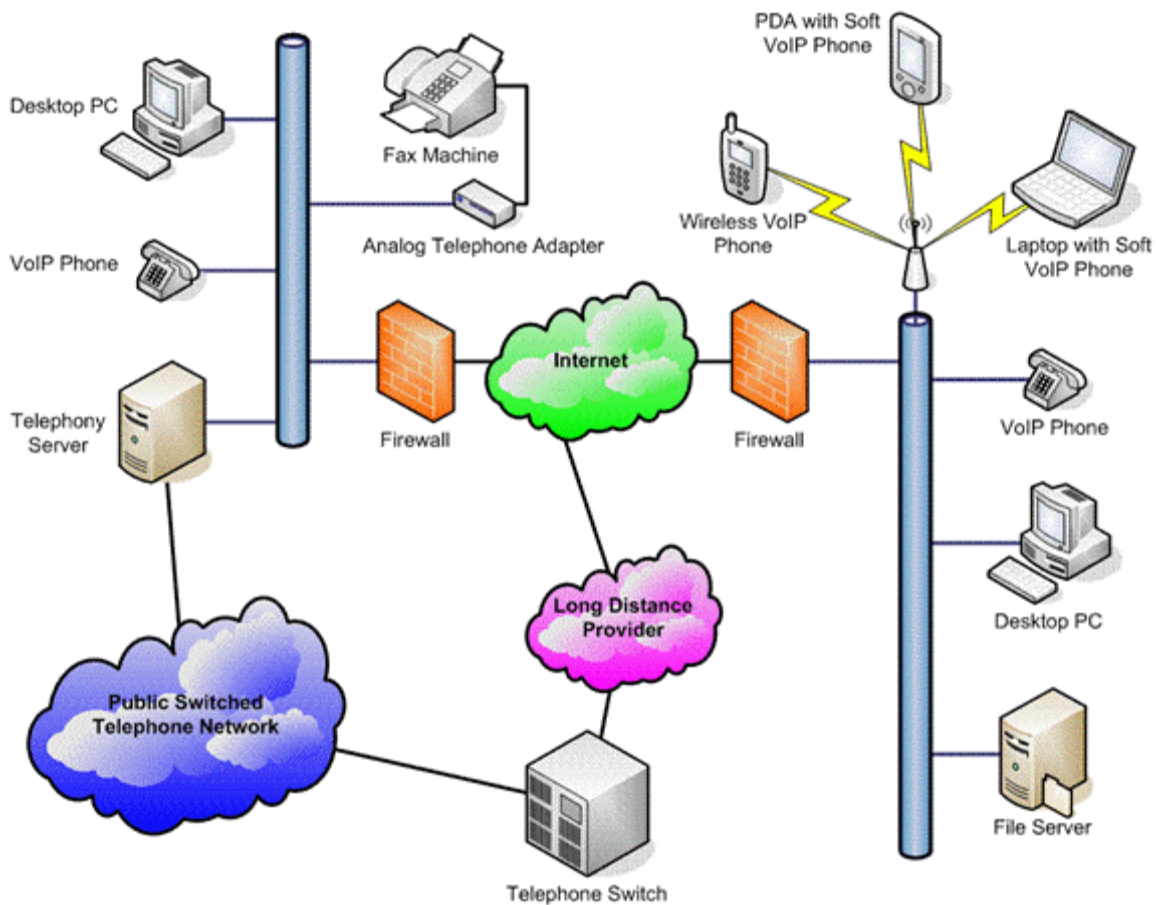


Fig. 3.1 Convergencia de redes

Sin embargo, existe un importante inconveniente que ha hecho que la expansión de la VoIP no sea tan rápida como se esperaba: la dificultad en ofrecer QoS. En la transmisión de voz

es necesario que todos los paquetes lleguen ordenados, que no haya pérdidas y garantizar una mínima tasa de transmisión lo que implica la necesidad de QoS. En otros servicios como el correo, ofrecer QoS no es crítico, ya que si un paquete no ha llegado al destino se solicita su retransmisión; pero esto no es posible en la VoIP, ya que se trata de un servicio en tiempo real. La solución radica en diferenciar los paquetes de voz de los paquetes de datos, priorizar la transmisión de los paquetes de voz y evitar que la transmisión de los paquetes no supere los 150 milisegundos, tal y como se especifica en la recomendación ITU-TG 114. La calidad de servicio se está logrando en base a los siguientes criterios:

- La supresión de silencios y VAD (*Voice Activity Detection*), otorga más eficiencia a la hora de realizar una transmisión de voz, ya que se aprovecha mejor el ancho de banda al transmitir menos información.
- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP (*Real Time Protocol*).
- Cancelador de eco
- Priorización de los paquetes que requieran menor latencia.
 - **Custom Queuing (CQ)**: asigna un porcentaje del ancho de banda disponible.
 - **Priority Queuing (PQ)**: establece prioridad en las colas.
 - **Weight Fair Queuing (WFQ)**: prioriza el tráfico de menor carga.
 - **DiffServ**: establece decisiones de rutas por paquete.
 - **Random Early Discard (RED)**: control de congestión basado en descarte de paquetes de forma aleatoria.
- La implantación de IPv6 que proporciona mayor espacio de direccionamiento y la posibilidad de tunneling.

Otra tecnología que está evolucionando rápidamente es Wi-Fi (Wireless Fidelity). La misma permite la comunicación de los distintos hosts de una red con una velocidad de hasta 108 Mbps en un medio inalámbrico. La comunicación entre los distintos hosts se realiza mediante ondas de RF a una frecuencia de 2,4 GHz o 5 GHz. Estas dos bandas de frecuencia son no licenciadas, lo que significa que no se debe pagar ningún permiso por utilizar la

misma. Sin embargo el usuario de esta frecuencia no está protegido por ninguna normativa.

Los MAP cumplen la función de realizar la acometida a los usuarios mediante la tecnología WLAN y conectar la red de distribución inalámbrica a Internet. Esta conexión se realiza a través de los servidores de acceso.

Los repetidores cumplen la función de extender el rango de cobertura del sistema. Estos son idénticos a los MAPs, con la única diferencia de que no poseen servidores de acceso con una conexión a Internet. El repetidor dirige todo su tráfico a Internet a través del MAP. Conectándose con este último a una velocidad de 11 Mbps

Los servidores de acceso se utilizan para realizar la autenticación y el accounting de los usuarios de los servicios de Internet (exceptuando H.323) a través de un portal cautivo. Además, los mismos cumplen la función de NAT (Network Address Translator).

Se coloca un servidor de acceso por cada MAP que existe en el sistema, de manera que cada servidor maneje una cantidad de usuarios adecuada y no se sature por tener que procesar los parámetros de demasiados usuarios.

Los puntos finales de la red son los Nodos fijos, semi fijos. El primero de ellos permite que el usuario acceda a los servicios del sistema desde distintas ubicaciones. El segundo cumple la misma función que el primero, pero a diferencia de este no puede ser trasladado de su lugar de fijación. Estos nodos se encargan de brindar telefonía e Internet de banda ancha a los usuarios.

Una definición general de Voz sobre IP (también conocida como telefonía IP) es la posibilidad de transportar conversaciones telefónicas en paquetes IP. Cuando hablamos de de “VoIP”, nos referiremos a “la telefonía en Internet” en el sentido más amplio de la extensión. El termino VoIP no se refiere a ninguno de los mecanismos concretos que existen para llevar las señales de voz de un sitio a otro en la red. Existen docenas de tecnologías que te permiten hablar por la red. Las alternativas tecnológicas de VoIP se

pueden dividirse de una manera sencilla en dos grandes grupos: tecnologías cerradas – propietarias y sistemas abiertos. En el primer grupo de tecnologías nos encontramos con el conocido Skype o el ya legendario Cisco Skinny (SCCP). En el segundo grupo de tecnologías nos encontramos con los estándares abiertos basados en SIP, H.323, o IAX.

H.323 es un protocolo desarrollado por la UIT que cobró cierta fama porque era el más usado por los grandes operadores en sus redes troncales. SIP ha incrementado su popularidad cuando las tecnologías de VoIP se han hecho más presentes en el “bucle local.” Últimamente hemos presenciado el nacimiento y el fuerte crecimiento de una nueva alternativa conocida como IAX. IAX2 (por ser su segunda versión) está fuertemente influido por el modelo comunitario de desarrollo abierto y tiene la ventaja de haber aprendido de los errores de sus predecesores. IAX2 resuelve muchos de los problemas y limitaciones de H.323 y SIP. Aunque IAX2 no es un estándar en el sentido más oficial de la palabra (RFC), no solo se tiene el gran reconocimiento de la comunidad si no todos los pre – requisitos para convertirse en el remplazo de SIP.

Una de las características esenciales de todos los protocolos tradicionales de voz sobre IP es el derroche de ancho de banda. En exceso de bits en la red es debido a la necesidad de enviar información adicional en cada una de las cabeceras de los paquetes IP. Este problema tiene especial importancia en regiones en desarrollo donde el acceso a ancho de banda es limitado y los costes de conexión a Internet pueden llegar a ser hasta 100 veces mayor que en Europa o Norteamérica.

Para tener una idea del gasto adicional de ancho de banda necesario para el envío de voz sobre Internet podemos citar como ejemplo que un audio comprimido de 5.6 Kbit/seg necesita hasta de 18 Kbit/seg. La diferencia entre los 5.6 y los 18 Kbits/seg son esos bits en las cabeceras de los paquetes. Las cabeceras son toda esa información adicional que es necesaria para encaminar correctamente cada uno de los paquetes de voz al receptor. Una de las ventajas de IAX2 es que ha sido capaz de agrupar los paquetes de distintas conversaciones, que van en una misma dirección en la red, en un solo. Al ser capaz de agregar a múltiples paquetes de distintas conversaciones dentro de uno solo, el exceso de

información introducido por las cabeceras se reduce en cada una de las conversaciones.

3.2 Conceptos

Vamos a resumir los conceptos principales de VoIP. Entender cada uno de los conceptos nos va a ser muy útil cuando configuremos cualquier tipo de programa relacionado con telefonía IP. Aunque VoIP es un área enorme de conocimientos, he seleccionado cuidadosamente un número de conceptos esenciales.

3.2.1 PSTN – RTB

PSTN es la Red Pública Telefónica Conmutada (Public Switched Telephone Network) “la red de redes telefónicas” o más conocida como “la red telefónica”. En español la PSTN es conocida como la Red Pública Conmutada (RTC) o red telefónica básica (RTB). De la misma forma que Internet es la red global IP, la RTB es la amalgama de todas las redes conmutadas de teléfono. Una diferencia muy importante entre la RTB e Internet es la noción del “flujo de información”. En telefonía los flujos de información son cada una de las llamadas o conversaciones mientras que en Internet es cada uno de los paquetes de datos. Desde el punto de vista conceptual RTB e Internet son muy diferentes y representan dos mundos y filosofías casi antagónicas. Si una conversación se efectúa en una RTB se tiene que reservar un canal (circuito) dedicado de 64 Kbps, pero en Internet la misma conversación puede coexistir con otros servicios de manera simultánea. Aunque esta diferencia puede parecer irrelevante a primera vista, tiene grandes implicaciones de cara a la implementación de las tecnologías de la información tanto en regiones desarrolladas como en desarrollo. El modelo tradicional un “canal de cobre” proporciona acceso a la RTB y ofrece un solo tipo de servicio: un canal analógico. Si ese mismo cable se usa para conectarse a una red conmutada de paquetes como Internet, se puede implementar cualquier tipo de servicio basado en el protocolo IP.

La RTB ha estado históricamente gobernada por estándares creados por la UIT, mientras que en Internet es gobernada por los estándares de IETF. Ambas redes, la RTB e Internet usan direcciones para encaminar sus flujos de información. En la primera se usan números telefónicos para conmutar llamadas en las centrales telefónicas, en Internet se usan direcciones IP para conmutar paquetes entre los enrutadores (routers).

3.2.2 Señalización en telefonía tradicional

Las centrales telefónicas son los “routers” de la RTB. Un Foreign Exchange Office (FXO) es cualquier dispositivo que, desde el punto de vista de la central telefónica, actúa como un teléfono tradicional. Un FXO debe ser capaz de aceptar señales de llamada o ring, ponerse en estado de colgado o descolgado, y enviar y recibir señales de voz. Asume que un FXO es como un “teléfono” o cualquier otro dispositivo que suena (como máquina de fax o módem).

Un Foreign Exchange Station (FXS) es lo que está situado al otro lado de una línea telefónica tradicional (la estación). Un FXS envía el tono de marcado, la señal de llamada que hace sonar los teléfonos y los alimenta. En líneas analógicas, un FXS alimenta al FXO. El FXS utiliza alrededor de 48 voltios DC para alimentar al teléfono durante la conversación y hasta 80 voltios AC (20 Hz) cuando genera el tono de llamada (ring).

Una PBX que integra periféricos FXO y FXS pueden conectarse a la RTB e incorporar teléfonos analógicos. Las líneas telefónicas que vienen del operador se tienen que conectar a una interfaz FXO. Los teléfonos se deben conectar a las interfaces FXS de la central telefónica.

Dos reglas importantes son:

1. Un FXS debe estar conectado a un FXO (como una línea telefónica debe estar conectada a un teléfono) o viceversa.
2. Un FXS suministra energía (elemento activo) a un teléfono FXO (elemento

pasivo)

3.2.3 Señalización analógica

Cada vez que usamos una línea telefónica se intercambian un conjunto de “señales”. Las señales sirven para ofrecer información del estado de la llamada al usuario. Algunas de esas señales son el tono de marcado o el tono de la línea ocupada. Estas señales se transmiten entre el FXS y el FXO haciendo uso de un protocolo conocido como “señalización”.

Por desgracia existen muchas maneras de generar este tipo de señales. Cada uno de los mecanismos es conocido como “método de señalización”. Los métodos de señalización son diferentes de un lugar a otro, así que debemos conocer de antemano el método de señalización que se usa en nuestras líneas telefónicas. Dos de los métodos de señalización más conocidos son el “loop start” y el “ground start”. Señalización entre centrales telefónicas

SS7 es un grupo de estándares desarrollados originalmente por la AT&T y la UIT, que entre otras cosas, se encarga de la gestión del establecimiento de llamadas y de encaminamiento entre centrales telefónicas en la RTB. Una cosa muy importante que se debe de entender es que en la red telefónica tradicional, la voz y las señales auxiliares están claramente separadas. Esto significa que existe un “circuito” dedicado a voz y otro circuito independiente para el intercambio de las señales encargadas del establecimiento de las llamadas. Esta información “adicional” necesaria en cada llamada se intercambia usando un protocolo conocido como SS7.

El hecho de que la voz y la señalización están separadas significa que los flujos de información pueden tomar caminos físicos totalmente diferentes. Imaginemos que las “conversaciones” pueden viajar por un cable mientras que los números de teléfono de los comunicantes se envían por otro.

Señalización en la telefonía IP

Por herencia histórica, la señalización en voz sobre IP sigue unos principios muy parecidos a la señalización en RTB. Las señales y las conversaciones están claramente diferenciadas. Vamos a ver dos protocolos de VoIP SIP e IAX2

3.2.4 Transporte de medios (RTP/ RTCP)

RTP (Real Time Protocol) proporciona transporte de medios en H.323. De manera más específica, RTP permite la entrega de extremo a extremo en tiempo real de audio, video y datos interactivos sobre redes de unidifusión o multidifusión. Los servicios de empaquetamiento y transmisión incluyen la identificación de carga útil, la secuenciación, la marca de temporización y la monitorización.

RTP depende de otros mecanismos y de las capas bajas para asegurar la entrega a tiempo, la reserva de recursos, la fiabilidad y la QoS. RTCP monitoriza la entrega de datos y controla e identifica los servicios. El canal de medios se crea utilizando UDP, donde los flujos RTP actúan en un número de puerto par y el flujo RTCP (Real Time Control Protocol) correspondiente actúan en el siguiente número de puerto más alto (impar).

3.2.5 RTSP

RTSP (Real Time Streaming Protocol) es un protocolo de nivel de aplicación que define como debe llevarse a cabo el streaming. Se entiende por streaming la capacidad de distribución de contenido multimedia de manera que es posible visualizarlos mientras están siendo transmitidos.

3.3 Arquitectura

Para la transmisión de voz sobre una red IP, el estándar define tres elementos fundamentales en su estructura:

- **Terminales:** son los puntos finales de la comunicación y pueden ser implementados como:
 - **Hardware:** un teléfono IP es un terminal que tiene soporte VoIP nativo y puede conectarse directamente a una red IP
 - **Software:** un softphone es una aplicación audio ejecutable desde PC que se comunica con las PABX a través de la LAN. Para interactuar con el usuario se basa en la utilización de un micrófono y altavoz o mediante un teléfono USB.
- **Servidor:** provee el manejo y funciones administrativas para soportar el enrutamiento de llamadas a través de la red. Este servidor puede adoptar diferentes nombres dependiendo del protocolo de señalización utilizado. Así en un sistema basado en el protocolo H.323, el servidor es conocido como *Gatekeeper*; en un sistema SIP, **servidor SIP**; y en un sistema basado en MGCP o MEGACO, **Call Agent** (Agente de llamadas). El servidor es un elemento opcional, normalmente implementado en software, y en caso de existir, todas las comunicaciones pasarían por él.
- **Gateways:** enlace de la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI. Se encarga de adaptar las señales de estas redes a VoIP y viceversa, actuando de forma totalmente transparente para el usuario. El Gateway posee, además de puertos LAN, interfaces de conexión a estas redes: FXO, FXS, E&M, BRI, PRI, G703/G.704.
- **Red IP:** provee conectividad entre todos los terminales. La red IP puede ser una red IP privada, una Intranet o Internet.

Los distintos elementos pueden residir en plataformas físicas separadas o bien pueden

convivir varios elementos en la misma plataforma. De este modo es bastante habitual encontrar juntos servidor y gateway.

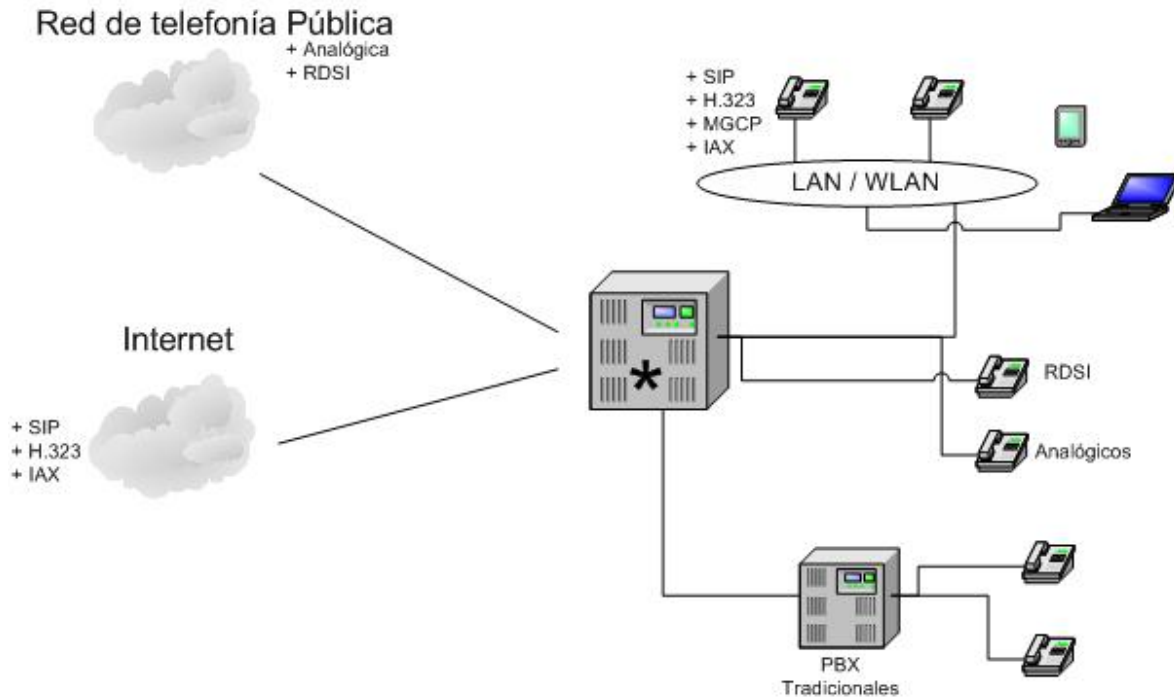


Fig. 3.2 Estructura de una red VoIP

3.4 Codificadores de audio.

La señal de audio ha de ser digitalizada, comprimida y codificada antes de ser transmitida por la red IP. Para ello se utilizan algoritmos matemáticos implementados en software llamados códecs (acrónimo de codificador-descodificador aunque actualmente se le atribuye también las funciones de compresor-descompresor). Existen diferentes modelos de códecs de audio utilizados en VoIP, y dependiendo del algoritmo escogido en la transmisión, variará la calidad de la voz, el ancho de banda necesario y la carga computacional. El objetivo principal de esta tecnología es encontrar un equilibrio entre eficiencia y calidad de la voz. Aunque el sistema auditivo humano es capaz de captar las

frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 kHz, la gran mayoría de códecs procesan aquella información dentro de la banda de 400 Hz – 3,5 kHz [15] ya que a la hora de reconstruir la señal, esta sigue siendo inteligible. A continuación se enumeran y describen, entre otros, los códecs más utilizados en VoIP:

- **G.711:** principal códec de la PSTN estandarizado por la ITU (*International Telecommunication Union*) en 1972. Este estándar muestrea a una frecuencia de 8 kHz y utiliza PCM (*Pulse Code Modulation*) para comprimir, descomprimir, codificar y decodificar. Existen dos modelos:
 - **μ-law:** codifica cada 14 muestras en palabras de 8 bits. Usado en EE.UU. y Japón.
 - **A-law:** codifica cada 13 muestras en palabras de 8 bits. Usado en el resto del mundo, incluido Europa.

Al entregar ambas palabras de 8 bits se requiere un ancho de banda de 64 kbps. G.711 es un algoritmo más simple y de menor carga computacional y es la base del resto de estándares.

- **G.726:** este estándar de la ITU, también conocido como ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*), sustituyó al obsoleto estándar G.721 en 1990. Permite trabajar a velocidades de 16 kbps, 24 kbps y 32 kbps. La gran ventaja de este códec es la disminución de ancho de banda requerido sin aumentar en gran medida la carga computacional.
- **G.723.1:** este algoritmo, estandarizado en 1995 por la ITU, puede operar a 6.3 kbps o 5.3 kbps. Si es utilizado en una aplicación comercial es necesario pagar una licencia.
- **G.729A:** códec desarrollado por *France Telecom, Mitsubishi Electric Corporation, Nippon Telegraph and Telephone Corporation* (NTT) y la Universidad de Sherbrooke. Requiere 8 kbps de ancho de banda. La carga computacional de este algoritmo es elevada y también es necesaria una licencia para su uso comercial. Actualmente la propiedad intelectual es de la empresa SIPRO.
- **GSM (*Global System Mobile*):** estándar que opera a 13 kbps con una carga de CPU

aceptable. No requiere el pago de una licencia.

- **iLBC (*Internet Low Bit rate Codec*):** complejo algoritmo libre desarrollado por *Global IP Sound (GIPS)* que ofrece una buena relación ancho de banda – calidad de voz, a cambio de una mayor carga computacional. Es definido en los RFCs 3951 y 3952 de la IETF (*Internet Engineering Task Force*). Y ser el códec usado por *Skype* o *Google Talk* su uso no ha sido extendido en teléfonos IP. iLBC opera a 13.3 kbps y 15.2 kbps.
- **Speex:** software libre creado por *Xiph.Org Foundation* que implementa un algoritmo capaz de variar la velocidad de transmisión dependiendo de las condiciones actuales de la red (VBR: *Variable Bit Rate*). El ancho de banda puede variar desde 2.15 a 22.4 kbps.
- **MP3 (*Moving Picture Experts Group Audio Layer 3 Encoding Standard*):** Es un códec de audio que está optimizado para música y no para telefonía. Este popular códec de la ISO (*International Standard Organization*) es utilizado por los teléfonos IP principalmente para ofrecer servicios de música en espera.

Tabla 3.1 Resumen comparativo de los distintos códecs utilizados en VoIP

Códec	Estandarizado Por	Ancho de banda [kbps]	Retardo [ms]	Patente
G.711	ITU-T	64	20-30	No
G.726	ITU-T	16, 24, 32	20-30	No
G.723.1	ITU-T	6.3, 5.3	37.5	Si
G.729A	SIPRO	8	15	Si
GSM	GSM group	13	20	No
iLBC	IETF	13.3, 15.2	20-30	No
Speex	<i>Xiph.Org Found.</i>	2.15-22.4	30	No

3.5 Estándares abiertos código libre

No podemos hablar de la libertad de construir una propia red telefónica sin la existencia de los estándares abiertos y el código libre. Los estándares abiertos permiten que cualquiera pueda implementar un sistema con garantías de interoperabilidad. Gracias a esa interoperabilidad de nuestro diseño no solo podemos crear nuestra red telefónica sino que, además, podemos conectarla a la red telefónica global. Con el código libre podemos aprender de experiencias parecidas, integrar sus soluciones y compartir nuestros propios resultados con los demás.

Una de las primeras preguntas que merece una respuesta es: ¿Por qué debemos crear nuestra propia infraestructura de voz sobre IP y no seguir usando servicios gratuitos como Skype?

Y es una respuesta fácil de contestar: sostenibilidad y flexibilidad. Los servicios gratuitos te pueden solucionar una necesidad a corto plazo pero nunca garantizar tu independencia o el control de tu propio proceso de aprendizaje y desarrollo. No se trata de una cuestión puramente técnica. El problema no es decidir cuál es la mejor de las tecnologías si no cual es la que permite que las comunidades sean dueñas de su propio desarrollo y que puedan adaptarla a sus propias necesidades.

Es muy difícil imaginar un desarrollo sostenible sin transferencia de conocimiento y re apropiamiento tecnológico. Una solución basada en estándares abiertos y código libre no es solo una buena solución desde un punto de vista puramente técnico sino que además permite la posibilidad de adaptación para mejorarse a la realidad local.

Para ser conscientes de la importancia de los estándares abiertos quizás sea bueno empezar presentando una definición de “estándar”. Un estándar es un conjunto de reglas, condiciones o requerimientos que describen materiales, productos, sistemas, servicios o practicas. En telefonía, los estándares garantizan que todas las centrales de la telefonía sean capaces de operar entre sí. Sin ese conjunto de reglas comunes un sistema de telefonía de

una región sería incapaz de intercambiar llamadas con otro que esté, tan solo, unos kilómetros más allá. Aunque muchos de los estándares de la telefonía son públicos, los sistemas siempre han estado bajo el control de un grupo muy limitado de fabricantes. Los grandes fabricantes de sistemas de telefonía son los únicos capaces de negociar contratos a nivel regional o incluso nacional. Esta es la razón que puede explicar porque es muy común encontrar siempre el mismo tipo de equipos a lo largo de un mismo país.

Los equipos de telefonía tradicionales, además, tienen la particularidad de haber sido diseñados para realizar un conjunto de tareas muy concretas. Normalmente, son equipos informáticos con aplicaciones muy específicas. Aunque las reglas que gobiernan la telefonía (estándares) son relativamente abiertas, no es el caso de los equipos informáticos que los implementan. Al contrario de los estándares, el funcionamiento interno siempre se mantiene en secreto.

Dentro de la telefonía los estándares abiertos son un ingrediente necesario, pero lo que realmente ha permitido esta nueva revolución ha sido la posibilidad de poder emular la funcionalidad de los sistemas de telefonía tradicionales con un programa funcionando en un ordenador personal. Todos los elementos necesarios están a nuestro alcance: Tenemos acceso a los programas y a los equipos que permiten el intercambio de conversaciones telefónicas. Tenemos una red abierta y pública para intercambiar estas llamadas (Internet) Tenemos la posibilidad de modificar cada uno de los elementos para adaptarlos a nuestras propias necesidades.

3.6 Protocolos de señalización

La señalización en VoIP tiene un papel muy importante en la red, ya que es la encargada de establecer, mantener, administrar y finalizar una conversación entre dos puntos. Además de ofrecer funciones de supervisión, marcado, llamada y retorno de tonos de progreso; también se encarga de proveer QoS en cada canal de transmisión. En los siguientes apartados se

describe alguno de los protocolos más importantes utilizados en VoIP.

3.6.1 H.323

H.323 es una familia de estándares desarrollado por la ITU en 1996 con el objetivo de ofrecer un mecanismo de transporte para servicios multimedia sobre redes que no garantizan QoS, aunque su uso se ha extendido sobretodo al uso sobre redes IP. Pese a que inicialmente fue definido como un protocolo de videoconferencia, rápidamente ha ido evolucionando para cubrir todas las necesidades de la VoIP. De hecho el protocolo VoIP generaliza los conceptos introducidos por H.323. Además especifica aspectos basados en el sistema de señalización número 7 (SS7) para la interconexión con la PSTN.

Se trata de una recomendación bastante cerrada donde se define los códecs a utilizar, tanto en audio como en video, y los protocolos de transporte de la información. De hecho fue el primer estándar en adoptar como medio de transporte el protocolo RTP, siendo capaz de aplicar algoritmos de encriptación de la información, evitando de esta manera añadir elementos de seguridad adicionales a los requeridos para la conexión a Internet.

Pese a que técnicamente es un protocolo potente y maduro, el interés por parte de los usuarios y empresas actualmente ha disminuido debido principalmente a su complejidad y a ciertas ineficiencias detectadas en conferencias entre un número elevado de terminales.

3.6.2 SIP

SIP (*Session Initial Protocol*) es un protocolo desarrollado por el IETF en 1999 para el control de llamadas multimedia y la implementación de servicios telefónicos avanzados.

SIP está basado en HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) adoptando las características más importantes de este estándar como son la sencillez de su sintaxis y una estructura

cliente/servidor basada en un modelo petición/respuesta. Otra de las ventajas de SIP es su sistema de direccionamiento. Las direcciones SIP tienen una estructura parecida a la de un correo electrónico dotando a sus clientes de una alta movilidad facilitando una posible integración en comunicaciones móviles. Cabe destacar que aunque originalmente SIP tenía como objetivo la simplicidad, en su estado actual se ha vuelto tan complejo como H.323.

El protocolo SIP, desarrollado por el IETF, es responsable de establecer las llamadas y del resto de funciones de señalización. Cuando hablamos de señalización en el contexto de llamadas de voz, estamos hablando de la indicación de la línea ocupada, los tonos de llamada o que alguien ha contestado al otro lado de la línea.

SIP hace 3 cosas importantes:

1. Encargarse de la autenticación.
2. Encargarse de la calidad de una llamada telefónica.
3. Encargarse de las direcciones IP y puertos que se van a utilizar para enviar y recibir las “conversaciones de voz”.

Pero el gran potencial de SIP reside en su flexibilidad ya que ofrece la posibilidad de programar nuevos servicios no definidos por la propia recomendación. Entornos de programación como CGI (*Common Gateway Interface*) o sencillos lenguajes de programación como CPL (*Call Processing Language*) son alguna de las herramientas para la implementación de servicios sin que conlleve a un peligro para la integridad del sistema. Esta es la característica principal por la que SIP actualmente goza de un mayor éxito que H.323.

Los clientes SIP llamados *peers* o *user agents* usan el puerto 5060 en TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*) para conectar con los servidores SIP. SIP es usado simplemente para iniciar y terminar llamadas de voz y video. Todas las comunicaciones de voz/video van sobre RTP.

3.6.3 MGCP-MEGACO

Media Gateway Control Protocol (MGCP) es otro estándar de señalización para VoIP desarrollado por la IETF. MGCP está basado en un modelo maestro/esclavo donde el *Call Agent* (servidor) es el encargado de controlar al gateway. De esta forma se consigue separar la señalización de la transmisión de la información, simplificando la integración con el protocolo SS7.

Esta importante ventaja propició la colaboración conjunta entre el IETF y la ITU para el desarrollo de una nueva especificación basada en MGCP que fuera complementaria a SIP y H.323. El resultado fue MEGACO aunque la ITU se refiere a este protocolo como H.248. En definitiva, SIP y H.323 se utiliza para la señalización en los extremos, mientras que MEGACO es óptimo para los grandes operadores de telefonía.

3.6.4 IAX

Inter-Asterisk eXchange protocol (IAX) fue desarrollado por *Digium* para la comunicación entre centrales telefónicas basadas en *Asterisk* aunque actualmente se ha implementado clientes que también soportan este protocolo.

El principal objetivo de IAX es minimizar el ancho de banda utilizado en la transmisión de voz y vídeo a través de la red IP y proveer un soporte nativo para ser transparente a los NATs (*Network Address Translation*). La estructura básica de IAX se fundamenta en la multiplexación de la señalización y del flujo de datos sobre un simple puerto UDP, generalmente el 4569.

El protocolo original ha quedado obsoleto en favor de su segunda versión conocida como IAX2. Se caracteriza por ser robusto y simple en comparación con otros protocolos. Permite manejar una gran cantidad de *códecs* y transportar cualquier tipo de datos.

Capítulo 4. Diseño e Implementación

Uno de los objetivos del presente proyecto es la implementación de una central telefónica privada. *Asterisk* es la solución más económica y flexible que permite construir una IPBX en una computadora convencional. Antes de iniciar la instalación y configuración del software es imprescindible describir el escenario de pruebas que definirá las especificaciones de dicha IPBX.

4.1 Escenario y especificaciones

El diseño de una central telefónica depende directamente del tipo de servicio que se quiere ofrecer. Las dimensiones de una IPBX funcionando como *Call Center* para poder comunicarse con el personal docente del campus y otros campus con menor tráfico de voz. El objetivo principal que se quiere conseguir a la hora de montar la central telefónica es familiarizarse, analizar el potencial y entender el funcionamiento de *Asterisk*.

La Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla situada en Av. San Claudio y 14 Sur Puebla, México. Consta de 4 Edificios, el Edificio 135, 136, 140 y 187.

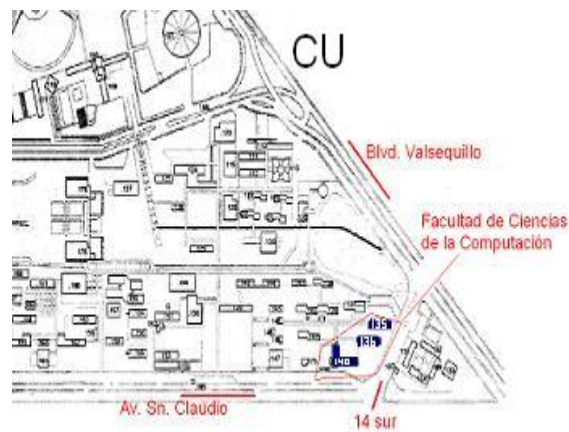


Fig. 4.1 Mapa de Ubicación



Fig. 4.2 Edificio 135 y 136



Fig. 4.3 Edificio 140 y 187.

La computadora destinada a realizar las funciones de central telefónica tiene 2 procesadores Athlon 1800+ a 1533 Mhz, 1024 MB de RAM, una tarjeta madre ASUS disco duro de 250 GB y una Tarjeta DIGIUM TDM 400P con dos canales simultáneos. Cabe destacar que el procedimiento correcto es realizar un análisis del tráfico esperado antes de diseñar una central telefónica permanente.

Se ha decidido trabajar con la plataforma *Linux*, además dispone de una tarjeta ethernet de 100 Mbps para conectarse a la LAN de la escuela a través de un switch para poder comunicarse con otros dispositivos VoIP e Internet.

Se tiene además un teléfono analógico, un YIP adapter A112 con 1 puerto LAN, 1 puerto para PC y 1 puerto FXS (puerto regular para teléfono RJ11) y varias computadoras conectadas a la red de datos de la BUAP con sistema operativo *Microsoft Windows XP* que actuarán como terminal VoIP al instalarles *X-Lite*, un softphone SIP gratuito de la

compañía *CounterPath* disponible para sistemas *Windows*, *Mac* y *Linux*.

Una barrera a tener en cuenta son las limitaciones con las que se cuentan. En el laboratorio se dispone de una sola línea telefónica que da acceso al exterior a través de la central telefónica de la BUAP. El hecho de estar conectado a una extensión de otra central telefónica no supone ningún inconveniente ya que el punto de acceso se comporta de la misma forma que si se conectara a la red PSTN directamente. El único aspecto a tener en cuenta a la hora de configurar *Asterisk* es que esta segunda central telefónica obliga a marcar el dígito 9 antes del número de teléfono del destino para indicarle que se quiere hacer una conexión con el exterior. Además no existe ningún acceso a una red RDSI por lo que la configuración de *Asterisk* para este tipo de servicios se pospone para futuros estudios.

Esto implica tener un único acceso analógico que limita el servicio a mantener una única conversación activa hacia el exterior.

Para conectar esta IPBX a la PSTN, al teléfono y al fax contamos con la tarjeta Digium TDM400P que tiene dos puertos FXS y dos puestos FXO.

La central telefónica a implementar no únicamente ha de establecer y mantener cada una de las posibles comunicaciones de voz en la que puedan intervenir alguna de sus extensiones, sino que ha de ser capaz de ofrecer servicios de valor añadido. Los servicios que se han implementado, entre los muchos que integran a *Asterisk*, son voicemail, MOH, operadora virtual, conferencias, tres a la vez, llamada en espera y desvío de llamada.

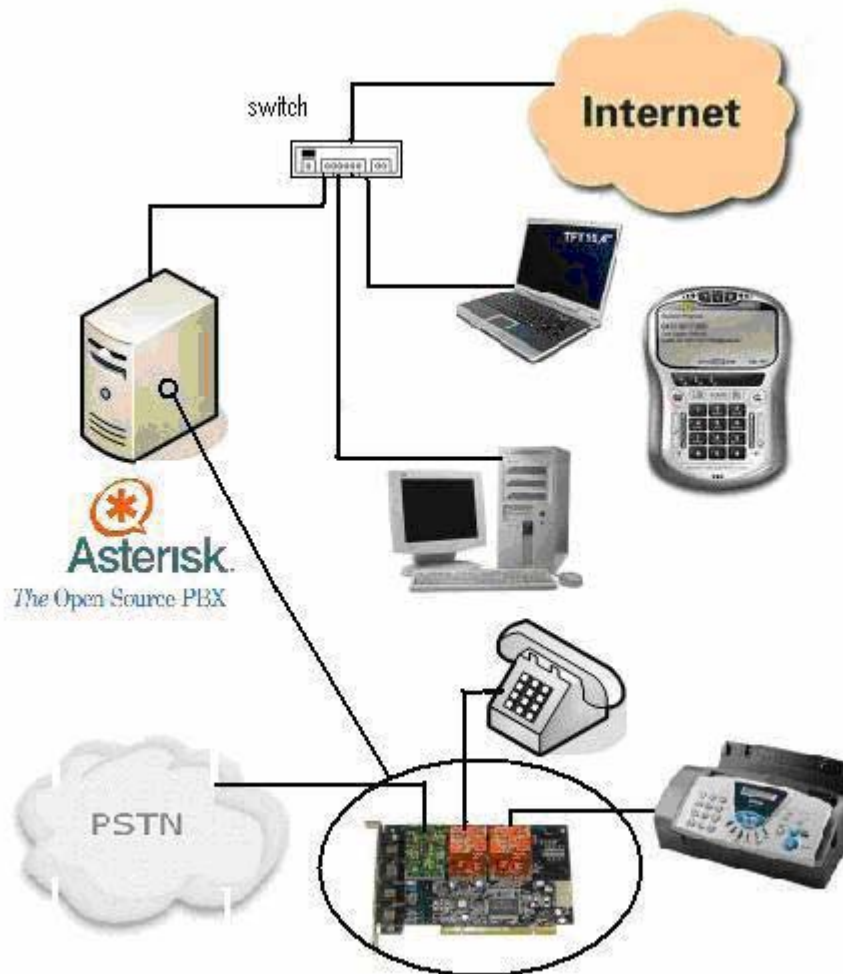


Fig. 4.4 Escenario a implementar

4.2 Configuración clientes SIP

Como ya se ha comentado en el anterior apartado se utilizan dos clientes SIP implementados a partir del *softphone X-Lite*. Una vez descargado e instalado en los dos ordenadores que actuarán de clientes es necesario introducir en cada softphone la localización del SIP Proxy, es decir, la dirección IP de la centralita, así como el nombre de usuario y clave para poder registrarse en ella. Se utilizará el puerto 5060, definido por las especificaciones del protocolo SIP.



Fig. 4.5 X-Lite. Softphone SIP

El utilizar este cliente SIP con *Asterisk* requiere que se transmitan paquetes aunque haya silencio, lo que implica desaprovechar una parte del ancho de banda. Es necesario activar esta opción en el *X-Lite* (configuración del audio).

4.3 Implementación de la PBX

Asterisk utiliza tres paquetes principales: el programa principal (*asterisk*), los controladores del hardware (*zaptel*) y la librería para puertos primarios (*libpri*). Para implementar una red puramente VoIP basta con instalar el paquete *asterisk*, pero en este caso necesitaremos también instalar el driver *zaptel* para configurar la tarjeta TDM400P. Por otra parte, también se instalará *libpri*, aunque no sea necesario ya que no disponemos de tarjetas RDSI con puertos primarios, es recomendable instalarlo.

4.3.1 Instalación TDM400P

Antes de poder conectar la tarjeta analógica al bus PCI previamente se han de instalar los drivers en la computadora dedicada a realizar las funciones de IPBX. Este controlador es proporcionado por *zaptel* por lo que las siguientes líneas se dedicarán a detallar su proceso de complicación e instalación.

4.3.1.1 Zaptel

El módulo *zaptel* es una interfaz transparente de comunicación entre el hardware y *Asterisk*. Este paquete permite a *Asterisk* poder modificar la configuración de los drivers de cada una de las tarjetas instaladas.

Zaptel consta de un archivo principal de compilación (*Makefile*). Este archivo indica al compilador *GCC* qué, cómo y dónde compilar. El archivo por defecto no crea *ztdummy*, por lo que si se requiere de este módulo para que actúe de temporizador es necesario modificar en el *Makefile* la siguiente línea:

```
MODULES=zaptel tor2 torisa wcusb wcfxo wctdm \  
ztdynamic ztd-eth wct1xxp wct4xxp wctel1xp # ztdummy
```

Para cargar *ztdummy* basta con eliminar el comentario (etiqueta #) y guardar los cambios. Para nosotros no ha sido necesario modificar el *Makefile* ya que la tarjeta TDM400P hará las funciones de temporizador.

Otro aspecto a tener en cuenta son las frecuencias y protocolos utilizados en la PSTN. La red analógica de cada país tiene características diferentes, por eso es necesario indicarle a *zaptel* la zona donde va a trabajar. Este parámetro es introducido en la siguiente línea del archivo *zconfig.h*:

```
#define DEFAULT_TONE_ZONE 0
```

El código relativo a cada país viene definido en el fichero *zonedata.c* y el valor por defecto (0) se refiere a la red norteamericana. En este caso no se ha modificado esta zona.

4.3.1.2 Instalación drivers

Antes de ejecutar *Asterisk* es imprescindible cargar primero los drivers correspondientes a la TDM400P. Toda la familia de tarjetas *WildCard TDM* requieren el módulo *wctdm* para operar. Este controlador junto a otros módulos para diferentes tipos de hardware de telefonía forman el paquete *zaptel*. Antes de cargar el módulo, previamente se ha de configurar el fichero */etc/zaptel.conf* para adaptar el módulo al modelo TDM400P.

Los tres parámetros de configuración más importantes en *zaptel.conf* son:

- El tipo de señal que utiliza cada canal de la tarjeta. De esta manera se consigue identificar cada canal para que sea accesible desde otras aplicaciones, en este caso, desde *Asterisk*. Las interfaces no se configuran según el tipo de puerto sino en función del tipo de señal que usan. Así, un puerto FXS interpreta señales FXO y un puerto FXO utiliza señales FXS.
- El tipo de protocolo utilizado por estas señales.
 - **Loopstart (ls):** señalización usada por prácticamente todas las líneas analógicas telefónicas.
 - **Kewlstart (ks):** esta señalización está basada en *loopstart*, pero amplía el protocolo permitiendo al receptor invertir la polaridad de la línea telefónica para detectar el colgado del receptor. *Asterisk* es prácticamente la única PBX que soporta esta característica compatible con la mayoría de terminales.
 - **Groundstart (gs):** señalización poco extendida utilizada por algunas centralitas comerciales.

- La zona donde trabajará la centralita, de manera que utilice los mismos tonos que la red PSTN a la que está conectada.

Se ha configurado *zaptel.conf* (ver manual de instalación y configuración) de manera que se han definido 2 puertos FXS, en los canales 1 y 2, y 2 puertos FXO en el canal 3 y 4. Los puertos donde se conectará el teléfono y la red PSTN utilizarán señalización *kewlstart*.

Una vez configurado *zaptel.conf*, el sistema está listo para cargar el driver de la TDM400P.

```
shell> modprobe wctdm
```

Una vez cargados los drivers, se puede apagar el ordenador e instalar la tarjeta analógica en un puerto PCI. También será necesario alimentarla a la fuente de alimentación para poder generar los timbres al teléfono. Llegado a este punto es preciso comprobar el buen funcionamiento del hardware mediante dos aplicaciones incluidas en *zaptel*.

- **ztcfg**: verifica que cada canal haya sido configurado correctamente. Si se mostrara un mensaje de error de configuración, el proceso correcto es parar la ejecución del driver (comando *rmod*), localizar y modificar el error en *zaptel.conf*, volver a cargar el driver y comprobar de nuevo la correcta configuración del hardware.

```
shell>/sbin/ztcfg -vv
```

```
Zaptel Configuration
```

```
Channel map:
```

```
Channel 01: FXO Kewlstart (Default) (Slaves: 01)
```

```
Channel 02: FXO Loopstart (Default) (Slaves: 02)
```

```
Channel 04: FXS Kewlstart (Default) (Slaves: 04)
```

```
3 channels configured.
```

- **zttool**: herramienta que diagnostica el estado de cada tarjeta instalada en el sistema

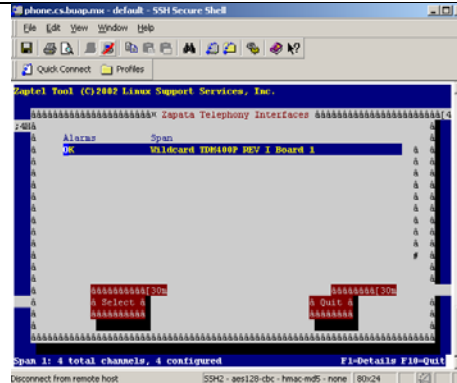


Fig. 3.3 Estado de la TDM21B (software *zttool*)

4.3.2 Asterisk

Una vez verificada la instalación del hardware, el sistema está listo para integrar el paquete *Asterisk*. Una vez compilado este módulo se ha de configurar la IPBX de tal manera que cumpla los requisitos expuestos en la descripción del escenario.

Para instalar y adaptar el comportamiento de la central telefónica a las características del escenario es necesario instalar y configurar adecuadamente *Asterisk*. Cada módulo que forma *Asterisk* requiere de la utilización de un archivo de configuración que le aporte la información necesaria para poder funcionar. No es necesario configurar todos los archivos de configuración sino sólo aquellos requeridos por el escenario anteriormente predefinido. Todos estos ficheros se encuentran en el directorio `/etc/asterisk`. La instalación de *Asterisk* y configuración de cada uno de los ficheros de configuración se encuentran detallados en el ANEXO A donde se anexa un manual de Manual de instalación y configuración.

Pruebas y Ejemplos.

Pruebas de comunicación.

Después de haber instalado y configurado Asterisk, nos dedicamos a hacer varios tipos de pruebas, las cuales nos ayudaron a poder establecer la comunicación en nuestro campus.

Cabe aclarar que al principio solo contamos con una línea telefónica para las pruebas.

La primera prueba que se realizó, fue de un softphone, a una salida analógica de nuestra tarjeta TDM400P. Para esta prueba se creó el primer usuario de extensión 600 y 601, donde el usuario de extensión 600 tenía una salida analógica en el puerto 1, y nuestro usuario 601 era un usuario por protocolo SIP, se establece la comunicación sin ningún problema.

Extension:
Name:
Password:
E-mail:
Caller ID:
Analog Phone:
Dial Plan:

Advanced

Extension:
Name:
Password:
E-mail:
Caller ID:
Analog Phone:
Dial Plan:

Advanced

Después de esta prueba se creía que Asterisk y nuestra tarjeta, nos daban una multiplexación de línea telefónica, y así en una sola línea telefónica se podían hacer más de

una llamada, se hicieron las pruebas necesarias y nos dimos cuenta que Asterisk y la tarjeta solo manejan 1 llamada por línea, pero varias llamadas por el protocolo SIP al mismo tiempo, ya que con una línea telefónica pudimos hablar de un softphone a el teléfono analógico y del softphone a una línea exterior de nuestro campus.

Después de esto se configuró un PBX adicional, a la salidas de nuestro Asterisk, con el cual se tenía en mente que se iban a hacer la multiplexación de las llamadas de igual forma para tener mas líneas salientes, pero también nos dimos cuenta que este solo conmuta las llamadas dependiendo de sus líneas entrantes y era caer en el mismo error de las líneas analógicas tradicionales y el objetivo principal es trasladar a la comunicación VoIP y no seguir con la PSTN normal.

Una prueba mas que logramos hacer fue, de un edificio a otro, que esta prueba era muy importante ya que uno de los objetivos principales de este proyecto es la comunicación de todos nuestros edificios, sin líneas telefónicas, utilizando nuestra red, logrado este objetivo, se hizo desde la biblioteca edificio 187 planta alta, al edificio 135, laboratorio donde se encuentra nuestro Asterisk, esta prueba se genera por el protocolo SIP y desde ese día hasta la fecha se encuentra comunicada nuestra biblioteca, donde nos podemos comunicar con el responsable de esta y estos mismos se han podido comunicar con otros campus.

A partir de esas pruebas, se generan otras pruebas más desde otros edificios, del edificio 136 al edificio 135, y del edificio 136 al edificio 187, ya sabiendo de antemano que las pruebas han sido un éxito, se generan dos pruebas mas, la primera es comunicar el campus de Acatzingo, con el Campus Puebla, resultando un éxito y la segunda, pero hasta la fecha sin respuesta es la integración de nuestro PBX con el Call Manager de la Universidad, instalado en el SIU. De esta ultimo se hablo con dicho departamento, ellos enterándose de nuestro proyecto y se esta esperando su respuesta para ver si se puede integrar o no.

Estas pruebas de comunicación se hicieron de dos formas, la primera es entre las mismas extensiones de nuestro PBX, las extensiones SIP, y una analógica, y con las extensiones de toda la universidad también.

Hoy en día se cuentan con dos líneas telefónicas, se hizo el directorio telefónico del personal académico de nuestro campus, dividiéndolo de la siguiente manera, la división esta hecha por edificio, donde genera el nuercero de marcado de 3 dígitos para no chocar con las extensiones existentes en la PBX de la Universidad, donde las extensiones de los números 100 en adelante serán para el personal académico que sus cubículos estén ubicados en el edificio 135, las extensiones de los números 200 en adelante están designados para los profesores que sus cubículos estén ubicados en el edificio 135 las extensiones con los números 300 en adelante son para los profesores ubicados en el edificio 187, las extensiones con los números 400 en adelante son para los profesores ubicados en el edificio 141, las extensiones 500 en adelante son las extensiones designadas para el campus de Acatzingo y las extensiones 700 serán para las personas de la misma universidad, que están como invitados en diferentes puntos de la universidad.

Se ha modificado la página nuestro campus, en la cual se ha añadido un directorio local, donde se especifica la extensión telefónica de VoIP del personal de dicho campus, así como los laboratorios que ya se encuentran comunicados y el campus de Acatzingo.

Se han hecho pruebas donde el personal académico que cuentan con clave, estos tendrán salida a llamadas locales, se han hecho dos llamadas locales al mismo tiempo funcionando muy bien, ya se probó una conferencia entre 4 softphones, se ha probado también el menú de bienvenida, que se grabó este y se ha editado y dejado personalizado, la trasferencia de llamadas y el buzón de voz.

Se intento comunicarse mediante nuestros concentradores inalámbricos teniendo problemas con nuestra salida, ya que el Nat, nos proporciona una IP privada y este no nos deja conectar a nuestro servidor, para esta solución, se probó con switch inalámbricos que hacen la misma función de un concentrador, pero en inalámbrico, proporcionándonos IP's de la Universidad y así, poder lograr la comunicación inalámbrica. Se ha logrado la comunicación de todo el campus a través de nuestro servidor de VoIP, teniendo resultados favorables solo con dos líneas telefónicas que nos dan la salida a nuestra PSTN, un adaptador telefónico YIP, y el resto con softphones.

Conclusiones

Se han alcanzado los objetivos marcados y definidos en la introducción del presente proyecto:

- Se ha implementado una central telefónica capaz de ofrecer servicios de telefonía y fax tanto a extensiones analógicas como VoIP basadas en el protocolo SIP. Todas las extensiones conectadas a este gateway, independientemente de la tecnología utilizada, pueden comunicarse entre sí de forma totalmente gratuita o bien con el exterior. El enlace al exterior, en este caso, se realiza a través de la PSTN.
- El diseño de la IPBX se ha basado en la utilización de herramientas GNU con la consecuente reducción de costos. Gracias a las licenciasGPL de *Linux* y *Asterisk* es posible introducir en el mercado una solución con las mismas características que las actuales centrales telefónicas de grandes marcas comerciales a un precio más económico.
- La centralita no únicamente se encarga de establecer la conexión entre las distintas terminales, sino que se han configurado de manera que pueda ofrecer servicios de valor añadido tales como música en espera, desvío de llamada, voicemail u operadora virtual.
- Además de estos servicios se ha logrado la comunicación con el campus Acatzingo, teniendo la comunicación como una llamada sin costo alguno, y así poder estar comunicados a toda hora con ellos, y con los otros edificios de nuestro campus, que no contaban con líneas telefónicas, y así no utilizar mas o esperar a la instalación de las líneas telefónicas para cada profesor o encargado de laboratorio.
- El proyecto diseñado no supone ninguna repercusión medioambiental excluyendo la energía eléctrica consumida por el servidor.

Asterisk es por tanto una solución software para centrales telefónicas IP, flexible y ante todo económica y potente, pudiendo llegar a simular perfectamente las características más

avanzadas y complejas de las mejores centrales telefónicas comerciales. Serían necesarios varios proyectos dedicados exclusivamente al estudio de *Asterisk* para alcanzar todo este potencial por lo que una de las futuras líneas de investigación consistiría en una mayor profundización en *Asterisk*. Algunas de estas posibles vías podrían basarse en una mayor inversión para conseguir un incremento del tamaño del escenario de manera que se pudiera simular las características de un *Call Center*. Para ello es necesario disponer de varios puntos de acceso al exterior. También es posible añadir el resto de servicios de valor añadido integrados en *Asterisk* como puede ser la gestión del sistema de colas muy importante en un *Call Center*.

Gracias al protocolo VoIP es posible tratar la voz como simples datos lo que facilita la creación de nuevos servicios de valor añadido. Por su parte, *Asterisk* aporta varias interfaces que le dotan de una mayor flexibilidad. Estas interfaces permiten al programador incorporar aplicaciones diseñadas en diferentes lenguajes de programación capaces de comunicarse con la centralita.

En definitiva, la aparición de la VoIP ha permitido al negocio de la voz encontrar una nueva forma de expandirse ya que hasta ahora todas las grandes inversiones referentes a este mercado se realizaban para el sector de la telefonía móvil. Si bien esta expansión no está tanto en encontrar el protocolo más efectivo sino en el desarrollo de innovadores servicios de valor añadido.

Trabajo a Futuro

Ya terminado el proyecto se le muestra este proyecto al director de la facultad, el cual nos pide que se elabore un informe, para que él dé a conocer que nuestro campus cuenta ya con la comunicación VoIP, así mismo se hace un estudio de con cuántas líneas telefónicas son necesarias para tener la mejor comunicación en todo nuestro campus, y se llega al número de 6 a 7 líneas para distribuir todo el tráfico de voz, con esto, se va a migrar nuestro servidor a tener un nuevo equipo más sofisticado, y así poder contar no solo con nuestra tarjeta digium TDM400P, si no también con una tarjeta digium TDM800P con 8 puertos FXO, para lograr la comunicación adecuada de nuestro campus

A continuación se muestra el cálculo de las líneas telefónicas y el equipo con el cual se integrará nuestro nueva PBX en VoIP.

Tomando en cuenta que tenemos un tráfico de 160 llamadas en 2 horas con una duración de 180 segundos y haremos el cálculo para el 1, 3 y 5 % de que el sistema este ocupado o exista pérdida de llamadas entrantes y se determina el número de troncales que se deben interconectar con el sistema de la red pública.

$$\text{En la hora pico } \lambda_{OF} = 160 \frac{\text{llamadas}}{2\text{horas}}$$

$$\text{Duración promedio de las llamadas } \frac{1}{\mu} = 180 \frac{\text{seg}}{\text{llamada}}$$

La probabilidad de encontrar el sistema ocupado utilizamos Erlang B, ya que es un sistema de pérdida o bloqueo.

Trafico ofrecido

$$A_{OF} = \lambda_{OF} * \frac{1}{\mu} = 160 \frac{\text{llamada}}{\text{hora}} * 180 \frac{\text{seg}}{\text{llam}} * 2 \frac{\text{hora}}{3600\text{seg}}$$

$$A_{OF} = 4\text{Erlang}$$

En la tabla Erlang B

N	P					
	.003	.005	.01	.02	.03	.05
1	.003	.005	.011	.021	.031	.053
2	.081	.106	.153	.224	.282	.382
3	.289	.349	.456	.603	.716	.9
4	.602	.702	.87	1.093	1.259	1.525
5	.995	1.132	1.361	1.658	1.876	2.219
6	1.447	1.622	1.909	2.276	2.543	2.961
7	1.947	2.158	2.501	2.936	3.25	3.738
8	2.484	2.73	3.128	3.627	3.987	4.543
9	3.053	3.333	3.783	4.345	4.748	5.371
10	3.648	3.961	4.462	5.084	5.53	6.216
11	4.267	4.611	5.16	5.842	6.328	7.077
12	4.904	5.279	5.876	6.615	7.141	7.95
13	5.559	5.964	6.608	7.402	7.967	8.835
14	6.229	6.664	7.352	8.201	8.804	9.73
15	6.913	7.376	8.108	9.01	9.65	10.63

Con el tráfico de 4 Erlangs y una probabilidad de 0.01 se necesitan de **9 a 10** troncales, con una probabilidad de 0.03 se necesitan de **8 a 9** troncales y con una probabilidad de 0.05 se necesitan de **7 a 8** troncales.

Se genera un informe de este proyecto al director del campus, para que se de enterado por el nuevo sistema de comunicación con el que cuenta este campus.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asterisk | The Open Source PBX. <http://www.asterisk.org/>
- [2] Asterisk-ES. <http://www.asterisk.org/>
- [3] Van Meggelen J., Smith J., Madsen L.; “Asterisk. The Future of Telephony”. Ed. O’Reilly (2005).
- [4] FTP oficial para la descarga de Asterisk, zaptel, libpri y un paquete de sonidos extras en inglés. <ftp://ftp.digium.com>.
- [5] The VoIP Wiki. <http://www.voip-info.org/wiki/>
- [6] PMBX. Keys Corners: <http://www.keyscorner.com/archives/PBX.jpg>
- [7] PABX Alcatel Ovni PCX Enterprise. CIT Forum:
http://citforum.ru/nets/hard/ip_stations/
- [8] Asterisk Architecture. Digium – The Asterisk Telephony Company:
<http://www.digium.com/en/asteriskbusinesses/applications/>
- [9] Rojano E. Introducción a la VoIP con Linux – Asterisk. Segundas jornadas técnicas de Linux en Málaga. (2006) http://jornadas.linuxmalaga.org/material1/VoIP_con_Asterisk.pdf
- [10] Familia de tarjetas analógicas Digium TDM2400P. Avanzada 7 - Distribuidor oficial en España de Digium: http://www.avanzada7.com/eshop/product_info.php?cPath=22_26&products_id=94
- [11] VoIP una puerta hacia la convergencia (2004). Recursos sobre Telefonía IP en Castellano: http://www.voip-es.com/index.php?option=com_content&task=view&id=3&Itemid=61
- [12] Blackman J.P.; Introduction to VoIP Technologies (2005). PC Mechanic Store: <http://www.pcmec.com/show/network/770/>
- [13] Doherty S.; The Survivor's Guide to 2004: Converged Voice, Video and Data (2003). Network Computing: <http://www.networkcomputing.com/showitem.jhtml?articleID=17000077&pgno=7>
- [14] Rosario Villarreal M.A., Herrera Vega F.; El estándar VoIP. Redes y servicios de banda ancha. (2006). Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos33/estandar-voip/estandar-voip2.shtml>
- [15] Speech Encoding. Wikipedia The Free Encyclopedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Speech_encoding

[16] Telefónica., “Las telecomunicaciones de nueva generación” Cap. 7 La capa de control. Páginas 153-162. Acceso web en la URL

http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacionesng/capitulos/07_la_capa_de_control.pdf

[17] Descarga del softphone SIP X-lite. CounterPath: <http://www.xten.com/>

[18] Venta de tarjetas analógicas Openvox A400P21. MicroAlcarria

http://www.microalcarria.com/productos/listar_productos.php?familia=voip&clase=tarj_vi&subclase=t_fxs_fxo

[19] Venta de tarjetas analógicas Sangoma A20101. VoIPlink

http://www.voiplink.com/Sangoma_A20101_p/sangoma-a20101.htm

[20] Paquete de sonidos Asterisk en castellano - Capa Tres Soluciones

Tecnológicas S.L: <http://www.capatres.com/>

[21] José Molina Vizcaíno, Implementación de Servicios VoIP sobre Asterisk, Septiembre 2006

[22] Asterisk: The Future of Telephony ISBN 9780596009625 (0596009623), O’Reilly, 2005

[23] Building Telephony Systems with Asterisk ISBN 9781904811152 (1904811159), Packt Publishing, 2005

[24] Tenenbaum Andrew S. Redes de Computadoras Pearson Education 1997

[25] Internet Communications Using SIP: Delivering VoIP and Multimedia Services with Session Initiation Protocol, John Wiley & Sons, 2006

[26] Artículo : Homemade VoIP Network Over Wi-Fi Routers
url:<http://tech.slashdot.org/article.pl?sid=08/05/13/1225259&from=rss>

Anexo A

Manual de configuración e instalación de Asterisk

Instalación de Asterisk

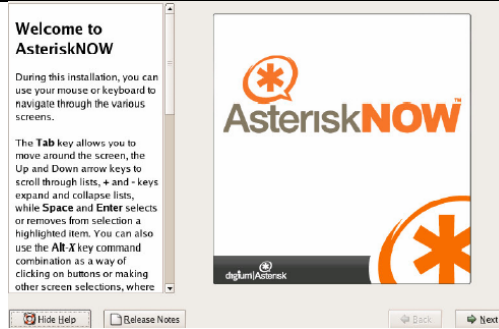
Lo primero que debemos hacer es obtener una versión de Asterisk Now, se puede descargar de <http://www.asterisknow.org/>, que es software desarrollado por Digium, se trata de una distribución de Linux especialmente adaptada para hacer funcionar Asterisk en cuestión de minutos ya que viene con todos los requerimientos y dependencias de software preconfigurados y permite la administración y mantenimiento del servidor de una manera realmente sencilla.

Cuando se descargue de la Web es una imagen ISO, que solo nos hace falta de una unidad de CD-ROM para quemar dicha imagen.

Cuando arrancamos la máquina, con el CD introducido no saldrá una primera pantalla



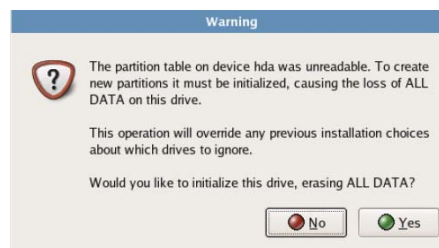
Donde pulsaremos enter para hacer la instalación en modo gráfico. Nos saldrá una pantalla dándonos la bienvenida a la instalación.



Deberemos pulsar el botón Next. Nos saldrá la siguiente pantalla, donde seleccionaremos la opción de Express installation y pulsamos Next.



La siguiente pantalla puede variar. Si en el disco donde deseamos realizar la instalación de Asterisk Now, existe la instalación de un Windows, nos saldrá un mensaje indicando que se borrarán todos los datos. Donde deberemos pulsar yes.



Ahora empezará el proceso de partición automático. Donde dependiendo de nuestro caso deberemos seleccionar la primera o segunda opción, y pulsar next.



Por defecto se crea un usuario que se llama ADMIN, donde en la siguiente pantalla nos solicita la contraseña. Este será el administrador de la parte del asterisk, pero también existe el usuario ROOT que es el administrador de todo. Y pulsamos next.



Antes de comenzar la instalación, nos muestra una pantalla que nos indica procesos que se llevan a cabo en la instalación. Pulsamos next.



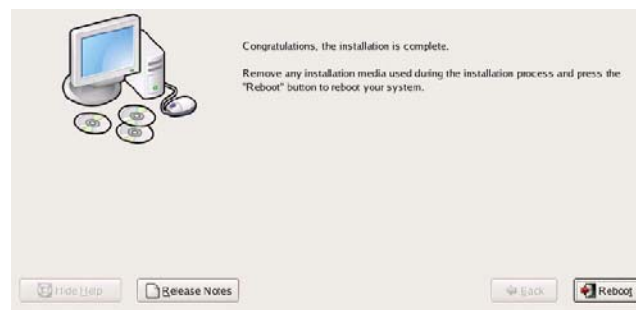
Antes de realizar la instalación, se debe realizar el formateo del sistema.



Luego comienza el proceso de instalación, que nos saldrán las siguientes pantallas.

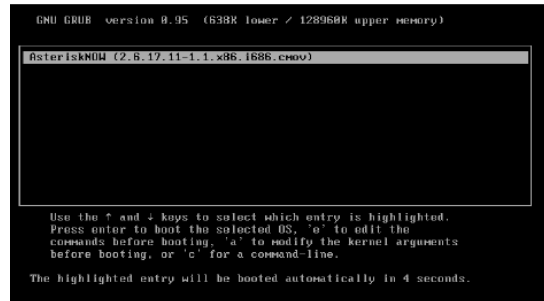


Una vez finalizada la instalación, nos solicitará el reinicio

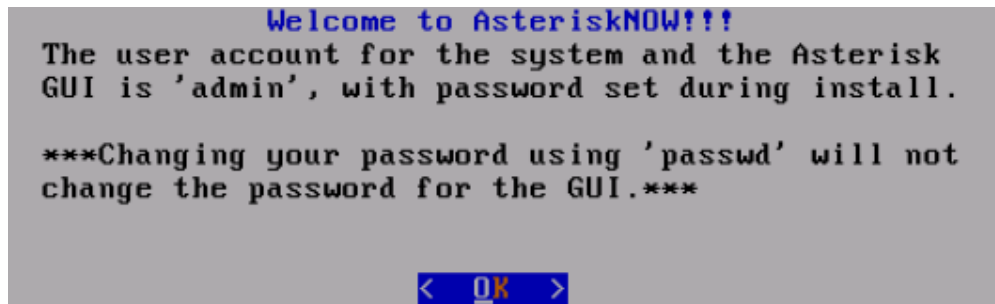


Primer arranque de Asterisk Now

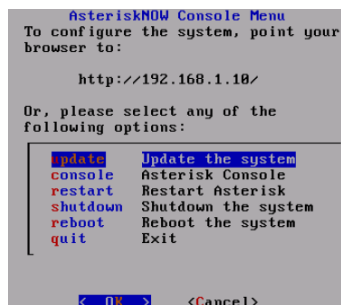
Una vez finalizada la instalación, se ha reiniciado el PC, donde nos mostrará una pantalla que nos solicitará el núcleo de arranque. En un principio solo habrá uno.



La pantalla siguiente nos saldrá en el primer arranque de Asterisk Now, donde nos indica que existe un usuario llamado admin., y que su contraseña la hemos introducido durante el proceso de instalación.



Por ultimo, la PC se quedara con la consola de Asterisk Now. Donde si deseamos podemos actualizar el sistema. El proceso de actualización será de varios minutos.

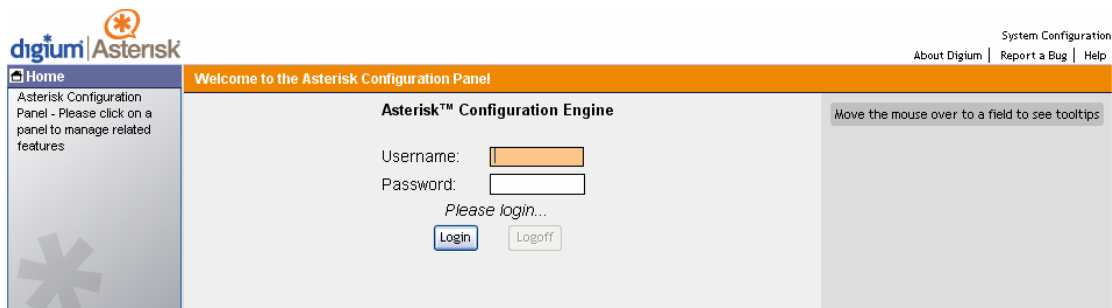


Administración de Asterisk a través de un navegador

Debemos tener un ordenador, con un navegador Web de preferencia FireFox Mozilla ya que Internet Explorer marca un error de certificado, donde introducimos la IP del servidor Asterisk en nuestro caso es el *148.228.22.228* y nuestro dominio es *phone.cs.buap.mx* donde cada vez, se nos solicitará si deseamos obtener un certificado para conectarnos. Esto provoca que todo lo que se transmita entre los dos PC sea de forma encriptada.



Lo siguiente que nos solicita es que introduzcamos el usuario ADMIN con su correspondiente contraseña.



La primera vez que entremos en el sistema Asterisk, se nos abrirá un asistente, que consisten en siete puntos. Donde se configuran los parámetros del funcionamiento.

Instalar sonidos de Asterisk en español.

Para añadir los archivos de audio traducidos al español basta con descomprimir el archivo *asterisk-sonidos-es-0.4.tar.gz* en el directorio de sonidos de Asterisk

(/var/lib/asterisk/sounds).

```
shell> cd /var/lib/asterisk/sounds
shell> tar zxvf /usr/src/asterisk-sonidos-es-0.4.tar.gz
shell> ln -s /var/lib/asterisk/sounds/digits/es /var/lib/asterisk/sounds/es/digits
```

Esto conllevará a la creación de la carpeta “*es*” que contendrá los archivos en español. El enlace simbólico es necesario a fin que los sonidos se escuchen correctamente en determinadas aplicaciones. De esta forma se obtiene un sistema bilingüe capaz de ofrecer servicios en inglés o español. Para que *Asterisk* utilice estos sonidos sólo es necesario añadir en sus scripts de configuración la orden:

```
language=es
```

Configuración

Asterisk funciona sin la necesidad de hardware alguno para la conectividad con la PSTN, siendo esta la gran ventaja para este proyecto que esta basado en la Voz sobre IP, el software nos entrega la conectividad en tiempo real para redes VoIP y solo contamos con una tarjeta de red.

Asterisk es mucho mas que una PBX normal y se puede hacer telefonía de nuevas formas. Puede conectar empleados trabajando en casa hacia la PBX en la oficina mediante una conexión de banda ancha, conecta oficinas mediante varias alternativas de VoIP, Internet o una red privada virtual, entrega voicemail, integrada con una Web y algún mail, puede construir aplicaciones interactivas de voz y mucho más. Además incluye cualidades que sólo se encuentran en productos top de la mensajería unificada.

Para poder hacer todo esto, *Asterisk* funciona mediante canales. Estos canales son drivers para distintos tipos de conexiones para protocolos de VoIP como SIP, IAX, MGCP y H.323.

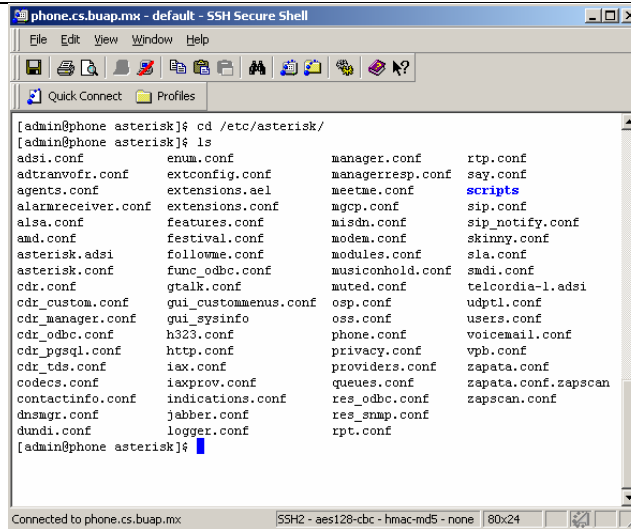
Teléfonos y Softphones conectan a un canal, estos se registran para dar a conocer que están en línea. Los canales también registran conexiones salientes a otro servidor VoIP, mediante SIP nos podemos conectar a la red Free World Dialup o a proveedores SIP como Nufone, Vonage o Siphone.

En el este proyecto usamos protocolo SIP, que es muy parecido a HTTP o a SMTP. El mensaje consiste en una cabecera (header) y un cuerpo. Es un protocolo basado en texto que usa la codificación UTF- 8 y el puerto 5060 para conexiones TCP y UDP, y ofrece todas las gamas de posibilidades de la telefonía moderna. Dado que es un protocolo muy flexible es posible agregar funciones y aumentar la operabilidad.

La configuración de Asterisk es como aprender a programar, son eventos que van sucediendo, y que se tienen que ir organizando paso a paso, para que la PBX sepa que hacer.

Los directorios creados por Asterisk durante su instalación son:

- ***/etc/asterisk:*** contiene los archivos de configuración de *Asterisk*.
- ***/usr/lib/asterisk/modules:*** contiene los módulos ejecutables por *Asterisk* como aplicaciones, códecs o formatos.
- ***/var/lib/asterisk:*** contiene diferentes servicios como la base de datos *Berkeley* o algunos archivos MP3 para la reproducción de música en espera.
- ***/var/spool/asterisk:*** más servicios de valor añadido. Por ejemplo, el buzón de voz usa este directorio para almacenar los mensajes.
- ***/var/run:*** contiene toda la información del proceso activo de *Asterisk*.
- ***/var/log/asterisk:*** directorio donde *Asterisk* registra la información.



```
phone.cs.buap.mx - default - SSH Secure Shell
File Edit View Window Help
Quick Connect Profiles
[admin@phone asterisk]$ cd /etc/asterisk/
[admin@phone asterisk]$ ls
adsi.conf          enuma.conf          manager.conf        rtp.conf
adtranvoivr.conf  extconfig.conf     managerreep.conf   say.conf
agents.conf       extensions.ael     meetme.conf        scripts
alarmreceiver.conf extensions.conf     mgcp.conf          sip.conf
alsa.conf         features.conf     misd.conf          sip_notify.conf
amd.conf          festival.conf     module.conf        skinny.conf
asterisk.adsi     followme.conf     musiconhold.conf   sla.conf
asterisk.conf     func_odbc.conf    muted.conf         telcordia-l.adsi
cdr.conf          gtalk.conf        osp.conf           udptl.conf
cdr_custom.conf  gui_custommenus.conf oss.conf           users.conf
cdr_manager.conf gui_sysinfo       phone.conf         voicemail.conf
cdr_odbc.conf    h323.conf         privacy.conf       vpb.conf
cdr_pgsql.conf   http.conf         providers.conf     zapata.conf
cdr_tds.conf     iax.conf          queues.conf        zapata.conf.zapscan
codecs.conf      iaxprov.conf     res_odbc.conf      zapscan.conf
contactinfo.conf indications.conf   res_snmp.conf
dnsmgr.conf      jabber.conf       rtp.conf
dundi.conf       logger.conf
```

Dialplan

El script `extensions.conf`, más conocido como `dialplan`, es el núcleo del sistema Asterisk. En él se indica cómo operar cada llamada que llega a la central telefónica. Este script se estructura en contextos, es decir, en diferentes secciones donde cada una trata un grupo de determinadas llamadas de una forma específica y diferente al resto. Cuando se configura un canal, ya sea analógico, digital o VoIP, uno de los parámetros a introducir es el contexto donde serán tratadas.

Para la PBX a implementar se han definido tres contextos:

- **local2:** Realiza llamadas al exterior de nuestra PBX interior de nuestra Universidad. Se pueden enviar las llamadas por el canal 3 y 4 de la tarjeta TDM400P (puertos FXO). Es necesario marcar antes el dígito 9 para contactar al exterior ya que está impuesto por la central telefónica de nuestro campus que hay detrás de Asterisk. Las reglas de marcado son, cuando uno marque 9 seguido de 4 dígitos se elimina el primer número dejando solo 4 dígitos de marcado y saldrán las llamadas por el puerto 3 ó 4 de nuestro servidor. Para utilizar esta salida basta con marcar el número 9 seguido directamente de la extensión. Por ejemplo, para hablar a la recepción de nuestro campus solo bastara con marcar 9 seguido de la extensión 7200.

- **Salidafcc:** Realiza llamadas locales, La opción será válida siempre que el teléfono empiece por 99. Para realizar una llamada local se pulsa 99 más 12 dígitos, los 7 primeros dígitos es el número local y los 5 últimos es la clave del profesor. Las reglas de marcado son, cuando uno marque 99 seguido de 12 dígitos, las llamadas se direccionan a los puertos 3 ó 4 de nuestro Asterisk, quitando los dos primeros dígitos marcados.
- **local:** trata todas las llamadas locales de la central telefónica, conecta a las diferentes extensiones También incluye el contexto outbound para permitir que contacten con el exterior. Las extensiones definidas para pruebas son:
 - 600: cliente SIP (usuario 1)
 - 602: cliente SIP (usuario 2)
 - 603: teléfono analógico (usuario 3)

La comunicación interna bajo el protocolo SIP, se crean las extensiones telefónicas en base a los edificios donde se encuentran ubicados los profesores. Extensiones 100 en adelante, es para los usuarios del edificio 135, extensiones 200 en adelante, es para los usuarios del edificio 136, extensiones 300 en adelante, es para los usuarios del edificio 187, extensiones 400 en adelante, es para los usuarios del edificio 141, extensiones 500 en adelante, es para los usuarios del campus de Acatzingo.

También es el encargado de ejecutar el buzón de voz y ejecutar la música en espera cuando la extensión está ocupada. Es necesario configurar el archivo voicemail.conf y musiconhold.com (ver apéndice manual de instalación y configuración). Marcando la extensión 850 se puede acceder al buzón de voz personal (voicemail.menu()).

- **Incoming:** Opera las llamadas procedentes del exterior, en este caso se ha implementado también un servicio de Voice Menús, todas estas llamadas serán recibidas por una operadora virtual, que es la que nos va a contestar automáticamente cuando del exterior se marque la extensión 7241 ó 7223. La aplicación Background() permite reproducir los diferentes sonidos instalados en español, e interactuar con el usuario interpretando los tonos generados al marcar el teclado del teléfono. De esta manera se puede recibir una llamada con un mensaje

de bienvenida y guiar al llamante para llegar a la persona con la que se quiere entrar en contacto. Una vez escogida la extensión se redirecciona la llamada mediante la función Goto().

Zapata Hardware

Aunque los drivers estén cargados, Asterisk no tiene constancia de la configuración del hardware. Asterisk se vale del archivo de configuración zapata.com para averiguar las características de la tarjeta instalada y controlar algunos de los parámetros y funcionalidades de sus canales. Al definir cada canal también es necesario asociarle un contexto. En este contexto indica Asterisk en que sección dentro del dialplan serán tratadas cualquier llamada procedente de dicho canal. El teléfono se asociará al contexto incoming mientras que el puerto 3 y 4 FXO a incoming para poder recibir las llamadas del exterior. La configuración de este archivo se puede observar en el manual de instalación y configuración.

SIP.

Asterisk ha de estar informado de que cliente SIP puede registrar. Para poder registrar a cada cliente es necesario que este se identifique con número de extensión y clave de acceso. Esta información ha de ser insertada en sip.conf así como otros aspectos como los códecs que puede utilizar, la dirección IP desde donde accede y el contexto donde se tratan las llamadas. En este archivo de configuración también se definen los proveedores de servicio de voz sobre Internet como VoIPBuster.

Se han definido aproximadamente 75 posibles usuarios SIP que corresponderán a los softphones instalados en los ordenadores de los profesores (clientes). La dirección IP específica del servidor se ha configurado como fija para que los clientes puedan ser registrados desde cualquier punto de la red de la Universidad. En cuanto a códecs, se ha encargado todos los soportados por el cliente SIP: las dos versiones de G.711, GSM, iLBC y Speex. Ambos pertenecerán al contexto internal del dialplan.

Voicemail

Voicemail es un servicio integrado en las centrales telefónicas que tiene un comportamiento similar al buzón de voz añadido que es capaz de avisar con un mensaje de correo electrónico a la persona encargada de la extensión. Esto es un claro ejemplo de nuevos servicios aparecidos gracias a la integración de la voz en la red de datos. Además permite adjuntar al e-mail un archivo de audio con el mensaje de voz dejado por el llamante. Existen diferentes opciones de formato para el fichero como WAVE, GSM ó G.723; pero no en MP3.

Para poder dar servicio Asterisk requiere que en la misma central telefónica se haya instalado un servidor de correo.

Una vez instalado el servidor de correo y creado el dominio phone.cs.wap.mx es necesario informarle a Asterisk las direcciones de correo donde puede enviar los diferentes mensajes. El archivo Voicemail.com es el encargado de controlar el sistema de buzón de voz de Asterisk (ver manual de instalación y configuración). Este archivo de configuración es el encargado de asociar a cada extensión un buzón de voz independiente, una dirección de correo electrónico y la clave de acceso para poder acceder al propio buzón desde la Terminal. Cada cuenta se ha creado con su respectivo Voicemail (uno para cada extensión de voz).

MOH

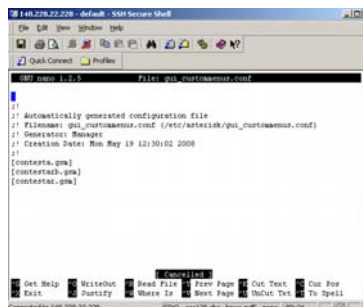
Gracias a la instalación de MP123, Asterisk es capaz de reproducir archivos MP3 y utilizarlos para ofrecer un servicio de música en espera. El archivo de configuración Musiconhold.conf (ver manual de instalación y configuración) es el encargado de transmitir a Asterisk la localización de los archivos y el modo de reproducción.

Para este caso se reproducirán de forma aleatoria los archivos MP3 incluidos en Asterisk instalados en el directorio por defecto: /var/lib/asterisk/mohmp3.

Operadora Virtual

Para nuestra operadora virtual, hicimos la grabacion de las voces, por aparte, la edicion de voz anexandoles musica y después la conversión, para que nuestro Asterisk aceptara los archivos, ya que las extensiones resultantes de las grabaciones de voz y la edicion de voz con musica, la edicion de voz y el anexo de musica se hizo con el programa Sony Vegas 7.0 en su version de prueba y este nos generó un archivo wav, Asterisk solo acepta para la operadora virtual, archivos gsm, pero en Linux convertimos el archivo de la siguiente manera:

en la línea de comando ponemos *sox foo.wav -r 8000 foo.gsm resample -ql* este comando nos convierte el archivo en extensión gsm y lo copiamos a la carpeta de los sonidos /var/lib/asterisk/sounds, después modificamos el archivo gui_custommenus.conf anexando al final los archivos copiados, para que asterisk los pueda reproducir.



Ejecución

Para ejecutar el servidor de Asterisk basta con introducir el siguiente comando en el shell:

```
Shell>asterisk Stara
```

```
Shel>asterisk-r
```

El Segundo comando permite acceder a la CLI de asterisk que permite administrar el sistema. Una vez activado, el sistema esta preparado para realizar las pruebas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento. Cualquier modificación requiere el reinicio de la aplicación.

Anexamos los archivos de configuración, mas utilizados para tener una idea de cual es el lenguaje que usa asterisk para lograr la comunicación.

asterisk.conf:

```
[directories]
astetcdir => /etc/asterisk
astmoddir => /usr/lib/asterisk/modules
astvarlibdir => /var/lib/asterisk
astdatadir => /var/lib/asterisk
astagidir => /var/lib/asterisk/agi-bin
astspooldir => /var/spool/asterisk
astrundir => /var/run
astlogdir => /var/log/asterisk
```

users.conf

```
callwaiting = yes
threewaycalling = yes
callwaitingcallerid = yes
transfer = yes
canpark = yes
cancallforward = yes
callreturn = yes
callgroup = 1
pickupgroup = 1
host = dynamic
localextenlength = 3
allow_aliasextns = no
```

```
[trunk_1]
secret = ljpgghap02
provider =
trunkstyle = customvoip
username = admin
trunkname = Custom - telefonialocal
callerid =
hasexten = no
hassip = yes
hasiax = no
registeriax = no
registersip = no
host = phone.cs.buap.mx
dialformat = ${EXTEN:1}
context = DID_trunk_1
```

```
group =  
insecure =  
fromuser =  
fromdomain =
```

```
[600]  
fullname = Hansel Alva  
secret = 2222  
email = hansel_98@hotmail.com  
cid_number = 0001  
zapchan =  
context = numberplan-custom-1  
hasvoicemail = yes  
hasdirectory = no  
hassip = yes  
hasiax = yes  
hasmanager = no  
callwaiting = yes  
threewaycalling = yes  
mailbox = 600  
hasagent = no  
group =  
host = dynamic  
registersip = yes  
registeriax = yes
```

```
[601]  
fullname = Gustavo Cossio  
secret = 3333  
email = x@hotmail.com  
cid_number = 0003  
zapchan =  
context = numberplan-custom-1  
hasvoicemail = yes  
hasdirectory = no  
hassip = yes  
hasiax = yes  
hasmanager = no  
callwaiting = yes  
threewaycalling = yes  
mailbox = 601  
hasagent = no  
group =  
host = dynamic  
registersip = yes  
registeriax = yes
```

```
[602]  
fullname = Usuario Prueba  
secret = 6666  
email = j@hotmail.com  
cid_number = 0003  
zapchan =  
context = numberplan-custom-1  
hasvoicemail = yes  
hasdirectory = no  
hassip = yes
```

```
hasiax = yes
hasmanager = no
callwaiting = yes
threewaycalling = yes
mailbox = 602
hasagent = no
group =
host = dynamic
registersip = yes
registeriax = yes

[603]
fullname = New User
secret = 4444
email = x@hotmail.com
cid_number = 0004
zapchan =
context = numberplan-custom-1
hasvoicemail = yes
hasdirectory = no
hassip = yes
hasiax = yes
hasmanager = no
callwaiting = yes
threewaycalling = yes
mailbox = 603
hasagent = no
group =
host = dynamic
registersip = yes
registeriax = yes

[trunk_2]
secret =
provider =
zapchan = 3,4
trunkstyle = analog
username =
trunkname = Ports 3,4
callerid = asreceived
hasexten = no
hassip = no
hasiax = no
registeriax =
registersip =
host = dynamic
dialformat =
context = DID_trunk_2
group = 2
insecure =
fromuser =

[604]
fullname = Biblio temporal
secret = 5555
email = xxxxxxxxxxxx@hotmail.com
cid_number = 0004
```

```
zapchan =  
context = numberplan-custom-1  
hasvoicemail = yes  
hasdirectory = no  
hassip = yes  
hasiax = yes  
hasmanager = no  
callwaiting = yes  
threewaycalling = yes  
mailbox = 604  
hasagent = no  
group =  
host = dynamic  
registersip = yes  
registeriax = yes
```

```
zapata.conf
```

```
signalling = fxo_ks  
channel => 1,2  
signalling = fxs_ks  
channel => 3,4
```

Anexo B

Configuración del Softphone

Para este manual, detallaremos la instalación y configuración de un Softphone, de la compañía <http://www.counterpath.com/>, donde existen dos versiones, X-Lite que es una versión gratuita y eyeBeam que es la versión de pago.

La instalación es como cualquiera de las aplicaciones de Windows, donde con siguiente y siguiente, se realiza.

Una vez instalado, debemos configurarlo para que se conecte a nuestro Asterisk, para ello, debemos pulsar botón derecho sobre el teléfono y seleccionar la opción de “SIP Account Settings”



Donde nos saldrá una ventana, donde deberemos seleccionar la opción de Add. Lo que provocara que se abra otra ventana, donde deberemos poner la configuración. Donde un ejemplo es el siguiente.

Properties of Account1

Account Voicemail Topology Presence Storage Security Advanced

User Details

Display Name: Alumno

User name: 7004

Password: ••••

Authorization user name: 7004

Domain: Ip del Servidor Asterisk

Domain Proxy

Register with domain and receive incoming calls

Send outbound via:

domain

proxy Address: _____

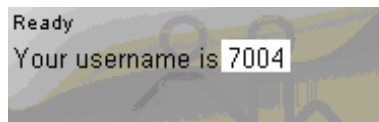
target domain

Dialing plan: #1|a|.T;match=1;prestrip=2;

Pasamos a detallar los valores de los campos:

- Display Name: Ponemos nuestro nombre.
- User Name: Debemos poner la extensión VoIP que nos ha asignado el administrador del Asterisk.
- Password: La contraseña asignada (profesores numero de trabajador)
- Authorization user name: Debemos poner el número de la extensión.
- Domain: La Ip del servidor que tiene instalado Asterisk en nuestro caso es ***phone.cs.buap.mx***

Si todo ha ido correcto, en la pantalla de Softphone nos saldrá la siguiente imagen:



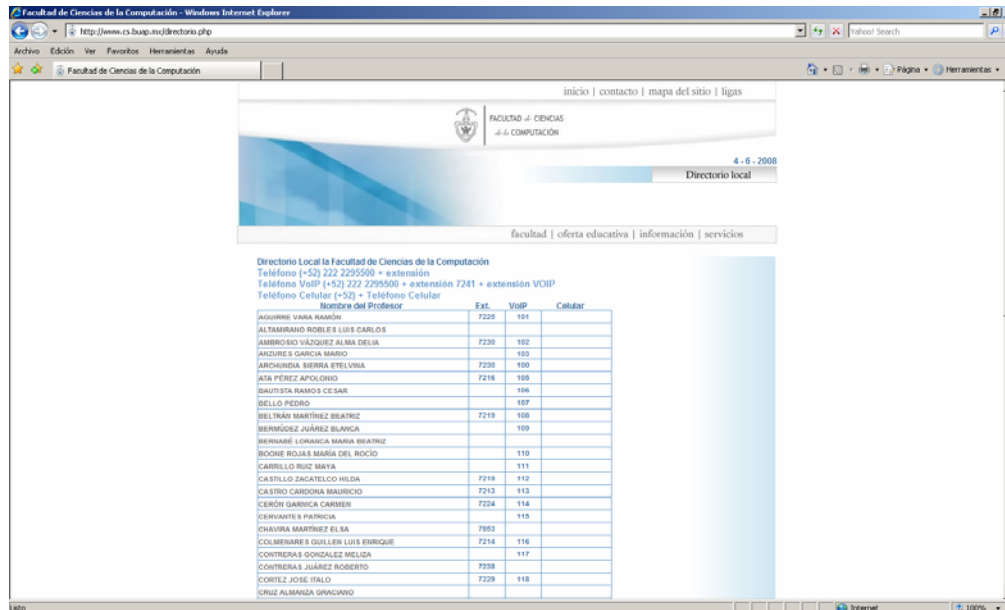
Si ha ido mal, saldrá el siguiente mensaje de error:

Registration error: 404 - Not found

Recuerden, se debe tener IP BUAP, para poder conectarlos a el servidor de VoIP.

Pantallas personal académico con extensiones VoIP

En la pagina de la facultad, ya se cuenta con el directorio de profesores con extensión VoIP como se muestra en la siguiente pantalla



inicio | contacto | mapa del sitio | ligas

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

4 - 6 - 2008

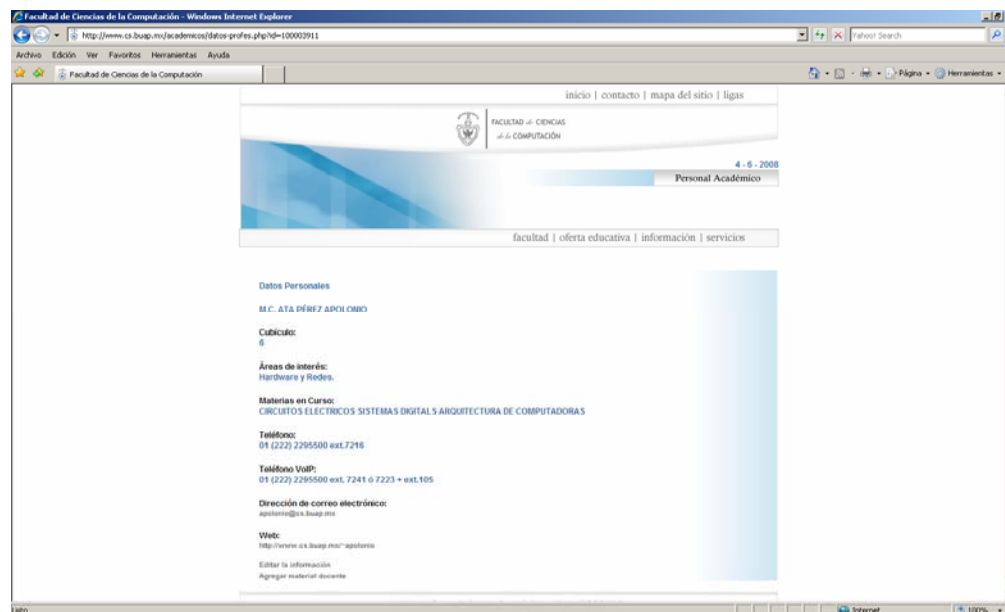
Directorio local

facultad | oferta educativa | información | servicios

Directorio Local la Facultad de Ciencias de la Computación
Teléfono (+52) 222 2295500 + extensión
Teléfono VoIP (+52) 222 2295500 + extensión 7241 + extensión VOIP
Teléfono Celular (+52) + Teléfono Celular

Nombre del Profesor	Ext.	VoIP	Celular
AGUIRRE VANA RAMÓN	7229	101	
ALMADRIBO ROBLE E LUIS CARLOS			
AMBROSIO VÁZQUEZ ALMA DELIA	7230	102	
ANZURES GARCIA MARIO		103	
ARCHUNDIA SIERRA ETELIVIA	7230	100	
ATA PÉREZ APOLONIO	7216	108	
BAUTISTA RAMOS CESAR		106	
BELLO PEDRO		107	
BELTRÁN MARTÍNEZ BEATRIZ	7219	108	
BERNIGÓNEZ JUÁREZ BLANCA		109	
BERNABÉ LONDRICA MARIA BEATRIZ			
BOONE ROJAS MARÍA DEL ROCÍO		110	
CARRILLO RUIZ MAYA		111	
CASTILLO ZACATELCO HILDA	7219	112	
CASTRO CÁRDONA MAURICIO	7243	113	
CERÓN GARCÍA CARMEN	7224	114	
CERVANTES PATRICIA		115	
CHAVIRA MARTÍNEZ ELBA	7863		
COLMENARES GUILLEN LUIS ENRIQUE	7214	116	
CORTIÑERAS GONZÁLEZ MELIDA		117	
CORTIÑERAS JUÁREZ ROBERTO	7238		
CORTÉZ JOSE ITALO	7229	118	
CRUZ ALMANZA GRACIANO			

Y a cada profesor en sus detalles se explica como marcarles para la extensión VoIP.



inicio | contacto | mapa del sitio | ligas

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

4 - 6 - 2008

Personal Académico

facultad | oferta educativa | información | servicios

Datos Personales
M.C. ATA PÉREZ APOLONIO

Cubicula:
6

Áreas de interés:
Hardware y Redes.

Materias en Curso:
CIRCUITOS ELÉCTRICOS-SISTEMAS DIGITALS ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS

Teléfono:
01 (222) 2295500 ext.7216

Teléfono VoIP:
01 (222) 2295500 ext. 7241 @ 7223 + ext.105

Dirección de correo electrónico:
apolonio@cs.buap.mx

Web:
<http://www.cs.buap.mx/~apolonio>

Editar la información
Agregar material docente