

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y
Electrónica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Propuesta de aplicación PBX en la OBE Provincial
de Cienfuegos y todas sus dependencias.

Autor: Denis Naranjo Chepius

Tutores: Ing. Segundo Durán Pérez

MSc. José Domínguez Hernández

Santa Clara, Noviembre, 2021
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y
Electrónica

TRABAJO DE DIPLOMA

Title: Propuesta de aplicación PBX en la OBE Provincial
de Cienfuegos y todas sus dependencias.

Author: Denis Naranjo Chepius

Thesis Director: Ing. Segundo Durán Pérez

M. Sc. José Domínguez Hernández

Santa Clara, Noviembre, 2021
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

**“Solamente el esfuerzo propio puede producir los beneficios
que muchos esperan por milagros.”**

J. A. Rosenkranz

DEDICATORIA

A mi mamá, mi papá y mi hermano por ser los pilares de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas que han tenido que ver, de una forma u otra, con la realización de este proyecto de tesis, desde los profesores que me han educado e inculcado sus conocimientos a lo largo de todos estos años de estudios, hasta mi familia y amigos más allegados.

TAREA TÉCNICA

1. Revisión bibliográfica para conocer el estado del arte de las PBX en el mundo y la fundamentación teórica de VoIP.
2. Estudiar las características y funciones que presenta el sistema Alcatel OXE 4400.
3. Realizar un análisis de la red existente en la Empresa Eléctrica Provincial de Cienfuegos y sus dependencias municipales.
4. Proponer una solución de implementación basada en el sistema Alcatel OXE 4400 para mejorar las prestaciones de la red telefónica de la Empresa Eléctrica en la provincia de Cienfuegos.
5. Confección del informe.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Este trabajo surge por la necesidad que presenta la Empresa Eléctrica Cienfuegos de tener un sistema que soporte la telefonía sobre IP y a la misma vez haga uso de la red telefónica tradicional existente. Para este fin se cuenta con el sistema Alcatel OXE 4400, el cual es un sistema PBX IP y compatible a la misma vez con la tecnología telefónica existente.

Es de esta necesidad que parte este trabajo de diploma que traza como objetivo principal realizar una propuesta de implementación del sistema Alcatel OXE 4400 para gestionar la red telefónica tradicional e integrarla con la red de datos, agregando la capacidad VoIP, para así enlazar la sede provincial de la empresa con sus dependencias municipales.

Como resultados relevantes de esta investigación se puede decir que este trabajo de diploma puede ser consultado para el manejo del sistema Alcatel OXE 4400 y se realiza una propuesta de red para la implementación del equipo en cuestión para lograr la conexión entre la OBE Provincial y sus dependencias.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TAREA TÉCNICA.....	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
Estructura del trabajo	2
CAPÍTULO 1. Estado del arte de los PBX y fundamentación teórica de VoIP.....	3
1.1 Revisión histórica.....	3
1.2 PSTN.....	4
1.2.1 Estructura de la PSTN.....	4
1.2.2 Señalización.....	5
1.2.3 Transmisión.....	6
1.2.4 Marcación.....	6
1.3 Centrales telefónicas PBX.....	6
1.3.1 Funcionamiento básico.....	7
1.3.2 Características de los PBX.....	8
1.3.3 Tipos de PBX.....	9
1.3.3.1 PBX analógico.....	9
1.3.3.2 PBX digital.....	9

1.3.3.3	PBX-IP.....	10
1.3.3.4	PBX híbrido.....	10
1.4	Redes de computadoras	11
1.4.1	Modelo de referencia OSI.....	11
1.4.1.1	Funciones de los niveles.....	12
1.4.2	Modelo TCP/IP.....	13
1.4.3	Protocolo IP.....	14
1.5	Voice over Internet Protocol (VoIP)	15
1.5.1	Aplicaciones y servicios de VoIP.....	15
1.5.2	Ventajas de VoIP.....	17
1.5.3	Desventajas de VoIP.....	17
1.5.4	Arquitectura de red para VoIP.....	18
1.5.4.1	Componentes funcionales.....	19
1.5.4.1.1	Gateway.....	19
1.5.4.1.2	Servidor.....	19
1.5.4.1.3	Terminales VoIP.....	19
1.6	Protocolos VoIP.....	20
1.6.1	Protocolos de señalización.....	21
1.6.1.1	H.323.....	21
1.6.1.1.1	Componentes H.323.....	21
1.6.1.1.2	Protocolos H.323	22
1.6.1.2	SIP (Session Initiation Protocol).....	23
1.6.1.2.1	Componentes de SIP.....	24
1.6.1.3	IAX (Inter-Asterisk eXchange Protocol).....	26
1.6.1.4	MGCP y MEGACO.....	26
1.6.2	Protocolos de transporte de medios.....	27

1.6.2.1	Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP).....	27
1.6.2.2	Protocolo de Control RTP (RTCP).....	28
1.7	Códecs de voz.....	28
1.7.1	Códecs de banda estrecha.....	29
1.7.2	Códecs de banda ancha y multimodo.....	30
1.8	Calidad de servicio (QoS).....	30
1.8.1	Retardo.....	31
1.8.2	Fluctuación de retardo (Jitter).....	32
1.8.3	Pérdida de paquetes	32
1.9	Asterisk.....	33
1.10	Conclusiones del capítulo.....	33
CAPÍTULO 2. Sistema Alcatel OXE 4400.....		34
2.1	Introducción.....	34
2.2	Sistema Alcatel OmniPCX 4400.....	34
2.3	Características generales.....	35
2.4	Estructura del equipamiento	37
2.5	Módulos.....	38
2.5.1	Tarjetas de control	38
2.5.2	Tarjetas para la unión de ACT	39
2.5.3	Tarjetas de enlace con la Red Pública	39
2.5.4	Tarjetas de extensiones	40
2.6	Tipos de configuraciones del OXE 4400.....	41
2.7	Conclusiones del capítulo.....	42
CAPÍTULO 3. Propuesta de red para la OBE Provincial y sus dependencias.....		43
3.1	Introducción	43
3.2	Situación actual de la red telefónica y de datos.....	43

3.3	Propuesta de implementación	45
3.3.1	OBE Provincial.....	46
3.3.2	Dependencias Municipales.....	48
3.4	Conclusiones del capítulo.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		50
Conclusiones.....		50
Recomendaciones.....		50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		51

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En el sector de las telecomunicaciones se ha llevado a cabo un crecimiento vertiginoso constante que acompañaba al proceso de globalización y cuya necesidad de comunicación era cada vez más imperante. Para lograr este propósito se han desarrollado múltiples soluciones a nivel tecnológico en el sector de la telefonía, lo cual ha permitido brindar soluciones a la creciente demanda.

Así, aparte de la Red Pública de Telefonía Conmutada (PSTN), surgieron sistemas telefónicos conocidos como PBX que posibilitan la comunicación dentro de una empresa sin emplear la PSTN. Estos equipos PBX, con el desarrollo constante de las redes IP y combinado con técnicas avanzadas de digitalización de voz y los protocolos de transporte, han evolucionado en PBX-IP, las cuales son capaces de enviar voz comprimida y digitalizada en paquetes de datos haciendo uso de la tecnología VoIP, aprovechando el ancho de banda que ofrecen las redes IP, permitiendo realizar llamadas telefónicas a usuarios y empresas, con un costo reducido en comparación con la telefonía tradicional, destacando también su interoperabilidad con esta última y la posibilidad de migración gradual de la telefonía analógica y digital a la telefonía IP.

Apoyándose en la posibilidad que tienen las PBX-IP de comunicarse por la red de datos, el Grupo de Comunicaciones de la OBE Provincial quiere hacer uso de los servicios de la telefonía IP y otras facilidades. Con este objetivo se pretende implementar sistema Alcatel OXE 4400, el cual cuenta con la capacidad de integrar la tecnología telefónica existente y la telefonía IP.

Este trabajo es producto de la necesidad que existe de reducir los costes de telefonía aprovechando la red existente de datos. Por lo tanto, se pueden citar como objetivos para la presente investigación:

INTRODUCCIÓN

Objetivo General

Realizar una propuesta de implementación del sistema Alcatel OXE 4400 para enlazar la OBE Provincial y sus dependencias municipales.

Objetivos Específicos

1. Estudiar el estado del arte de las PBX en el mundo y la fundamentación teórica de VoIP.
2. Analizar las características del sistema Alcatel OXE 4400 y sus posibles configuraciones para el trabajo en la red.
3. Realizar un análisis de la arquitectura de red actual en la OBE Provincial y sus dependencias municipales.
4. Desarrollar una propuesta de red basada en sistema Alcatel OXE 4400 para mejorar las prestaciones de la red telefónica de la OBE Provincial y sus dependencias municipales.

Estructura del trabajo:

Para satisfacer los objetivos planteados se divide el trabajo en tres capítulos, a continuación, se muestra una descripción del contenido en cada uno de ellos:

Capítulo 1. Consiste en una revisión bibliográfica para la construcción del marco teórico general. En su desarrollo se analizan las principales características de las PBX y la fundamentación teórica de VoIP.

Capítulo 2. Se crea una base teórica sobre las características y funcionamiento del sistema Alcatel OXE 4400. Se realiza un análisis de la estructura de este equipo y las posibilidades que brinda para el trabajo en red.

Capítulo 3. Se lleva a cabo un análisis de la arquitectura de la red telefónica y de datos en la OBE Provincial y sus dependencias y se realiza una propuesta de implementación del sistema Alcatel OXE 4400, teniendo en cuenta la red telefónica y de datos actual de la OBE Provincial y sus dependencias municipales.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

1.1 Revisión histórica

La idea de la existencia de un aparato parlante, rondaba por las mentes de muchos inventores desde tiempos inmemoriales, pero fue a principios del siglo XIX cuando la idea se materializó, pues ya se había descubierto la electricidad, inventado el telégrafo y algunos ya experimentaban con ondas de radio.

Como antecedentes del teléfono podemos destacar que en 1830 se desarrolló el primer telégrafo viable. Entre 1854 y 1860, el italiano Antonio Meucci diseñó y construyó el primer transmisor y receptor de un aparato telefónico, y durante el mismo período el alemán Philipp Reis desarrolló el primer instrumento que transmitía música por un cable.

Se reconoce 1876 como el año de la invención del teléfono por Antonio Meucci; aunque fue atribuido a Alexander Graham Bell hasta el 2002. Las primeras centrales telefónicas eran manuales, en donde una operadora realizaba la conexión de las llamadas. La creación de las centrales automáticas en 1889 por Almon Brown Stronger marcó el inicio del desarrollo de la red telefónica. La aparición de los microprocesadores y su introducción en la telefonía, permitieron implantar una gran cantidad de nuevos servicios y simplificaron las tareas de administración y mantenimiento de las compañías. No fue hasta 1971 en Francia que aparece la primera central telefónica de conmutación digital.

La migración de la conmutación de circuitos hacia la conmutación de paquetes mejoró los costos del equipamiento de las redes de datos e impulsó el desarrollo de un único tipo de redes convergentes, llamadas Redes de Nueva Generación (NGN), capaces de brindar nuevos servicios. Con el auge de las NGN y el rápido desarrollo de las tecnologías de telecomunicaciones, se ha logrado crear un entorno donde es posible transmitir voz sobre redes de datos. La telefonía IP, ha ganado en experiencia y capacidad, gracias a la escalabilidad, bajos costos y la aparición de estándares que ayudan a la interoperabilidad de esta tecnología con la telefonía tradicional.

El surgimiento de las Centrales Telefónicas Privadas basadas en el Protocolo de Internet ha influido en el desarrollo de esta tecnología haciéndola excepcionalmente prometedora, lo que

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

no significará en modo alguno la desaparición de las redes telefónicas modo circuito, sino que habrá al menos temporalmente, una fase de coexistencia entre ambas y por supuesto la necesaria interconexión mediante pasarelas Gateway [1].

1.2 PSTN

Se denomina PSTN (*Public Switched Telephone Network*) a la red tradicional de circuitos conmutados que permite establecer comunicaciones de voz en tiempo real. La PSTN está compuesta por líneas telefónicas, cables de fibra óptica, enlaces de transmisión por microondas, redes celulares, satélites de comunicaciones y cables telefónicos submarinos, todos interconectados por centros de conmutación, lo que permite a la mayoría de los teléfonos comunicarse entre sí. La PSTN ahora es casi totalmente digital en su red principal e incluye redes móviles y otras, así como teléfonos fijos.

Cuando llama a alguien, cierra un conmutador al marcar y establece así un circuito con el receptor de la llamada. La PSTN ayuda además a garantizar la calidad del servicio (QoS) en la llamada hasta que se cuelga el teléfono. Además, proporciona acceso tanto a abonados analógicos, ISDN, móviles, centralitas privadas automáticas, unidades remotas [2].

1.2.1 Estructura de la PSTN

El sistema telefónico se basa en el uso de centrales para conmutar las llamadas entre diversos abonados, y de pares de hilos de cobre para unir a cada abonado con la oficina central.

Se conoce como bucle local, al cableado físico, es decir el cable que une el teléfono del abonado con el conmutador (*switch*) de la central telefónica y la casa, que también se conoce como línea telefónica. Los bucles locales conocidos también como bucle de abonado, suelen ser pares de cobre trenzado.

A los conmutadores de la central telefónica se les conoce también como conmutador de clase 5 o conmutador de oficina final. La ruta de comunicación entre los conmutadores de varias centrales telefónicas, se conoce como enlace troncal (*trunk*). Las líneas troncales típicamente utilizan cable coaxial, microondas, fibra óptica o enlaces vía satélite.

Como no sería rentable colocar un cable físico entre los conmutador de cada central telefónica, se ha establecido la jerarquía de conmutación, que consiste en conectar los conmutadores de clase 5, a través de enlaces troncales, con conmutadores tándem (clase

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

4), a su vez los conmutadores tándem estarán conectados a otros de mayor rango, y así sucesivamente; pueden llegar a existir hasta cinco niveles de jerarquía [3].

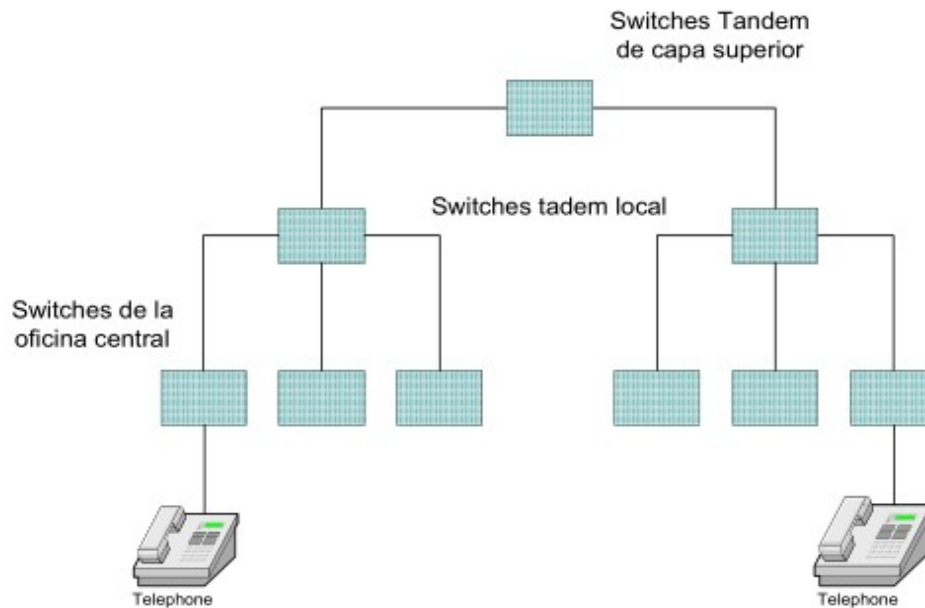


Figura 1.1 Jerarquía de conmutación de circuitos [3].

1.2.2 Señalización

El procedimiento de configuración de llamada requiere algunos medios para informar a todos los dispositivos en la ruta de extremo a extremo de la llamada para conmutar la llamada en consecuencia. Esto se logra utilizando señalización. La red de telefonía actual se basa en un sofisticado protocolo de señalización llamado SS7 (*Signalling System 7*). Es el conjunto más prominente de protocolos en uso en la PSTN en todo el mundo. Su principal uso está en el establecimiento y terminación de llamadas telefónicas. SS7 utiliza un método de señalización fuera de banda para establecer una llamada. La ruta de voz de la llamada está separada de esta ruta de señalización para eliminar las posibilidades de que un usuario final manipule el protocolo de configuración.

En la PSTN, los teléfonos intercambian constantemente señales con varios componentes de red como el tono de marcado y la marcación de un número. SS7 facilita este tipo de señalización en la actual PSTN. En general, SS7 constituye el núcleo de la PSTN actual. Junto con el establecimiento de llamadas y terminación, proporciona funcionalidades como el enrutamiento de llamadas [4].

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

1.2.3 Transmisión

Para la transmisión de datos y voz por medio de la red se utilizan diferentes tipos de modulación y multiplexado. La información de varios usuarios puede ser multiplexada en tiempo (TDM) donde cada usuario transmite en una ranura de tiempo asignada; o bien multiplexada en frecuencia (FDM) donde cada usuario transmite a una frecuencia determinada. La modulación de la voz se hace mediante portadoras de 64 kHz, esta modulación puede ser digital o analógica. Varias líneas son multicanalizadas sobre una sola conocida como troncal [5]. Aunque el número de llamadas realizadas en un enlace troncal es mucho mayor, las limitaciones de ancho de banda del medio también limita el número de llamadas simultáneas posibles a través de un enlace troncal.

1.2.4 Marcación

Antiguamente, para llamar a otro abonado se marcaba su número en un disco dactilar, para cada número del disco dactilar le correspondía el mismo número de pulsos eléctricos. Hace varias décadas el método de selección del número por medio de pulsos fue sustituido por uno de selección de distintas frecuencias, donde a cada número le corresponde un par de frecuencias distinto. Este tipo de marcación se le conoce como DTMF (*Dual Tone Multifrequency*) o marcación multifrecuencia. Es un método de señalización dentro de banda pues transporta los tonos de marcación a través de la ruta de voz. Los tonos de marcación pasan desde el teléfono hasta el switch de la oficina central e indican a que número se quiere llamar.

Los tonos de la DMTF identifican números del 0 al 9 y los símbolos * y #. Los dígitos están representados por una combinación particular de frecuencias: una del grupo inferior (697, 770, 852 y 941 Hz) y otra del superior (1290, 1336, 1447 y 1633 Hz) [3].

1.3 Centrales telefónicas PBX

Una Central Secundaria Privada Automática, lo que se conoce como PBX o PABX (siglas en inglés de *Private Branch Exchange* y *Private Automatic Branch Exchange* para PABX), es en realidad cualquier central telefónica conectada directamente a la red pública de telefonía por medio de líneas troncales para gestionar además de las llamadas internas, las entrantes y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Este dispositivo generalmente pertenece a la empresa que lo tiene instalado y no a la compañía telefónica,

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

de ahí el adjetivo Privado a su denominación. De la misma forma que un enrutador (*router*) en Internet es responsable de dirigir los paquetes de un origen a su destino, una PBX es responsable de dirigir llamadas telefónicas [6].

1.3.1 Funcionamiento básico

Una central telefónica tipo PBX utiliza una línea troncal para poder hacer de la central parte de la red de otras centrales y mantener comunicaciones. Generalmente las líneas troncales de los PBX son enlaces digitales E1 y T1 que soportan hasta 30 canales (líneas) de voz para la intercomunicación.

Separa las llamadas que tienen ambos puntos finales dentro de la propia organización de aquellos que involucran un punto final externo. La idea es evitar el uso del servicio de telecomunicaciones de la infraestructura del proveedor para las llamadas internas. Sólo las llamadas externas que necesitan utilizar la infraestructura fuera de la organización deben enrutarse al exterior.

Esto implica además que el número de líneas telefónicas que deben arrendarse de la compañía telefónica puede reducirse. Todas las líneas telefónicas externas están conectadas al PBX y también lo están todos los teléfonos internos. Si una llamada emana de un dispositivo interno a un número externo, la PBX conectará la línea desde el dispositivo interno en cuestión hasta una línea telefónica externa, que se utilizará para conectarse al dispositivo externo deseado (a través de la dirección de dispositivos externos, como un número telefónico). La PBX identifica la llamada para ser dirigido a un dispositivo externo cuando el usuario marca un código de acceso externo (normalmente, este código es 9). El usuario marca el número del dispositivo externo después de este código de acceso externo sin ninguna interrupción. Al reconocer una llamada externa, la PBX conectará uno de las líneas telefónicas externas al dispositivo de usuario interno y dejará que el proveedor de servicios telefónicos se encargue de enrutar la llamada al dispositivo correcto. El otro aspecto es que un dispositivo interno necesita ponerse en contacto con otro número interno. En este caso, la lógica de enrutamiento de PBX detectará que la llamada no tiene por qué salir de las instalaciones de la organización. Por lo tanto, PBX conectará las dos líneas internas para que la infraestructura externa no tenga por qué estar involucrada [4].

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

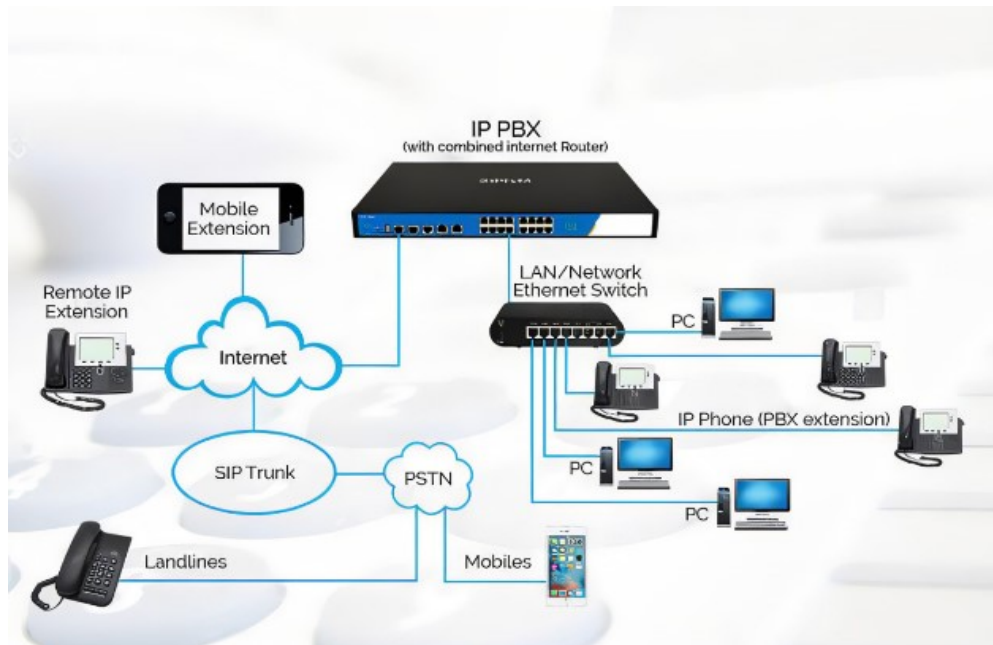


Figura 1.2 Esquema básico de una PBX en una empresa. [Tomado de indiamart.com]

1.3.2 Características de los PBX

Junto con la tarea básica de enrutar llamadas internas y externas y multiplexar las líneas externas basadas en las demandas de los dispositivos internos, las PBX proporcionan varias características que son de interés para las empresas. Las más importantes de estas características son:

- **Reenvío de llamadas:** Esta función se utiliza para enrutar llamadas a otro dispositivo. La lógica de reenvío de llamadas especifica a qué dispositivo se debe reenviar una llamada cuando determinados eventos ocurren. Por ejemplo, cuando la extensión original no responde a la llamada, la llamada se puede reenviar al sistema de correo de voz.
- **Transferencia de llamadas:** Una llamada en curso se puede transferir a través de diferentes extensiones conectadas a la PBX. Esto sucede cuando llamamos a un departamento de servicio al cliente de alguna organización y el primer representante nos conecta con otro para proporcionar algún otro servicio.
- **Conferencias telefónicas:** La PBX puede conectar a más de dos partes en un grupo sesión de comunicación llamada conferencia telefónica.
- **Mensajería de voz:** Esto implica grabar mensajes de voz para los usuarios y reproducirlos luego. El mensaje puede ser para un usuario que estaba ausente cuando la llamada llegó o se puede dejar para un grupo de usuarios como un mensaje de difusión. Se puede utilizar en

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

conjunto con el indicador de mensaje en espera por el que un usuario sabe que necesita acceder al cuadro de mensajes de voz donde se almacenan uno o varios mensajes.

- **Cola de llamadas:** En caso de que llegue una llamada cuando todas las extensiones que pueden responderla estén ocupadas, entonces, en lugar de que la llamada se elimine y el usuario tenga que volver a llamar, la llamada puede ser colocada en una cola de la que la llamada se responderá cuando alguien se ponga a disposición. Esta función se puede utilizar junto con la característica *Music on Hold*, donde la persona que espera les es reproducida algo de música (u otra información), mientras espera [4].

1.3.3 Tipos de PBX

A continuación se describirán los distintos tipos de centrales telefónicas existentes en la actualidad:

1.3.3.1 PBX analógico

Una PBX analógica, es una central telefónica privada que utiliza troncales para la conexión con la PSTN u otra planta telefónica; además realiza el proceso de conmutación entre extensiones internas y usuarios externos a dicho sistema. En las comunicaciones analógicas sólo se tenían comunicaciones de voz y audio por medio de un par de cables de cobre o hilos telefónicos. Las PBX analógicas envían la voz y la información de señalización de llamada, como los tonos de teclado del número marcado, como sonido analógico. Por tanto, el sonido no se digitaliza nunca. Para dirigir correctamente la llamada, la PBX y la oficina central de la compañía telefónica tienen que escuchar la información de señalización.

1.3.3.2 PBX digital

Una PBX digital es aquella que codifica las señales entrantes en representaciones donde la presencia, o ausencia, de pulsos, o niveles, define la señal; dicho sistema conmuta las señales mediante el enrutamiento, la multiplexación o el almacenamiento de estos pulsos o niveles [7].

Una PBX digital está conectada a la oficina central local por varios circuitos troncales llamados *direct-outward-dial* (DOD). Una PBX digital típica que provee 256 puertos de voz y datos tendría 24 troncales digitales operando sobre un sistema de transporte T-1. También tiene 3 componentes principales: el procesador central (CPU), la red y los equipos periféricos. La CPU, siguiendo las instrucciones almacenadas en su memoria, controla la

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

función de conmutación que conecta los puertos de la PBX y la conexión troncal. La operación, administración y funciones de mantenimiento pueden ser atendidas remotamente desde una consola de sistema.

Los equipos de teléfonos individuales pueden transmitir voz o datos, así como acceder a muchas características de procesamiento de llamadas avanzadas incluyendo marcado automático, desvío de llamadas, llamadas rápidas y visualización del nombre de la llamada entrante [8].

1.3.3.3 PBX-IP

Una PBX-IP es un sistema telefónico empresarial diseñado para entregar voz o vídeo a través de una red de datos e interoperar con la PSTN. La PBX tradicional se basa en un conmutador de circuito de hardware mientras que PBX-IP es un sistema de telefonía IP que utiliza conmutación por software. El sistema converge voz y datos, simplifica la gestión de redes y servicios, proporciona soluciones flexibles/escalables y sobre todo, tiene mucho de conjuntos de servicios personalizables [4, 9].

Las PBX-IP al ser basadas en software utilizan el protocolo IP para transportar la comunicación a través de Internet. Así como una PBX convencional redirige las llamadas telefónicas, las PBX-IP enruta los paquetes de datos del origen a su destino.

Al utilizar la infraestructura de datos existente, los usuarios registrados son gestionados de forma centralizada y por software, a diferencia de las PBX convencionales que necesitan cablear y mantener de forma independiente cada usuario.

1.3.3.4 PBX híbrido

En el mundo existen fabricantes que diseñan centrales híbridas para satisfacer las necesidades crecientes de pequeñas y medianas empresas. El término híbrido, se maneja comercialmente para definir centrales telefónicas, que además de gestionar los servicios de la telefonía tradicional son capaces de integrarse con otros sistemas de comunicaciones. Brindando la posibilidad de relacionar en una única red diferentes modos de comunicación que de otra forma estarían separados sin vinculación alguna [10].

Funcionalmente, estos equipos cierran la brecha entre el mundo analógico o digital tradicional y la telefonía IP que usa VoIP. Asumen un sistema analógico o digital (o ambos) como la base y se le agrega la capacidad VoIP, aprovechando la red IP.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

Las PBX híbridas tienen como ventaja que las empresas no deben desechar sus PBX tradicionales, los teléfonos digitales y los demás componentes de la red de telefonía, pero sólo ofrece una pequeña parte de los beneficios de la telefonía IP pura, mantiene los costos y las exigencias de administrar dos redes (una de datos y una de voz) [1].

1.4 Redes de computadoras

La red de computadoras, muy conocida como red de informática o de datos, son equipos y software que están conectados por dispositivos que reciben y envían información por transmisión guiada, transmisión inalámbrica, hasta satélites de comunicación. El objetivo siempre es compartir información y ofrecer servicios.

1.4.1 Modelo de referencia OSI

El modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) o Interconexión de Sistemas Abiertos, es un modelo teórico de referencia que ofrece un lineamiento funcional para el establecimiento de las comunicaciones entre los nodos de una red, sin especificar normas técnicas para dichas funciones.

El modelo tiene una estructura multinivel, en la cual cada nivel tiene asignado el tratamiento de una parte de la comunicación. Es decir, cada nivel ejecuta funciones específicas para comunicarse con su similar en otro nodo. Para ello, envía mensajes a través de los niveles inferiores del mismo nodo. La comunicación internivel está bien definida, el nivel N utiliza los servicios del nivel N-1 y proporciona servicios al nivel N+1 [11].

Cada una de las capas OSI se comunica con las capas de protocolo subyacentes y superpuestas de tal manera que el protocolo subyacente agrega una cierta cantidad de información al flujo de información, como encabezados y bits requeridos por los mecanismos de protección. También la posible fragmentación de los datos requiere mecanismos para la desfragmentación de nuevo en las capas superiores del extremo receptor.

En la figura 1.3 se puede observar cómo está conformada la estructura del modelo OSI.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP



Figura 1.3 Estructura del modelo de referencia OSI. [Tomado de blogspot.com]

En cada nivel, la unidad de intercambio de información tiene diferente nombre y estructura: Bits, tramas, paquetes, unidad del nivel de transporte (TPDU), unidad del nivel sesión (SPDU), unidad del nivel de presentación (PPDU) y unidad del nivel de aplicación (APDU). Los datos útiles que el nodo de origen envía al nodo de destino pasan sucesivamente desde el nivel 7 (nivel de aplicación) hasta llegar al nivel físico del extremo de origen. Cada nivel, incorpora al mensaje un elemento de control (encapsulamiento). Este elemento de control, en forma de encabezado, permite que el nivel correspondiente en el nodo receptor se entere de que su similar, en el nodo emisor, está enviándole información. De esta manera, los mensajes están constituidos por dos partes, el encabezado y la información, conocida como carga útil [11].

1.4.1.1 Funciones de los niveles

-Nivel físico: Se encarga de la transmisión de las señales eléctricas por el medio de transmisión.

-Nivel de enlace de datos: Envía tramas de datos entre nodos de una misma red. Delimita las secuencias de bits que envía al nivel físico.

-Nivel de red: Se encarga del encaminamiento de paquetes entre el origen y el destino. Los mensajes se fragmentan en paquetes y cada uno de ellos se envía de forma independiente.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

Su misión es unificar redes heterogéneas: todos los nodos tendrán un identificador similar al nivel de red (Direcciones IP en Internet).

-Nivel de transporte: Únicamente realiza las funciones de transmisión entre origen-destino. Integra funciones de control de flujo y control de errores, de forma que los datos lleguen correctamente de un extremo a otro.

-Nivel de sesión: Se encarga de iniciar y finalizar las comunicaciones.

-Nivel de presentación: Codifica los datos que recibe del nivel de aplicación a un sistema convenido entre emisor y receptor, con el propósito de que tanto textos como números sean interpretados correctamente.

-Nivel de aplicación: Aquí se encuentran los protocolos y programas que utiliza el usuario.

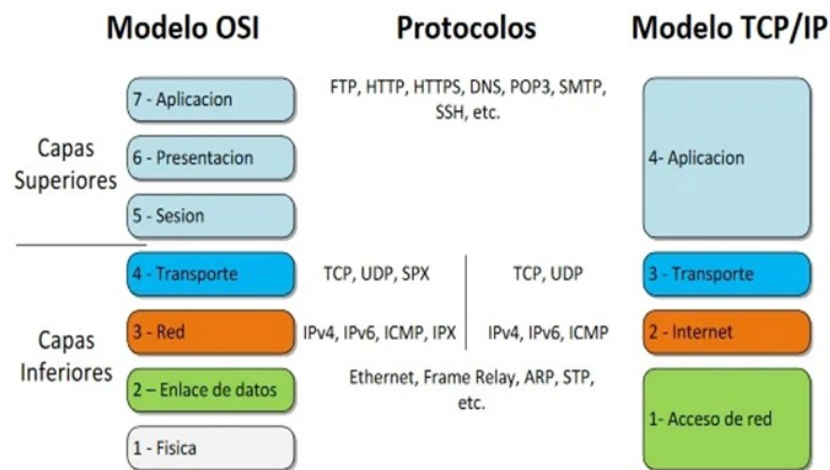
1.4.2 Modelo TCP/IP

El modelo TCP/IP (*Transfer Control Protocol / Internet protocol* o Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet) es usado en la comunicación de redes, y como protocolo describe las pautas a seguir para lograr con éxito que un equipo se comunique en la red.

Cabe señalar que TCP/IP no se puede comparar directamente con el modelo OSI de ISO, aunque el TCP sin conexión está relativamente cerca de la idea de la capa de red. Por lo tanto, TCP puede estar relacionado con la tercera capa del modelo OSI, o en función de su funcionalidad, también a la cuarta capa [12].

A diferencia del modelo OSI, el modelo TCP/IP tiene, además del nivel físico, tres niveles: nivel de red, de transporte y de aplicación. No tiene niveles de sesión ni de presentación. Tampoco dice nada de los niveles físico y de enlace a datos. En la figura 1.4 se puede apreciar mejor las diferencias entre estos 2 modelos.

Modelo OSI y TCP/IP



- El modelo OSI es un modelo de referencia.
- El modelo TCP/IP es un modelo aplicado.



Figura 1.4 Modelos OSI y TCP/IP. [Tomado de platzi.com]

La funcionalidad de TCP se basa en la fragmentación de los mensajes, las retransmisiones de los mensajes, y desfragmentación de los mensajes en el extremo receptor, así como priorización y gestión de conexiones (iniciación, mantenimiento y finalización). TCP utiliza SAP (*Service Access Point*), que correctamente maneja la dedicación de recursos de red entre diferentes usuarios en el enrutamiento de las conexiones. TCP es un método orientado a la conexión y, por lo tanto, proporciona una transferencia de datos confiable.

TCP/IP es adecuado para transferir un cantidad de datos en el entorno que no pueden garantizar la calidad del servicio en cuanto a pérdidas de paquetes, o que no es capaz de mantener el orden de los paquetes, cuidar de los paquetes duplicados y así sucesivamente [12].

1.4.3 Protocolo IP

IP (*Internet Protocol*) es el principal protocolo de comunicación en el modelo IP, que se posiciona en la capa de red (capa 3) según el modelo de protocolo OSI. Provee funciones para la transmisión de datagramas (es decir, bloques de datos) a través de sistemas interconectados de redes de conmutación de paquetes desde cualquier origen a cualquier destino. Fuentes y destinos son hosts (por ejemplo, computadoras, varios dispositivos con

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

interfaces de red) cuyas interfaces de red se identifican por direcciones de longitud fija llamadas direcciones IP.

IP es un protocolo sin conexión, ya que no requiere establecer una conexión entre el origen y el destino antes de la transmisión de los datagramas, lo que es contrario a la enfoque tradicional en las redes telefónicas en las que se requiere señalización (para el establecimiento de la conexión de extremo a extremo) antes de la transferencia de datos de usuario. IP permite que los datagramas viajen desde fuentes a destinos que utilizan diferentes rutas (no hay circuitos lógicos o virtuales). Además, IP no tiene mecanismos para soportar la confiabilidad de extremo a extremo, la secuenciación o el control de flujo. Por lo tanto es un protocolo poco fiable que proporciona la entrega de datagramas con el mejor esfuerzo (es decir, sin ninguna garantía) [13].

1.5 Voice over Internet Protocol (VoIP)

VoIP (*Voice over IP*) o Voz sobre Protocolo de Internet en español, es una tecnología que permite la transmisión de señales de voz, mediante procesos de digitalización, codificación y compresión. La voz es encapsulada en paquetes IP y enviada a través de una red de conmutación de paquetes hacia su destino, en el cual es desencapsulada, descomprimida, decodificada y convertida en señal analógica parecida a la señal digital para su reproducción y uso, todo esto sin necesidad de hacer uso de la red de telefonía de circuitos conmutados conocida como PSTN.

El término 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 permiten hablar por la red. Las alternativas tecnológicas de VoIP se pueden dividir 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 [6].

1.5.1 Aplicaciones y servicios de VoIP

El propósito primario de VoIP es apoyar las comunicaciones de voz entre dos partes, pero las aplicaciones potenciales de VoIP no están restringidas solo a eso. Es la flexibilidad de añadir varios servicios a VoIP (por ser una aplicación basada en IP) lo cual posibilita la amplia

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

adopción de VoIP por diferentes proveedores de servicios. Estos servicios incluyen aquellos proveídos por PSTN y algunos emergentes que no están disponibles con PSTN.

- **Fax:** El fax es la aplicación más común que soporta VoIP. El soporte de fax ha sido un desafío en las redes VoIP ya que el fax es bastante sensible a la pérdida de paquetes. También, los códecs de baja razón de bits optimizados para VoIP no son apropiados para enviar fax. Sin embargo, recientemente, nuevos protocolos están siendo propuestos para el envío de fax directamente sobre redes IP o a través de un transporte más confiable.
- **Números de emergencia:** Apoyar los números de emergencia es difícil ya que la ubicación del usuario no puede ser fácilmente rastreada en una red VoIP. Por lo tanto, es difícil tanto en términos de reenvío de la llamada a la autoridad correcta y seguimiento de la ubicación original de la llamada. Sin embargo, los avances recientes en el área de servicios de localización basados en GPS junto con direcciones IP fijas para la asignación de ubicación están facilitando el apoyo a los números de emergencia.
- **Itinerancia:** Debido a la comunicación a nivel de IP, la ubicación exacta del usuario no es importante en la colocación una llamada. Esta característica inherente proporciona al usuario la flexibilidad de hacer uso del mismo servicio, mientras que esté fuera de casa.
- **Push-to-talk:** Esta función es fácilmente compatible con VoIP ya que, al no ser interactivo, no requiere el mismo nivel de garantía de QoS. *Push-to-talk* tampoco requiere grandes cambios en la arquitectura de VoIP. Es equivalente a enviar una transmisión de audio a través de la misma conexión VoIP.
- **Conferencias:** Una llamada de voz tradicional se puede convertir en una conferencia de varias partes muy fácilmente. A un nivel alto, las conferencias se pueden habilitar replicando el flujo de voz que emana desde el usuario hasta todos los demás participantes en la conferencia. El proceso de replicación puede ser optimizado mediante el uso de diversas técnicas basadas en el ancho de banda disponible de diferentes usuarios. En general, un usuario con un mayor ancho de banda saliente disponible puede realizar más replications que uno con un ancho de banda saliente bajo.
- **Integración con otras aplicaciones:** Al ser una solución basada en IP, VoIP se puede integrar fácilmente con otras aplicaciones. Por ejemplo, se puede integrar VoIP con la aplicación de correo electrónico para convertir un mensaje de voz en un correo electrónico y enviarlo a la parte receptora o viceversa. Dicha integración permite nuevas formas de usar VoIP más allá de la comunicación de voz [4].

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

1.5.2 Ventajas de VoIP

La transmisión de Voz sobre IP puede facilitar muchos procesos y servicios que de la manera tradicional, dígase PSTN, resultarían difíciles y además costosos de implementar.

Cabe destacar que uno de los principales beneficios que reporta la aplicación de tecnología VoIP para las comunicaciones reside en la reducción notable de los costos de operación. Por lo general, las llamadas que se realizan entre distintos dispositivos VoIP son gratuitas, mientras que las que se establecen entre usuarios VoIP y PSTN deben ser abonadas por el primero, pero a costos realmente reducidos, hasta 50 veces menos que las operaciones.

Los teléfonos que usan tecnología VoIP pueden ser utilizados en cualquier lugar del planeta, es decir que a pesar de que el usuario se encuentre viajando fuera de su país de origen, puede continuar utilizando el servicio bajo los mismos parámetros y las mismas tarifas, siempre que puedas establecer conexión a Internet [14].

Además los costos de gestión y mantenimiento son bajos ya que es la misma red IP que hay instalada en las empresas y que usan las computadoras. También contribuye a la integración de servicios y de empresas y posibilita el uso de un mayor número de aplicaciones. La distribución de la inteligencia en la red, evita puntos concentrados de fallas, todo dependiendo de la redundancia en la red existente. Es una tecnología fácil de usar, que puede expandirse con relativa facilidad en caso necesario y que su migración del PSTN a VoIP puede ser suave, gracias a la existencia de equipos como la PBX híbridas.

1.5.3 Desventajas de VoIP

La calidad de la transmisión de paquetes de voz en redes IP es inferior a la telefónica tradicional, debido a que los datos viajan en forma de paquetes, es por eso que se puede tener algunas pérdidas de información y demora en la transmisión. A pesar de que ocurren pérdidas y retrasos de los paquetes en las redes IP, para un usuario en una comunicación de voz esto no es una desventaja significativa. Cuando VoIP reemplace la telefonía tradicional usando IP, la Red de Área Local (LAN) se convertirá en la pieza clave de la infraestructura de telecomunicaciones, una vez que se estandarice dentro de las empresas, los administradores de VoIP sólo tendrán una red a la que dar mantenimiento; esto significa soportar una sola red cableada, en vez de redes separadas para voz y datos, pero esa pieza clave de telecomunicaciones puede ser un punto de fracaso. Cuando la voz y los datos están separados sus caminos físicos son distintos, protegiendo el sistema de voz de fallos aislados

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

en la red de datos, pero con VoIP, estos caminos convergen. Cuando el camino está dañado por la falla de un equipo o una falla eléctrica, la red de datos no se logra mantener en pie [15].

La seguridad de la información y de la infraestructura tecnológica utilizada en VoIP genera gran preocupación, lo que podría suponer un impedimento para el desarrollo y despliegue de los distintos servicios basados en VoIP. Los problemas de seguridad que afectan la tecnología VoIP son en principio los mismos que sufre toda red que transporta datos. Para minimizar dichos problemas es necesario aplicar una correcta política de seguridad, ya sea en los dispositivos de red, servidores o teléfonos IP como así también sobre sistemas operativos, protocolos y software utilizados [16].

1.5.4 Arquitectura de red para VoIP

Para que dos individuos puedan establecer una llamada VoIP solo necesitan dispositivos telefónicos que soporten los códecs VoIP y estar conectados a Internet. Sin embargo, mientras VoIP se convierte en un servicio principal con usuarios exigiendo servicios que estén a la altura y que excedan a aquellos prestados por la PSTN, nuevos componentes aparecen para ser introducidos en la arquitectura de VoIP. Sin embargo, no existen arquitecturas VoIP estandarizadas que puedan cubrir todos los posibles escenarios de implementación y funcionalidades.

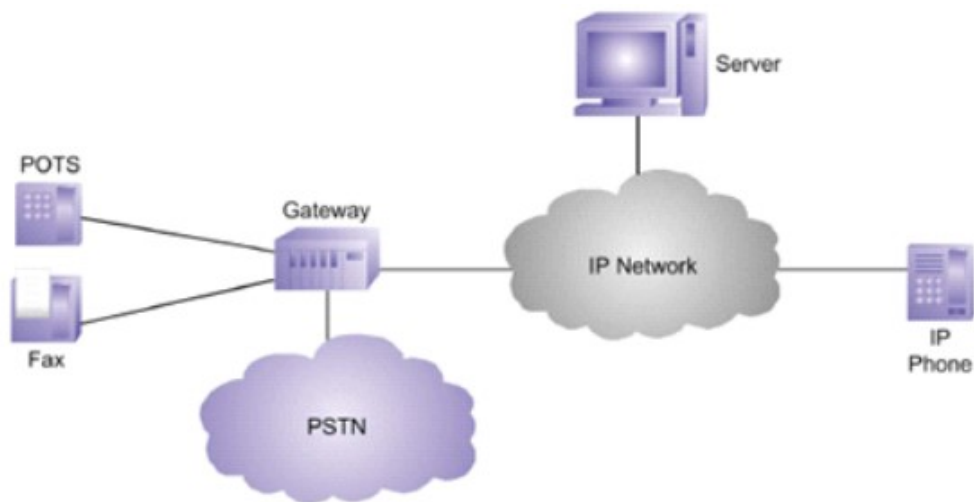


Figura 1.5 Arquitectura de VoIP. [Tomado de sites.google.com]

La tecnología VoIP permite construir redes que manejan dos tipos de arquitectura desde el punto de vista de distribución, estas son la arquitectura centralizada y distribuida, las cuales dependen del protocolo usado [17].

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

- **Arquitectura centralizada:** Este modelo centraliza la gestión y el control de llamadas, simplificando así el flujo de llamadas repitiendo las características de la voz. La centralización de estas redes convierten a los dispositivos de usuario final en terminales limitados. Se asocia principalmente con los protocolos MGCP y MEGACO, los cuales fueron diseñados para trabajar con un solo dispositivo (*Media Gateway Controller*) [18].
- **Arquitectura distribuida:** Está asociada con los protocolos H.323 y SIP. Estos protocolos permiten que la inteligencia de la red esté distribuida entre los dispositivos de control de llamadas y los terminales. Con dispositivos de control se refieren a los Controladores de acceso (*Gatekeepers*) en una red H.323 y servidores Proxy o servidores Redirect en una red SIP. Los terminales pueden ser teléfonos IP, servidores de medios o cualquier dispositivo que pueda iniciar y terminar una llamada VoIP [18].

1.5.4.1 Componentes funcionales

La arquitectura para la transmisión de voz sobre una red IP define varios elementos fundamentales en su estructura para su correcto funcionamiento.

1.5.4.1.1 Gateway

La Pasarela o Gateway es un dispositivo de red que provee un puente de comunicación entre todos los usuarios. Su función principal es convertir las llamadas de voz en tiempo real, entre una red IP y la red PSTN o su centralita digital, además permiten que las llamadas salientes generadas por la centralita digital se conviertan a IP y salgan por la conexión a Internet de banda ancha [19].

1.5.4.1.2 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) [20].

1.5.4.1.3 Terminales VoIP

- **Softphones:** Un softphone es un software basado en los sistemas VoIP que permite realizar y recibir llamadas utilizando una plataforma o una aplicación web, y no con un

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

teléfono de escritorio. Los softphones cuentan con todas las funcionalidades de un teléfono fijo y, además, con muchas características para ahorrar tiempo. También son más flexibles en cuanto a configuración y ajustes, y la mayoría de los sistemas de telefonía VoIP (voz sobre protocolo de internet) son más rentables tanto a largo como a corto plazo.

- **Teléfonos IP:** Los teléfonos IP son dispositivos de conmutación de paquetes utilizados en la telefonía de voz sobre IP, los cuales son físicamente teléfonos con apariencia tradicional donde estos incorporan un conector RJ45 para conectarlo directamente a una red IP. Estos dispositivos no pueden ser conectados a líneas telefónicas normales, dígase PSTN, utilizan tecnología VoIP y usualmente pueden realizar funcionalidades avanzadas como lo es llamada en espera, transferencia de llamada, entre otras, las cuales se configuran desde los menús del propio teléfono o por interfaz Web.
- **Adaptador para teléfonos analógicos (ATA):** El *Analog Telephone Adapter (ATA)* o adaptador para teléfonos analógicos conecta un teléfono tradicional a la red IP. Este dispone de un conector RJ11 (conector de teléfono) y un RJ45 (conector de red). Este dispositivo trabaja de un lado de forma analógica y por el otro opera en modo digital con la red de voz IP, soporta SIP normalmente [20].

1.6 Protocolos VoIP

Los protocolos definen los mecanismos que deben seguir los participantes en una sesión de comunicación, dependiendo de la tarea que estén tratando de llevar a cabo. En general, describen el formato de los mensajes intercambiados entre las entidades implicadas en una sesión de comunicación, los diferentes tipos de mensajes posibles junto con sus significados en varios contextos, la secuencia de operaciones que deben realizarse entre entidades para ejecutar alguna tarea y controlar excepciones cuando alguna tarea que se espera que se ejecute no lo hace.

Los protocolos VoIP están destinados a establecer una llamada de voz de extremo a extremo. Estos dividen los flujos de audio en paquetes para transportarlos sobre redes basadas en IP. Su mecanismo de conexión utiliza una serie de transacciones de señalización entre terminales involucrados en una conversación donde se crea un flujo bidireccional de audio, video o datos, o la combinación de ellas. Hay dos tipos de protocolos que proveen las funcionalidades a VoIP: los protocolos de señalización y los protocolos de transporte de medios.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

1.6.1 Protocolos de señalización

Los protocolos de señalización son usados para llevar a cabo funciones auxiliares relacionadas con la configuración y mantenimiento de una llamada. Entre estas tareas se encuentran establecimiento de sesión, determinación de disponibilidad, negociación de los parámetros de sesión, finalización de sesión, entre otros. Los dos conjuntos de protocolos más destacados para VoIP son el H.323 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) de la *Internet Engineering Task Force* (IETF), aunque SIP ganó en popularidad contra H.323 y se ha convertido en el protocolo de preferencia de muchos usuarios. También existen otros protocolos como IAX, MGCP y MEGACO.

1.6.1.1 H.323

La recomendación H.323 describe un conjunto de estándares definidos por la UIT, los cuales definen los componentes, procedimientos y protocolos necesarios para proveer comunicación audiovisual en redes de área local. Este permite tener interfaces abiertas compatibles entre diversos proveedores de equipos. Además, permite controlar el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones multimedia (audio, vídeo y datos) sobre redes IP. H.323 es un estándar paraguas para todas las formas de comunicación multimedia sobre redes que no tienen soporte para garantías de QoS [4, 21].

1.6.1.1.1 Componentes H.323

- **Terminal H.323:** Es un terminal de la red que proporciona en tiempo real comunicación bidireccional con otro terminal H.323, pasarela, o MCU (unidad de control multipunto). El intercambio de información incluye controles, indicaciones, audio, video y datos. Un terminal debe soportar al menos transmisión de voz, voz y datos, voz y video o voz datos y vídeo.
- **Pasarela H.323 (Gateway):** Es un elemento de la red H.323 que permite interoperar a los terminales H.323 con terminales en otras redes de circuitos (SCN). Las pasarelas se conectan directamente con terminales H.323 o bien con otras pasarelas o terminales en otras redes y realiza las funciones de adaptación entre flujos de información, así como entre los protocolos de control de ambos entornos. La recomendación H.323 incluye los terminales compatibles con las recomendaciones: H.310, H.320 (B-RDSI), H.320 (RDSI),

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

H.321 (ATM), H.322 (IsoEthernet), H.324 (GSTN), H.324M (Redes Móviles), and V.70 (DSVD). La pasarela debe constar al menos de dos interfaces, realizando las funciones de adaptación y convergencia entre ambos interfaces.

- **Unidad de Control Multipunto (MCU):** Es el elemento funcional de la red H.323 que permite soportar comunicaciones multipunto. A diferencia de entornos como la RDSI, la capacidad de transmisión multidifusión de las redes IP no requiere la utilización de un elemento externo a los terminales para realizar funciones de mezclado de medios. Por esta razón, la MCU está dividida en dos partes: el controlador multipunto que proporciona capacidad de negociación y control de los miembros del grupo, y el procesador multipunto que se encarga de realizar las funciones de mezcla de medios (audio, vídeo, datos). La funcionalidad de MCU puede ser integrada en un terminal H.323.
- **Gatekeeper:** Es un elemento de la red H.323 que proporciona servicios al resto de elementos. Este elemento constituye la base para el desarrollo de servicios y para la aplicación de esta tecnología en entornos con un número de terminales medio-grande. El Gatekeeper es un elemento opcional de la arquitectura, lo que permitió inicialmente el desarrollo de terminales que podían comunicarse directamente entre sí sin la necesidad de disponer de Gatekeeper. Sin embargo, la inexistencia del Gatekeeper limita el servicio de transferencia de medios. Las funciones que proporciona son: traslación de direcciones, autorización de llamadas, control de admisión, control de zonas, gestión de ancho de banda, gestión de llamadas, reserva de ancho de banda, servicios de directorio [4, 22].

1.6.1.1.2 Protocolos H.323

H.323 comprende una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación.

DIRECCIONAMIENTO:

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

SEÑALIZACIÓN:

- **H.225 (RAS):** Protocolo que permite a los terminales hablar con el Gatekeeper, solicitar y regresar ancho de banda y proporcionar actualizaciones de estado.
- **Q.931:** Protocolo de señalización de llamadas, para establecer y liberar las conexiones con la red telefónica RTC.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

- **H.245:** Es un protocolo de control de llamadas, el cual provee una capacidad de comunicación confiable. Se utiliza para abrir y cerrar canales lógicos entre puntos finales y negociar capacidades para acordar los parámetros de la llamada.

COMPRESIÓN DE VOZ:

- **Requeridos:** G.711 y G.723.1

- **Opcionales:** G.728, G.729 y G.722

TRANSMISIÓN DE VOZ:

- **UDP:** La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues, aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.

- **RTP (*Real Time Protocol*):** Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

CONTROL DE TRANSMISIÓN:

- **RTCP (*Real Time Control Protocol*):** Es un protocolo de control de los canales RTP. Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras [11].

1.6.1.2 SIP (Session Initiation Protocol)

SIP es un protocolo que inicialmente fue especificado por el Grupo de Trabajo de Control de Sesión de Multimedia Multipartita de la IETF (MMUSIC WG) en 1999 y actualizado por el Grupo de Trabajo SIP en 2002. SIP se delinea en la RFC 3261.

SIP es un protocolo de control de capa de aplicación que puede establecer, modificar y finalizar sesiones multimedia (conferencias) como llamadas de telefonía por Internet. SIP también puede invitar a los participantes a sesiones ya existentes, como conferencias de multidifusión. La multimedia puede ser agregada (o eliminada) de una sesión existente. SIP admite de forma transparente los servicios de asignación y redirección de nombres, que apoya la movilidad personal, es decir los usuarios pueden mantener un solo identificador visible externamente independientemente de su ubicación en la red. SIP no es un sistema de comunicaciones integrado verticalmente, más bien, un componente que se puede utilizar con otros protocolos IETF para construir una arquitectura de multimedia completa. Puede ejecutarse sobre UDP o TCP.

SIP no ofrece servicios de control de conferencias, como el control de pisos o votar y no prescribe cómo se debe gestionar una conferencia. SIP se puede utilizar para iniciar una sesión que utiliza algún otro protocolo de control de conferencia. Los mensajes SIP y las

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

sesiones que establecen pueden pasar a través de redes completamente diferentes, SIP no puede, y no lo hace, proporcionar ningún tipo de capacidad de reserva de recursos de red.

La naturaleza de los servicios prestados hace que la seguridad sea particularmente importante. Con ese fin, SIP proporciona un conjunto de servicios de seguridad, que incluyen prevención de denegación de servicio, autenticación (tanto usuario a usuario como de proxy a usuario), protección de la integridad y cifrado y servicios de privacidad. SIP funciona tanto con IPv4 como con IPv6 [23].

1.6.1.2.1 Componentes de SIP

SIP consiste en elementos que se comunican entre sí utilizando protocolos de enlace de datos y transporte para habilitar procedimientos que configuren, administren, y desmonten las sesiones de comunicación utilizando una amplia gama de medios.

- **Agente de usuario (UA):** Teléfonos IP, softphone, cámara, pantalla de video, etc. Cada punto final incorpora los componentes lógicamente distintos del cliente de UA (UAC inicia solicitudes) y servidor UA (UAS responde a las solicitudes). Una aplicación de software UA generalmente actúa como cliente y servidor.
- **Servidor Proxy SIP:** Un servidor de software que actúa como intermediario, tanto cliente como servidor, para recibir mensajes y entregar mensajes tanto a otros proxies como a los puntos finales de UA. Los proxies proporcionan servicios de detección cuando las URE necesita localizar una parte llamada. Un proxy autorizado tiene presencia en Internet y un registro de recursos DNS SRV para que las personas que llaman puedan encontrar dónde deben enviar solicitudes de llamada para ese dominio.
- **Servidor de localización:** Es una base de datos para un dominio en el que un proxy (por ejemplo, el Proxy autoritativo) puede encontrar el host específico o la ubicación de UAS de una parte llamante en ese dominio. La información proviene de los registros que teléfonos y otros puntos finales (UAC) hacen con un servidor registrador. El servidor de localización es un concepto lógico.
- **Servidor de Registro:** Es un servidor o proceso en el que un punto final puede publicar su ubicación o dirección; un *front-end* de un servicio de localización. Un usuario puede registrar una dirección de Registro (una dirección SIP pública o publicada) que se asociará con varios dispositivos o agentes de usuario. Más de un usuario puede registrarse en un dispositivo de punto final.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

- **Servidor de Redirección:** Es un proxy con acceso a información acerca de los servidores de ubicación que puede decirle a un cliente de agente de usuario o servidor proxy dónde enviar mensajes y tal vez ofrecer sugerencias para el método de transporte (teléfono, fax, IRC), informar un mudanza temporal o permanente, y así sucesivamente [4, 24, 25].

- Ejemplo de sesión de llamada SIP entre 2 teléfonos

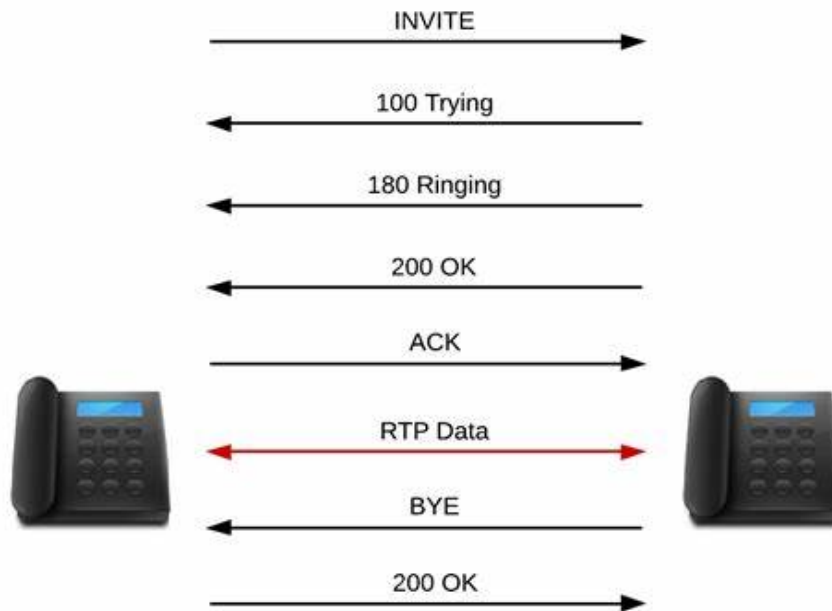


Figura 1.6 Ejemplo de sesión de llamada SIP entre 2 teléfonos. [Tomado de 3cx.es]

Una sesión de llamada SIP entre 2 teléfonos se establece de la siguiente manera:

1. El teléfono de origen envía la señal - "invite".
2. El teléfono de destino envía hacia atrás la respuesta informativa 100 - "tratando".
3. Cuando el teléfono al que se llama empieza a sonar se envía al origen la señal 180 - "llamando".
4. Cuando el receptor levanta el teléfono, el teléfono al que se llama envía la respuesta 200 - "OK".
5. El teléfono llamante responde con un ACK - "confirmado".
6. Ahora la conversación es transmitida como datos vía RTP.
7. Cuando la persona a la que se llama cuelga, se envía una solicitud -BYE- al teléfono llamante.
8. El teléfono llamante responde con un 200 - "OK"

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

1.6.1.3 IAX (*Inter-Asterisk eXchange Protocol*)

IAX significa *Inter-Asterisk eXchange Protocol* y representa un protocolo de capa de aplicación que originalmente fue desarrollado por Mark Spenser para habilitar conexiones VoIP entre Servidores Asterisk, el cual es una implementación de código abierto de un PBX, o en general entre servidores y clientes que lo usan. El protocolo IAX original ha quedado obsoleto prácticamente universalmente a favor de la versión 2 de IAX, que es denominado IAX2. IAX2 es un protocolo robusto pero ligero. Mientras que SIP y H.323 fueron desarrollados para ser funcionales para una multitud de aplicaciones multimedia, IAX2 fue altamente optimizado para llamadas VoIP donde los bajos gastos generales y los bajos consumos de ancho de banda son las principales prioridades. Sin embargo, es lo suficientemente general como para manejar los tipos más comunes de flujos de medios.

El principio básico de diseño sobre el que se basa este protocolo es el uso del mismo puerto UDP (generalmente el puerto 4569) para cualquier tipo de tráfico IAX2. A pesar de las ventajas de IAX2, goza de poca penetración en el mercado, ya que los vendedores generalmente no están dispuestos a invertir en productos que no están bien definidos, ya que solo es recientemente que IAX2 ha sido presentado a IETF como un borrador de Internet, mientras que durante los años anteriores el código fuente se consideró que era la documentación de este protocolo [25].

1.6.1.4 MGCP y MEGACO

El MGCP (*Media Gateway Controller Protocol*) fue un protocolo desarrollado únicamente por el IETF, pero MEGACO (nombre de la IETF) o más bien protocolo H.248 (nombre de la UIT-T) fue un codesarrollo IETF-UIT. Los elementos de MGCP son similares a H.248, pero H.248 tiene más características [26].

Una puerta de enlace multimedia suele ser un elemento de red que proporciona conversión entre las señales de audio transmitidas por circuitos telefónicos y paquetes de datos transportados a través de Internet o a través de otras redes de paquetes. MGCP asume una arquitectura de control de llamadas donde la "inteligencia" de control de llamadas está fuera de las puertas de enlace y es manejada por elementos de control de llamadas externos conocidos como Agentes de Llamadas. El MGCP asume que estos elementos de control de llamadas, o Agentes de Llamadas, se sincronizarán entre sí para enviar comandos y respuestas coherentes a las puertas de enlace bajo su control. Si se viola esta suposición,

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

un comportamiento inconsistente debe esperarse. MGCP no define un mecanismo para sincronización de agentes de llamadas. MGCP es, en esencia, un protocolo maestro/esclavo, donde se espera que las puertas de enlace ejecuten comandos enviados por los agentes de llamadas [27].

La recomendación UIT-T H.248 lleva a MGCP al siguiente nivel. Según [28], este protocolo amplía el control de la puerta de enlace multimedia para incluir un modelo de conexión independiente del transporte, soporte para servicios más avanzados como multiconferencias de medios y soporte para su operación en países de todo el mundo.

Este establece el protocolo de Control de Gateway donde se define una arquitectura centralizada con un controlador de Media Gateway (MGC). Este protocolo puede manejar varios gateways pudiendo también interactuar con otros MGC comunicándose por H.323 o SIP. La recomendación H.248 es un complemento a los protocolos H.323 y SIP: se utiliza la norma H.248 para controlar los Media Gateways y el H.323 o SIP para comunicarse con otro MGC.

1.6.2 Protocolos de transporte de medios

Después de los protocolos de señalización, el otro tipo de protocolo involucrado en el transporte de voz son los protocolos de transporte de medios, que son realmente los que llevan la voz digitalizada en forma de paquetes. Por lo tanto, la codificación/decodificación, el empaquetamiento y el transporte de los paquetes VoIP se realiza por estos protocolos.

1.1.1.1 Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP)

El Protocolo de Transporte en Tiempo Real o *Real-Time Transport Protocol* (RTP) en inglés, basado en RFC 3550 [29], provee servicios de entrega de datos de extremo a extremo con características de tiempo real, como lo son el audio y video interactivo. Esos servicios incluyen la identificación del tipo de información, la inclusión de números de secuencia y marcadores temporales y la monitorización de entrega a de los paquetes de información. Las aplicaciones usualmente ejecutan RTP sobre UDP para usar los servicios de mutiplexado y sumas de comprobación que ofrece este; ambos protocolos aportan partes de la funcionalidad del protocolo de transporte. Sin embargo, RTP puede ser usado con otros protocolos de red o transporte subyacentes. RTP, además, admite transferencia de datos a múltiples destinos usando distribución de multidifusión si es proporcionada por la red subyacente. RTP en sí no proporciona ningún mecanismo para garantizar la entrega a

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

tiempo ni provee otras garantías de calidad de servicio, pero se sustenta en servicios de niveles bajos para hacerlo. No garantiza la entrega ni evita la entrega fuera de orden, tampoco asume que la red subyacente es confiable y entrega los paquetes en secuencia.

1.1.1.2 Protocolo de Control RTP (RTCP)

Además del protocolo RTP, el RFC 3550 [29] establece un protocolo de control, llamado *RTP Control Protocol* (RTCP) el cual es basado en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participantes de la sesión, usando el mismo mecanismo de distribución que los paquetes de datos. La principal función de RTCP es proporcionar una retroalimentación útil para mantener una calidad de distribución adecuada: los receptores de una sesión emplean RTCP para informar al emisor sobre la calidad de su recepción, incluyendo el número de paquetes perdidos, jitter (variación del retardo) y RTT (*Round Trip Time*, tiempo empleado por un paquete en realizar todo el circuito: llegar al receptor y volver de nuevo al emisor). El protocolo no está diseñado para soportar todas las necesidades de comunicación de una aplicación, solo las más básicas. Los paquetes RTCP se envían de modo que el tráfico en la red no aumente linealmente con el número de agentes participantes en la sesión, ajustando el intervalo de envío de acuerdo al tráfico.

1.7 Códecs de voz

Los códecs de voz son la parte más crítica de un sistema VoIP. Estos son algoritmos que convierten la señal de voz de entrada en forma digital, transmiten la señal al receptor y reconstruyen la señal de voz original para el oyente. La calidad de voz percibida por el usuario final depende en gran medida del rendimiento del códec en términos de la precisión en la reproducción de la voz en el extremo receptor. Para [4], el objetivo principal de la codificación de voz es minimizar la velocidad de bits en la representación digital de una señal sin una pérdida objetable de la calidad de la señal en el proceso.

De acuerdo a [25], los códecs están clasificados en tres categorías. Primeramente, códecs de banda estrecha que operan en señales de audio filtradas a un rango de frecuencia desde 300 a 3400 Hz y muestreados a 8 kHz, códecs de banda ancha que funcionan con señales de audio filtradas a un rango de frecuencia de 50 a 7000 Hz, y muestreadas a 16 kHz y los códecs multimodo que pueden funcionar en ambos.

1.7.1 Códecs de banda estrecha

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

- **G.711:** G.711 es un esquema de Modulación de Código de Pulso (PCM) que produce un valor de 8 bits cada 125 μ s, lo que resulta en un flujo de bits de 64 Kb/s. Cada dato de audio está codificado como ocho bits después de la escala logarítmica. Esta norma tiene dos formas, μ -Law (utilizado en América del Norte y Japón) y (utilizado en Europa y en el resto del mundo). Un codificador A-Law G.711 PCM convierte muestras PCM lineales de 13 bits de largo en 8 bits muestras comprimidas de PCM (forma logarítmica) y el decodificador hace la conversión a la inversa, mientras que un codificador μ -Law G.711 PCM convierte muestras PCM lineales de 14 bits en muestras PCM comprimidas de 8 bits.
- **G.723.1:** G.723.1 es un códec de voz de doble velocidad de la UIT-T, desarrollado originalmente para videoteléfonos que entregan video y voz a través de líneas telefónicas regulares (PSTN). Fue diseñado para las normas UIT-T H.323 y H.324 de audio y videoconferencia/telefonía para comprimir a la calidad de voz requerida. Puede operar a una velocidad de bits de 6,3 Kb/s (en tramas de 24 bytes) usando un algoritmo llamado *Multi Pulse-Maximum Likelihood Quantization* (MPC-MLQ) y a 5,3 Kb/s (en tramas de 20 bytes) usando el algoritmo *Algebraic Code Excited Linear Prediction* (ACELP). G.723.1 es útil para aplicaciones VoIP a través de enlaces con restricción de ancho de banda como las redes inalámbricas.
- **G.726:** G.726 es otro codificador desarrollado por la UIT-T. Este codificador opera a una velocidad de bits de 16, 24, 32 y 40 Kb/s y utiliza el esquema *Adaptive Differential PCM* (ADPCM) para la codificación. ADPCM conserva el ancho de banda midiendo la desviación de cada muestra de un punto predicho en lugar de cero. Esto permite el uso de menos número de bits para representar la escala PCM de 8 bits. Específicamente, este códec se recomienda para la conversión de un único canal PCM de 64 Kb/s de A-Law o μ -Law codificado a 8 kHz a un canal de 16, 24, 32 o 40 Kb/s.
- **G.728:** G.728 de la UIT-T es un códec de voz de bajo retardo para la codificación de señales de voz a 16 Kb/s utilizando código de bajo retardo de predicción lineal excitada (LD-CELP). Este es un códec de voz muy robusto, con muy buena calidad de voz, comparable a 32 Kb/s ADPCM.
- **G.729:** El códec G.729 permite rellenar más llamadas en limitado ancho de banda para utilizar la voz IP de maneras más rentables. El algoritmo básico de G.729 funciona a 8 Kb/s y está optimizado para representar el habla con alta calidad. Utiliza la *Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction Algorithm* (CS-ACELP) con tramas de 10 ms. G.729A es la próxima versión del G.729 y utiliza la mitad de instrucciones por segundo. Del códec G.729 existen variantes como el G.729B o el G.729D, donde se llega a comprimir aún

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

más (hasta 6,4 Kb/s) o comprimir menos para mayor calidad (11,8 Kb/s), el cual es el caso de G.729E.

1.7.2 Códecs de banda ancha y multimodo

- **G.722:** G.722 fue el primer códec de voz de banda ancha estandarizado por el UIT-T. Puede manejar señales de voz y audio de ancho de banda hasta 7 kHz, en comparación con 3,6 kHz en el caso de códecs de voz de banda. G.722 se basa en el principio de *Sub-Band – Adaptive Differential Pulse Code Modulation (SB-ADPCM)*. La señal se divide en dos sub-bandas y las muestras de ambas bandas se codifican mediante técnicas ADPCM. Una variante de este es G.722.1, el cual es un códec de audio estándar del UIT-T destinado a codificación de audio de baja tasa de bits inferior a 64 Kb/s, en concreto, 24 Kb/s o 32 Kb/s. El algoritmo se basa en *Modulated Lapped Transform (MLT)*, y opera en tramas de audio de 20 ms. Otra variante es el G.722.2, el cual es el primer códec que se adopta como norma para servicios inalámbricos y alámbricos. El códec admite nueve velocidades de bits diferentes para el flujo codificado: 6.60, 8.85, 12.65, 14.25, 15.85, 18.25, 19.85, 23.05 o 23.85 Kb/s. El esquema de codificación usado es ACELP.

- **Speex:** Speex es un formato de compresión de audio multimodo diseñado para voz, de Código Abierto/Software Libre y libre de patentes. Speex es muy adecuado para manejar VoIP, transmisión de audio por Internet, datos de archivo (como correo de voz) y audiolibros. Speex está diseñado principalmente para tres diferentes frecuencias de muestreo: 8, 16 y 32 kHz. Estos son respectivamente conocidos como banda estrecha, banda ancha y banda ultra ancha. Se basa en CELP y está diseñado para comprimir la voz a velocidades de bits que van desde 2.2 a 44 Kb/s. También es uno de los pocos códecs que pueden cambiar la tasa de bits dinámicamente, en cualquier momento.

1.8 Calidad de servicio (QoS)

Calidad de Servicio o *Quality of Service (QoS)* en inglés, es un conjunto de tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo determinado a uno o varios dispositivos. QoS se encarga de priorizar el ancho de banda disponible en función de las necesidades del usuario y basándose en una serie de criterios que clasifican el tráfico. Según [30], el objetivo de QoS en VoIP es siempre garantizar la priorización de los flujos de voz sobre el flujo de datos, que se rige por la premisa de mejor esfuerzo de IP y garantizar que su rendimiento no sea comprometido por la congestión del tráfico. Cuando se trata de

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

VoIP, [25] define las estrictas restricciones de QoS que deben cumplirse con el fin de proporcionar el mismo nivel de calidad que la PSTN. Tres son los principales indicadores de desempeño que caracterizan a la calidad de las comunicaciones de voz a través de Internet. Estos parámetros son el retardo, el jitter y la pérdida de paquetes.

1.8.1 Retardo

El retardo, latencia o *delay* en inglés es el tiempo que tarda un paquete en viajar de un punto a otro (unidireccional) en una red. Si el tráfico de la red está dentro de niveles aceptables, la conversación se desarrollará sin mayores contratiempos. Cuando la capacidad de la red se sobrecarga, la llamada mediante VoIP incurrirá en un retraso evidente en el audio. Según la Recomendación G-114 de la UIT [31] un límite aceptable para los usuarios sería mantener el retardo por debajo de los 150 ms, mientras que a partir de los 400 ms se hace imposible mantener una conversación. En la tabla 1.1 se reflejan los valores límites de retardo para una transmisión unidireccional en conexiones con eco controlado adecuado, provisto por la Recomendación G-114 de la UIT-T.

Tabla 1.1 Límites de retardo para una transmisión unidireccional de extremo a extremo de acuerdo a la Recomendación G-114 [31].

Retardos (ms)	Calidad
0-150	Aceptable para la mayoría de usuarios
150-400	Aceptable, pero con inconvenientes
400 y superior	Inaceptable

De acuerdo a [4, 25], el retardo es una cantidad aditiva. Todos los tipos de retardos incurridos en todos los componentes se suman. Algunas causas de retardo identificadas en una llamada VoIP son:

- **Retraso en la codificación:** Intervalo de tiempo necesario para codificar la señal de voz, que depende del códec de voz empleado.
- **Retraso en el empaquetamiento:** Intervalo necesario para empaquetar la secuencia de voz codificada.
- **Retraso de la red:** La suma de la transmisión y la propagación y retrasos en las colas.
- **Retraso de reproducción:** Retraso inducido por la reproducción búfer que reside en el lado del receptor, que es necesario para suavizar el jitter de retardo entre paquetes consecutivos.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE VOIP

- **Retardo de decodificación:** Intervalo de tiempo necesario para el reconocimiento estructurar la señal de voz.

1.8.2 Fluctuación de retardo (Jitter)

Para [25], la fluctuación de retardo o jitter es el resultado de la congestión de la red y las colas inadecuadas. En el lado del envío, las tramas de voz son transmitidas a una velocidad constante, mientras que, en el otro extremo, las tramas pueden recibirse a una velocidad desigual debido a que los retardos individuales de las tramas, en general, no son iguales. Sin embargo, para reconstruir el flujo de voz analógico inicial, los paquetes deben reproducirse a un ritmo constante. Si el jitter es demasiado grande, provoca que los paquetes retrasados se dejen de lado, lo que resulta en una brecha audible. Cuando se eliminan varios paquetes secuenciales, la voz se vuelve ininteligible.

El oído humano es altamente intolerante a las brechas de audio a corto plazo, por lo tanto, jitter debe mantenerse al mínimo. Idealmente, debería ser menos que 30 ms. Sin embargo, dependiendo del retardo que puede ser aceptado, tipo de códec de voz utilizado y el tamaño del paquete de voz, valores entre 30 y 75 ms también pueden ser aceptables [32].

1.8.3 Pérdida de paquetes

A diferencia de las redes telefónicas, donde para cada conversación se establece un vínculo “estable y seguro”, las redes de datos admiten la pérdida de paquetes. Los paquetes VoIP se pueden perder como resultado de una congestión de red o corrupción de datos. En los protocolos diseñados para tráfico de tiempo real generalmente no se recibe confirmaciones de recepción de paquetes, ya que, si el canal es suficientemente seguro, estas confirmaciones cargan inútilmente al mismo. En aplicaciones de voz y video, el audio es “encapsulado” en paquetes y enviado, sin confirmación de recepción de cada paquete. Si el porcentaje de pérdida es pequeño, la degradación de la voz también lo es. Los porcentajes de pérdida admisibles dependen de otros factores, como por ejemplo la demora de transmisión y el factor de compresión de la voz.

Existen técnicas para hacer menos sensible la degradación de calidad en la voz frente a la pérdida de paquetes. La más sencilla consiste en simplemente repetir el último paquete recibido. También cuentan como “perdidos” los paquetes que llegan a destiempo o fuera de orden.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS PBX Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE VOIP

1.9 Asterisk

Asterisk es un sistema de código abierto basado en software que utiliza un ordenador o PC para implementar una central telefónica. El programa permite que los usuarios conectados puedan utilizar sus servicios o realizar llamadas VoIP. Además, brinda todas las funcionalidades de una central de telefonía convencional [16].

Para [4], Asterisk es quizás el PBX- IP de más rápido crecimiento. Esta muestra una gran flexibilidad la cual proviene de su implementación basada en software. Mientras la plataforma más destacada para ejecutar Asterisk es Linux, se puede ejecutar en Windows, plataformas Mac OS X y FreeBSD también. Se pueden conectar diferentes tipos de dispositivos de telefonía heredados y nuevos a Asterisk. Los teléfonos analógicos comunes se pueden conectar directamente al equipo host que ejecuta Asterisk añadiendo tarjetas FXS/FXO para las que hay controladores disponibles. Asterisk soporta varios protocolos de comunicación, los cuales se incluyen IAX, H.323, SIP, MGCP, entre otros, y les permite a los usuarios escoger sus propios protocolos al servir como un servidor intermediario. También soporta un montón de códecs populares que permiten a los usuarios comunicarse con diversas tecnologías, entre ellas ADPCM, G.711 (A-Law & μ -Law), G.722 G.723.1, G.726, G.729, GSM, iLBC, Lineal, LPC-10 y Speex. Al igual que permite que diferentes usuarios usen diferentes protocolos, Asterisk también permite que diferentes usuarios se comuniquen a pesar de usar diferentes tipos de códec.

1.10 Conclusiones del capítulo

La telefonía ha evolucionado bastante desde su creación. Han surgido propuestas tecnológicas como las PBX-IP que ofrecen una opción más rentable económicamente a la telefonía tradicional. Con la instalación de PBX IP es posible acceder a una mayor cantidad de servicios y opciones para el usuario, haciendo uso de las redes IP ya existentes en una empresa y pudiendo hacer la función de pasarela con la PSTN. Aunque requiere una red IP en óptimas condiciones, la elección de un códec idóneo para las condiciones de red y la configuración de una política correcta de QoS puede garantizar un retardo de paquetes de datos menor de 150 ms y poder disfrutar de una conversación fluida y aceptable para los usuarios. Existen PBX-IP tales como Alcatel OmniPCX 4400, el cual cuenta con características idóneas para para realizar una telefonía rentable y segura. En el próximo capítulo se abordan aspectos básicos de este equipo.

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

2.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza una caracterización general del sistema de comunicaciones empresariales Alcatel OmniPCX 4400, en aras de lograr un conocimiento general de este sistema y las posibilidades que puede brindar como PBX-IP. Se analizan aspectos como las configuraciones que posee, sus características principales y las facilidades que brinda.

2.2 Sistema Alcatel OmniPCX 4400

El sistema Alcatel OmniPCX 4400 es un conmutador telefónico privado basado en una infraestructura de red de datos IP que provee soluciones que cubren las necesidades de comunicación de las empresas tales como, simplificar y mejorar las comunicaciones, bajar costos, mejorar la productividad, ideal para una gran variedad de lugares de trabajo desde trabajo en casa hasta grandes corporativos, esto gracias a su flexibilidad de adaptación a la forma de trabajo de cada organización.

El OmniPCX 4400 está diseñado para entregar soluciones integrando hardware y software en forma modular, esto permite tener un sistema que se adapta a las necesidades específicas de comunicación de cada empresa.

El sistema OmniPCX 4400 se basa en los protocolos SIP e IP, y al mismo tiempo admite enlaces RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) tradicionales que garantizan total flexibilidad. Incorpora potentes recursos de comunicaciones unificadas y colaboración entre los que se incluyen herramientas de escritorio, mensajería de voz y un sistema de respuesta de voz interactiva que, en combinación con una gama completa de terminales, accesorios y software para aplicaciones, garantiza que los sistemas logren cumplir los requerimientos de comunicación de una empresa para contribuir al aumento de los beneficios.

Consta de un sistema de gestión orientado a Cliente/Servidor basado en el Sistema Operativo Linux y licencia de software Enterprise R9.0 y actualización R12.4.

Permite operar en redes privadas IP, Frame Relay, ATM y RDSI a través de conexiones modulares, las cuales ofrecen también potentes capacidades de VoIP, permitiendo la

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

migración de la telefonía tradicional a la telefonía IP, proporcionando un nuevo nivel de servicios a los usuarios finales y aumentando la integración de las aplicaciones de voz y datos.

2.3 Características generales

El Alcatel OXE 4400 usa los protocolos G.711, G.723 y G.729 en las llamadas de voz que transitan en segmentos IP, emplea el protocolo IP en la encapsulación de los segmentos IP en los datagramas IP y las llamadas fax transitan en segmentos IP utilizando el protocolo propietario (para equipos Alcatel) o utilizando el protocolo T38 (para equipos que no son de Alcatel).

Los principales componentes de OmniPCX Enterprise son:

- Un *Call Server* (Servidor de Llamadas) que es el centro de control del sistema.
- Una o más (posiblemente ninguna) Media Gateways compatibles con equipos telefónicos estándar:
- Teléfonos con cable (UA, analógico).
- Conjuntos telefónicos IP (teléfonos IP, PC multimedia, terminales H323).
- Conjuntos móviles DECT o PWT.

Call Server es un programa que puede ejecutarse en los siguientes soportes:

- Servidor del dispositivo. El servidor del dispositivo se basa en un PC. Esta máquina es configurada y entregada por Alcatel.
- Tarjeta CS. Esta placa se instala en un rack S o L. Todas las conexiones con otros componentes se realizan a través de un enlace IP.
- Tarjeta de una CPU en un gabinete ACT.

Los Media Gateways consisten en equipos como un OmniPCX o varios ACT remotos que manejan equipamientos telefónicos ubicados en otro lugar, conectados al *Call Server*.

El Alcatel OXE 4400 también trabaja con aplicaciones externas como:

- Correo de voz 4645: La aplicación 4645 proporciona los servicios de correo de voz y operador automatizado y la función Ubiquity. Esta aplicación se puede instalar en el mismo procesador que el servidor de llamadas, o, operar en una máquina dedicada.
- OmniVista 4760: Cuando es compatible con un PC dedicado, esta aplicación permite gestionar una red PCX.
- OmniTouch Unified Communication: Es una suite de aplicaciones de comunicación unificada que agrupará, en su versión completa a: My Phone, My Messaging, My Assistant, My Teamwork.

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

- Servidor de directorios LDAP: Este servidor es utilizado por la aplicación "*Dial by name*" como una base de datos externa.

Los componentes hardware de la Alcatel OmniPCX 4400 pueden estar totalmente distribuidos según los requerimientos de la empresa, y en localizaciones remotas vía cualquier tipo de infraestructura, redes de telefonía pública, líneas digitales arrendadas o redes de datos IP, dando lugar un solo sistema virtual totalmente transparente.

En una configuración distribuida los diferentes servidores se comunican mediante el protocolo ABC (*Alcatel Business Communication*). Este protocolo trabaja con todo tipo de topologías e infraestructuras de transporte y se basa en cuatro módulos que ofrecen los siguientes servicios:

- **ABC-F** (Facilidades telefónicas): Proporciona transparencia para las facilidades telefónicas; casi todas las facilidades que dispone un sistema aislado están disponibles a lo largo de la red de Alcatel OmniPCX 4400.
- **ABC-A** (Aplicaciones): Ofrece aplicaciones de red mejoradas, así como soluciones centralizadas y distribuidas.
- **ABC-R** (*Routing*, Encaminamiento): El núcleo del protocolo de encaminamiento integrado, ABC-R, se basa en un mecanismo de encaminamiento adaptativo único que optimiza el tamaño de las uniones de red y aumenta la seguridad en conjunto. Este protocolo está diseñado para reducir costes mediante el uso de rutas más económicas, selección automática de ruta y optimización de caminos en las transferencias. Este protocolo brinda un alto grado de flexibilidad de red.
- **ABC-M** (*Management*, Gestión): Garantiza la consistencia de entre las bases de datos de todas las Alcatel OmniPCX 4400. Usa los mecanismos de difusión y auditoría para informar a toda la red de los cambios de configuración, y salvaguarda el sistema con alarmas centralizadas.

En los enlaces digitales privados para nodos Alcatel los protocolos de intercambio de señalización ABC-Fx (*Alcatel Business Communication Features*) y QSIG ofrecen los servicios del nivel de red, generalmente disponibles en las PBX privadas. Según los protocolos de enlace existen varios tipos de red que pueden ser implementados por los operadores. La red homogénea del protocolo ABC de los modelos OmniPCX 4400 y red heterogénea que se divide en dos tipos; la red heterogénea Alcatel (red ABC) que integra diferentes tipos de PBX Alcatel y la red heterogénea QSIG que integra diferentes tipos de Alcatel y PBX de otros fabricantes.

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

La red homogénea ABC OmniPCX 4400 proporciona varios servicios. El nivel de las facilidades disponibles es ABC-F2 y el plan de numeración es uniforme y único dentro de la red. Los suscriptores de un mismo nodo pueden utilizar la numeración corta local, además que en caso saturación o por la falta de enlaces lógicos las llamadas privadas pueden desbordarse a la red pública.

En una red heterogénea privada se pueden proponer dos tipos de protocolos según la PBX referida, ABC-Fx para PBX Alcatel y QSIG para diferentes tipos de PBX. La conexión de estos a la red se puede realizar a través de las tarjetas BRA2, PRA2, BPRA2 (enlaces digitales T0/T2). El protocolo ABC-Fx consta de 3 niveles los cuales presentan compatibilidad completa ascendente y la lista de servicios suplementarios es más o menos comprensiva según el nivel.

El protocolo QSIG se utiliza para administrar todos los tipos de tramas y para el intercambio de señalización transparente de una PBX de tránsito, además de desatender los servicios adicionales no apoyados. Este protocolo tiene varios tipos de servicios como son llamada básica, protocolo funcional genérico para el transporte transparente de la señalización y servicios suplementarios.

2.4 Estructura del equipamiento

La pizarra, clasificada de acuerdo a sus capacidades, está formada por uno o un conjunto de módulos nombrados ACT (*Alcatel Cristal Technology*) lográndose un mallado completo entre todas las tarjetas de un módulo y entre cada uno de ellos. Estos módulos contienen en su interior las tarjetas cuyos procedimientos están definidos para lograr la funcionalidad integral del sistema.

El ACT principal contiene la tarjeta CPU de control y su duplicado opcional como medida de seguridad, con conectividad nativa Ethernet TCP/IP. Se organizan en una estructura en forma de árbol, en la que cada ACT se enlaza al resto de los ACT periféricos mediante en un enlace síncrono multiplex por división en el tiempo (TDM, *Time Division Multiplex*) de 8 Mbits. Cada sección está dividida en ranuras o slots en los que se colocan las tarjetas. La ubicación de la CPU corresponde a un orden preestablecido por el fabricante, las demás tarjetas pueden ser ubicadas en cualquier posición.

Los gabinetes se clasifican, de acuerdo a su capacidad en:

- *Voice Hub Rack* 19", 4 ranuras: 1 CPU, 1 NDDI, 2 UA32 ó 1 UA32 y 1 Z24; fuente de alimentación integrada. Comprende todo el equipamiento para una OmniPCX Enterprise de capacidad restringida.

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

- Montaje en pared (WM1): 9 ranuras en un 1 ACT, fuente de alimentación integrada. La CPU en la ranura 1 ó 7 sin posibilidad de duplicación. Contiene todo el equipamiento necesario para implementar una OmniPCX Enterprise de pequeña capacidad.
- Gabinete M1: 10 ranuras: La CPU puede estar en la ranura 1 ó 7, si se conectan las dos es para duplicación.
- Gabinete M2: 1 ACT de 28 ranuras o 2 ACT de 14 ranuras combinables o remotas. La CPU en la posición 6 y 20. Si existe más de un ACT, uno puede ser configurado como el principal y los otros como periféricos. Contiene todo el equipamiento necesario para implementar una OmniPCX Enterprise de mediana capacidad.
- Gabinete M3: 2 ACT de 28 Ranuras o un ACT de 28 ranuras y dos ACT de 14 ranuras cada uno; teniendo un total de 56 ranuras; combinables o remotas. Un ACT puede ser configurado como el principal y los otros como periféricos. Contiene todo el equipamiento necesario para implementar una OmniPCX Enterprise de gran capacidad.
- Gabinetes S y L (*Small y Large*): Existen 2 modelos de rack en formato de 19" diseñados para ser montados en un gabinete de computadora o colocados en un estante. La única diferencia funcional entre estos 2 tipos de rack es la cantidad de placas que pueden contener. El gabinete S comprende 28 puertos como máximo, una ranura de control y dos ranuras de cualquier tipo. El gabinete L comprende 96 puertos a completa capacidad, una ranura de control, una ranura de cualquier tipo y siete ranuras específicas.

2.5 Módulos

De acuerdo a sus funciones, las tarjetas del sistema son agrupadas en:

- Tarjetas de control del sistema: CPU, IO2, CS-3 y GPA2.
- Tarjetas para la unión de ACT: INTOF, INT, RT2 y TNLO.
- Tarjetas de enlace con la Red Pública: NDDI, PCM, BRA, PRA y BPRA.
- Tarjetas para enlaces entre PBX: EMTL (analógicos) y PCM (digitales).
- Tarjetas para la unión de un ACT con una migración: IRC, SU y SU-VG.
- Tarjetas de extensiones: Z12, Z24, Z32 y eZ32 (analógicas), UA16, UA32 y eUA32 (digitales), INTIP2 (extensiones IP y SIP), DECT (terminales DECT inalámbricos).

2.5.1 Tarjetas de control

Tarjeta principal de control (CPU7): Es el corazón del sistema, procesa todas las aplicaciones del sistema (aplicaciones telefónicas, telemáticas y de correo de voz). Provee 4 puertos V24

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

o RS232, un enlace Ethernet y un puerto E0 de 10/100 Base T. Genera la señalización y los tonos del reloj para el sistema completo. Acepta las tarjetas hijas OBCA2 y VMU/OBCA2.

La tarjeta GPA2 (*General Purpose Auxiliary 2*) es una versión mejorada de la tarjeta GPA. Esta soporta tres aplicaciones principales:

- Procesamiento de voz:
 - o Guías de voz multi-lenguaje, que pueden ser descargados en un máximo de 4 idiomas y transmitidos simultáneamente en 60 canales:
 - 4 x 6 MB (4 x 12 min) guías de voz estáticas,
 - 7.5 MB (15 min) guías de voz dinámicas.
 - o Música en espera.
- Procesamiento (en la detección o la generación) de tonos y frecuencias DTMF usadas en las diferentes redes públicas o privadas:
 - o Q23, Q23x.
 - o DTO (CCD).
 - o 2100Hz
 - o R1/R2.
 - o VAD.
- Hasta tres conferencias simultáneas se pueden configurar, cada una con 30 participantes.

El módulo Call Server-3 (CS-3) posee: un procesador INTEL Atom SoC C2338, una memoria DDR3 y un disco SATA. Carece de tarjetas hijas opcionales. Ofrece, además, la posibilidad de actuar como Servidor de Comunicaciones (servicios telefónicos, conmutación de llamadas, aplicaciones de correo de voz) y la centralización de la administración y monitoreo de los elementos de red acompañantes como los teléfonos IP y los Media Gateway.

2.5.2 Tarjetas para la unión de ACT

La tarjeta INTOF enlaza el ACT principal con el ACT periférico mediante fibra óptica. Se utiliza para largas distancias, es necesaria una tarjeta por cada ACT existente. La fibra puede ser monomodo (alcance máximo 12 Km) o multimodo (alcance máximo 4 Km). Si se duplica el enlace hay mayor tráfico y seguridad. Existen otras tarjetas como las INT, RT2, TNLO que son configurables según la cantidad de ACT y el tráfico manejado.

2.5.3 Tarjetas de enlace con la Red Pública

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

La placa LS/GS, también llamada placa NDDI2, es una placa analógica que permite conectar el PBX a la mayoría de las redes públicas. Además, esta placa permite conectar el PBX a un sistema que busca personas de acuerdo con el estándar ESPA. La placa NDDI2 puede conectar hasta ocho líneas analógicas de 2 hilos. Las líneas 1 a 4 se procesan en la placa madre y las líneas 5 a 8 se procesan en la placa hija QATI.

La placa PCM2 (*Pulse Code Modulation*) se utiliza para conectar el sistema al intercambio público o privado a través de un enlace PCM (señalización canal por canal). La placa realiza la detección de señales de tono y Q23 (DTMF) y R2 utilizando un detector de procesamiento de señales. En algunas configuraciones, se equipan dos módulos de detección.

La placa BRA2 (*Basic Rate Access*) o BRA2-1 controla 8 interfaces T0/S0. Cada interfaz se puede configurar mediante gestión en modo T0 (acceso a la RDSI en (2B + D) o modo S0 (conexión de terminales en 2B + D).

La placa PRA7 (*Primary Rate Access SS7*) es una evolución de la placa PRA2 utilizada para conectar el sistema, a través de un acceso primario (G703), a una red pública en cumplimiento del Sistema de Señalización número 7 (SS7).

La placa BPRA2 (*Basic/Primary Rate Access*) se utiliza para conectar el sistema a la red a través de un acceso primario (T2). Además, la placa BPRA2 se utiliza para conectar 3 accesos básicos que se pueden configurar en gestión en modo T0 (acceso a la RDSI) o modo S0.

2.5.4 Tarjetas de extensiones

Las tarjetas de líneas digitales como las UA16 y UA32, el número indica la cantidad de terminales que se pueden conectar a la tarjeta. Los equipos pueden alcanzar una distancia de 450 m u 800 m para el calibre de alambre 25 y 23 respectivamente. Además, se le pueden conectar terminales adaptadores y alcanzar hasta 3,5 Km entre la placa y el equipo. La versión eUA32 tiene básicamente las mismas características de la UA32, pero, mientras que esta requiere una licencia específica, la placa eUA32, menos costosa, no requiere ninguna, pero todos los conjuntos adjuntos a ella deben tener una licencia.

Las tarjetas de líneas analógicas como las Z12, Z24 y Z32 son tarjetas de 12, 24 y 32 terminales telefónicos respectivamente. En ellas la señal analógica es digitalizada y codificada en 8 bits, que puede procesar 4 canales simultáneamente. Presentan 4 generadores de tono y 4 receptores Q23. La versión eZ32 tiene las mismas características básicas que la Z32, pero, mientras que esta requiere una licencia específica, la placa eZ32,

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

menos costosa, no requiere ninguna, pero todos los conjuntos adjuntos a ella deben tener una licencia.

La tarjeta de telefonía inalámbrica DECT8 permite la conexión de hasta 8 estaciones base DECT RBS utilizando transmisión HDB3 a 1.152 Mb/s, permitiendo la telefonía móvil hasta el alcance de las antenas.

La placa INT-IP3 (*INTerconnecting on IP network*) le brinda a la OXE 4400 acceso integrado a la red IP. Esta permite el acceso a teléfonos IP, acceso a la multimedia de las PCs. grupos troncales y enlaces lógicos VoIP y enlaces Inter-ACT sobre IP. Las tarjetas INT-IP3 implementan: compresión/descompresión de voz y ensamble/desensamble de paquetes IP. La función de compresión se realiza en los *Digital Signal Processor* (DSP) localizados en las tarjetas hijas. Estas pueden ser de uno de los siguientes tipos:

- GIP6: 4-DSP (28-canales) versión completamente equipada.
- GIP6A: 1-DSP (7-canales) versión parcialmente equipada.
- GIP4-4: 4-DSP (30-canales) versión completamente equipada.
- GIP4-1: 1-DSP (8-canales) versión parcialmente equipada.

Las tarjetas madre soportan 1 o 2 hijas, ambas deben ser del mismo tipo.

La placa INT-IP3 provee una interfaz 10BaseT/100BaseTX. Existen 3 modos de funcionamiento posibles cuando se selecciona la interfaz 10BaseT/100BaseTX: modo de negociación automática, forzado semidúplex y forzado dúplex completo.

2.6 Tipos de configuración del OXE 4400

- Configuración de red PCX

Múltiples PBX de la serie OmniPCX Enterprise pueden conectarse juntos en una configuración de red PCX. Un Alcatel OXE 4400 sirve como ACT principal, y los otros servidores conectados a la ACT principal sirven como ACT periféricos. Las unidades periféricas reciben las configuraciones y las instrucciones de operación de la unidad principal. Con esta configuración, es fácil realizar cambios en toda la red llevando a cabo la programación en solo un PBX. Toda esta configuración trabaja con una sola CPU. El ACT que tiene la CPU es el ACT principal, el resto son ACT periféricos.

Este es un sistema de comunicaciones de voz de empresa diseñado, desde el comienzo, para funcionar como un nodo de la red, por lo que es posible interconectar hasta 90 ACT periféricos.

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

Para garantizar la supervivencia de la red, esta puede ser configurada para en caso de que la unidad maestra falle o se desconecte de la red, la operación de la red continúe. En el modo Unidad Principal de respaldo, se puede designar a una unidad periférica como respaldo de la principal. Si la unidad de respaldo detecta un fallo de la principal, automáticamente entrará en modo de respaldo y realizará las funciones de la unidad maestra. Si no hay ninguna unidad designada como respaldo o si la unidad de respaldo se desconecta, las unidades periféricas operarán en modo Aislado si están configurados para hacerlo. En el modo Aislado, cada servidor proveerá servicios a las extensiones registradas en ellos y a las líneas troncales que tengan conectadas.

- **Unidad principal:** Es el servidor central de una red PCX. Todos los servidores de la red pueden programarse iniciando sesión en el ACT principal a través de la consola de mantenimiento de la red. Tanto la configuración global como la local de la red puede ser programada en una sola sesión. Si el ACT principal es puesto fuera de servicio por mantenimiento o debido a problemas, la red de ACT no puede ser usada hasta que la unidad maestra sea puesta en servicio.
- **Unidad periférica:** Las unidades periféricas reciben la información de programación de la unidad principal para todas las funciones del sistema, como la información de extensión y el manejo de llamada. Cada unidad también contiene datos locales de la configuración de programación, aunque estos datos locales siguen siendo especificados por la unidad principal. Los únicos datos de configuración que pueden ser especificados usando una unidad periférica son los datos de conexión. Si una unidad periférica es puesta fuera de servicio, sus recursos no pueden ser usados hasta que vuelva a la normalidad, aunque la red siga en funcionamiento.

- Configuración de red independiente

Un Alcatel OXE 4400 puede ser usado como una unidad independiente, sin conectarse a otros servidores en la red PCX. La programación de su configuración se realiza todavía a través de la consola de mantenimiento de la red del servidor. Una unidad OXE 4400, incluyendo al ACT principal de una red, puede conectarse a otros PBX usando estándares como QSIG y ABC-F.

2.7 Conclusiones del capítulo

El sistema Alcatel OXE 4400 presenta características de gran utilidad para las empresas o instituciones que necesiten instalar un sistema telefónico privado. Según sean las

CAPÍTULO 2. SISTEMA ALCATEL OXE 4400

necesidades de la empresa, se puede diseñar una red PCX enlazando diferentes Media Gateways, ya sea del propio Alcatel u otra marca, e interconectar diferentes ubicaciones, proveyendo servicios telefónicos. Esta PBX brinda la posibilidad de instalar un número considerable de teléfonos IP, dependiendo solo del equipamiento usado. Cuenta, además, con módulos como el PCM y el EMTL, para dar capacidad troncal digital y analógica al sistema con otras centrales telefónicas. Se le puede incorporar una variedad de tarjetas como NDDI, PCM o BPRA para lograr una conexión con la PSTN, o los módulos eUA y eZ para dar servicio a teléfonos digitales y analógicos.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS DEPENDENCIAS

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS DEPENDENCIAS

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza un análisis de la situación en la que se encuentra la red telefónica y de datos de la Empresa Eléctrica Cienfuegos y a partir de ella se hace una propuesta para la implementación del Alcatel OXE 4400 en la red de dicha institución. Esta propuesta ofrece una mejora considerable en la capacidad telefónica de la empresa e introduce la capacidad VoIP, abriendo un abanico de nuevos servicios y facilidades para los nuevos usuarios.

3.2 Situación actual de la red telefónica y de datos

El estado actual de la telefonía en la Empresa Eléctrica de Cienfuegos se encuentra muy atrasado, dependiendo solo de tecnología analógica. Solo en el edificio central hay una pizarra telefónica instalada, que en la actualidad se encuentra fuera de servicio debido a una descarga atmosférica ocurrida en noviembre de 2019 y que por diferentes causas no se ha podido reparar o sustituir por otra. Al no existir ningún otro tipo de enlace entre el edificio central y el resto de las dependencias municipales, la comunicación entre estos se realiza vía PSTN, teniendo que arrendar las líneas e incurrir en pérdidas económicas. Existen alrededor de 12 troncos analógicos conectados a la red PSTN y unas 119 extensiones en la OBE Provincial, y uno o dos teléfonos por departamento en los municipios.

En cuanto a la red de datos, en la figura 3.1 se muestra el diagrama general de red de la Empresa Eléctrica Cienfuegos. Entre los servidores del edificio central la velocidad de conexión alcanza el 1 Gb/s y en casi toda la red corporativa y tecnológica la velocidad es 100 Mb/s, a excepción de algunas PC que están a 1 Gb/s.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS DEPENDENCIAS

DIAGRAMA GENERAL DE RED
OBE PROVINCIAL CIENFUEGOS

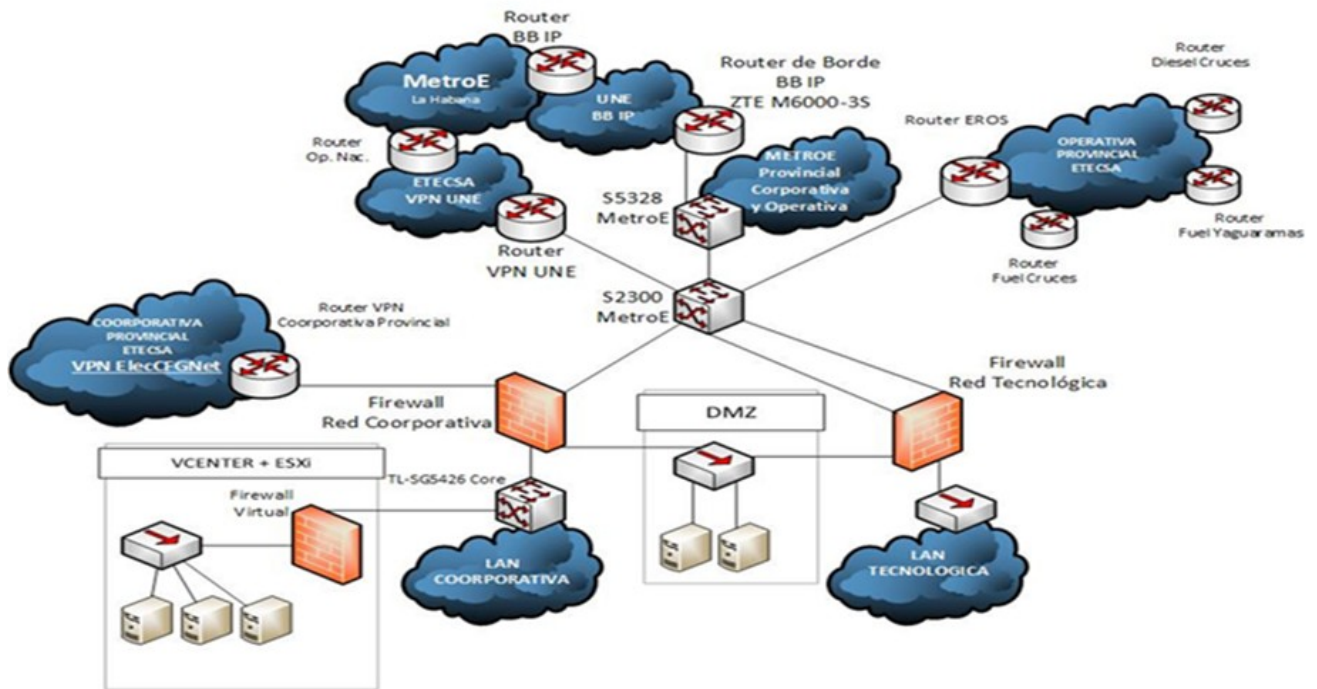


Figura 3.1 Diagrama general de la red de la Empresa Eléctrica Cienfuegos. [Elaboración propia]

En la figura 3.2 se muestra un diagrama de red de una UBEM Municipal, el cual se asemeja a las demás entidades, solo difiere en la cantidad de PC conectadas a la red.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS DEPENDENCIAS

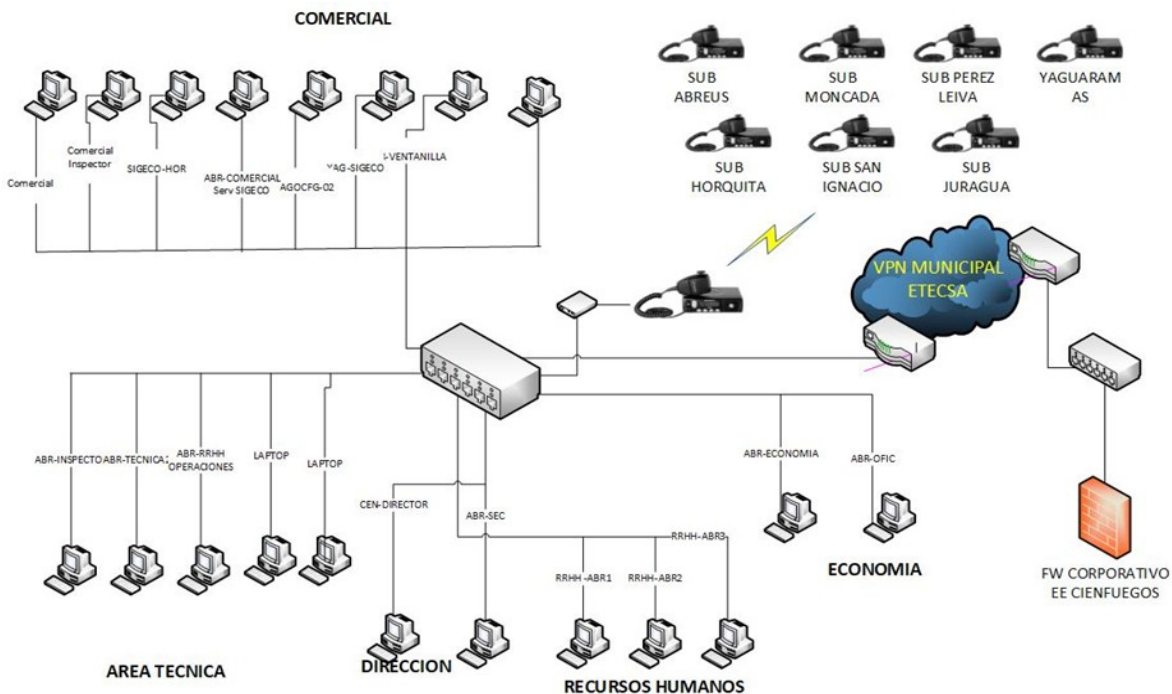


Figura 3.2 Diagrama de red de una UBEM Municipal. [Elaboración propia]

La conexión en los municipios es más deficiente ya que actualmente se encuentra a 512 Kb/s de velocidad con ETECSA, excepto el *router* del edificio provincial que se conecta con ETECSA que está a 2 Mb/s.

3.3 Propuesta de implementación

La Empresa Eléctrica Cienfuegos se ha trazado el objetivo de instalar una pizarra Alcatel OXE 4400 que les permita hacer el enlace con todas las entidades que tiene la empresa en la provincia, para lo cual se destinará una Vlan (Vlan 2002) en su red de datos con alcance provincial. La pizarra también debe permitir la realización de tele y videoconferencias con los municipios.

3.3.1 OBE Provincial

Para completar este objetivo se rediseñó el esquema de la red de la sede central de la OBE Provincial. En la figura 3.3 se muestra el esquema de esta nueva propuesta.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS DEPENDENCIAS

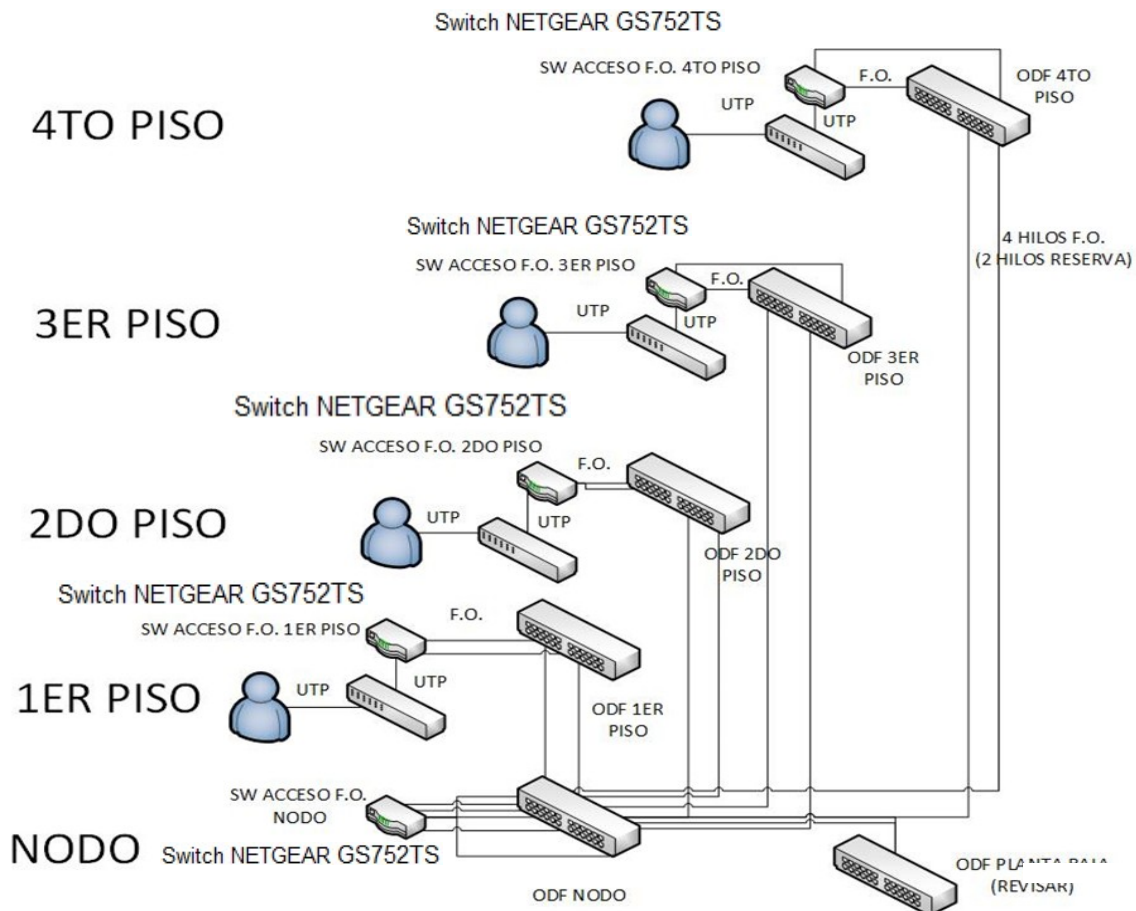


Figura 3.3 Esquema de red a implementar en la OBE Provincial. [Elaboración propia]

En cada piso se conectará al distribuidor de fibra óptica (ODF) un equipo que pueda transmitir y recibir señales ópticas, dichos equipos constituirán el *backbone* de la red en el edificio. Para esto se cuenta con el Smart Switch NETGEAR GS752TS, el cual posee las características necesarias para establecer una conexión estable y de alta velocidad. Este equipo es multicapa dado que puede trabajar como capa 2 o capa 3 según sea configurado, posee 48 puertos 10/100/1000 Base-T, 6 puertos SFP 1000 Base-X, de los cuales dos son puertos Combo que soportan puertos de cobre RJ-45 de 10/100/1000 Mb/s o módulos ópticos de 1G/100M, dos puertos SFP que soportan módulos ópticos de 1 Gb/s y dos puertos SFP que soportan módulos ópticos de 1 Gb/s de subida o 2.5 Gb/s si es puesto en pila con otros conmutadores.

Entre otras características importantes a señalar están que permite la creación de redes virtuales (VLAN) para el desarrollo de la VoIP y hace posible la aplicación de políticas de QoS.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS

DEPENDENCIAS

Estos conmutadores, estarán configurados como capa 3 para llevar a cabo las funciones de *routing* en la red y para transportar los datos y la voz se le aplicarán políticas de QoS, tanto a ellos como a los demás conmutadores de la red. Como ya se mencionó anteriormente, estarán conectados al ODF de cada piso a través de la interfaz de fibra óptica AGM732F, la cual es compatible con la especificación IEEE 802.3Z (1000Base-LX). Al ODF le provee conexión de fibra óptica de la red MetroE el conmutador S5328, con un 1 Gb/s de ancho de banda.

La pizarra telefónica Alcatel OXE 4400 estará ubicada en el cuarto de comunicaciones del cuarto piso, en un armario M3 con dos consolas *Crystal* de 28 ranuras, haciendo un total de 56 y se conectará a la red a través del conmutador S2300, con un enlace 100 Mb/s proporcionado por la tarjeta principal de control CPU7 el cual tiene una interfaz Ethernet externa 10/100 Base T. Para mayor confiabilidad y seguridad en las comunicaciones, se aprovechará la opción de doble ranura de CPU que ofrece el armario M3, en las ranuras 6 y 10, permitiendo la posibilidad de tener una CPU de respaldo en caso de existir problemas con la otra, y evitando una interrupción en las comunicaciones, vitales para el funcionamiento de la empresa. Para la conexión con ETECSA se solicitaron 30 troncos analógicos, 20 troncos digitales, 300 extensiones analógicas y 200 extensiones digitales, las cuales son para la provincia entera. Los troncos digitales se conectarán a la red PSTN de ETECSA a través del módulo PCM2, el cual tiene una capacidad de 30 canales digitales de voz y 2 canales dedicados y los troncos analógicos se enlazarán a través de 4 tarjetas NDDI2 que soportan 8 enlaces analógicos para un total de 32, dejando libre 2 enlaces. También se configurará un CS-3 para la mensajería vocal y se instalará el módulo GPA2 para el procesamiento de voz, dentro del cual entran las guías de voz de diferentes idiomas y música en espera, además del procesamiento de tonos y de frecuencias DTMF usados en las diferentes redes y la posibilidad de configuración de 3 conferencias simultáneas de hasta 30 participantes. La PBX Alcatel OXE 4400 presenta, además, una tarjeta INT-IP3 que en conjunto con las tarjetas hijas Armada tienen la capacidad de manejo de hasta 60 troncos lógicos IP. Esta tarjeta INT-IP3 será la encargada de realizar los procesos de encapsulado y des-encapsulado IP, así como de la conversión AD y DA de la voz y la compresión y descompresión de esta mediante el códec seleccionado. La voz sobre IP es extraída, descomprimida y convertida internamente en la tarjeta, para después ser tratada como señal analógica y alcanzar finalmente su destino mediante la tradicional conmutación de circuitos. El proceso se repite a la inversa para llamadas salientes.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS

DEPENDENCIAS

En cuanto a los terminales, se adquirirán alrededor de 50 teléfonos IP de los modelos Premium Alcatel-Lucent 8028, 8038 y 8068 de la serie 8, los cuales ofrecen una excelente experiencia IP y conversaciones confortables con una excelente calidad de audio de banda ancha que se asignarán para aquellos puestos donde la operatividad se considera un factor clave e imprescindible para el establecimiento rápido de las llamadas y se instalarán, además, softphones en cada puesto de trabajo. Se utilizará el protocolo de señalización SIP que es el que soportan los modelos de teléfono adquiridos

Al haber alrededor de 110 PCs con sus respectivos softphones y 50 teléfonos IP en el edificio, se tendría un total de 160 elementos que usan la red IP. Si se dieran 160 conversaciones simultáneamente, cada teléfono debe consumir un ancho de banda de aproximadamente 100 Kbps a una razón nominal de paquete de 20 ms y utilizando el códec de compresión G.711, teniendo un consumo máximo de ancho de banda de 16 Mb/s de 1 Gb/s del que dispone el enlace.

De las 119 extensiones en el edificio, 50 son de teléfonos analógicos y las 69 restantes de teléfonos digitales, para su conexión a la pizarra telefónica se configurarán dos módulos eZ32 para los terminales analógicos y tres módulos eUA32 para los terminales digitales.

3.3.2 Dependencias Municipales

En los municipios con la velocidad actual que tienen no sería factible realizar llamadas VoIP y mucho menos las videoconferencias que se exigen. Por eso es necesario contratar una nueva velocidad de transferencia para cumplir los requisitos mínimos para poder usar el servicio de videoconferencia que es lo que más carga representaría para la red. Según [33], para realizar una videollamada de buena calidad sin cortes ni interrupciones lo mínimo necesario de 20 participantes, que es el máximo requerido, serían necesarios 2.4 Mb/s de bajada y 1 Mb/s de subida, mientras que para el servidor serían necesarios 20 Mb/s de entrada y 48.3 Mb/s de salida. Se necesitaría contratar una velocidad mínima de 100 Mb/s para satisfacer las necesidades de las dependencias municipales.

Para poder implementar el servicio de VoIP en estos sitios, se hace indispensable tener instalado y configurado un servidor Asterisk, que es un software de motor de telefonía de código abierto muy popular. En sistemas de alta capacidad, pueden ocurrir defectos en el rendimiento, los cuales se reflejan en problemas como la calidad del audio hacia los usuarios. También un incremento de carga en el sistema, dificulta la tarea de mantener las conexiones. Debido a esto se hace prioritario tener acceso al procesador y buses del

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE RED PARA LA OBE PROVINCIAL Y SUS

DEPENDENCIAS

sistema; ya que, en caso de no ser así, Asterisk puede ejecutarse mostrando un bajo rendimiento en sistemas no relacionados con tareas de procesos dedicados.

Por razones como estas, en requerimientos de hardware, Asterisk necesita un sistema similar al de aplicaciones en tiempo real que cumpla los requisitos de hardware, por lo que se instalará en un servidor DELL con un procesador: 2.5 GHz Intel Xeon™, Memoria cache: 1 Mb, Memoria RAM: 2 Gb DDR2, FSB 800 MHz y disco duro Seagate de 60 Gb y con una conexión de 100 Base-T a la red de datos, ubicada en cada dependencia municipal.

Se configurarán también softphones en las estaciones de trabajo y se instalarán 10 de los teléfonos IP adquiridos de los modelos Premium Alcatel-Lucent 8028, 8038 y 8068 de la serie 8 en aquellos lugares donde sea imprescindible el rápido establecimiento de la llamada. Estos se comunicarán con el servidor Asterisk a través de la red IP usando el protocolo de señalización SIP.

3.4 Conclusiones del capítulo

La propuesta realizada permite la posibilidad de tener una red IP para voz y datos en la OBE Provincial de Cienfuegos y sus dependencias municipales. Al crear una Vlan independiente para la voz, aplicando políticas de QoS a la hora de enrutar los paquetes y escogiendo los códecs que trabajen de acuerdo a las condiciones de red, se aprovecha el ancho de banda disponible que es un recurso escaso en ciertos lugares y a la vez que deja un margen para también transmitir datos.

Se aprovecha el uso de plataformas digitales basadas en código abierto tales como Asterisk que sustituyen las PBX convencionales y que constituyen una opción rentable a tener en cuenta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A partir de la realización de las tareas técnicas y el cumplimiento de los objetivos específicos de la presente investigación concluimos que:

- La telefonía a través de internet empieza a ser una realidad en muchas empresas por la rápida amortización y el ahorro de costes que proporciona. La Voz sobre IP está en auge, y aunque todavía no sobrepasa en calidad de voz a la telefonía tradicional, supera con creces en cuanto a nuevos servicios y posibilidad de expansión.
- El empleo del sistema Alcatel OXE 4400 en la Empresa Eléctrica de Cienfuegos, traerá consigo grandes beneficios, sobre todo en lo que a eficiencia en el uso del ancho de banda de la red se refiere. La introducción de las PBX-IP con sus nuevas funcionalidades y servicios, demuestra sin lugar a dudas, que esta tecnología está llamada a formar parte de la implementación de la red única de voz y datos que pueda enlazar a toda la provincia
- El sistema Alcatel OXE 4400 posee tecnología VoIP, que en conjunto con las conexiones modulares que permiten su enlace a la PSTN permite la migración gradual de la telefonía tradicional hacia telefonía IP.
- La propuesta de red elaborada emplea recursos que se encuentran al alcance de las instituciones encargadas de realizar su implementación real y de valorar la factibilidad de migración hacia esta tecnología.

Recomendaciones

Una vez concluido este trabajo se proponen las siguientes recomendaciones:

- Implementar políticas de QoS en la red al unir los paquetes de voz con los de datos para tratar de evitar deterioro de la calidad de la voz.
- Implementar un sistema de protección contra rayos, tanto interno como externo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Martín Pérez, "Propuesta de aplicación del Controlador 3300 MXe en la Delegación del MININT en Villa Clara," Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas, 2010.
- [2] J. S. Leal Goya, "Análisis de factibilidad del uso de una central de llamadas PBX IP en la Empresa CG Medical para la mejora del sistema interno y externo de comunicación," Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de ..., 2017.
- [3] P. Gallegos Astudillo, "Investigación e implementación de voz sobre IP," Universidad del Azuay, 2003.
- [4] S. G. S. Bhatnagar, *VoIP: Wireless, P2P and New Enterprise Voice over IP*. Wiley, 2008.
- [5] C. M. Esquivel, "Inbound para enlaces PSTN con VoIP," 2005.
- [6] A. J. C. C. EscuderoPascual, Diciembre, "VoIP para el desarrollo," 2006.
- [7] J. Kasson, "Survey of Digital PBX Design," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 27, pp. 1118-1124, Jul 1979.
- [8] J. G. Nellist, "Private Branch Exchange," in *Understanding Telecommunications and Lightwave Systems: An Entry-Level Guide*, Third Edition ed. IEEE, 2002.
- [9] M. A. Khan and K. M. Shahriar, "ASTERISK Based Open Source IP-PBX System for Accountable Customer Support Service," in *2015 3rd International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI)*, 2015, pp. 85-88: IEEE.
- [10] D. Castillo Núñez, "Evaluación de la central telefónica Sopho IPC 100," Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas, 2008.
- [11] C. M. Gainza. (2008, 09/09/2021). *Voz sobre protocolos IP [website]*. Disponible en: https://docuri.com/download/n4voip_59a8d495f581719e12acfd90.pdf.
- [12] J. T. J. Penttinen, "Protocols," in *The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems*. Wiley, 2013.
- [13] T. Janevski, "Internet Fundamentals by IETF," 2014.
- [14] J. B. FLORES POSLIGUA, J. A. TORO MENDOZA, and E. J. VILLEGAS ZAMBRANO, "ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA PBX IP QUE PERMITA LA COMUNICACIÓN INTERNA DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO Y DOCENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS INFORMÁTICAS," 2016.
- [15] T. Wallingford, *Switching to VOIP*. " O'Reilly Media, Inc.", 2005.
- [16] S. G. Vega, "Asterisk-The Open Source PBX," 2008.
- [17] J. C. C. Muñoz and Á. R. J. T. E. Gallón, "Telefonía IP," 2005.
- [18] M. A. Martínez Cadena, "Diseño del Sistema de telefonía IP bajo una plataforma de software libre para la industria FLORALP SA de la ciudad de Ibarra," 2015.
- [19] C. E. Aguilar Samaniego, "Implementación de una central telefónica PBX basada en ASTERISK," Universidad del Azuay, 2011.
- [20] J. Masapanta Navarro, "Implementación de una central PBX IP en la empresa EcuadorianPipe Cia. Ltda. basada en plataforma de software libre," QUITO/EPN/2013, 2013.
- [21] G. A. J. I. c. M. Thom, "H. 323: the multimedia communications standard for local area networks," vol. 34, no. 12, pp. 52-56, 1996.
- [22] J. I. Moreno Novella, I. Soto Campos, and D. Larrabeiti López, "Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP," 2001.
- [23] J. Rosenberg *et al.*, "RFC3261: SIP: session initiation protocol," ed: RFC Editor, 2002.
- [24] W. A. Flanagan, "VoIP Signaling and Call Processing," in *VoIP and Unified Communications: Internet Telephony and the Future Voice Network* John Wiley & Sons, 2012.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [25] S. Karapantazis and F.-N. J. C. N. Pavlidou, "VoIP: A comprehensive survey on a promising technology," vol. 53, no. 12, pp. 2050-2090, 2009.
- [26] H. W. Barz and G. A. Bassett, "Other Standard VoIP Protocols " in *Multimedia Networks: Protocols, Design and Applications*: Wiley, 2016, pp. pp.183-212.
- [27] F. Andreassen and B. Foster, "Media gateway control protocol (MGCP) version 1.0," RFC 3435, January 2003.
- [28] T. J. I. C. M. Taylor, "Megaco/H. 248: a new standard for media gateway control," vol. 38, no. 10, pp. 124-132, 2000.
- [29] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RFC3550: RTP: A transport protocol for real-time applications," ed: RFC Editor, 2003.
- [30] C. R. Johnson, Y. Kogan, Y. Levy, F. Saheban, and P. J. I. C. M. Tarapore, "VoIP reliability: a service provider's perspective," vol. 42, no. 7, pp. 48-54, 2004.
- [31] I. J. O.-W. T. T. ITU-T, Standard G, "Recommendation g. 114," vol. 114, p. 84, 2003.
- [32] T. NN, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON General Aspects of Quality of Service (QoS))," 2002.
- [33] (2020, 16/11/2021). *Requerimientos de ancho de banda para una videoconferencia [website]*. Disponible en: <https://trueconf.com/es/soporte/canales-de-comunicacion.html>.