

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE TELEFONÍA SOBRE
IP EN REDES DE DATOS UNIVERSITARIAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIONES

PRESENTA

FERNANDO MÁRQUEZ MIRANDA



MÉXICO, D. F.

Abril 2003

A G R A D E C I M I E N T O S

Mis más sinceros y profundos agradecimientos:

A mis padres Sr. Gilberto Márquez Salinas y Sra. Celerina Miranda de Márquez por su esfuerzo, apoyo y cariño a lo largo de muchos años.

Al Dr. Vladislav Kravchenko por su enseñanza, consejos y su constante apoyo en mi formación académica. Así como todos los profesores que me impartieron cátedra durante estos dos años, Dr. Vladislav Kazakov, Dr. Jorge Sosa Pedrosa, Mtro. Marco Acevedo M. y Mtro. Miguel Sánchez M.

Al Dr. Ramón Parra Loera por la dirección de la presente tesis, así como por haberme dado la oportunidad de realizarme en ámbito profesional.

Al Dr. Jorge Montoya Tena por la y Co-Dirección de este trabajo, así como su apoyo y enseñanzas.

Al Ing. Gustavo Balderas R. por aceptarme en la Dirección de Servicios Informáticos de la Universidad Veracruzana (UV) en el área de Telecomunicaciones dándome las facilidades y motivación para desarrollar este trabajo.

Al Mtro. Javier Cano Delgado por su amistad, conocimientos, apoyo y motivación, además por la revisión de este trabajo y sus valiosos comentarios y sugerencias.

A la Dirección de Extensión de Infraestructura Tecnológica de la UV a cargo de Mtra. Patsy Sánchez Flores por su apoyo y facilidades para participar en el proyecto de Telefonía IP en la Universidad Veracruzana.

Finalmente, y no por ello menos importante a Mara mi esposa, por su constante motivación y apoyo incondicional para llevar acabo este objetivo que comparto con ella.

Índice

Relación de cuadros y graficas	06
Resumen/ Abstract	09
Introducción	12
Antecedentes	13
Justificación	14
Objetivo	15
Capítulo I Redes de datos.	
1.1 Redes Ethernet.	16
1.1.1 Aspectos históricos.	16
1.1.2 Tipos de Ethernet.	16
1.2 Modelos de referencia.	19
1.2.1 Modelo OSI.	19
1.2.2 Modelo TCP/IP.	21
Capítulo II Redes de Voz y Telefonía sobre IP.	
2.1 Antecedentes históricos de la telefonía.	32
2.1.1 Evolución de la telefonía.	32
2.2 Sistema de conmutación telefónica.	35
2.2.1 Redes de conmutación.	36
2.2.2 Transmisión de voz mediante paquete	38
2.3 Descripción de Voz sobre IP.	44
2.3.1 Protocolos y estándares.	45
2.3.2 Ventajas de la tecnología de voz sobre IP.	50
2.3.3 Diferencias y Similitudes Voz sobre IP y Telefonía sobre IP.	51
2.4 Descripción de la telefonía sobre IP.	53
2.4.1 Cómo opera la telefonía sobre IP.	54
2.4.2 Comparación entre telefonía tradicional y telefonía sobre IP.	55
2.5 La Telefonía IP en México.	58
2.6 Futuro de la telefonía IP	59
2.7 Factores que influyen en la implementación de telefonía IP	62
2.7.1 Requerimientos de una red de datos para soportar telefonía sobre IP.	63
2.7.2 Priorización del tráfico de voz.	67
Capítulo III Servicios de integración de la telefonía y datos.	
3.1 Introducción.	69
3.2 Integración de voz y datos.	71
3.2.1 Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI)	71

3.2.2	Modo de Transmisión Asíncrona (ATM).	76
3.2.3	Frame Relay	84
Capítulo IV Análisis para el diseño de una red de telefonía IP.		
4.1	Introducción.	89
4.2	Infraestructura de la red de datos y de telefonía	90
4.2.1	Antecedentes	90
4.2.2	Situación actual de la red de datos	91
4.2.3	Equipos de la red de datos	96
4.3	Red telefónica de la Universidad Veracruzana.	98
4.3.1	Requerimientos de telefonía en las regiones.	99
4.4	Planteamiento del problema de telefonía.	99
4.4.1	Posibles soluciones.	100
4.4.2	Beneficios	101
4.5	Análisis de los parámetros que afectan la transmisión de voz en la red de datos.	102
4.5.1	Ancho de banda en nodos principales de red.	102
4.5.2	Características de la red de datos.	105
4.5.3	Calidad de servicio en los equipos de red de datos.	106
Capítulo V Diseño de la red de telefonía IP en redes de datos.		
5.1	Introducción	107
5.2	Alternativa de solución	107
5.3	Equipos en el mercado de telefonía sobre IP.	108
5.3.1	Análisis comparativo entre diferentes proveedores	111
5.4	Diseño de la arquitectura de red de la telefonía sobre IP.	114
5.4.1	Requerimientos para la instalación.	115
5.5	Instalación y programación de los equipos.	115
5.5.1	Instalación,	115
5.5.2	Programación.	117
5.6	Políticas.	121
5.7	Plan de numeración.	121
Capítulo VI Pruebas e implementación.		
6.1	Implementación del equipo.	123
6.2	Administración y monitoreo del equipo	126
6.3	Pruebas y resultados.	133
Conclusiones		138
Glosario		139
Bibliografía		152

Relación de cuadros y gráficas

- Figura 1.1 Capas del Modelo OSI.
Figura 1.2 Capas TCP/IP comparado con los niveles OSI.
Figura 1.3 Conjunto de protocolos TCP/IP en las distintas capas de OSI.
Tabla...I Forma de operar la pila TCP/IP.
Figura 1.4 Secuencia para la creación de una trama Ethernet.
Figura 1.5 Trama Ethernet.
Tabla II Clases de direcciones IP.
Figura 1.6 Nomenclatura de las clases de direcciones IP.
Figura 1.7 Datagrama IP
- Figura 2.1 Diagrama básico del teléfono.
Tabla 2.I Tabla de frecuencias de la señalización DTMF.
Figura 2.2 Forma en que se lleva acabo la conmutación de circuito.
Figura 2.3 Conmutación de paquetes.
Figura 2.4 Conmutación de paquetes constituidas por varios centros.
Figura 2.II Diferencias entre conmutación de circuitos y de paquete.
Figura 2.5 Modulación amplificada por pulso (PAM).
Figura 2.6 Etapas para la digitalización de la señal de voz.
Figura 2.7 Cuantización de una señal de voz.
Figura 2.8 Codificación de una señal.
Figura 2.9 Sistema de transmisión de voz en paquetes.
Figura 2.10 Protocolo H.323 con relación al modelo OSI.
Figura 2.11 Elementos de una red VoIP.
Figura 2.12 Encapsulación de paquetes VoIP.
Figura 2.13 Combinaciones de conexiones entre telefonía IP.
Tabla 2.III Ventajas de telefonía sobre IP vs telefonía tradicional.
Tabla 2.IV Desventajas de telefonía sobre IP vs telefonía tradicional.
Figura 2.14 Trafico de voz sobre IP de América Latina hacia México.
Figura 2.15 Tasa de crecimiento de VoIP.
Tabla 2.V Retardos en relación al Compresor.
Figura 2.16 Molestia en relación con el retardo.
Figura 2.17 Eliminación de eco.
Tabla 2.VI Estándares de Compresores.
Tabla 2.VII Relación entre calidad de voz y ancho de banda.
Figura 2.18 Relación de MOS vs Ancho de banda.
- Figura 3.1 Tráfico de voz sobre IP vs. Telefonía tradicional.
Figura 3.2 Convergencia de ambas tecnologías telefonía Tradicional e Informática Tradicional.
Figura 3.3 Resultado de la convergencia.
Figura 3.4 Servicio BRI.
Figura 3.5 Servicio PRI.
Figura 3.6 Puntos de referencia de interfaces y agrupamiento funcionales.
Figura 3.7 Funcionamiento de un nodo ATM.

- Figura 3.8 Celda ATM
- Figura 3.9 Cabecera de la Celda ATM.
- Figura 3.10 Identificador de conexión virtual (VCI).
- Figura 3.11 Tablas de encaminamiento
- Figura 3.12 Una videoconferencia funciona mucho mejor sobre ATM que sobre Ethernet.
- Figura 3.13 Red ATM combinada con Ethernet y Token Ring.
- Figura 3.14 Sistema Frame Relay.
- Figura 3.15 Formato de la trama Frame Relay.
- Figura 3.16 Circuito DLCI
- Figura 3.17 Trama de Frame Relay.

- Figura 4.1 Distribución de las dependencias de la Universidad.
- Figura 4.2 Red WAN de la Universidad Veracruzana.
- Figura 4.3 Topología en estrella.
- Figura 4.4 Topología en estrella segmentada.
- Figura 4.5 Red WAN región Xalapa.
- Figura 4.6 Red WAN región Veracruz.
- Figura 4.7 Red WAN región Córdoba-Orizaba.
- Figura 4.8 Red WAN región Poza Rica-Tuxpan.
- Figura 4.9 Red WAN región Coatzacoalcos-Minatitlán.
- Figura 4.10 Nodos de la red de datos.
- Figura 4.11 Red de telefonía de la UV.
- Figura 4.12 Tráfico entre Veracruz y Xalapa.
- Figura 4.13 Tráfico entre Orizaba y Xalapa.
- Figura 4.14 Tráfico entre Poza Rica y Xalapa.
- Figura 4.15 Tráfico entre Coatzacoalcos y Xalapa.

- Figura 5.1 NBX.
- Figura 5.2 Equipos de convergencia.
- Tabla 5.I Equipos convergentes.
- Tabla 5.II Comparativo Nortel-Avaya.
- Tabla 5.III Comparativo económico.
- Figura 5.3 Telefonía IP en la Universidad Veracruzana.
- Figura 5.4 Alta de tarjetas.
- Figura 5.5 Asignación de nombres e IP.
- Figura 5.6 Interfaces IP.
- Figura 5.7 Asignar puertos al gateway.
- Figura 5.8 Crear grupos de señalización.
- Figura 5.9 Crear un grupo de troncal.
- Figura 5.10 Asignación de troncales IP.
- Figura 5.11 Tabla de análisis de ruta.
- Figura 5.12 Asignación de CODEC.
- Figura 5.13 R300.
- Tabla 5.IV Plan de marcación.

Figura 6.1	PBX Definity Prologix.
Tabla 6.I	Licencias adquiridas.
Figura 6.2	Equipo remoto.
Tabla 6.II	Distribución de los teléfonos.
Figura 6.3	Equipo implementado.
Figura 6.4	Software de administración.
Figura 6.5	Estatus de un teléfono IP.
Figura 6.6	Monitoreo de troncales.
Figura 6.7	Tráfico de llamadas.
Figura 6.8	Monitoreo de CODEC.
Figura 6.9	Grupo de señalización.
Figura 6.10	Administración del R300.
Figura 6.11	Configuración de la red IP.
Figura 6.12	Tráfico de voz.
Figura 6.13	Tráfico de datos.
Tabla 6.III	Gasto del 2002 en telefonía tradicional.
Tabla 6.IV	Ahorro anual estimado con telefonía IP.

IMPLEMENTACIÓN DE TELEFONÍA SOBRE IP EN REDES DE DATOS UNIVERSITARIAS

Resumen

En este nuevo siglo XXI las nuevas tecnologías han tenido un gran auge, más aun en el área de las Telecomunicaciones.

Esto es el caso de las redes de datos que son más robustas, con equipos de interconexión más inteligentes, que proporcionan mayor velocidad en el tráfico de paquetes, y además con la estandarización de los protocolos H.323, nos lleva a pensar en la implementación de múltiples servicios en una red de datos y uno de estos servicios es el transporte de voz en redes IP, el cual nos presenta todo un ambiente idóneo para su implementación en este tipo de red a pesar de su diseño propiamente para la conmutación de paquetes y no de circuitos.

En este trabajo se da una propuesta de solución e implementación de una red de telefonía a través de la red de datos, consiguiendo así aprovechar la infraestructura con la que cuentan las Universidades, además de considerables ahorros económicos para el caso que tengan dependencias en distintas áreas geográficas.

A continuación se da una breve descripción del contenido de los capítulos.

El capítulo I, se describen algunos conceptos importantes de redes de datos, tales como redes ethernet, tipos de redes ethernet, modelos de referencias OSI y TCP/IP, así como las forma en que operan. Además se describe el protocolo IP, como es el caso de su direccionamiento, subredes, mascarar, y formato de protocolos ip.

En el capítulo II, se describen los antecedentes y evolución de la telefonía. Además se describen los tipos de conmutación que se utilizan para las redes de voz y datos. Así mismo, los pasos que se siguen para digitalizar la voz y poder hacer interfase con la red de datos.

Por otro lado, también se describe a la voz sobre IP (VoIP) y telefonía sobre IP (ToIP), así como las características más importantes que existen sobre éstas tecnologías, ventajas en la implementación y diferencias entre VoIP y ToIP. Y por último se hace mención de la telefonía IP en México y el futuro de la telefonía IP.

En el capítulo III, se describen las tecnologías que integra voz, datos y video como parte natural de convergencia, significa que fueron creadas para poder implementar los tres tipos de información, es por ello la importancia de su descripción.

En el capítulo IV, se analiza los aspectos para la puesta en práctica de la red de la telefonía en la Universidad Veracruzana entre sus diferentes campus usando su infraestructura de datos.

En el capítulo V, Se diseña la red de telefonía IP de acuerdo con el análisis hecho en el capítulo anterior.

El capítulo VI una vez aprobado el proyecto se implementó el sistema proporcionando servicios de telefonía IP a las cinco regiones donde se encuentran ubicados los campus, y haciendo las pruebas que se mencionan en este capítulo se obtuvo resultados favorables.

Y finalmente se dan las conclusiones y bibliografías.

Abstract

In the century XXI the new technologies have had a great boom, more even in the area of the Telecommunications.

This is the case of the data networks that are more robust, with more intelligent interconnection equipment, which provide greater speed in the traffic of packages, in addition with the standardization to H.323 protocols, makes us to think about the implementation of multiple services in a data network, and one of these services is the voice transportation in IP networks, which presents a properly environment for its implementation in this type of network in spite of its design for the packages switched and not for the circuits switched.

This work gives a proposal solution and implementation of a network of telephony through the data network, taking an advantage of Universities' infraestructure, furthermore considerable economic savings for the case that have dependencies in different geographic areas.

Next a brief description of the content of the chapters occurs.

Chapter I, some important concepts of data networks are described, such as Ethernet networks, types of Ethernet networks, models of references OSI and TCP/IP, as well as it forms in that operate. In addition the ip protocol, as it is the case of his address, subnetworks is described, mask, and format of ip protocols.

In the chapter II, to the antecedents and evolution of the telephony are described. In addition to the types of commutation that are used for the networks of voice and data. Also the steps that are followed to digitize the voice and to be able to make interphase with the data network.

On the other hand, also one describes to the most important voice over IP (VoIP) and telephony over IP (ToIP), as well as characteristics that they exist on these technologies, advantages in the implementation and differences between VoIP and ToIP. And finally mention of telephony IP in Mexico and the future of telephony IP.

In the chapter III, the technologies are described that Integra voice, data and video like natural part of convergence. it means that they were created to be able to implement the three types of information, it is for that reason the importance of its description.

In the chapter IV, analyzes the aspects for the telephony network implementation in Veracruzana University between its different campuses using its infrastructure of data.

In chapter V, the network of telephony IP in agreement with the analysis done in the previous chapter was designed.

Chapter V once approved the project, the system was implemented providing services from telephony IP to the five regions where they are located the campuses, and testing that is mentioned in this chapter it obtained favorable results.

And finally are the conclusions, glossary and bibliographies.

Introducción

La importancia que está tomando los sistemas de comunicaciones, obliga a pensar en el desarrollo de tecnologías que se adapten a las necesidades de una estructura básica existente. La implementación de servicios de voz en dispositivos de redes de datos, empleando la red IP como la red de transporte, nos obliga a realizar un estudio de la misma, analizando normatividad, tecnología, limitaciones, etc.

El presente trabajo de tesis se analiza esta nueva tecnología en el área de las telecomunicaciones, conocida como telefonía sobre IP o Voz sobre IP.

Esta tecnología, cuyo origen se inicia años atrás cuando comenzaron los primeros experimentos de transmisión de voz sobre redes de paquetes, ha cobrado gran importancia en los últimos años, dando lugar a grandes esfuerzos en investigación que sin duda, están revolucionando las redes telefónicas y, sobre todo, los servicios y aplicaciones que estas nos ofrecen.

Tradicionalmente los servicios de telefonía y de datos han estado soportados por redes distintas, basadas en tecnologías completamente diferentes. Para el transporte del tráfico de voz se han utilizado hasta ahora las redes telefónicas clásicas (POTS), basadas en las técnicas de conmutación de circuitos, el cual consiste en tener un tráfico constante y de tiempo real y para el caso de datos se lleva a cabo por la técnica de conmutación de paquetes, el cual el tráfico generado por las aplicaciones se caracteriza en general por su falta de continuidad es decir la información es dividida en paquetes, por tanto se aprovecha más el ancho de banda.

La convergencia de los servicios de telefónicos en las redes de datos esta marcando el inicio de la unificación de los principales servicios de una empresa o institución que es tener una sola red y la facilidad para el operador o administrador para manejar todos sus recursos desde su terminal de computadora.

Transmitir voz sobre una red de paquetes IP unificada, es la clave para la convergencia de datos y telefonía. Hoy voz y datos generalmente corren sobre estructuras separadas. El manejar estos dos métodos de comunicación sobre un solo medio, les permitirá a los usuarios obtener comunicaciones de una manera natural y sencilla. Lo que permite el manejo de ésta tecnología es lo grande que son las redes IP ya sea en LAN y WAN.

Es por ello la importancia que tiene el estar preparado para esta nueva tecnología que ya es una realidad en casi todo el mundo.

Por tanto este trabajo de investigación, busca entregar las herramientas necesarias para la implementación de telefonía IP en las redes de datos existentes, así como el caso práctico de la Universidad Veracruzana.

Antecedentes

La convergencia de las redes de telecomunicaciones actuales supone encontrar la tecnología que permita hacer convivir en la misma línea la voz y los datos. Esto obliga a establecer un modelo o sistema que permita fragmentar la voz para que pueda ser transmitida junto con los datos a través del protocolo IP. Y esta tecnología es Telefonía sobre IP.

Aunque son conocidas distintas investigaciones en algoritmos avanzados de digitalización de voz y distintas experiencias de transmisión de voz sobre redes locales (LAN) en los años 80, pero hasta Febrero de 1995 cuando la empresa VocalTec lanza al mercado un software llamado Internet Phone, dando posibilidades reales de establecer una llamada telefónicas de PC a PC (Personal Computer). El cual consistía en un software instalado en una PC y como medio de transmisión Internet. Naciendo así el término Voz sobre IP que actualmente es Telefonía IP.

A partir de ahí la evolución continuó y es en 1996 cuando se dan las primeras experiencias de establecimiento de llamadas de Teléfono a PC y de Teléfono a Teléfono, más sin embargo resultaba muy caro el garantizar el transporte de voz a través de la red. A partir de 1997 empiezan a aparecer nuevos dispositivos y métodos que nos llevan hoy en día a mantener el término XoIP ('X' over Internet Protocol) como la verdadera opción de futuro o si se prefiere como la puerta hacia la convergencia de las redes. En este acrónimo X significa cualquier contenido susceptible de ser transmitido por una red (D = data, V = voz, F = fax, M = multimedia, etc). Así, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) legitima la tecnología estableciendo una recomendación para el sistema de comunicación multimedia basado en paquetes, H.323 que describe las terminales y otras entidades que ofrezca servicios de comunicaciones multimedia sobre la red basado en paquetes, el cual no garantiza calidad de servicio (QoS).

A partir de la recomendación de la UIT, las grandes compañías empiezan a centrar su atención en esta nueva tecnología, creciendo de manera agigantada que en la actualidad ya es una realidad.

Justificación

Frente al constante cambio de las telecomunicaciones, se busca la manera de aumentar los servicios en redes de datos como voz y video, a esta nueva tecnología se le conoce como convergencia de voz, datos y video. En éste trabajo lo que se busca es integrar la voz a la red de datos.

Para proporcionar otro servicio más a la red de datos, y con el crecimiento tecnológico y la aparición de nuevos estándares internacionales como el H.323, aprobado por la ITU, han puesto a este sistema como una solución prometedora sobre todo para aquellas compañías e instituciones que poseen la infraestructura de red de datos, ya que utilizan la misma infraestructura agregando otro servicio a esta red, y con ello se obtiene a su vez grandes beneficios económicos.

A esta integración se le conoce como telefonía sobre IP, que ha captado la atención para muchas empresas e instituciones que poseen oficinas, campus, sucursales, agencias, etc. en lugares geográficamente distintos, debido a que ofrece una amplia gama de nuevos servicios y reduciendo al mismo tiempo sus costos de infraestructura. La telefonía sobre IP está cambiando el tipo de acceso a la información, fusionando voz, datos, fax y funciones multimedia en una sola infraestructura de acceso convergente.

Mediante la telefonía sobre IP se pueden ofrecer servicios de voz básica, es decir, proporcionando las funciones básicas de la telefonía tradicional, como es el caso de la llamada en espera, transferencia, conferencia, retención, etc.

Por tanto, las principales justificaciones para tener telefonía sobre IP, se pueden resumir en estos puntos.

Reducción de costo, puede haber un ahorro real en el costo de la telefonía de larga distancia que es muy importante para las compañías e instituciones que tienen oficinas o sucursales en diferentes áreas geográficas.

Simplificación, una red integrada de voz y datos permite mayor estandarización y reduce necesidades del equipo.

Consolidación, la capacidad de eliminar puntos de incidencia, de consolidar el sistema contable y operaciones combinadas es obviamente más eficientes.

Aplicaciones Avanzadas, los grandes beneficios del funcionamiento de la telefonía sobre IP incluye la ayuda para las aplicaciones de multimedia y multiservicios, algo con lo cual el sistema telefónico de hoy en día no puede competir.

Objetivo

El objetivo es diseñar la implementación de la telefonía IP en una red de datos, considerando interconexiones a través de enlaces digitales (DS0), fibra óptica e inalámbricos dando servicio a regiones remotas.

Determinar los aspectos más relevantes en la implementación de una red de telefonía IP, utilizando como caso de estudio la implementación real en la Universidad Veracruzana.

Capítulo I Redes de datos.

1.1. Redes Ethernet.

1.1.1. Aspectos históricos.

A finales de 60's y principios de los 70's Norman Abramson, de la Universidad de Hawai, desarrolló una técnica para que un conjunto de usuarios no coordinados pudieran competir de forma efectiva por el uso de un canal. La universidad necesitaba conectar varias computadoras que estaban esparcidas a través de su campus. La pieza principal en el diseño de la red fue llamada Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD).

Este diseño de red fue el principio de lo que hoy es Ethernet. En 1972 Xerox Corporation creó el experimental ethernet y en 1975 introdujo el primer producto Ethernet. En 1980 Xerox Corporation, Intel Corporation y Digital Equipment Corporation (DEC) publicaron conjuntamente las especificaciones de la red local ethernet. Estas especificaciones se presentaron a los comités IEEE 802, y con algunas modificaciones, se creó el estándar IEEE 802.3.

Las especificaciones físicas son compatibles y por ello hoy en día todos los fabricantes importantes de accesorios para redes ethernet se atienen al estándar IEEE 802.3. Sin embargo, hay diferencias en cuanto al ordenamiento de la información dentro de los paquetes de datos

1.1.2. Tipos de Ethernet.

Las especificaciones dadas por la IEEE detallan la rapidez con que los datos pueden viajar, así como los cables que deben ser utilizados. Por mucho tiempo, **Ethernet** 10 base T fue la implementación más rápida y popular dejando pasar 10 Mega bits de datos por segundo.

A medida que las personas fueron utilizando ethernet en redes cada vez más grandes y complejas, el tamaño de los datos creció, la elección popular comenzó a ser la Ethernet 100Base-T, también conocida como **Fast Ethernet** con una velocidad de transferencia de datos diez veces mayor, y para conseguir eso utilizaron cableado de mayor calidad que envía paquetes con mayor rapidez y sin perder la señal.

Ahora, la nueva versión de ethernet es enviar información a un gigabit por segundo, dándole el nombre de **Gigabit Ethernet**.

Ethernet (CSMA/CS)

Ethernet es el protocolo por el cual se comunican las computadoras en un entorno de red local. Cada PC tiene una tarjeta NIC (Network Interface Card) para

realizar la comunicación y dicha tarjeta contiene una dirección MAC única que es la dirección física de la computadora.

Ethernet también se conoce como CSMA/CD (Carrier Sense Múltiple Acces Collision Detect) y esto significa que, cuando una computadora desea mandar información primero escucha el cable de la red para revisar que no se esté usando en ese preciso momento y espera hasta un periodo de silencio para poder mandar su mensaje (Carrier-Sense). Esto se oye muy sencillo, pero el problema reside en que dos o más computadoras al escuchar que no se está usando el cable, pueden mandar en el mismo momento su información (Múltiple Access), y como solamente puede haber uno y sólo un mensaje en tránsito en el cable se produce una colisión. Entonces, las computadoras detectan la colisión y deciden reenviar su información a un intervalo al azar, es importante que sea al azar ya que si ambas computadoras tuvieran el mismo intervalo fijo se produciría un ciclo vicioso de colisiones y reenvíos (Collision Detection). Así por ejemplo, al detectar la colisión una computadora se espera tres milisegundos y la otra cinco milisegundos, siendo obvio que una computadora reenviará en primer lugar y la otra esperará a que el cable este de nuevo sin tránsito.

Evidentemente que en una misma red ethernet al haber muchas computadoras tratando de enviar datos al mismo tiempo y/o al haber una transferencia masiva de datos se crea un gran porcentaje de colisiones y utilización. Si se pasa del 1% de colisiones y/o 15% de utilización de cable, se dice que la red está saturada. Además, las señales de este tipo de red tienden a degradarse con la distancia debido a la resistencia, la capacidad u otros factores. Inclusive la señal todavía se puede distorsionar por las interferencias eléctricas exteriores generadas por los motores, las luces fluorescentes y otros dispositivos eléctricos. Cuanto más se aumenta la velocidad de transmisión de los datos, más susceptible es la señal a degradarse. Por esta razón las normas de ethernet especifican los tipos de cables, los protectores y las distancias del mismo, la velocidad de transmisión y otros detalles para trabajar y proporcionar un servicio relativamente libre de errores en la mayoría de los entornos.

Switches en LAN

Antes de describir las diferentes tecnologías es importante mencionar que actualmente con la invención de nuevos equipos, el hub (concentrador) se está sustituyendo por otro equipo mucho más inteligente, como es el caso del switch que conecta directamente los puertos a los que están enlazados las estaciones que se quieren comunicar, formando un circuito virtual sin pasar por un medio compartido, es decir, forman un enlace dedicado entre equipo y switch.

Una de sus características es que son mucho más rápidas que los concentradores, operan al nivel de la subcapa MAC de la capa de enlace de datos del modelo OSI.

El hub es un equipo que ha dejado de usar los concentradores, que son equipos pasivos y esto nos provoca una red lenta y con muchas colisiones y es por eso que actualmente se están cambiando por el equipo de la capa 2 del modelo OSI.

Fast Ethernet

Debido al crecimiento tecnológico, cada día exigen mayor ancho de banda para la transmisión de datos y como las redes de ethernet de 10 Mbps son cada vez más insuficientes, provocando cuellos de botella, surge la necesidad de nuevas especificaciones de ethernet que tengan mayor ancho de banda.

Se crea entonces Fast Ethernet como respuesta a la demanda de mayores anchos de banda, desarrollando así las conexiones de nuevas aplicaciones como bases de datos, o aplicaciones cliente-servidor, además con la gran ventaja que se tiene en el bajo costo de actualización a Fast Ethernet, si lo comparamos con soluciones como FDDI o ATM, asimismo, mantiene una total compatibilidad e interoperabilidad con ethernet.

La norma 100BaseT (IEEE 802.3u) se comprende de cinco especificaciones, éstas definen la subcapa (MAC), la interfaz de comunicación independiente y las tres capas físicas (100BaseTX, 100BaseT4 y 100BaseFX).

Gigabit Ethernet

La aparición de aplicaciones de tipo Intranet pronostica una migración a nuevos tipos de datos, incluso vídeo y voz. Antes se pensaba que el vídeo podría requerir una tecnología de gestión de redes diferente, diseñada específicamente para los multimedia, pero hoy es posible mezclar datos y video sobre ethernet a través de una combinación de

- Aumentos del ancho de banda proporcionados por Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, reforzados por LAN's conmutadas.
- La aparición de nuevos protocolos, como RSVP, que proporciona reserva del ancho de banda.
- La aparición de nuevas normas como 802.1Q y/o 802.1p que proporcionará VLAN's y la información de prioridad explícita para los paquetes en la red.
- El uso extendido de compresión de vídeo avanzada como MPEG-2.

Estas tecnologías y protocolos se combinan para hacer a Gigabit Ethernet una solución sumamente atractiva para la entrega de vídeo y tráfico multimedia.

Gigabit Ethernet es una extensión a las normas de 10-Mbps y 100-Mbps IEEE 802.3, ofreciendo un ancho de banda de 1000 Mbps, Gigabit Ethernet mantiene compatibilidad completa con la base instalada de nodos Ethernet.

Gigabit ethernet soporta nuevos modos de operación Full-Duplex para conexiones conmutador-conmutador, así como conexiones conmutador-estación y modos de operación Half-Duplex para conexiones compartidas que usan repetidores y los métodos de acceso CSMA/CD. Inicialmente operando sobre fibra óptica, gigabit ethernet también podrá usar cableados de par trenzado sin blindar (UTP) y coaxiales de categoría 5e y 6.

1.2. Modelos de referencia.

Las dos arquitecturas más importantes de red son el modelo ISO OSI y TCP/IP, las cuales se describen a continuación.

1.2.1. Modelo OSI.

El modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos OSI (Open Systems Interconnection) fue aprobado por ISO (International Standards Organization) en el año 1984, bajo la norma ISO/7498.

En la actualidad se considera el modelo principal de arquitectura para la comunicación entre computadoras. Este modelo describe cómo se transfiere la información desde una aplicación de software en una computadora a través del medio de transmisión hasta una aplicación de software en otra computadora, para realizar este proceso, OSI se divide en siete capas y cada una tiene una función o funciones específicas. Las siete capas se representan en la figura 1.1.

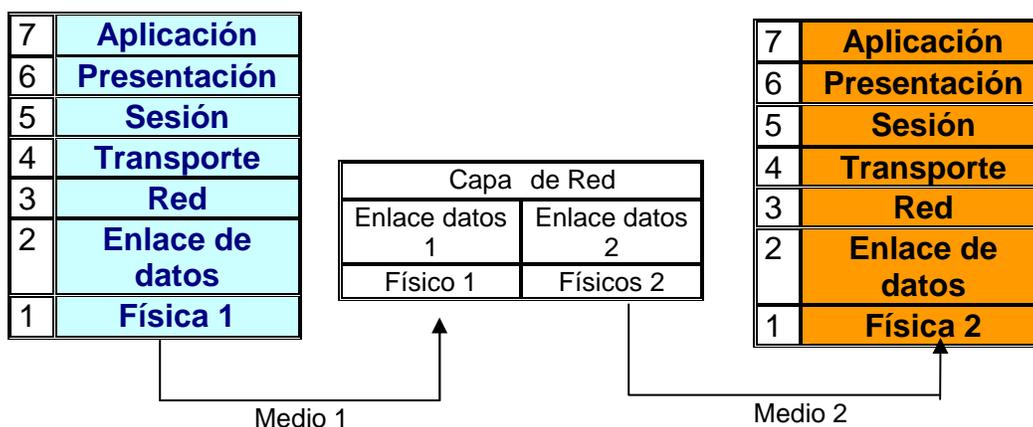


Figura 1.1 Capas del Modelo OSI.

Características principales de las capas OSI.

Capa 1, Nivel físico. Controla el medio de transporte mediante la definición de las características eléctricas y mecánicas del medio que lleva la señal.

Capa 2, Nivel de enlace. El propósito de este nivel es convertir el medio de transmisión en un medio seguro que esté libre de errores de transmisión, además de

proporcionar medios para activar, mantener y desactivar el enlace. Sus funciones más importantes son la detección de errores y el control de flujo; ofrece al siguiente nivel una transmisión fiable de bits.

Por otro lado garantiza un salto sin errores, es decir, asegura que el bit transmitido pasa entre dos nodos, o entre un nodo y un terminal sin problemas. En redes de difusión, también se encarga del control de acceso al medio compartido. Ejemplos de protocolos son CSMA/CD y paso testigo.

Capa 3, Nivel de red. Determina el ruteo de los paquetes desde sus fuentes a sus destinos, manejando la congestión a la vez se incorpora la función de contabilidad. Algunos ejemplos son IP, IPX.

Capa 4, Nivel de transporte. Asegura que los datos alcancen su destino intacto y en el orden correcto. El protocolo de control de transmisión (TCP) y el protocolo de datagrama de usuario (UDP) operan en esta capa.

Capa 5, Nivel de sesión. Se encarga de organizar y sincronizar el diálogo entre los dos extremos. Ofrece mecanismos para gestionar el diálogo entre dos extremos por medio de:

- Disciplina de diálogo, quien debe emitir en cada instante.
- Agrupamiento de datos en unidades lógicas.
- Recuperación, es decir si se produce algún problema en la comunicación, disponer de algún punto de comprobación a partir del cual poder retransmitir los datos.

Algunos ejemplos de protocolos de esta capa son RPC (llamada de procesamiento remoto) y LDAP (Protocolo ligero de acceso al directorio).

Capa 6, Nivel de presentación. Formatea los datos para presentarlos en la pantalla o imprimirlos. Algunos ejemplos de protocolos de la capa de presentación son el protocolo ligero de presentación (LPP) y el NetBios.

Capa 7, Nivel de aplicación. Contiene protocolos que son utilizados para realizar tareas útiles sobre la red, como son el Simple Mail Transfer Protocol (SMTP, Protocolo de Transferencia de Correo Simple) para el correo electrónico; el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP), para los exploradores Web y servidores; Telnet, para sesiones remotas, etc.

Las siete capas también pueden ser divididas en dos categorías: capas superiores y capas inferiores. Las capas superiores tienen que ver con la aplicación y en general están implementadas sólo en software; por su parte, las capas inferiores manejan lo concerniente a la transferencia de datos. Las capas físicas y de enlace de datos se encuentran implementadas en hardware y software, en donde la capa inferior, la física es la más cercana al medio de transmisión de la red física y es la responsable de colocar la información en el medio de transmisión.

Este modelo de siete capas se ha convertido en el estándar para diseñar métodos de comunicación entre dispositivos de red y fue la plantilla usada para diseñar el protocolo de Internet (IP).

1.2.2. Modelo TCP/IP.

TCP/IP es la denominación que recibe una familia de protocolos diseñados para la interconexión de computadoras, independientemente de su arquitectura y el sistema operativo que ejecuten. Cuya arquitectura comprende principalmente las capas de red, de transporte, de presentación y de aplicación del modelo OSI.

El Protocolo de Internet (IP) y el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), fueron desarrollados inicialmente en 1973 por el Estadounidense Vinton Cerf, como parte de un proyecto dirigido por el ingeniero Norteamericano Robert Kahn y patrocinado por la Agencia de Programas Avanzados de Investigación (ARPA, siglas en inglés) del Departamento Estadounidense de Defensa. Internet comenzó siendo una red informática de ARPA (llamada ARPAnet) que conectaba redes de computadoras de varias Universidades y laboratorios en investigación en Estados Unidos. World Wide Web se desarrolló en 1989 por el informático Británico Timothy Berners-Lee para el Consejo Europeo de Investigación Nuclear (CERN, siglas en francés).

Esta arquitectura tiene como objetivo la conexión de redes múltiples y la capacidad de mantener conexiones aún cuando una parte de la subred esté pérdida.

Arquitectura de TCP/IP.

TCP/IP es el protocolo utilizado por la mayoría, por no decir todas, las computadoras conectadas a Internet, de manera que éstas puedan comunicarse entre sí.

En Internet se encuentran conectados PC's de clases diferentes y con hardware y software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión. Esta es la ventaja de TCP/IP, ya que este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible, TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.

TCP/IP no es un protocolo único, sino que es un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes como se mencionó anteriormente, son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), los cuales dan nombre al conjunto. La arquitectura del TCP/IP consta de cinco niveles o capas en las que se agrupan los protocolos y se relacionan con los niveles OSI, ver figura 1.2.

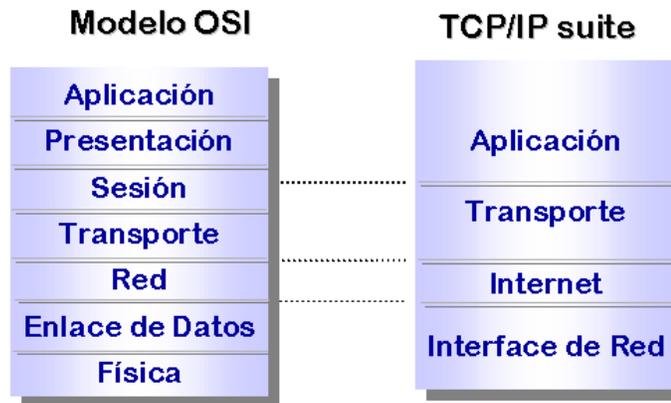


Figura 1.2 Capas TCP/IP comparado con los niveles OSI.

Los niveles o capas de TCP/IP, al igual que los del Modelo OSI, tienen funciones específicas que se describen a continuación.

Capa 1, Física. Esta capa es análoga con el nivel físico de OSI; define las características del medio, su naturaleza, el tipo de señales, la velocidad de transmisión, la codificación, etc.

Capa 2, Acceso a la red. Comprende el nivel de enlace y buena parte del nivel de red de OSI. Es el nivel responsable del intercambio de datos entre dos sistemas conectados a una misma red, controla la interfaz entre un sistema final y una subred.

Capa 3, Internet. Esta capa se encuentra en el nivel de red del modelo OSI, y es el que define el protocolo IP, que provee de ruteo y control de congestión, es decir, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes, sin garantía de entrega ni de orden.

Capa 4, Transporte. Este nivel incluye el nivel 4 y parte del nivel 5 del modelo OSI. Proporciona transferencia de datos extremo a extremo, asegurando que los datos lleguen en el mismo orden en que han sido enviados y sin errores. Esta capa puede incluir mecanismos de seguridad. Los principales protocolos utilizados son TCP y UDP.

- **TCP (Transmission Control Protocol)**, protocolo orientado a conexión y provee una conexión confiable que permite la entrega sin errores de un flujo de bytes desde una máquina a alguna otra en la Internet, parte el flujo en mensajes discretos y lo monta de nuevo en el destino, maneja el control de flujo.
- **UDP (User Datagram Protocol)**, es un protocolo no confiable y sin conexión para la entrega de mensajes discretos. Se pueden construir otros protocolos de aplicación sobre UDP, también se usa UDP cuando la entrega rápida es más importante que la entrega garantizada.

Capa 5, Aplicación. Coincide con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. Proporciona una comunicación entre procesos o aplicaciones en computadoras distintas. Aquí se incluyen protocolos destinados a proporcionar servicios, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de ficheros (FTP), conexión remota (TELNET) y otros más recientes como el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

El TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de red o de medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Por este motivo, hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP, es proporcionar una abstracción del medio de forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.

Para transmitir información a través de TCP/IP, ésta debe ser dividida en unidades pequeñas. Esto nos da grandes ventajas en el manejo de los datos que se transfieren y, por otro lado, esto es algo común en cualquier protocolo de comunicaciones. En TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de datagrama, y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes.

Protocolos TCP/IP.

Aunque dos son los protocolos más importantes utilizados en la red, TCP/IP es, como ya se había mencionado, un conjunto de protocolos, ver figura 1.3. Los que más se acostumbra a utilizar en las diferentes capas, tanto directa como indirectamente.

FTP, SMTP, HTTP TELNET	SNMP, RPC, NFS
TCP	UDP
IP, ICMP, ARP, RARP, 802.2, X.25,	
ETHERNET, Token ring, X.25	
Medios de comunicación, códigos de línea	

Figura 1.3 Conjunto de protocolos TCP/IP en las distintas capas de OSI.

Forma de operación de TCP/IP.

TCP/IP opera a través de una pila que es la suma total de todos los protocolos necesarios para completar una transferencia de datos entre dos maquinas (así como el camino que siguen los datos para dejar una maquina o entrar en la otra). La pila esta dividida en capas, como se ilustra en la tabla 1.1, en donde se muestra como opera.

Capas	Equipo servidor o cliente
Capa de aplicación	Cuando el usuario inicia una transferencia de datos y esta capa pasa la solicitud a la siguiente capa.
Capa de transporte	Esta capa añade una cabecera y pasa los datos a la capa de red.
Capa de red	En esta capa se añaden las direcciones IP de origen para el enrutamiento de datos.
Capa de enlace de datos	Ejecuta un control de errores sobre el flujo de datos entre los protocolos anteriores y la capa física.
Capa física	Ingresa o egresa los datos a través del medio físico, que puede ser ethernet vía coaxial o PPP vía módem.

Tabla 1.1 Forma de operar la pila TCP/IP

Comparación de TCP e IP.

➤ El software del protocolo IP corre en las computadoras que se comunican y en los ruteadores que las enlazan, mientras que el software del protocolo TCP sólo corre en las computadoras donde están las aplicaciones.

➤ IP es un protocolo de la capa 3 del modelo OSI, no orientado a conexión que enruta paquetes (datagramas) a través de la red Internet, pero no garantiza que lleguen bien a su destino sin error, sin pérdida o sin duplicación. TCP es un protocolo full duplex orientado a conexión que envía mensajes (segmentos) de extremo a extremo entre las computadoras que se comunica, asegurando la entrega confiable, al programa de aplicación destino, sin perdidas o sin duplicación.

La intercomunicación entre dos computadoras a través de la arquitectura TCP/IP, recorre toda la capa del modelo OSI, para formar la trama que viaja por el medio de transmisión.

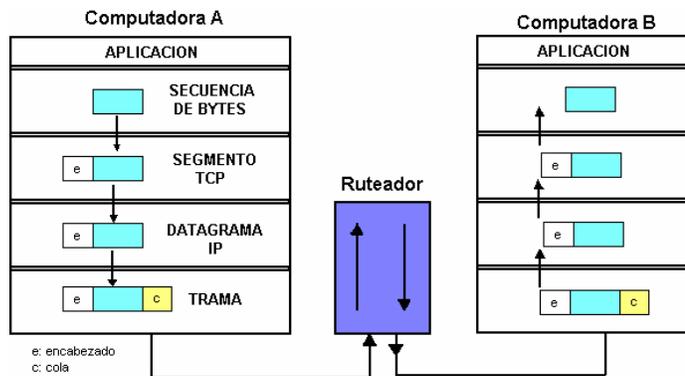


Figura 1.4 Secuencia para la creación de una trama ethernet.

La figura 1.4 muestra que la aplicación del usuario pasa una secuencia de datos a TCP, éste encapsula los datos en un segmento, organizando la secuencia de bytes en piezas, a las que agrega un encabezado para formar el segmento o unidad de transmisión del protocolo TCP y, a su vez, pasa el datagrama a la capa de enlace de datos, la cual construye una trama agregando un encabezado y una cola al datagrama IP recibido.

La longitud del encabezado (e), del mensaje TCP e IP es de 20 bytes, mientras que el encabezado de la trama ethernet es de 14 bytes, teniendo la cola (c) una longitud de 4 bytes y en los datos de aplicación pueden ser desde 46 a 1500 bytes. Por lo tanto la trama final de ethernet que es enviada en la red física, es como se muestra en la figura 1.5.

Encabezado de ethernet	Encabezado IP	Encabezado TCP	Datos de aplicación	Cola de trama
14 bytes	20 bytes	20 bytes	46 -1500 bytes	4 bytes

Figura 1.5 Trama ethernet.

La función del ruteador en una red es la de recibir los datagramas o paquetes IP y examinarlos para ver si no hay error en el encabezado y si su tiempo de vida no ha transcurrido; luego examina el destino del datagrama y consulta su tabla de ruteo para decidir a donde debe enviarlo, ya sea a otro ruteador o a la computadora destino.

Direccionamiento en el protocolo IP

Otra de las partes importantes del protocolo IP es su direccionamiento, que usa para identificar a las computadoras que están conectados en una red. Asimismo un ruteador en una red toma como base la dirección destino en un datagrama para decidir a qué nodo debe transferirlo en la red. Más específicamente, una dirección IP

se asigna a la tarjeta NIC, que conecta la computadora a la red, más que a la computadora misma².

La dirección IP tiene una longitud de 32 bits (4 bytes), y normalmente cada octeto de la dirección se convierte a un número decimal, y cada uno de estos números se separa por puntos, por ejemplo:

10010100 11100010 00011010 00010000
148 226 26 16

Por tanto la dirección 10010100 11100010 00011010 0010000 se expresa en forma decimal como 148.226.26.16.

El formato de una dirección IP está constituido por las dos partes siguientes:

1. Dirección de la red.
2. Dirección local o del equipo (host³)

Y se tiene el siguiente formato:

Dirección de la red (ID - red)	Dirección local o de host (ID – local o ID - host)
-----------------------------------	---

La parte de la red identifica a la red física a la cual está conectado el equipo, y es única a nivel internacional. Por lo cual es asignada por Internet a través de Network Information Center (NIC). La parte de dirección local identifica una computadora individual en la red y es asignada por el administrador de la red.

Existen cinco clases de direcciones IP, se encuentran en la tabla 1.II.

Nombre de la clase	Bits iniciales de la dirección	Las direcciones comienzan entre los números:
Clase A	0	1 - 127
Clase B	10	128 - 191
Clase C	110	192 - 223
Clase D	1110	224 - 239
Clase E	11110	240 - 255

Tabla 1.II Clases de direcciones IP.

² Robledo Sosa Cornelio, REDES DE COMPUTADORAS, Ed. Instituto Politécnico Nacional.

³ Host cualquier equipo que corre una aplicación, PC, hub, switch, servidores, etc.

El formato de las distintas clases de red se define en la figura 1.6.



Figura 1.6 Nomenclatura de las clases de direcciones IP.

Describiendo cada una de las clases.

Clase A: Las direcciones de la clase A comienzan con un número entre 1 y 127, usan 7 bits para identificar a la red y 24 bits para identificar la computadora (host) dentro de la red, por lo que puede emplearse para direccionar hasta 127 redes (2^7-1 , ya que la dirección 00000000 no se usa) y 16777216 computadoras (2^{24}) en cada red.

Así, en esta clase se tiene un pequeño número de redes con un gran número de computadoras conectadas.

Clase B: Esta clase comienza con un número entre 128 – 191, y tiene una cantidad media de redes y un número medio de computadoras en cada red. Específicamente usan 14 bits para identificar redes y 16 bits para identificar computadoras dentro de cada red., por lo que se pueden tener 16384 (2^{14}) redes y 65536 (2^{16}) computadoras en cada red.

Clase C: Estas direcciones comienzan con un número entre 192 y 223, y dejan 21 bits para identificar la red y 8 bits para identificar las computadoras dentro de la red, por lo que se pueden direccionar 2097152 redes (2^{21}) y 256 computadoras en cada red.

Clase D: Las direcciones de clase D se emplean para multicast, es decir, para que un conjunto de computadoras compartan una misma dirección, lo cual permite

que una copia de un mensaje con una dirección de multicast se entregue a cada uno de las computadoras que comparten esa dirección.

Clase E: Estas direcciones son reservadas para uso futuro.

Subredes

En la Universidad Veracruzana que se le ha asignado una dirección de Internet de clase B, dispone de un espacio de direcciones de 65534.

Por tanto, para evitar problemas de congestión en la red, tablas de enrutamientos grandes y tener una red compleja construida por redes LAN y WAN, esta puede subdividir el espacio de direcciones disponible de host en varios grupos, creando con este propósito subredes dentro de la red global de la Institución. La dirección IP consta de dos partes que son *dirección de red* y *dirección de host* y para instalar el concepto de subred se le agrega otra parte más que es la *dirección de la subred*.

La dirección de red identifica a la red perteneciente a la institución dentro del conjunto mundial de redes; la dirección de subred identifica a una red LAN o WAN particular dentro del conjunto de subredes de la organización, y la dirección de host identifica a un host dentro de la subred. Para la construcción de la parte de subred en una dirección IP, se usa una porción de los bits más significativos de la parte de la dirección de host para asignar subredes.

Existen subdivisiones de subredes que son las más comunes:

- 254 subredes de 254 host cada una
- 126 subredes de 510 host cada una
- 62 subredes de 1022 host cada una
- 30 subredes de 2046 host cada una

Mascara de subred

El método que usa el software IP para marcar los bits de la dirección de host que son transformados en número de subred es conocido como mascara de subred. Los bits de la mascara de subred puestos a "0" corresponden al del host, y los puestos a "1" corresponden a la parte de la red (red Internet y subred).

Se usa bits contiguos, comenzando por la izquierda, para valores de la mascara de subred, aunque esto no es un requerimiento. Si las mascarar no son definidas, el software IP toma las siguientes mascarar por omisión dependiendo de la clase de dirección.

1. Para la dirección clase A: 255.0.0.0
2. Para la dirección clase B: 255.255.0.0
3. Para la dirección clase C: 255.255.255.0

En la dirección de clase B, si los primeros ocho bits de la parte de dirección de host se asignan para identifica la subred y los otros 8 bits para identificar un host dentro de la subred, se tendrán: 254 subredes y 254 hosts por subred en lugar de 65534, según se indica:

Mascara de subred	maskarilla en forma decimal	Num. de subredes	Num. de hosts por subred
11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0	1	65534
11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0	254	254

El número posible de subredes que se pueden formar tomando n bits para la mascara es:

$$2^n - 2$$

Ya que la secuencia de todos los bits con valor cero indican "broadcast".

Por ejemplo para la UV que tiene una dirección de la clase B: 148.226.0.0 y mascara de 255.255.255.0 en binario es: 11111111.11111111.11111111.00000000
 Por tanto

$$2^8 - 2 = 255 - 2 = 254 \text{ subredes}$$

$$2^8 - 2 = 255 - 2 = 254 \text{ hosts}$$

Entonces podemos decir que la Universidad Veracruzana tiene 254 subredes y cada una tiene 254 hosts.

Formato del protocolo IP

El formato del paquete IP o datagrama IP, ver figura 1.7, es la unidad básica de transferencia en Internet. Donde el formato peral se compone de encabezado y área de datos.

0	3	7	15	16	31
Versión (4 bits)	Longitud de encabezado (4 bits).	Tipo de servicio (8 bits)	Longitud total del paquete (16 bits)		
Identificación (16 bits)		Flag (3 bits)	Offset del fragmento (13 bits)		
TTL (8 bits)	Protocolo (8 bits)	Checksum del encabezado (16 bits)			
Direccionamiento IP fuente (32 bits)					
Direccionamiento IP destino (32 bits)					
Opciones (si se requiere)			Padding (si se requiere)		
Datos					
....					

Figura 1.7 Datagrama IP.

Por lo que cada campo se define como sigue.

Versión: versión del protocolo con el que fue creado el datagrama IP.

Longitud de encabezado: Proporciona la longitud del encabezado del datagrama en palabras de 32 bits y, por lo tanto, señala donde inicia el área de datos que lleva el mensaje IP.

Tipo de servicio: El campo de tipo de servicio (TOS), es el que nos proporciona las prioridades de las tramas, y tiene el siguiente formato:

0	1	2	3	4	5	6	7
Precedencia	Retardo	Throughput	Confiabilidad	costo	Sin uso		

Los tres primeros bits indican la precedencia del datagrama. Especifica la prioridad del datagrama, su rango va de "0" (prioridad normal) a "7" (control de red).

Los bits 3, 4, 5 especifican el tipo de transporte requerido.

El campo de retardo le indica a un ruteador que, si conoce una trayectoria a una red de menor retardo que otra, la elija para el envío de este data grama.

El throughput indica al ruteador que provea la ruta que maximice el número de datagramas por segundo.

El campo de confiabilidad le indica al ruteador que escoja una trayectoria que minimice la probabilidad de que el datagrama sea descartado.

El bit de costo indica al ruteador que seleccione la trayectoria más barata o con menor costo.

Longitud total del paquete: Este campo es de 16 bits y especifica la longitud total del paquete IP en bytes, incluyendo el encabezado y los datos. La unidad de transferencia máxima para ethernet es de 1500 bytes y para token ring 4464 bytes.

Campo de identificación: Cada datagrama se identifica por un número único que se pone en el campo de identificación. Cuando el software IP del ruteador fragmenta el datagrama, copia el número de identificación en el campo respectivo de cada fragmento.

Flag: Este es un campo de tres bits, de los cuales el software IP usa el primero y el último para señalar lo siguiente: El 1^{er} bit es llamado *do not fragment* y cuando esta puesto a 1 indica que el datagrama no debe ser fragmentado. El 2^{do} bit se denomina *more fragments* y cuando se pone a "0" indica que el fragmento contiene la última parte del datagrama original.

Offset del fragmento: En un fragmento, especifica el desplazamiento en el datagrama original de los datos que porta; se mide en unidades de 8 octetos e inicia en 0.

TTL (time to live): Especifica cuanto tiempo, en segundos, tiene permitido el datagrama existir en la red antes de ser descartado (hasta 255 segundos ó 4.25 minutos).

Protocolo: Especifica el protocolo de alto nivel que fue utilizado para crear el mensaje que se porta en el área de datos del datagrama. Por ejemplo el número que identifica a los protocolos son: TCP = 6, y UDP = 17.

Checksum del encabezado: Este campo contiene el checksum de las palabras de 16 bits del encabezado, y tiene el propósito de permitir al receptor detectar errores en la transmisión del encabezado.

Dirección fuente: contiene la dirección IP del host transmisor y permanece sin cambios, independientemente del número de ruteadores que atraviese el paquete en la trayectoria a su destino.

Dirección destino: Contiene la dirección IP del host al cual va destinado el datagrama.

Opciones: Es un campo opcional y se usa funciones de reporte de error y de depuración.

Capítulo II Redes de Voz y Telefonía sobre IP.

2.1 Antecedentes históricos de la telefonía.

Es difícil imaginarnos hoy el mundo sin un medio de comunicación como el teléfono, que para la mayoría de nosotros es algo tan natural como la luz eléctrica, o el automóvil. Pero como todo tiene un origen, el teléfono no es la diferencia. La historia de este dispositivo que cambió el modo de comunicarse de la gente, comenzó hace aproximadamente 130 años.

Como en la mayoría de los inventos, este también fue un proceso de desarrollo de pasos anteriores. Es decir, gracias a los descubrimientos e inventos en el campo de la física, la electricidad y el magnetismo fue posible el llegar a transmitir sonidos a distancias.

Sin embargo ahí no queda todo, ya que desde que se creó este importante equipo de comunicación ha venido evolucionando, como se describe a continuación, y aquí se dará una integración de la última evolución importante que se está dando en el mundo (telefonía sobre IP).

2.1.1 Evolución de la telefonía.

La historia de la telefonía inicia cuando en 1680 el sacerdote Francés Gauthey, propuso a la Academia de Ciencias de París, un sistema de transmisión de la voz humana mediante tubos acústicos; y en 1860 el Alemán Phillip Reis inventó un aparato al que denominó "Teléfono" (del Griego hablar de lejos) con el cual logró transmitir sonidos durante breves intervalos de tiempo.

En realidad, el primer aparato telefónico útil fue inventado y patentado por Alexander Graham Bell, en los Estados Unidos el 7 de marzo de 1876 y para 1877 Bell realizó la primera comunicación telefónica de larga distancia con un periodista que estaba a 25 kilómetros de ese sitio.

El teléfono, en su forma más simple consiste de un transmisor provisto de un diafragma de aluminio que vibra bajo la acción de la voz humana, estas vibraciones producen ciertos impulsos eléctricos que se comunican a un receptor, ver figura 2.1. Los impulsos son aquí traducidos de nuevo a ondas muy semejantes a las del sonido original. El diafragma se halla conectado por el centro con un depósito de pequeñas partículas de carbón que provocan cambios de intensidad en la corriente, de acuerdo a los cambios de intensidad de la voz.

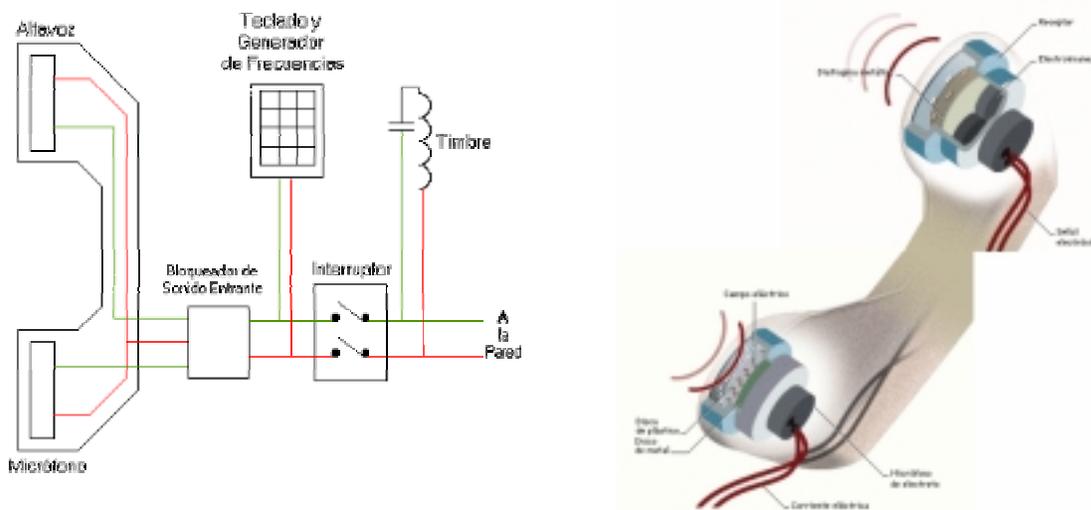


Figura 2.1 Diagrama básico del teléfono.

A partir de ahí, la telefonía ha venido evolucionando, pasando de la dependencia del usuario con las operadoras en las centrales telefónicas (centrales manuales) a tener centrales telefónicas automáticas, esto permitía la marcación directa (Patentado por Almon B. Strowger 1891).

El invento de Strowger revolucionó la telefonía, liberando al usuario del dominio la de las centrales manuales y permitiéndole la marcación directa entre ciudades, naciones y continentes. Hoy a través de la marcación, es posible conectarse con cualquier parte del mundo.

Después apareció la marcación utilizando botones pulsadores para elegir el abonado con el cual querían comunicarse, esto se vino dando a fines de los años 50's, pero no trascendió. Con el desarrollo de sistemas electrónicos digitales en las centrales telefónicas, volvieron a pensar en la posibilidad de marcar con ayuda de un tablero de pulsadores; así, los expertos llegaron a la conclusión que es mejor marcar utilizando un sistema de tonos de varias frecuencias, es decir cada pulsador emitirá un tono de frecuencia fija para ese pulsador y diferente de las frecuencias de los demás pulsadores. Entonces, la central telefónica digital podrá reconocer esa frecuencia y entender que el usuario pulsó ese botón determinado y no otro.

Una compañía Norteamericana Norelco publicó una solución que le permite a propietarios de centrales telefónicas de tipo analógico (con discado por pulsos, con la ayuda de un disco), mejorar sus sistemas agregándoles un modulo que permita al usuario el marcado por tonos, es decir, señales audibles y que sin que agregaran ruido a la línea o transitorios indeseables, se pudieran enviar y detectar en forma inconfundible; como consecuencia de lo anterior, se ideó el concepto DTMF (Dual Tone Multi Frequency) más conocido por marcación por tono.

En esta forma de marcado, se eligió un conjunto de frecuencias bajas y un conjunto de frecuencias altas o tonos bajos y tonos altos, así como para cada dígito del 1 al 0, en el cual las frecuencias son agrupadas como se muestra en la tabla 2.1.

El estándar completo de la codificación DTMF tiene cuatro columnas y cuatro renglones; sin embargo, los teléfonos estándar utilizan tan solo 4 renglones y 3 columnas.

El sistema era cómodo, rápido y eficaz, tenía menos errores de discado que el antiguo sistema de disco y los usuarios lo aceptaron rápidamente.

		Filas			
		1209	1336	1477	1633
Columnas	697	1	2	3	A
	770	4	5	6	B
	852	7	8	9	C
	941	*	0	#	D

Tabla 2.1 Frecuencias de señalización DTMF.

Con el tiempo el núcleo de las centrales fueron transformándose en digitales-computarizadas y pudieron agregar varios servicios más, como por ejemplo:

- Avisa que el usuario al que marcamos (y encontramos ocupado) ya desocupó su línea.
- Marcación automática al último número que ha marcado.
- Conferencias telefónicas de varios usuarios al mismo tiempo.

Más tarde se agregaron muchos servicios de este tipo, como contestador automático, re-dirección de las llamadas entrantes a otro número, despertador automático, etc.

Con la inserción de centrales computarizadas y teléfonos de discado por tonos cambió el servicio. Este se convirtió en algo dinámico, ágil y adaptado a las necesidades del nuevo mundo de actividades de fines del siglo XX. Los teléfonos se convirtieron en indispensables, ya nadie pensaba siquiera en estar lejos del teléfono, todos querían estar al alcance de sus clientes, amigos y familiares. Los aparatos fueron cambiando de aspecto de acuerdo a la moda y al capricho del diseñador.

Los contestadores automáticos fueron popularizándose y a fines de los 80's existían en la mayor parte de las compañías telefónicas como servicio usual.

Y así fueron desarrollándose aparatos digitales que funcionan dentro de compañías comerciales. El fax (o telefax como se le llamó al principio y que permite transferir documentos impresos) se basa también en líneas telefónicas para comunicarse. Las líneas digitales ISDN y ADSL permiten pasar datos de computadoras, Internet, etc.

Todo basado en aquella infraestructura de cables de cobre que se fue tendiendo por todos lados para que hoy podamos gozar de un mundo interconectado, ya nada está lejos, todo está al alcance de nuestro teléfono, fax, email o Internet. Un largo camino desde el invento de Alexander Graham Bell.

Después, con el avance tecnológico que surgía día con día, aparecieron los teléfonos inalámbricos. Una de las limitaciones más sobresalientes de los teléfonos convencionales residía en el hecho que de se puede desconectar del cable que los une a la central telefónica. La vida moderna exigía movilidad y era urgente el desarrollar una tecnología que permitiese obtener servicios telefónicos móviles.

Fue así como el teléfono ha venido evolucionando de acuerdo a los avances tecnológicos y las necesidades de la sociedad. Pasando de lo analógico a lo digital y ahora con esta nueva tendencia de la integración de la telefonía y datos, se procederá de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes, lo cual es uno de los grandes retos que poco a poco se han solucionado.

2.2 Sistema de conmutación telefónica.

La conmutación telefónica ha tenido grandes efectos sobre nuestras vidas, pues nos permite comunicarnos con prácticamente cualquier persona que deseemos en cualquier parte del mundo. Sin la existencia de un sistema de conmutación, tendríamos que tender una línea dedicada para establecer comunicación con cualquier persona o institución, familiares, amigos, bancos, escuelas, etc. Los sistemas de conmutación son componentes vitales para las comunicaciones entre computadoras y terminales. Si deseamos utilizar una computadora que se encuentra en otra parte del país o del mundo, primero debemos conectarnos a un sistema de conmutación para no tener que utilizar un canal punto a punto³.

Los sistemas se clasifican actualmente de dos formas:

➤ **Conmutadores electromecánicos.**

Los conmutadores electromecánicos están gobernados por circuitos cableados. Funcionan a través de motores y funcionan, como su nombre lo indica, electromecánicamente o bien por impulsos eléctricos.

³ Black Uylless: REDES DE COMPUTADORAS: Protocolos, Normas e Interfaces, 2nd ed., México: Printice Hall, 1995.

➤ **Conmutadores controlados por programas almacenados.**

Los sistemas controlados por programas almacenados realizan por software la lógica de conmutación. El programa controla la secuencia de las operaciones a la hora de establecer la llamada telefónica.

2.2.1 Redes de conmutación.

Cuando se habla de una integración de voz y datos se presentan dos conceptos que son totalmente diferentes: la conmutación de circuitos y la de paquetes, es por ello la mención de la misma. Estos dos puntos son importantes para la integración de voz y datos debido a su contraposición provocando un reto para esta convergencia; lo anterior, obliga al estudio de la conmutación es utilizada tanto en telefonía como en las redes de datos.

Conmutación de Circuitos

Este tipo de conmutación es utilizado por la red telefónica y se caracteriza por que establece una línea física entre los dos usuarios antes de cualquier intercambio de información.

La conmutación por circuito se realiza de la siguiente manera: al hacerse el pedido de la conexión es enviado un mensaje del nodo origen al nodo destino, este mensaje produce en el trayecto una asignación de las líneas de los nodos intermedios hasta el nodo destino, estableciendo un circuito para la comunicación entre los dos usuarios, ver figura 2.2. Cuando se completa esta operación, se envía un mensaje de vuelta al nodo origen informando que la transferencia de información puede comenzar.

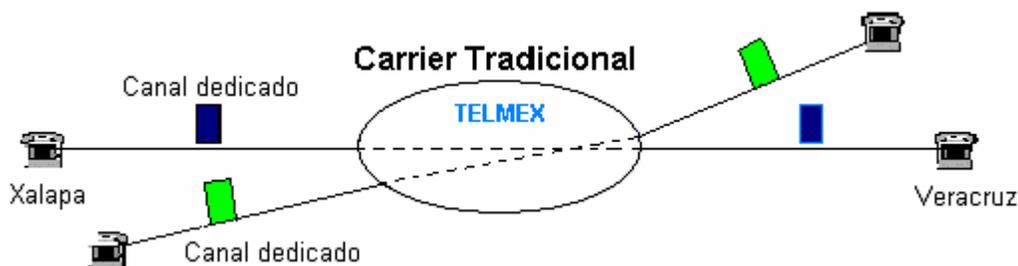


Figura 2.2 Forma en que se lleva acabo la conmutación de circuito.

Las características principales de la conmutación de circuito son:

- Cuando se establece la comunicación, el usuario dispone de una vía directa a través de los centros de conmutación de la red, como si los dos usuarios estuvieran conectados mediante una línea dedicada.
- Los conmutadores no disponen de capacidad de almacenamiento.
- Y por la falta de almacenamiento en los conmutadores, existe posibilidad de bloqueo (sí hay saturación).

Conmutación de Paquetes

La conmutación de paquete se denomina así porque los datos de usuario (por ejemplo, mensaje) se dividen en trozos pequeños, figura 2.3. Esos trozos, denominados paquetes llevan incorporada información de protocolo y se enrutan por la red como entidades independientes. Cada paquete contiene la dirección de origen, la dirección de su destino, e información acerca de cómo volver a unirse con otros paquetes emparentados. Este proceso permite que paquetes de distintas localizaciones se entremezclen en las mismas líneas y que sean clasificados y dirigidos a distintas rutas.



Figura 2.3 Conmutación de paquetes.

Una red de conmutación de paquetes que está constituida por varios centros y líneas de conmutación, con la que la carga de conmutación se distribuye, es decir forma una malla que permite tener varias rutas de comunicación con el destino, ver figura 2.4.

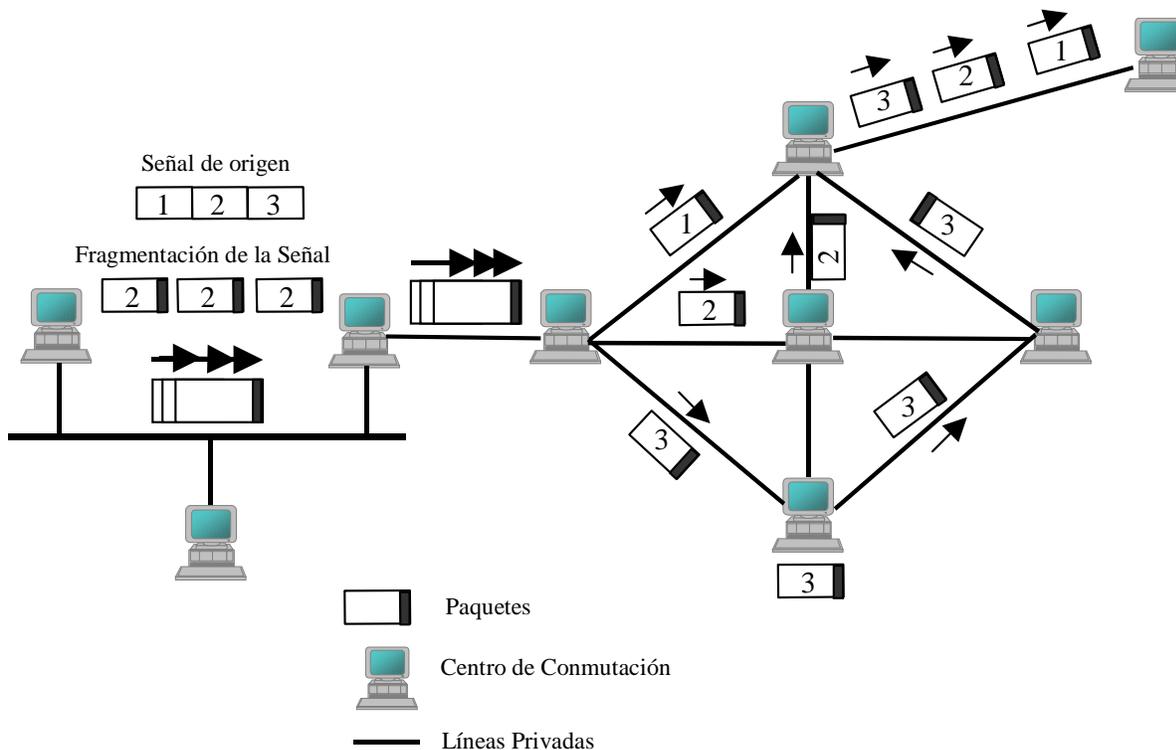


Figura 2.4 Conmutación de paquetes constituidas por varios centros.

Las ventajas de la conmutación de paquetes frente a la de circuitos.

- La eficiencia de la línea es mayor ya que cada enlace se comparte entre varios paquetes que estarán en cola para ser enviados en cuanto sea posible. En conmutación de circuitos, la línea se utiliza exclusivamente para una conexión, aunque no haya datos a enviar.
- Se permiten conexiones entre estaciones de velocidades diferentes, esto es posible ya que los paquetes se irán guardando en cada nodo conforme lleguen (en una cola) y se irán enviando a su destino.
- No se bloquean llamadas ya que todas las conexiones se aceptan, aunque si hay muchas se producen retardos en la transmisión.
- Se pueden usar prioridades un nodo puede seleccionar de su cola de paquetes en espera de ser transmitidos, aquellos más prioritarios según ciertos criterios de prioridad.
- Proporcionan una respuesta rápida a todos los usuarios.
- Permiten compartir los riesgos y los recursos.

En la Tabla 2.II, está en resumen las diferencias entre conmutación de circuito y conmutación de paquete.

	de circuito	de paquete
Ruta dedicado de cobre	Sí	No
Ancho de banda disponible	Fijo	Dinámico
Posibilidad de malgastar ancho de banda	Sí	No
Transmisión de retención y envío (store and forward)	No	Sí
Cada paquete toma la misma ruta	Sí	No
Inicialización de la ruta	Necesario	No necesario
Puntos donde la congestión puede ocurrir	En inicialización	Con cada paquete
Cobrar	Por minuto	Por paquete

Tabla 2.II Diferencias entre conmutación de circuitos y de paquete.

2.2.2 Transmisión de voz mediante paquete.

Digitalización de voz.

La transmisión de voz en redes telefónicas hoy día es casi todo digital (bueno al menos entre centrales telefónicas). Algunas centralitas (PBX) soportan todo tipo de transmisión digital. Y la digitalización de la voz para su transmisión dentro de una red proporciona muchas ventajas.

La voz análoga es susceptible a ruido, debido a que la transmisión pasa o necesita pasar a través de una serie de amplificadores. Los amplificadores análogos

no tienen la habilidad o capacidad de determinar cual es en ese momento voz o ruido, así que amplifican todo.

En la transmisión digital, la voz no es amplificada; es regenerada. Esto es posible debido a la naturaleza de las señales digitales. La forma de onda puede desviarse de la fuente debido a que pasa a través de la red y puede llegar a ser distorsionada cuando el ruido es inducido, pero la señal original puede ser regenerada por repetidores viendo la forma de onda recibida y regenerándola basada en 1 y 0.

La digitalización de voz no es un problema complicado. La voz es muestreada a ciertos intervalos de tiempo. En cada tiempo que la voz es muestreada, la amplitud de la señal es comparado a una escala⁴.

La Modulación de Amplitud de Pulso (PAM, *Pulse Amplitude Modulation*), la amplitud de un tren de pulsos de ancho constante varía en proporción a los valores muestreados de la señal moduladora. En general, los pulsos se toman en intervalos de tiempo equidistantes. En la figura 2.5, se muestra un ejemplo de señal PAM.

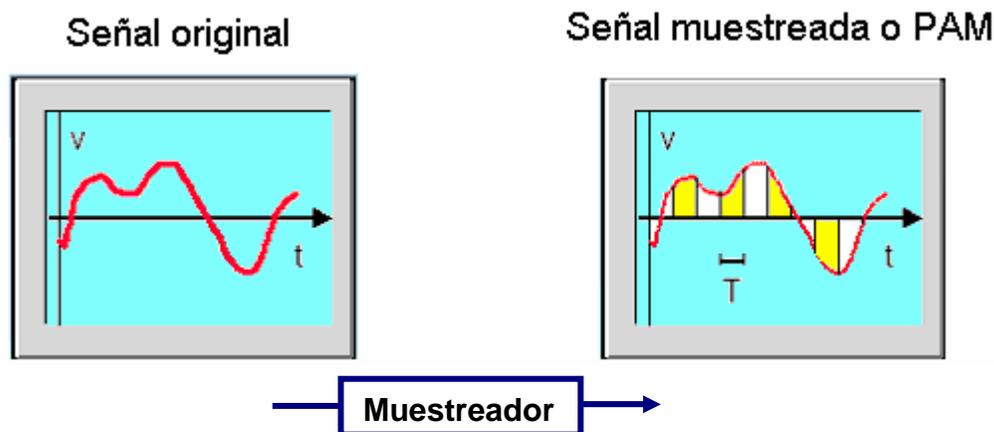


Figura 2.5 Modulación amplificada por pulso (PAM).

Para que la señal de PAM sea la más cercana a la onda senoidal análoga original es tomando la suficientes muestras. Entre más frecuente sean las muestras (frecuencias) es mejor la regeneración o recuperación de la señal. Para una señal de voz, son 8000 muestras por segundo.

Para la digitalización de las señales de voz en telefonía se utiliza esta técnica, ver figura 2.6 la cual se compone de los siguientes elementos:

- Filtrado para limitar en banda la señal a 4 Khz. (teorema de Nyquist).
- Muestreo (Señal PAM) a 8 Khz. (una muestra cada 125 micro segundo).
- Cuantificación (Ley A o Ley μ) y codificación (8 bits por muestra).
- Decodificación y filtrado.

$$8000 \frac{\text{muestras}}{\text{seg}} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} = 64 \text{ kbps}$$

⁴ Russel Travis, TELECOMMUNICATIONS PROTOCOLS, Ed. Mc Graw Hill

Para la digitalización de una señal se mencionan cuatro elementos, en la parte de **filtrado** se toma en cuenta las características de la voz humana, el cual el oído humano puede llegar a escuchar sonidos de hasta 20 KHz., la mayor parte de la energía de la voz humana se encuentra por debajo de los 4 KHz., donde la voz se filtra de 300 a 3400 Hz.

	Rango de Frecuencias Hz	Frecuencia de muestreo Khz.
Voz Telefónica	300 - 3400	8

En la parte de muestreo, se aplica el teorema de Nyquist el cual nos dice que la información de una señal podrá ser reproducida mediante la toma de muestras periódicas en el tiempo. La frecuencia de estas muestras deberá ser de al menos dos veces la frecuencia mayor presente en la señal.

$$f_{muestreo} \geq 2 f_{max}$$

Donde:

$f_{muestreo}$: frecuencia de muestreo (en Hz).

f_{max} : ancho de banda de la señal a muestrear (en Hz).

En telefonía:

$$f_{max} = 3400 \text{ Hz} \longrightarrow 4000 \text{ Hz.}$$

$$f_{muestreo} = 2 (4000 \text{ Hz}) = 8 \text{ Khz.}$$

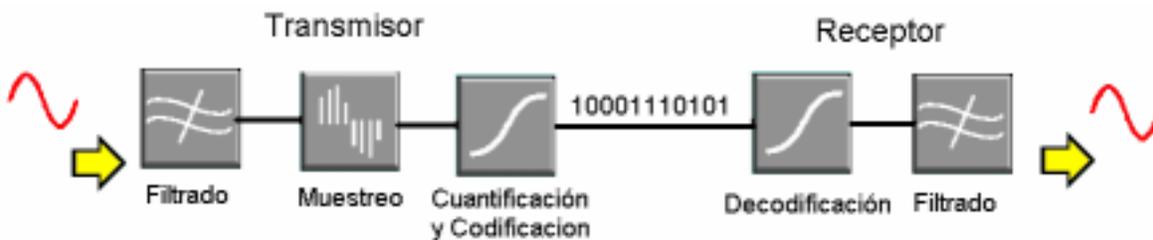


Figura 2.6 Etapas para la digitalización de la señal de voz.

La **cuantificación** es la conversión de una señal discreta en el tiempo evaluada de forma continua a una señal discreta en el tiempo discretamente evaluada, figura 2.7 El valor de cada muestra de la señal se representa como un valor elegido de entre un conjunto finito de posibles valores.

Se conoce como error de cuantificación (o ruido), a la diferencia entre la señal de entrada (sin cuantificar) y la señal de salida (ya cuantificada), interesa que el ruido sea lo más bajo posible. Para conseguir esto, se pueden usar distintas técnicas de cuantificación, como son la cuantificación uniforme, logarítmica, no lineal y vectorial, el cual para la cuantificación de voz se lleva acabo a través de cuantificación logarítmica.

Cuantificación logarítmica

Las señales de voz pueden tener un rango dinámico superior a los 60 dB, por lo que para conseguir una alta calidad de voz se deben usar un elevado número de niveles de reconstrucción. Sin embargo, interesa que la resolución del cuantificador sea mayor en las partes de la señal de menor amplitud que en las de mayor amplitud. Por tanto, en la cuantificación lineal se desperdician niveles de reconstrucción y, consecuentemente, ancho de banda. Esto se puede mejorar incrementando la distancia entre los niveles de reconstrucción conforme aumenta la amplitud de la señal.

Un método sencillo para conseguir esto es haciendo pasar la señal por un compresor logarítmico antes de la cuantificación. Esta señal comprimida puede ser cuantificada uniformemente. A la salida del sistema, la señal pasa por un expansor, que realiza la función inversa al compresor. A esta técnica se le llama *compresión*. Su principal ventaja es que es muy fácil de implementar y funciona razonablemente bien con señales distintas a la de la voz.

Para llevar a cabo la compresión existen dos algoritmos muy utilizadas: **Ley-A** (utilizada principalmente en Europa) y **ley- μ** (utilizada en EEUU), dichas leyes son recomendaciones echas por ITU.

- Ley A (de 13 segmentos):

$$\begin{aligned}y &= (1 + \log(Ax)) / (1 + \log(A)) && \text{si } 1/A < x < 1 \\y &= Ax / (1 + \log(A)) && \text{si } 0 < x < 1/A \\A &= 87.6\end{aligned}$$

- Ley μ (de 15 segmentos):

$$\begin{aligned}y &= \log(1 + \mu x) / \log(1 + \mu) \\ \mu &= 255\end{aligned}$$

Donde x , y son las magnitudes normalizadas de la señal de entrada y de salida (su valor máximo es 1, no en dB), $z = Ax$ para $0 < x < 1/A$, $z = 1 + \ln(Ax)$ para $1/A < x < 1$ y los parámetros A y μ tiene normalmente los valores 87.6 y 255. Al aplicarse el proceso inverso los intervalos de amplitud de las muestras de mayor valor son 64 veces más grandes que los de las menores, lo que equivale a una compresión de 18 dB.

Cuando se emplean valores indicados, las dos leyes dan resultado casi idéntico, obteniendo una mejoría de más de 15 dB en relación señal a ruido de cuantificación para ondas de menor amplitud respecto a señales PCM sin compresión⁵.

⁵ Rosado Carlos, COMUNICACION POR SATELITE, Ed. Limusa Noriega.

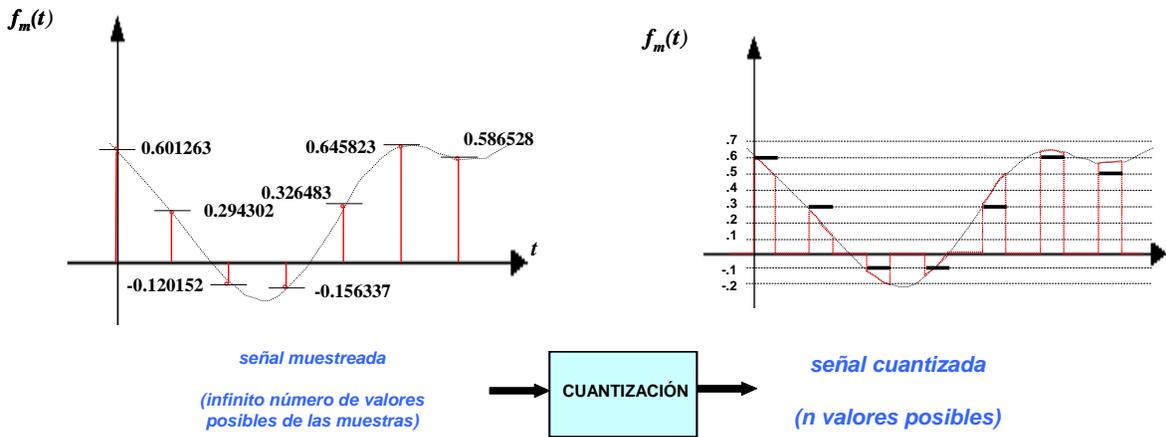


Figura 2.7 Cuantización de una señal de voz.

El nivel de cuantización se define como: $n = 2^m$, n son los valores posibles y m los bits por muestra.

Para la voz telefónica, $m = 8$ y $n = 255$.

La parte de codificación es la siguiente etapa después de la cuantificación, el cual la señal es digitalizada, como se muestra en la figura 2.8

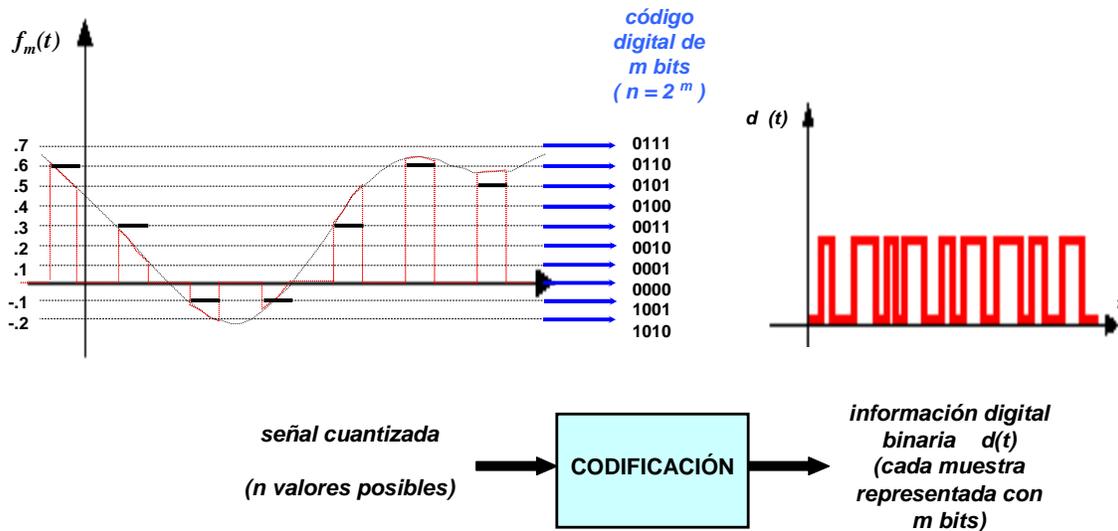


Figura 2.8 Codificación de una señal.

Dentro de los codificadores de forma de onda en el dominio del tiempo más conocido es Modulación por Pulsos Codificados (PCM). La modulación por codificación de pulsos es la codificación de forma de onda más sencilla. Básicamente consiste en el proceso de cuantificación. Cada muestra que entra al codificador se cuantifica en un determinado nivel de entre un conjunto finito de niveles de reconstrucción. Cada uno de estos niveles se hace corresponder con una secuencia

de dígitos binarios, y esto es lo que se envía al receptor. Donde como se comentó anteriormente el criterio para llevar a cabo la cuantificación es el de cuantificación logarítmica.

Otros codificadores en el dominio del tiempo que se usan son Modulación por Codificación de Impulsos Diferencial (DPCM) y Modulación por Codificación de Impulsos Diferenciales Adaptiva (ADPCM).

Después de haber explicado la digitalización de la voz, hacemos mención de la manera de transmitir voz a través de la red de datos.

En este caso, se trata a la voz en cadenas de bits, es decir podemos unir la transmisión de paquetes de datos y la transmisión de voz digitalizada. Es una técnica que está adquiriendo un gran auge en las comunicaciones, se le conoce como *transmisión de paquetes de voz mediante técnicas de conmutación digital*.

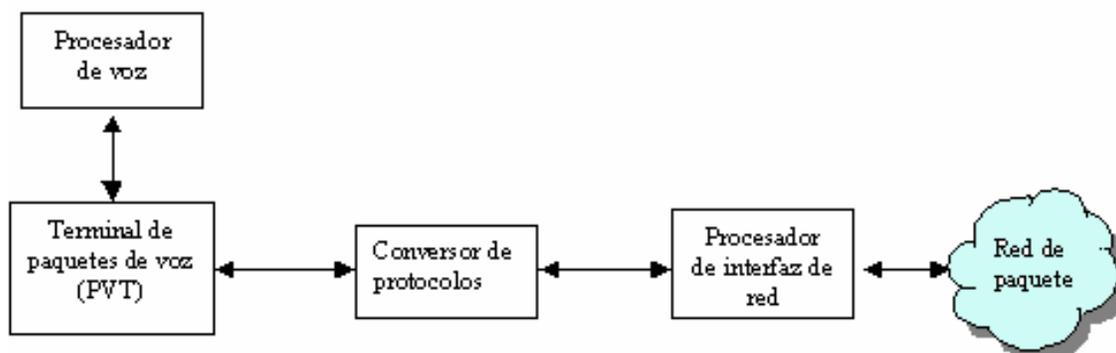


Figura 2.9 Sistema de transmisión de voz en paquetes.

Se descubrió que en el caso de transmisión de voz también se transmite en tipo “ráfagas” (sonidos seguidos de silencios) como la transmisión de datos. En consecuencia los paquetes de voz pueden compartir un canal común, tal y como lo hacen los paquetes de datos. Las bases de la transmisión de voz en paquetes son las mismas que la transmisión de datos en paquetes, compartir los dispositivos de transmisión y de conmutación. Lo que se pretende con los sistemas de servicios integrados es precisamente integrar voz y datos.

La figura 2.9, nos muestra el concepto de transmisión de voz en paquetes. Para realizar las funciones de interfaz con la terminal telefónica analógica y la terminal de datos se utiliza una Terminal Vocal de Paquetes (PVT). El procesador de voz se ocupa de convertir la voz de analógica a digital. El procesador de protocolos se encarga de controlar los módulos PVT que tienen conectados, genera e interpreta los paquetes necesarios para establecer una llamada o sesión, contiene también el buffer de almacenamiento de los paquetes entrantes y salientes; el procesador de interfaz con la red está diseñado para proporcionar la interfaz de paquetes dependiente de la red.

La importancia que están tomando hoy en día los sistemas de comunicaciones, ha traído consigo desarrollos de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control, priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, lo anterior generó lo que ahora es voz sobre frame relay, voz sobre ATM y telefonía sobre IP, que tienen en práctica hoy en día las empresas. Pero, ¿por qué enfocarnos a telefonía IP?, la respuesta en un tanto obvia y lógica ya que es actualmente la red más grande que existe y a pesar de que las otras tecnologías, como es el caso de ATM, nos dan el servicio de voz sobre IP con grandes ventajas y frame relay proporciona la facilidad de implantación, no son tan usadas ya sea por su costo de implementación o por sus problemas de retraso en paquetes como es el caso de la frame relay.

Al hablar sobre el transporte de voz en una red de datos nos permite dar una breve descripción de los conceptos de las redes de datos.

2.3 Descripción de voz sobre IP.

Voz sobre IP (VoIP) es una nueva tecnología, que como su nombre lo dice transporta voz (principalmente humana) en paquetes IP a través de Internet. Voz sobre IP puede usarse con un teléfono o en un ambiente de computadora.

Desde hace años se sabe que enviar una señal a un destino remoto se puede hacer también de manera digital. Antes de enviarlo se tiene que digitalizar con un Convertidor Analógico Digital (ADC), transmitirlo y en el destino transformarlo otra vez en forma analógica con un Convertidor Digital Analógico (DAC) para usarlo.

VoIP trabaja así, digitaliza la voz en paquetes de datos, éstos son enviados y convertidos en voz en el destino. El formato digital puede ser controlado de una mejor manera ya que se puede comprimir, rutear, convertirse a un mejor formato, etc.

La red TCP/IP esta hecha de paquetes IP que contiene un encabezado (para controlar la comunicación) y la información para transportar los datos y VoIP también lo usa para pasar por la intranet o internet y llegar a su destino.

Actualmente la voz sobre IP tiene dos modos de ser transportado:

A través de *líneas privadas* y dedicadas que proporcionan una calidad de servicio aceptable y mediante de *redes públicas* con una calidad de servicio inferior.

Cuando hablamos de tecnologías IP nos estamos refiriendo en general a un conjunto de protocolos que conforman lo que actualmente llamamos redes IP. Principalmente los más comúnmente usados son el TCP, que se ocupa de proporcionar conexiones garantizadas para paquetes de datos sobre IP y UDP que proveen un servicio de entrega no garantizado; sin embargo, ninguno de estos protocolos puede suministrar el soporte de aplicaciones en tiempo real como la voz.

2.3.1. Protocolos y estándares.

Existen una serie de protocolos que intentan proporcionar servicios en tiempo real sobre IP, como es el caso RTP (Real time Transport Protocol), RTCP (Real time Control Protocol), RSVP (Resource Reservation Protocol) y RTSP (Real time Streaming Protocol); sin embargo, es el H.323 el protocolo internacional para conferencia sobre redes de paquetes que ha sido aprobado por la UIT en 1996.

H.323 se define como el estándar que permite que el tráfico multimedia, en tiempo real, sea intercambiado sobre una red de paquetes tal y como es en una red IP, añadiendo también la capacidad de flujos multimedia (retransmisiones de audio o video).

H.323 define una serie de entidades en una red con una serie de funcionalidades, tales como, gatekeepers, MCU (Multipoint Control Unit), terminales, gateways y proxies.

El establecimiento y el mantenimiento de conexiones H.323 realizan un uso tanto de tráfico sobre TCP como de UDP.

Q.931 sobre TCP que se realiza a través del puerto bien conocido 1720 para negociar el puerto de conexión del H.245.

H.245 sobre TCP para realizar las negociaciones de los parámetros (codificadores entre otros) y realiza las conexiones UDP para RTP y RTCP.

RTP y RTCP sobre UDP en que se usan conexiones UDP para mantener los flujos asociados con el tráfico H.323.

El estándar H.323 define un método que consiste en permitir tráfico multimedia sobre una red IP, pero como no puede ser de otra forma, no asegura que la comunicación pueda tener lugar. En el caso de transmisión de voz es necesario asegurar unos parámetros mínimos para que una conversación pueda tener lugar. La figura 2.10. Muestra la relación con el modelo OSI.

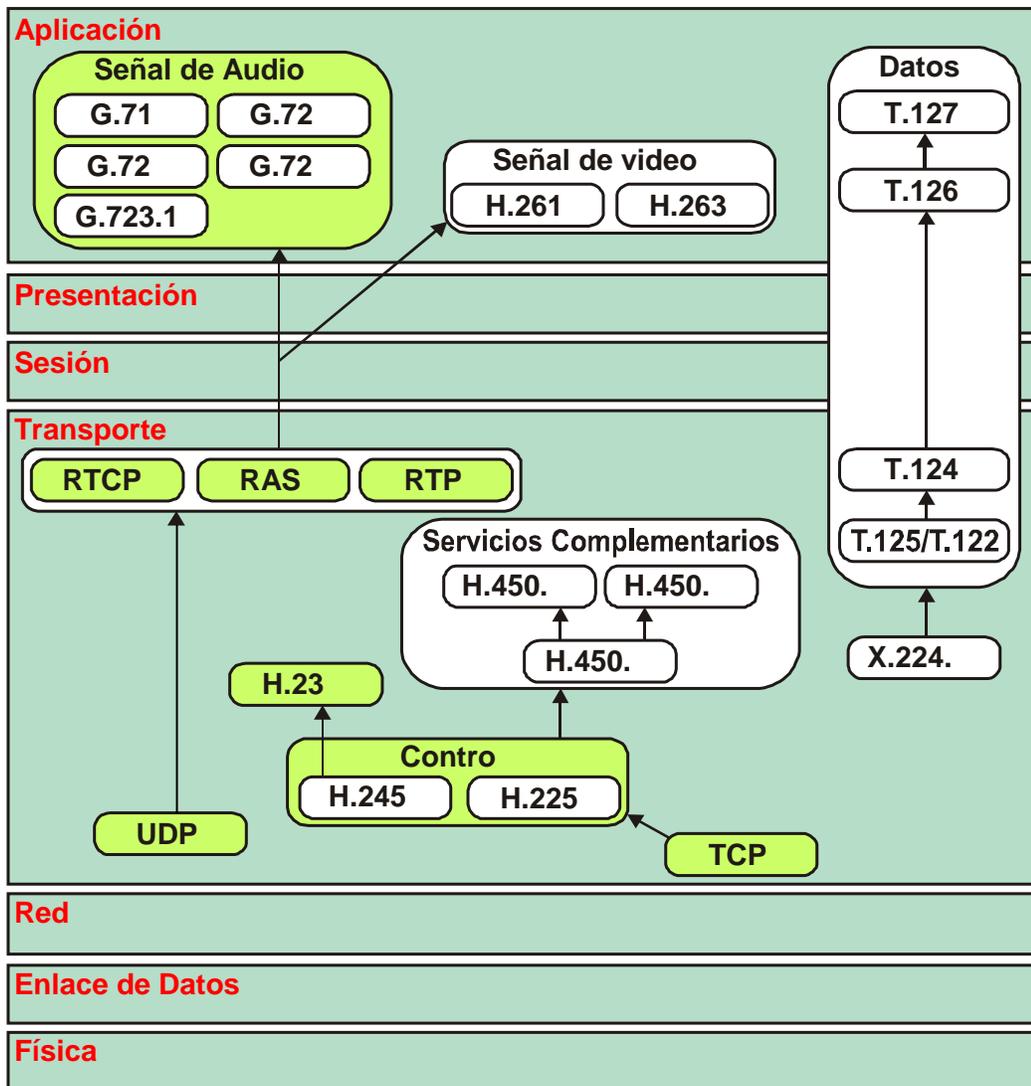


Figura 2.10 Protocolo H.323 con relación al modelo OSI.

La voz sobre IP con H.323 comprende una serie de estándares internacionales que a su vez se apoyan de una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación, el cual se describen a continuación:

➤ **Direccionamiento.**

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

➤ **Señalización.**

1. Q.931 Señalización inicial de llamada.
2. H.225 Control de llamada, señalización, registro, admisión y paquetización / sincronización del flujo de voz.
3. H.245 Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para flujo de voz.

➤ **Compresión de Voz.**

1. Requeridos: G.711 y G.723
2. Opcionales: G.728, G.729 y G.722

➤ **Transmisión de Voz.**

1. UDP (User Datagram Protocol). La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.
2. 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 la Transmisión.**

RTCP (Real Time Control Protocol). Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

Hasta ahora sólo hemos visto la posibilidad de utilizar nuestra red IP para conectar las centralitas a la misma, pero el hecho de que VoIP se apoye en un protocolo de nivel 3, como es IP, nos permite una flexibilidad en las configuraciones que en muchos casos están todavía por descubrir. Una idea que parece inmediata es que el papel tradicional de la centralita telefónica quedaría distribuido entre los distintos elementos de la red VoIP. En este escenario, tecnologías como CTI (Computer -Telephony Integration) tendrán una implantación mucho más simple, será el paso del tiempo y la imaginación de las personas involucradas en estos entornos, los que irán definiendo aplicaciones y servicios basados en VoIP.

Componentes de VoIP.

Actualmente podemos partir de una serie de elementos, ver figura 2.11, ya disponibles en el mercado y de acuerdo a diferentes diseños, nos permitirán construir las aplicaciones VoIP. Dichos elementos se mencionan a continuación:

- Terminales (teléfonos IP).
- Adaptadores para PC.
- Hubs telefónicos.
- Gateways (pasarelas PSTN / IP).
- Gatekeeper.
- Unidades de audioconferencia múltiple. (MCU Voz).
- Servicios de directorio.

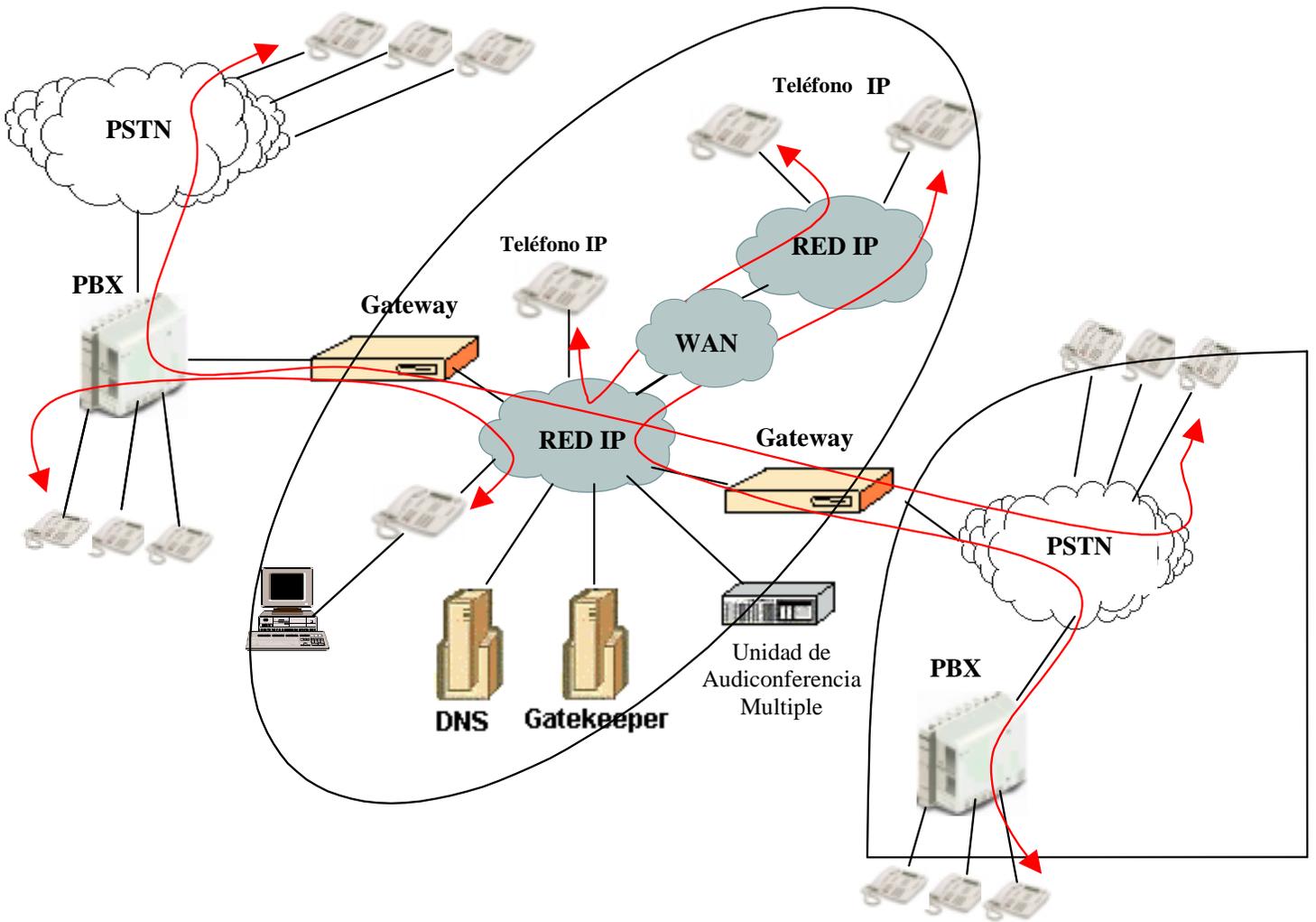


Figura 2.11 Elementos de una red VoIP.

Las funciones de los distintos elementos son fácilmente entendibles a la vista de la figura 2.11; no obstante lo anterior, bien merece la pena recalcar los elementos principales.

El Gatekeeper es un punto central de control en una red H.323, que proporciona servicios de control de llamada, traducción de direcciones, gestión y control de admisión. Además, facilita el control del ancho de banda utilizado y localiza los distintos gateways y MCU's cuando se necesita.

Gatekeeper H323 está siempre presente para controlar las llamadas en la intranet. Todos los elementos de red de terminales, gateways, MCU tienen que usar el gatekeeper como punto intermedio para la señalización; de esta forma se tiene un control de los accesos, seguridad, movilidad del usuario y evaluación si se da el caso.

El gateway de Voz IP es un elemento esencial de una solución de voz sobre IP, pues facilita la conversión de las llamadas telefónicas convencionales al mundo de IP. Normalmente tiene interfaces analógicas (POTS) o digitales (T1/E1, ISDN) a la red telefónica y dispone de interfaces ethernet, frame relay o ATM hacia la red pública.

Podemos considerar al Gateway como una caja que, por un lado, tiene una interfase LAN y, por el otro, dispone de una o varias de las siguientes interfaces:

- FXO, para conexión a extensiones de conmutadores o para la red telefónica básica.
- FXS, para conexión a enlaces de conmutadores o a teléfonos analógicos.
- E&M, para conexión específica a PBX. f
- BRI, acceso básico RDSI (2B+D).
- PRI, acceso primario RDSI (30B+D).
- G703/G.704 (E&M digital), conexión específica a centralitas a 2 Mbps.

El gateway H.323/H.320 básicamente realiza la conversión entre estos dos formatos de forma que las terminales H.323 se pueden comunicar con equipos RDSI de videoconferencia, que pueden formar parte de la red corporativa o estar situados en la red pública.

El gateway H.323/PSTN (voz sobre IP), posibilita la comunicación de voz entre las terminales H.323 y los teléfonos convencionales, estén en la red corporativa o en la red pública.

Los distintos elementos pueden residir en plataformas físicas separadas, o nos podemos encontrar con varios elementos conviviendo en la misma plataforma. De este modo es bastante habitual encontrar juntos gatekeeper y gateway.

Un aspecto importante es el de los retardos en la transmisión de la voz. Hay que tener en cuenta que la voz no es muy tolerante con dichos retardos, de hecho, si el retardo introducido por la red es de más de 250 milisegundos, resulta casi imposible tener una conversación fluida debido a que las redes de área local no están preparadas en principio para este tipo de tráfico, el problema puede parecer grave, hay que tener en cuenta que los paquetes IP son de longitud variable y el tráfico de datos suele ser a ráfagas. Para intentar obviar situaciones en las que la voz se pierde porque tenemos una ráfaga de datos en la red, se ha ideado el protocolo RSVP, cuya principal función es trocear los paquetes de datos grandes y dar prioridad a los paquetes de voz cuando hay una congestión en un router. Si bien este protocolo ayudará considerablemente al tráfico multimedia por la red, hay que tener en cuenta que RSVP no garantiza una calidad de servicio como ocurren en redes avanzadas tales como ATM que proporcionan QoS de forma estándar.

De acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, International Telecommunications Union) los protocolos para la transmisión de voz, datos y video sobre IP deben cumplir con:

- Alta calidad en la compresión de voz a 8 Kbps y 16 Kbps para audio compresión.
- Cancelar el eco y supresión de silencio integrados.
- Conmutación de voz para ruteo de llamadas en la red.

Una vez que la llamada ha sido echa, la voz será digitalizada y transmitida a través de la red como paquetes IP. Las muestras de voz primero se encapsularan con el protocolo de transporte de tiempo real (RTP, Real-Time Transport Protocolo) y después con el protocolo de datagrama de usuario (UDP, user datagram Protocol) serán transmitidos en un paquete IP. La figura 2.12, muestra un ejemplo de un paquete de voz sobre IP tanto en una red LAN y WAN.

ETH	IP	UDP	RTP	Muestras de voz	FCS	
14	20	8	12	Depende del CODEC	4	octetos

PPP	IP	UDP	RTP	Muestras de voz	FCS	
4	20	8	12	Depende del CODEC	2	octetos

Figura 2.12 Encapsulación de paquetes VoIP.

$$64 \text{ kbps} = 64 \text{ bits ms} = 8 \text{ bytes por ms};$$

Por ejemplo, si el CODEC usado es G.711 (64 kbps) y el periodo de paquetización es de 20 ms, el ancho de banda para el codec será de (8 Bytes ms * 20ms) 160 Bytes. Esto resultará una longitud total de paquete de 58 +160 = 218 bytes en LAN y 206 bytes en la WAN.

2.3.2 Ventajas de la tecnología de Voz sobre IP.

Reducción de costo.

La institución puede reducir los costos de las llamadas de larga distancia al realizar llamadas a usuarios de la misma red, sin importar dónde se encuentren, al integrar voz, datos y fax sobre una red IP, pero a cambio de una posible falta de aseguramiento de calidad.

Facilidad de administración.

Los costos de instalación, configuración y administración de la red IP se integran fácilmente y las tareas administrativas pueden realizarse de forma remota, incluso, vía web.

Poca inversión en equipo.

Los costos se reducen sensiblemente, ya que tanto el tráfico de voz como el de datos se realizan a través de la misma red.

Adicionalmente de otras ventajas como son:

- Las redes IP son la red estándar universal para el internet, intranets y extranets.
- Existencia de estándares efectivos (H.323).
- Interoperabilidad de diversos proveedores.
- Uso de las redes de datos existentes.
- Independencia de tecnologías de transporte (capa 2), asegurando la inversión.
- Menor costo que otras tecnologías alternativas (voz sobre TDM, ATM, Frame Relay).

Las características ideales de un sistema VoIP.

- Uso óptimo del ancho de banda.
- Soporte para calidad de voz.
- Integración flexible con el ambiente de voz (PBX).
- Debe estar listo para la red empresarial (por ejemplo, manejar los mismos protocolos).
- Debe ser fácilmente escalable según las necesidades (en cuanto a soportar el número deseado de extensiones como en funciones y características).
- Integración de servicios y unificación de estructura (nuevas aplicaciones de interconexión de dispositivos multimedia con las redes actuales de voz).

2.3.3 Diferencias y similitudes entre voz sobre IP y telefonía sobre IP.

Existe una amplia gama de definiciones tanto de VoIP como de telefonía IP que buscan acomodar a ambos conceptos dentro del mundo de las telecomunicaciones, agregando a cada uno algunas variantes y especificidades.

A grandes rasgos, el funcionamiento de VoIP consiste en convertir una señal analógica de la voz en un formato digital que permita comprimir y “traducir” la señal original en paquetes IP, los cuales serán transmitidos a través de IP.

Para que el destinatario pueda escuchar la voz de nuevo, este proceso se lleva a cabo en sentido opuesto; de una manera esquemática, la voz sobre IP representa un bosquejo de lo que sería la tan ansiada integración de las redes de voz y datos⁶.

De entre las mejores características de las redes de datos destaca el hecho de que son jerárquicas, y gracias a sus tres capas (backbone, distribución y acceso), la Voz sobre IP se puede montar en un sinfín de tecnologías, desde ISDN y DSL, ATM, microondas y tecnologías inalámbricas.

⁶ <http://www.recursosvoip.com/tutoria1/teleip.php>

Lo primero que se debe hacer para transmitir voz sobre IP es contar con una red de datos, de esta manera se pueden integrar servicios de PBX en una red LAN, a lo que se denomina telefonía LAN.

Después de contar con la red, hay que verificar el ancho de banda, aunque las aplicaciones más básicas no requieren más allá de 80 Kbps, es decir, una mínima parte de una red a 10 Mbps, la cual es prácticamente la de menor velocidad hoy día. Si a esta red se le agrega priorización, a fin de lograr calidad de servicio (QoS), será capaz de proporcionar servicios y transporte de voz sin mayor problema; y para los usuarios, el funcionamiento de la red de voz será transparente.

Hablar de voz sobre IP y telefonía IP es hablar de conceptos diferentes.

La diferencia entre voz sobre IP (VoIP) y telefonía IP radica principalmente en que la primera es meramente utilizada para hacer transporte, es decir, para llevar voz de un punto a otro y la segunda además de transporte de voz tiene las diferentes funciones que posee la telefonía tradicional.

La telefonía IP, es llevar la voz sobre IP al escritorio de los usuarios, con aplicaciones comparables e incluso superiores a las de los PBX tradicionales.

Por tanto, telefonía IP no es lo mismo que voz sobre IP, pues hoy en día el usuario está en contacto directo con todos los servicios y aplicaciones que se pueden desplegar en un mundo de IP, a diferencia de procesos que a través de los conmutadores podíamos transportar la voz, evitando así que el usuario se percatara de estar transportando Voz sobre IP encima de la WAN.

Con este cambio de paradigma, el teléfono se convierte en un dispositivo que es capaz no sólo de procesar voz, sino también tráfico de datos, con acceso a servicios específicos. De hecho, estos teléfonos cuentan con entradas para cable de red y no para voz.

Cuando se habla de telefonía IP en internet y una red corporativa es que la primera es una red a mayor escala y no tiene los mecanismos de calidad de servicio que una red corporativa.

La calidad de voz en Internet está supeditada a todos los tráficos que cruzan, a la congestión que se genera si hay mucho tráfico en algún momento. Si algo así ocurre, la voz no se va a escuchar muy bien, mientras que en otros momentos del día su audición será óptima.

Aunque hay equipos que ofrecen calidad de servicio, se necesitan dispositivos que tengan la velocidad suficiente como para evitar que el paquete se detenga en el equipo y surja un brinco o eco en la voz.

En resumen, VoIP se refiere a la forma de transportar la voz, mientras que telefonía IP se refiere a los servicios y aplicaciones que se pueden implementar a la voz que se transmite a través de IP.

2.4 Descripción de telefonía sobre IP.

Hoy en día la telefonía sigue evolucionando y se ha ido produciendo en la industria de las telecomunicaciones un cambio paradigmático fundamental que se puede considerar tan importante como el del paso de la telegrafía al teléfono o de la computadora central a computadora personal. Este cambio consiste en el paso de las redes de voz con conmutación de circuitos tradicionales a las redes de datos con conmutación de paquetes que utilizan la tecnología de IP. La red IP más grande del mundo es "Internet", también conocida como "red pública". Aunque se han dado muchas definiciones de Internet, en pocas palabras, se trata de un conjunto de redes conectadas mundialmente que utilizan el IP (Protocolo de Internet) y comparten un espacio de direcciones IP común.

Desde hace algunos años, los analistas tecnológicos han venido advirtiendo que todas las formas de comunicaciones terminarán por fusionarse en una plataforma, es de señalar que en los últimos años IP ha sido considerada como una de ellas.

Hoy, la telefonía sobre IP empieza a ver su hora más gloriosa y es el fruto más legítimo de la convergencia tecnológica.

El concepto original es relativamente simple, se trata de transformar la voz en "paquetes de información" manejables por una red IP (protocolo Internet). Gracias a otros protocolos de comunicación como el RSVP, es posible reservar cierto ancho de banda dentro de la red que garantice la calidad de la comunicación.

La telefonía sobre IP ha venido ganando terreno en estos últimos años debido al desarrollo tecnológico que se ha dado en los sistemas de telecomunicaciones.

La telefonía IP consiste en la transmisión en tiempo real de voz sobre una red de datos con protocolo IP (Internet Protocol), como por ejemplo Internet, redes privadas corporativas (Intranet). Actualmente las grandes firmas consultoras afirman un rápido y gran crecimiento de esta tecnología en los próximos años.

En nuestros días, la telefonía IP atrae tanta atención y optimismo debido al costo de la infraestructura de una red de telefonía IP, son muchísimo más bajos que los de la telefonía tradicional, con lo que el costo de transporte de la voz es bastante económico e independiente de la distancia por lo que se puede afirmar que la telefonía IP permite reducir significativamente el precio de las llamadas de voz de larga distancia.

La telefonía sobre IP significa que podemos conectarnos a través de un teléfono conectado a la PC o directamente a una red intranet o extranet con software en cualquier parte del mundo sin pagar el costo de la llamada. Además, ofreciendo la mayoría de los servicios dados por la telefonía tradicional. No cabe duda que esta forma de hablar por teléfono conlleva a una nueva revolución tecnológica.

2.4.1 Cómo opera la telefonía sobre IP.

La voz que ingresa por el micrófono del teléfono es convertida en paquetes de datos y se comprimen, estos paquetes se encapsulan dentro de otros con el protocolo IP para poder viajar por una red de datos (Intranet o Internet), usando el protocolo UDP. Los paquetes poseen un encabezado en donde se encuentra la dirección a la que van dirigidos, esta deberá ser traducida a una dirección IP o al número de teléfono al que se quiere alcanzar. Si la comunicación se realiza hacia un teléfono de red, existen gateways en donde los paquetes se convierten para viajar por la red de telefonía estándar y se redirigen a la central en donde se encuentra el número de destino.

La calidad del sonido podrá ser superior a la que estamos acostumbrados, ya que se está en continuo desarrollo de métodos que comprimen y protegen los paquetes sin la necesidad de solicitar que se reenvíen aquellos que se pierden o se dañan en el largo camino que deben transitar.

En el caso de querer comunicarse por voz sobre IP desde un teléfono normal, se deberá marcar un código de acceso al gateway más cercano y una vez autorizado se obtiene un tono similar al normal. Este gateway se encarga de la digitalización, compresión y envío de los paquetes hacia otro gateway destino el cual enviará los datos al teléfono indicado. Es importante destacar que también es posible el uso de fax y de video. El resultado es que para una llamada de larga distancia sólo se paga el costo de una local.

Formas de comunicarnos a través de la telefonía IP

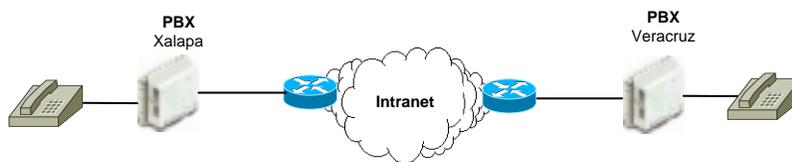
Para establecer una comunicación telefónica, no necesariamente se requiere como terminal un teléfono, sino que se puede utilizar un terminal multimedia equipado con tarjeta de sonido, micrófono y altavoces, como pueda ser un PC.

Ejemplos de alguno de los nuevos servicios que se apoyan sobre el concepto de telefonía sobre IP son:

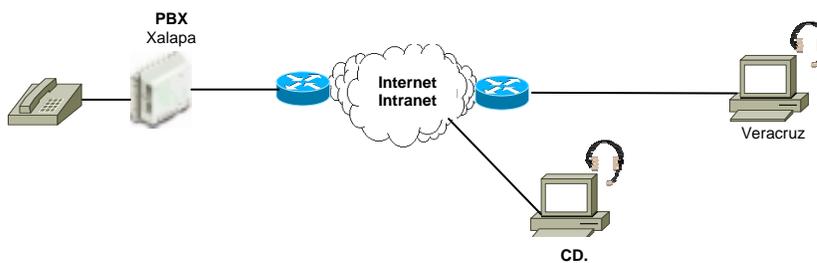
- Servicios de número gratuito como 800.
- Internet Call Center. comunicación con un agente del centro de atención de llamadas asociado al web visitado.
- Telefonía multimedia sobre IP. Utilización de PCs como terminales de voz, datos y video.

Otra de las características más relevantes de la telefonía IP es que no solo se puede establecer comunicaciones entre dos terminales telefónicos clásicos, sino que también permite las conexiones⁷, que se muestran en la figura 2.13.

➤ Teléfono – Teléfono.



➤ Teléfono – PC.



➤ PC – PC.



Figura 2.13 Combinaciones de conexiones entre telefonía IP.

2.4.2 Comparación entre telefonía tradicional y telefonía sobre IP.

Con una red avanzada sobre IP el concepto de teléfono como transmisor sólo de voz podría cambiar debido a que, por su versatilidad, esta red permite la transmisión simultánea de voz, datos y video; en suma, soporta más capacidades y el factor distancia no es barrera para conectar dos puntos.

La tendencia en las tarifas de la telefonía IP apunta a que sean iguales o más bajas que las de la telefonía local tradicional y para largas distancias, tanto nacionales como internacionales, a medida que la red IP se fortalezca y se extienda el costo de una llamada por minuto será menor o igual a una llamada local.

⁷ <http://www.ipvox.com/telefonía.html>

Características entre la telefonía IP y tradicional

La comparación entre la telefonía IP y la tradicional se resumen principalmente como sigue.

Telefonía IP.

- La inversión en una red IP no es baja, pero las llamadas tienen un costo fijo y el costo de la inversión es recuperable en corto tiempo.
- El protocolo IP permite un uso hasta diez veces más eficaz del ancho de banda.
- El sistema lo gestiona el administrador como un elemento más de la red telefónica.
- La convergencia natural entre voz y datos agrega poderosas funcionalidades al usuario a bajo costo. Además, es una plataforma muy conveniente para incorporar centro de llamada (Call Center) y centro de contacto (Contact Center).

Telefonía tradicional.

- Los costos del despliegue de una red son inferiores pero la recuperación de la inversión es más lenta.
- Poco aprovechamiento de la red.
- El mantenimiento de las redes suele correr a cargo de la propia empresa que ante cualquier nueva incidencia o problema, debe acudir a terceros.
- Agregar nuevas funcionalidades CTI y del Call Center es más costoso y limitado.

Ventajas y desventajas entre la telefonía IP y tradicional.

Ventajas

Telefonía IP	Telefonía tradicional
Menor costo por minuto. La reducción de tarifas beneficiará al usuario	Mayor calidad del servicio
La red IP permite implementar y ofrecer nuevos servicios avanzados de telecomunicaciones	Tecnología probada y rentable
Menores costos de inversión y mantenimiento	Usuario familiarizado con el servicio
	Buen nivel de cobertura

Tabla 2.III Ventajas de telefonía sobre IP vs telefonía tradicional.

Desventajas.

Telefonía IP	Telefonía tradicional
Cuestionable calidad del servicio	La red en la que se basa este servicio está limitada a servicios de voz
Problemas de disponibilidad de ancho de banda	Mayores costos de operación y mantenimiento de la red
Problemas de interoperabilidad del equipo	Mayores tarifas de larga distancia al usuario final
Difícil migración de una red tradicional a una IP	

Tabla 2.IV Desventajas de telefonía sobre IP vs Telefonía tradicional.

Cualidades de sistemas basados en IP.

Algunos ejemplos de las bondades de estos sistemas y que en el mundo de la voz tradicional podrán existir:

- Si por alguna razón el teléfono se desconecta se vuelve a conectar y la llamada sigue ahí pues el switch manda paquetes de un punto a otro, si no los puede recibir los sigue mandando hasta que lo logre.
- Si una empresa quiere cambiar a alguien de lugar, con un conmutador tradicional hay que reprogramar la extensión, lo que representa un proceso muy complicado pues se realiza casi a nivel código. En IP se mueve el aparato telefónico y se conecta.
- Si a un sistema tradicional se le quiere poner correo de voz hay que comprar un dispositivo aparte, en telefonía IP ya viene integrado e incluye correo de voz, contestadora automática y mensajería unificada.
- En un PBX el número de usuarios incrementa la complejidad, en un sistema IP es mucho más barato y fácil poner un puerto más en tecnología de redes que en telefonía.
- El sistema es fácilmente escalable en caso de que la planeación original se hubiese quedado corta en sus expectativas. Todo es cuestión de agregar equipo, sin tener que reemplazar el anterior.
- Se tiene el control total y la misma seguridad que en la red de datos. Existen iniciativas que proponen las mejores prácticas para hacer implementaciones de este tipo de redes con seguridad.
- Optimiza la red de datos aprovechando esta infraestructura para ofrecer nuevos servicios de voz, lo que a su vez se ve reflejado en un ahorro real al tener una sola red que se administra en forma homogénea, su mantenimiento es sencillo e integrado al de la red empresarial.
- En IP la administración se empieza a distribuir, a través de las páginas web de usuario que controlan al sistema de telefonía IP, los usuarios pueden agregar marcación rápida a sus teléfonos, mover de lugar un teléfono y la red automáticamente lo reconocen.

La telefonía IP toma sentido cuando se utiliza para conectar dos puntos fuera de una misma localidad, cuando se hacen llamadas de larga distancia, básicamente por el menor costo que implica en comparación con el servicio tradicional, pues al usar la red IP para llamar a un sitio distante, el costo se traduce a una llamada local. Lo anterior, fue muy importante para la toma de la decisión de la implementación de la telefonía sobre IP en la Universidad Veracruzana ya que cuenta con 51 ubicaciones distribuidas por todo el estado de Veracruz.

2.5 La telefonía IP en México.

Aunque en México no existen estadísticas fidedignas de la penetración de telefonía o Voz IP en el país, hay algunos indicios de que tarde o temprano, tanto corporativos como usuarios y operadores tendremos que ser partícipes de un mercado en crecimiento continuo.

Lo que se puede decir es que en México la tasa de penetración de VoIP es de un 6%, mientras que en América Latina es aproximadamente de 15%. Se espera que para 2006 dicha tasa llegue a 48%.

En la actualidad el 43% del tráfico total de llamadas hacia México utiliza el método de Voz sobre IP (figura 2.14), creciendo a un ritmo de 20% anual.

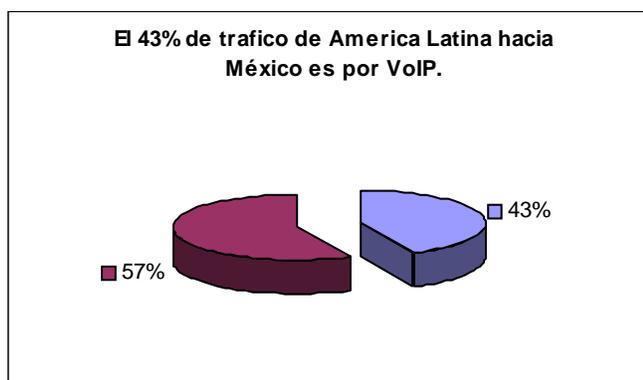


Figura 2.14 Tráfico de voz sobre IP de América Latina hacia México.

De acuerdo con las estadísticas recientes de TeleGeography, el tráfico en la ruta Estados Unidos México representó el 10% del tráfico global de VoIP entre 2000 y 2001⁸.

En Estados Unidos, las aplicaciones de voz sobre Internet se prevé que representarán el 47% del total de tráfico de larga distancia para el año 2005. Este tipo de aplicaciones incluye llamadas de alta fidelidad de PC a teléfono, comunicación unificada, comercio electrónico con voz y conferencias basadas en web. De esta forma, el total de tráfico IP de telefonía ascenderá, para ese entonces,

⁸ <http://www.laopinion.com/tecnologia>

a 470 mil millones de minutos en comparación con los 5 mil millones de minutos usados en el 2000.

Asimismo, se prevé que en Europa impulsados por la crisis económica mundial, los servicios de telefonía IP generarán demanda por 2,400 millones de dólares para 2006, en comparación con los 150 millones de 2001.

Estas tasas de crecimiento revelan que la tendencia mundial es mirar a la voz sobre IP como transporte (figura 2.15) y a la telefonía IP en cuanto a servicios como una verdadera opción para envío de voz y venta de servicios, en un mundo que cada vez permite más el uso de las redes de datos para intercambio de información.

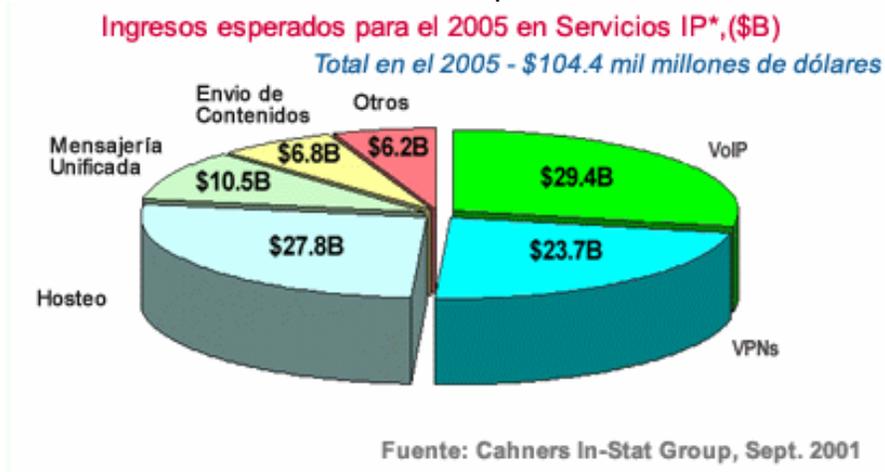


Figura 2.15 Tasa de crecimiento de VoIP.

Todo este crecimiento que se augura es debido a los avances tecnológicos y la falta de normatividad en muchos países quedando libre su comercialización, o mejor dicho emplearlo a la conveniencia del propietario.

Uno de los puntos que favorecen la implementación de este tipo de tecnología, es que la COFETEL aun no tiene normas que regulen esta área de las telecomunicaciones que es la voz sobre IP.

2.6 Futuro de la telefonía IP.

La convergencia de los servicios de telefonía con la red de datos tiene el potencial de generar importantes cambios en las empresas, mediante la entrega de información más completa en comparación con la actualidad. Uno de los cambios más importantes es optimizar la red IP, aumentando la efectividad y productividad de los empleados.

El verdadero poder de la integración de la telefonía y los datos es su potencial para desarrollar nuevas aplicaciones. Dichas aplicaciones tienen el poder de cambiar las prácticas comerciales. El ingrediente clave de esta integración se basa en un protocolo común de información que se está convirtiendo en el transporte universal,

IP (Internet Protocol). El IP es un transporte de datos independiente y abre la posibilidad de conectividad en una escala global.

Transmitir voz sobre redes IP es la clave hacia la convergencia de datos y telefonía. Actualmente voz y datos se transmiten por infraestructuras separadas. La visión es llevar estos dos métodos de comunicación hacia un único medio que permita a los usuarios manejar mejores comunicaciones y de una manera fácil. El disparador tecnológico es el imponente y veloz crecimiento de las redes IP en las LAN y WAN.

En el mundo de los negocios de hoy no es común encontrar empresas que tengan más puertos ethernet que puertos de telefonía. La expansión de puertos ethernet continuará mientras la WAN siga evolucionando hacia un Backbone IP común y tecnologías como XDSL y cable módem lleven la tecnología IP hasta los hogares. En la próxima década, la conectividad IP será tan universal como el toma corrientes de su casa u oficina.

Las redes IP proveen algunas ventajas clave que impactan en relación a los servicios clásicos de telefonía.

- Las redes IP eliminan los límites físicos asociados con los teléfonos y funciones. Ahora es posible tener todos los servicios tradicionales y la habilidad de contestar llamadas desde cualquier lugar del mundo, sin que la persona que llama sepa donde se está contestando. Esto permite la utilización de recursos humanos de forma más flexible, beneficiando a los viajeros y a los trabajadores remotos.
- Las redes IP son transportes independientes, ofreciendo a los usuarios finales opciones basadas en localización y costo. IP puede viajar sobre ATM, Ethernet, Frame Relay, ISDN o hasta por líneas analógicas. El punto clave es seleccionar la conexión correcta basándose en la aplicación y requerimientos de ancho de banda.
- Las redes IP giran alrededor de un universo global de estándares y normas, permitiendo a muchos proveedores la oferta de productos. Estos estándares permiten la libre competencia con múltiples recursos de hardware y servicios. La libre competencia reducirá costos y maximizará nuevos servicios para el usuario final.
- Mientras los servicios de datos sigan expandiéndose, los usuarios demandarán mayor confianza en el hardware y en las redes. Los proveedores más importantes de soluciones LAN/WAN ya están desarrollando nuevos hardware y QoS software para proveer mayor confianza y mejor calidad en los servicios de datos. Como la telefonía ya comenzó a ser parte de esta infraestructura, los diseñadores de hardware y las arquitecturas de software

continuarán optimizando los productos apuntando a una mayor confianza y máxima actualización de los sistemas.

La revolución tecnológica de la telefonía desde la perspectiva tanto para los negocios como empresas e instituciones. Esta revolución evolucionará la industria de las PBX (centrales telefónicas) desde una que es extremadamente vertical y propietaria a una industria horizontal, abriendo un nuevo flujo de proveedores y de aplicaciones. Con el traspaso hacia la integración de los datos y telefonía sobre redes IP, la industria de las comunicaciones emergerá en diferentes áreas.

El nivel más bajo la infraestructura IP representa el transporte y la conectividad al fabricante IP. Los productos en esta área vendrán de los fabricantes de hardware LAN/WAN, como Cisco, 3COM, Ericsson, Cabletron, Bay Networks, etc. y cubrirán un rango de tecnologías como ethernet, ATM, frame relay y muchas otras.

El segundo nivel es el área de control de llamadas representada por el sistema operativo y el Servidor. Se cree que el control de llamadas será similar a los sistemas operativos LAN, ofreciendo funciones y servicios estándar de telefonía. Inicialmente habrá múltiples proveedores de este software. El sistema operativo predominante será windows NT, utilizando funciones y servicios NT adicionales para el desarrollo de aplicaciones (TAPI 3.0), bases de datos, servicios de directorio (LDAP) y otras funciones para escalabilidad, administración y seguridad. Del lado del hardware, múltiples proveedores, como Compaq, Dell, IBM y otros, tienen sólidas soluciones para servidor que ofrecen diseños con tolerancia a fallas y arquitecturas robustas, escalables a redundancia y funcionamiento que brindan la confianza necesaria comparando con las actuales PBX.

El tercer nivel son los dispositivos de escritorio, representados por teléfonos personales computarizados o teléfonos IP. Los teléfonos PC (Softphone) continuarán mejorando utilizando nuevas opciones de sonido para más alta calidad de audio, para así entregar la calidad comparable que encontramos en los teléfonos tradicionales. Los teléfonos IP se conectan directamente a la LAN e inicialmente serán provistos por pocos fabricantes y, a medida que el mercado crezca, se moverán a la fabricación masiva para grandes volúmenes de producción. Con producción masiva los teléfonos se convertirán en un dispositivo para IP PBX la actual realidad, donde los teléfonos son propietarios de cada PBX o central telefónica.

En el nivel más alto se encuentran las aplicaciones, las cuales son visibles para los usuarios finales y proveen los servicios de iniciar y completar las comunicaciones telefónicas. Muchos proveedores competirán en esta área ya que representará un espacio clave donde se puede generar valor y beneficios. Ejemplos de estas aplicaciones son los centros de llamadas (call center), respuesta interactiva de voz (IVR), mensajería unificada y funciones avanzadas de PBX. Actualmente los fabricantes de PBX ofrecen sus aplicaciones de telefonía basadas en hardware y software propietarios. En el futuro, estos mismos fabricantes de PBX se orientarán hacia aplicaciones y soluciones de software adaptadas a los nuevos estándares.

Mientras este modelo evolucione, es crítico que temas relacionados con las expectativas de calidad y confiabilidad de las arquitecturas IP o LAN PBX sean comparables a la experiencia tradicional de la PBX. Estos temas se están convirtiendo rápidamente en no-críticos. La industria de datos ya está evolucionando sus productos para que brinden servicios vitales de datos con un 99,99 % de éxito.

Aplicaciones

Existen diversas aplicaciones donde una arquitectura IP PBX puede ofrecer valor ahora y expandir la IP PBX como una solución de red única en el futuro. Algunas de estas aplicaciones son:

- Internos de telefonía IP de una PBX existente.
- Oficinas remotas sobre redes IP.
- Servicios de telefonía IP a través de proveedores de servicio Internet.

Las redes IP rápidamente se están convirtiendo en esenciales. Las redes LAN se transformaron de soluciones departamentales a soluciones globales vía conexiones WAN IP. Ahora las pequeñas empresas y las oficinas remotas están implementando nuevas tecnologías de datos para optimizar este estándar universal.

La próxima ola de tecnología promete la conectividad IP en el hogar. A medida que este transporte penetre en nuestra sociedad, se convertirá en un medio clave donde viajarán voz y comunicaciones multimedia en tiempo real.

Uno de los factores importantes es la rápida mejora en los estándares y la tecnología. Por ejemplo hace unos años, algunas empresas comenzaron a probar aplicaciones de telefonía IP con gateways entre sus PBX y redes IP. Ahora se están integrando servicios de telefonía y teléfonos IP controlados por un software de control de llamadas.

Para muchas empresas, el valor más importante no se obtendrá por el ahorro de llamadas de larga distancia, sino por los menores costos de administrar y transportar juntos voz y datos, además de potenciar la efectividad y productividad de los empleados.

2.7 Factores que influyen en la implementación de Telefonía IP.

Parte importante para la implementación de telefonía IP es considerar una serie de parámetros y características que son parte de la transmisión en una red de datos. Así como factores que afectan la calidad de voz.

2.7.1 Requerimientos de una red de datos para soportar telefonía sobre IP.

Los aspectos relevantes que se debe tener una red de datos para implementar un servicio de tiempo real como es telefonía sobre IP son los siguientes:

1. Protocolo punto a punto (PPP), segmentación de paquetes para controlar retardos en la transmisión al viajar a través de líneas de baja velocidad.
2. Redes LAN basadas en control de flujo para permitir coexistencia de datos en tiempo real y no real en un switch de conexión ethernet (red conmutada).
3. Manejo de peticiones, que es el protocolo de reserva de recursos (RSVP).
4. El costo de servicios debe estar basado en el enrutamiento para las redes IP.
5. Trabajar con estándares como H.323, SS7 para que los ambientes de telefonía IP y PBX/PSTN/ATM video y gateway telefónicos puedan operar en conjunto con todas las características.
6. La interfase entre la telefonía pública conmutada y la telefonía IP debe soportar el protocolo de sistema de señalización 7 (SS7).

Parámetros de red.

Existen parámetros de red que afectan la calidad de voz. En esta parte se listan algunos de los más importantes. El concepto de calidad tiene diferentes significados para diferentes personas. La calidad de telefonía IP puede ser diseñada para varios diferentes niveles de acuerdo a las necesidades.

Retardo de paquetes

Es el tiempo que una señal atraviesa las redes, y esto se da cuando se encapsulan todos los paquetes IP, en la decodificación y el almacenamiento temporal (buffering).

La UIT -T ha recomendado 150 ms, ver figura 2.16 de retardo como el límite de excelente calidad de voz y excederse de esto sería una conversación difícil.

Cada elemento de red adiciona un retardo de paquete incluyendo, switches, routers, distancia que viaja a través de la red, firewalls, etc.

Los retardos que existan en el router no solo dependen del hardware, si no también de la configuración tales como acceso a listas, método de cola, modo de transmisión.

Además, los retardos se deben por la implementación de protocolos, velocidad de la red y por los algoritmos de compresión.

La siguiente tabla 2.V, nos muestra los retardos de los algoritmos de los estándares de compresión más comunes.

Compresores	Retardo de los algoritmos (ms)
G.711	0.125
G.726	1
G.728	3 -5
G.729	15
G.723.1	37.5

Tabla 2.V Retardos en relación al compresor.

El retardo puede tener un notable efecto pero puede ser controlado un poco en un ambiente privada (LAN / WAN) por que las empresas o compañías administran su infraestructura de red.

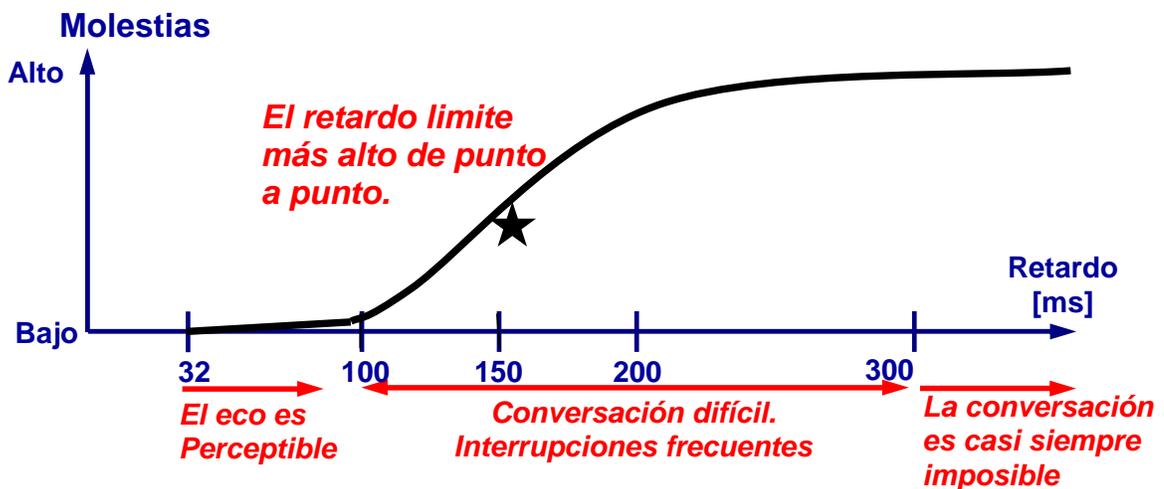


Figura 2.16 Molestia en relación con el retardo.

Variación de retardo (Jitter)

El jitter es la variación en el retardo de la llegada del paquete o datagramas de voz en el receptor. Esto provoca una discontinuidad de las cadenas de voz.

El Jitter puede crear problema de calidad de voz audible si la variación es mayor de 20 ms (considerando que existe colas de paquete de 20ms). Un síntoma de exceso de jitter es muy similar a los síntomas de un alto retardo, por que en ambos casos los paquetes son descartados si el retardo del paquete excede la mitad del tamaño del buffer jitter. El bufer jitter es diseñado para facilitar el flujo de paquetes.

Perdida de paquetes

Al estar basados sobre todo en UDP, la transmisión no es fiable, por tanto las pérdidas de paquetes pueden llegar a ser importantes si existe congestión o problemas en la transmisión. Además, el tráfico de tiempo real como es la voz, no se puede retransmitir los paquetes perdidos en la capa de transporte debido a que se le agrega retardo.

La pérdida de paquetes también afecta a la calidad de la voz, pero el porcentaje admisible depende tanto de los algoritmos de compresión usados (algunos son capaces de recuperar errores), como de la percepción subjetiva de los usuarios.

Los paquetes perdidos en la red deben ser menos del 2%.

Orden de paquetes

Los paquetes en desorden para la voz sobre IP, es así como la pérdida de paquetes, es decir, si un paquete llega en desorden es generalmente descartado. Esto puede ocurrir cuando la red envía paquetes individuales sobre diferentes rutas, puede ser causado por re-enrutamiento, trayectorias asimétricas.

Conversión de señales

Esto consiste en la conversión de la señal de voz de análogo a digital o de digital a análogo (ya sea con o sin compresión y de-compresión). Si las llamadas son ruteadas usando múltiples codec de voz, tiene como resultado un retardo mayor.

Eco

El sonido de la voz del parlante regresa a su oído por el altavoz del teléfono.

La recomendación: el tiempo entre el origen del sonido y el regreso del eco debe ser menor de 25 a 30 ms; o el nivel de retorno está por debajo de los -25 dB, el efecto del eco no es percibido.

La solución es activar cancelación de eco.

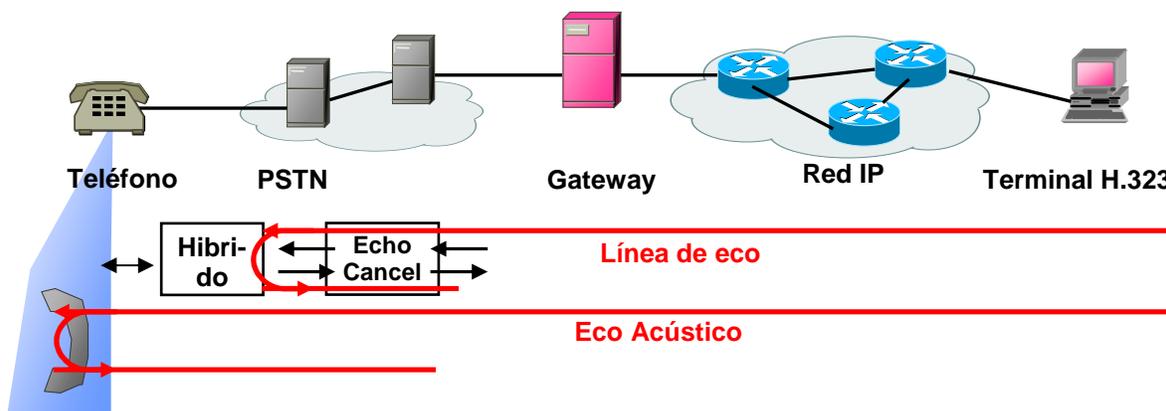


Figura 2.17 Eliminación de eco.

Supresión de silencio

En una conversación telefónica, solo el 50% la conexión full duplex es usada en algún tiempo dado. Esto es porque, generalmente solo una persona habla mientras la otra persona escucha. Además los paquetes de voz no son enviados durante las pausas entre palabras y pausas naturales en la conversación, reduciendo el ancho de banda requerida por otros 10%. Con el supresor de silencio se tendría un 60% de ancho de banda libre en un enlace full duplex que se podría utilizar para otra transmisión de voz o datos.

Red Duplex

Una red ideal para el transporte del tráfico de voz debe ser una red completamente conmutada de punto a punto, por que se reduce o se elimina significativamente las colisiones. Una red que comparte segmentos (basado en Hub) puede resultar una baja calidad de voz debido a las excesivas colisiones.

Selección de CODEC

Dependiendo del ancho de banda disponible y la calidad de voz aceptable, puede ser digno de considerarse para seleccionar un codec que producen compresión de audio.

Para que la voz análoga pueda ser transmitida sobre una red IP, debe ser digitalizado y después comprimida para la administración del ancho de banda. Los estándares de compresión más comunes están en la tabla 2.VI.

Estándares de compresión	Algoritmos	Ancho de banda
G. 711	PCM (Pulse Code Modulation)	64 kbps
G.726	ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)	16, 24, 32 40 kbps
G.728	LD-CELP (Low Delay Code Excited Linear Prediction)	16 kbps
G.729	CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic CELP)	8 kbps
G.723.1	MP-MLQ (Multi-Pulse Maximum Likelihood)	6.3 kbps 53 kbps
	ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction)	6.3 kbps 5.3 kbps

Tabla 2.VI Estándares de Compresores.

Esta es una correlación general entre la calidad de voz y el ancho de banda; entre mayor ancho de banda, mayor calidad de voz. Pero entre esta relación se puede examinar a través del método de opinión (MOS), ver tabla V.

La tabla 2.VII, muestra el MOS (Mean Opinión Score), a pesar de ser un resultado subjetivo, nos da un parámetro para considerar la calidad audible de los compresores.

El rango para medir la calidad de voz es a través de la siguiente escala:
5 – Excelente, 4 – Bueno, 3 – Regular, 2 – Pobre y 1 – Malo.

Estándar de compresión	MOS
G. 711	4.3 – 4.4 (64 kbps)
G.726	4.0 – 4.2 (32 kbps)
G.728	4.0 – 4.2 (16 kbps)
G.729	4.0 – 4.2 (8 kbps)
G.723.1	3.8 – 4.0 (6.3 kbps)
	3.5 (5.3 kbps)

Tabla 2.VII Relación entre calidad de voz y ancho de banda.

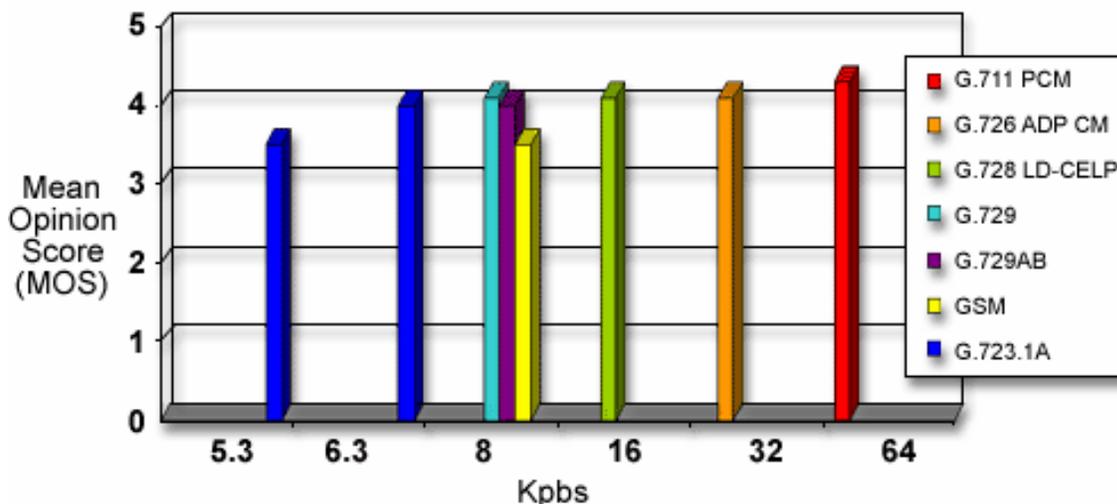


Figura 2.18 Relación de MOS vs Ancho de banda.

2.7.2 Prioritización del tráfico de voz.

Para que la solución de telefonía IP funcione bien, la red debe ser capaz de dar prioridad a los paquetes de voz sobre los paquetes de datos ordinarios o siempre tener ancho de banda disponible.

CoS vs QoS

Clase de servicio (CoS) es solo un método de clasificación, ya que no asegura un nivel de calidad de servicio (QoS), pero es el método usado por mecanismos de cola para disminuir el retardo y otros factores que mejoran la QoS. Otra estrategia de prioridad de CoS es el nivel de priorización, usualmente 0-7 ó 0-63, para un encabezado o paquete respectivamente. El modelo común de CoS incluye ToS (Tipo de Servicio), Differentiated Services Code Point (DiffServ) y la IEEE 802.1 p/Q.

Calidad de servicio (QoS), implica dar un trato preferencial mediante colas, reserva de ancho de banda, etc.

Uso de puertos

Un esquema de priorización está basado en los números de puertos UDP usados por los paquetes de voz, para su transmisión.

Este esquema permite el uso de equipos de red para priorizar todos los paquetes de un rango de puerto. Los routers y los switches de datos pueden usar estos puertos para distinguir la prioridad de tráfico. Esta prioridad de tráfico puede ser paquetes de voz (UDP), paquetes de señalización (TCP) o ambos.

Uso de ToS (Tipo de Servicio)

El esquema de priorización de ToS (Tipo de Servicio) utiliza 4 bytes en el datagrama IP.

0	1	2	3	4	5	6	7
Procedencia			D	T	R	Desuso	

Procedencia es la parte que especifica la prioridad del datagrama, su rango va de 0 (prioridad normal) a 7(control de red).

Bits **D**, **T** y **R** especifican el tipo de transporte requerido

D Bajo retardo

T Ancho de banda

R Fiabilidad

El tipo de transporte se considera como una sugerencia para que el algoritmo de ruteo pueda escoger una entre varias rutas hacia un destino específico.

Uso de IEEE 802.1 p/Q

Otro de los esquemas de priorización es el estándar IEEE 802.1 que utiliza 4 bytes, 2 para identificar la etiqueta del protocolo y los otros 2 bytes para etiquetar la información de control.

- P – se refiere al valor de la prioridad del usuario
 - Permite 8 niveles de prioridad que apresura la clase de tráfico.
 - Colas preferenciales.
 - Usa 3 de los bits restantes en el encabezado 802.1 Q, para asignar una de las 7 diferentes clases de servicio.

- Q – es la agrupación virtual de los usuarios.
 - Con esto reducimos los broadcasts (difusiones) y mejora la seguridad.
 - Etiqueta VLAN's.
 - 12 bits para etiquetar cada datagrama con un número que identifique la VLAN.

Capítulo III Servicios de Integración de la telefonía y datos.

3.1 Introducción.

La manera de comunicar está cambiando. En estos últimos años hemos visto la introducción de una variedad de nuevos medios tanto para la comunicación personal como de negocios; por ejemplo, e-mail, la web, fax, internet chat, videoconferencia y otros. Estos son ejemplos de la nueva tecnología que está jugando un papel importante hoy en día en la manera de comunicarnos.

De hecho, muchos analistas piensan que estas nuevas formas de comunicación que se tienen hoy en día, están siendo hasta más populares que la comunicación vía telefonía tradicional. Mientras este punto puede ser argumentado, nadie discute el hecho que estos nuevos medios de comunicación están creciendo mucho más rápido que la comunicación de voz (telefonía tradicional) que durante muchos años ha sido la más popular y la más utilizada; sin embargo, el crecimiento del tráfico de voz va aumentando de manera exponencial y la telefonía tradicional va en picada, ver figura 3.1.

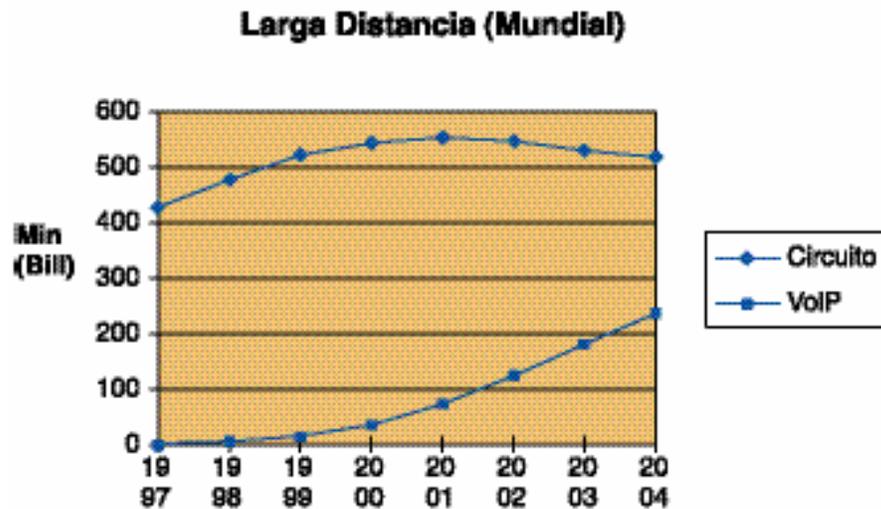


Figura 3.1 Tráfico de voz sobre IP vs. telefonía tradicional.

Sí esta tendencia continua, y todo parece indicar que así será, en unos cuantos años la comunicación telefónica se verá disminuida. Aunque la telefonía tradicional no es menos importante que estas nuevas formas de comunicación, pero así como está cambiando la manera de comunicarnos, indudablemente llegará a ser menos popular que otras formas de comunicación.

Hoy en día la gran variedad de propuestas de soluciones de comunicaciones se están basando en la plataforma de las redes de datos y son diseñadas para

proveer mucho más que comunicación de voz. Las soluciones de la “siguiente generación” que se encuentran en el mercado, son diseñadas para aventajar o mejor dicho, proporcionar más servicios a un sistema de red para soportar datos, voz y video.

El éxito de la próxima generación de redes depende de su capacidad para prestar nuevos servicios ampliados; entre estos, la transmisión de voz tendrá un papel preponderante en las redes de datos IP. Ello puede explicar el actual auge de la tecnología de voz sobre IP, siendo IP simplemente un medio más económico y flexible que la red de telefonía pública actual, para la transmisión de voz.

El crecimiento y la implantación de las redes IP, tanto en local como en remoto, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir telefonía sobre IP.

Si a todo lo anterior, se le suma el fenómeno internet, junto con el potencial ahorro económico de este tipo de tecnologías, la conclusión es clara: (la telefonía sobre IP es un tema estratégico para las empresas e instituciones educativas que tienen distribuidas sus sucursales o campus en un área geográfica considerable).

Pero para llegar a esta convergencia o mejor dicho la fusión de los mercados y las tecnologías de informática y de telefonía, es importante hacer un comparativo de ellas, ver figura 3.2.



Figura 3.2 Convergencia de ambas tecnologías telefonía tradicional e informática tradicional.

Pero, ¿cuáles son los requerimientos para un mundo convergente?, la respuesta es unir las características de ambas tecnologías y generar el surgimiento de una nueva, ver figura 3.3.



Figura 3.3 Resultado de la convergencia.

Existen tecnologías en las cuales se pueden aplicar los servicios de voz, datos y video con protocolos propietarios, pero son tecnologías caras y difícil de administrar, como es el caso de ATM, ISDN y éstas serán descritas a continuación, aunque ahora existe otra solución más barata para transportar voz y video sobre redes de datos como el caso de frame relay e IP.

3.2 Integración de voz y datos.

Diferentes esfuerzos se han realizado para integrar los servicios de transmisión de voz, datos y video con el fin de optimizar la infraestructura existente de los medios, como por ejemplo DS0, T1/E1, etc. siendo los más sobresalientes ISDN, ATM; sin embargo, no se ha popularizado debido a que son soluciones caras y complejas que pocas veces realmente justifican la inversión, es por ello que la transmisión de voz por paquete está siendo una solución atractiva para las compañías e instituciones que ya tienen una infraestructura de datos.

En esta parte se describe de manera general éstas tecnologías, ya que no se pueden descartar como posibles soluciones.

3.2.1 Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI).

La Red Digital de Servicios Integrada RDSI (Integrated Services Digital Network, ISDN) es un conjunto de estándares CCITT / ITU para la transmisión digital que permite la transmisión de varios servicios sobre la misma línea de comunicación, usando hilo común de cobre así como para otros medios, con velocidad hasta 128 Kbps.

La RDSI generalmente está disponible a través de la compañía telefónica en la mayoría de las zonas urbanas, es decir los enlaces entre centrales telefónicas son digitales, pero la mayoría de los enlaces al abonado son analógicos y lo que se pretende con este nuevo sistema es resolver este problema, proporcionando un servicio digital integral.

Existen dos tipos de canales para la transferencia de información y señalización. Estos canales digitales en el acceso a usuario son:

- Canal B (Bearer Channel) que es un canal a 64 Kbps que transporta la información generada por el terminal de usuario.
- Canal D (Data Channel) es un canal de 16 ó 64 Kbps, dependiendo del tipo de acceso que se utiliza para transportar la señalización en la interfaz usuario-red.

Existen dos tipos básicos de acceso ISDN:

- Acceso Básico (BRI).
 - Acceso Primario (PRI).
- El servicio BRI (Basic Rate Interface) figura 3.4, consiste de dos canales B de 64 Kbps utilizados para transmitir de información de voz, datos, imagen y video y un canal D de 16 Kbps para señalización.

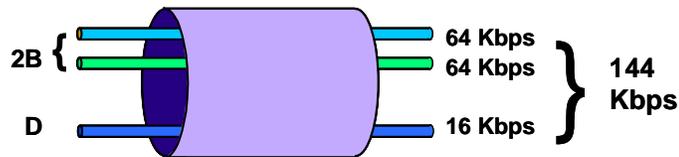


Figura 3.4 Servicio BRI.

- El servicio PRI (Primary Rate Interface), figura 3.5, se compone típicamente de 23 canales B y un canal D de 64 Kbps. En Europa este servicio presenta 30 canales B y un canal D, que nos da una velocidad de 2048 Kbps.

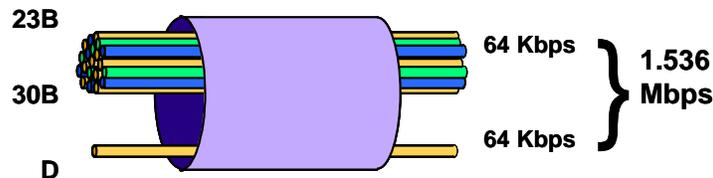


Figura 3.5 Servicio PRI.

La capacidad de la línea se divide en varios canales (tipo B y tipo D). Los canales tipo B se les nombra portadora (Bearer) pueden transportar voz, datos y videos y estos puede ser transportados de forma dedicada o en forma simultánea; en tanto que los canales tipo D se utiliza principalmente para procesar la información de una llamada (información de control y señalización).

La red digital de servicios integrados es, en su concepto, la integración tanto de datos analógicos o de voz con datos digitales en la misma red. Aunque la RDSI que podemos instalar integra éstos en un medio diseñado para la transmisión analógica, la de banda ancha (RDSIB) ampliará la integración de ambos servicios a través del resto del camino de extremo a extremo usando fibra óptica. La RDSI de banda ancha pronto integrará servicio de relevo de marcos para datos de alta velocidad que pueden enviarse en grandes pulsaciones, la Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (Fiber Distributed-Data Interface, FDDI) y la Red óptica Sincrónica (Synchronous Optical Network, SONET). La RDSIB soportará transmisiones desde 2 Mbps hasta tasas muchos mayores aún no especificados.

Funcionamiento.

Básicamente en lugar de enviarse una señal analógica se envían señales digitales. Esto permite incrementar la velocidad de transferencia de datos hasta 128 Kbps, a diferencia de las líneas analógicas cuya velocidad máxima en transmisión de datos es 56 Kbps. Al pasar a líneas digitales, también es posible transmitir varias señales por el mismo medio; por ejemplo, se puede transmitir un archivo mientras se conversa.

El manejo digital también facilita el control del ruido y el establecimiento de conexiones y alguna de las características más importantes de la red ISDN son:

- Gran ancho de banda
- Hasta 128 Kbps en BRI (basic rate interface)
- Marcación sobre demanda
- Múltiples canales
- Conexión rápida
- Precio Mensual mas costo por uso
- Estrictamente digital

ISDN funciona con 4 hilos, pero donde hay cableado con sólo dos hilos (USA), el carrier entrega al cliente una interfaz llamada U Interface, esta permite la conexión de un solo aparato a la línea. La transferencia de datos es full-duplex, ahí se conecta un convertidor de 2 a 4 hilos, que transforma de U Interface a S/T Interface, ver figura 3.6. Este convertidor se llama Network Terminator 1 (NT-1), la interfaz S/T si soporta varios dispositivos (hasta 7). La transferencia de datos sigue siendo full duplex (un par de hilos transmite y el otro par recibe).

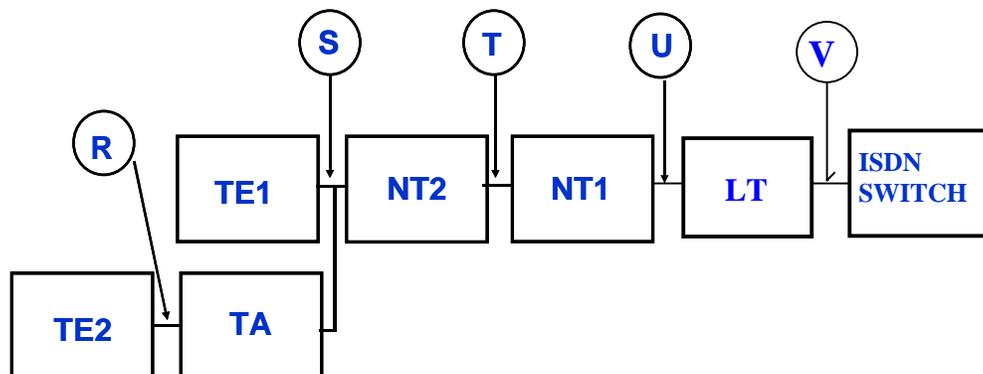


Figura 3.6 Puntos de referencia de interfaces y agrupamiento funcionales.

Ahora bien, la mayor parte de los dispositivos ISDN (teléfonos, faxes, módems, etc.) esperan una interfaz S/T. Regularmente cuentan con un dispositivo denominado Network Terminator 2 (NT-2) que convierte de interfaz S a Interfaz T. Cuando se adquiere un equipo terminal para ISDN, es necesario revisar que interfaz presenta (U o S/T) para saber si se puede conectar a la línea que entrega el carrier.

A los equipos compatibles con ISDN, se les llama Terminal Equipment 1 (TE1). Aquellos aparatos que son compatibles con el sistema telefónico tradicional (POTS) cuentan con R Interface y se denominan Terminal Equipment 2 (TE2). Es posible conectar un equipo de estos a una línea ISDN con interfaz S/T, mediante un dispositivo Terminal Adapter (TA).

La línea ISDN que llega al usuario parte la función Line Termination de un switch compatible con ISDN. El switch se comunica con otros switches mediante la función Exchange Termination, entre ambas funciones está la interfaz V Interface.

Características de las redes ISDN

Dentro de las características más importantes de ISDN esta la de asegurar, en el seno de una misma red, una amplia gama de aplicaciones telefónicas y no telefónicas, así como de proporcionarnos una serie de servicios por medio de un conjunto ilimitado de tipos de conexiones y de definiciones de interfaces usuario-red polivalente.

Por tanto ISDN se sustenta en tres elementos fundamentales:

- Conectividad digital para la transferencia de la información, es decir que la señal de cualquier naturaleza es transferida de forma digital de terminal a terminal.
- Señalización en modo mensaje, es decir que la señalización será transmitida sobre el conjunto de la red y las terminales en forma de mensajes (secuencias digitales que comprenden direcciones, información y elementos de procesamiento).

- Polivalencia del acceso de usuario frente a los servicios de telecomunicaciones, es decir que la conexión a ISDN permite al usuario disponer de servicios tan diversos como la telefonía, la telemática o la videoconferencia a través de un mismo acceso.

Aplicaciones de ISDN

La digitalización de las señales de las diferentes fuentes de información y las altas velocidades de transmisión, que permiten la integración de varios servicios en un solo acceso, otorgan a ISDN una gran versatilidad haciendo que el repertorio de aplicaciones que en ella pueden desarrollarse sea prácticamente ilimitado, en número y variedad, por tanto se dice que ISDN es un sistema multiservicio.

Mencionando algunas de las aplicaciones tenemos:

- Telefonía (PBX pequeño).
- Transferencia de archivos.
- Interconexiones de redes locales.
- Acceso a Internet.
- Enlaces de respaldo a enlaces dedicados.
- Videoconferencia.
- Educación a distancia, etc.

En México se ofrecen los siguientes servicios:

Telmex ofrece prodigy turbo y turbo access, en donde, el primero es una interfaz ISDN BRI, servicio de acceso a internet con velocidad de 64 ó 128 Kbps, pagando por servicio medido. El turbo access es igual que prodigy y la única diferencia es el servicio digital conmutado para voz, datos y video.

Avantel ofrece un servicio de video conexión empresarial con interfaz ISDN PRI (E1), servicio de videoconferencia conmutada, con velocidad de 64 Kbps hasta 384 Kbps, además con posibilidad de integrar otros servicios.

Alestra Ofrece el servicio de larga distancia nacional e internacional, con interfaz PRI (E1), ofreciendo servicio de telefonía conmutada, con 30 canales digitales de 64 Kbps.

Ventajas de usar ISDN

- Es un estándar internacional que garantiza interoperabilidad y protección de la inversión.
- Provee enlaces digitales completamente transparentes.
- Es un servicio conmutado que se cobra por minuto y se puede enlazarse a cualquier nodo de la red en México y el mundo.
- Provee conexiones de baja (64 Kbps) y alta velocidad (2048 Kbps).
- Es la mejor opción para videoconferencia, etc.

Desventajas

- No es un servicio disponible en todo el país.
- Es una tecnología poco conocida en México.
- Puede considerarse una tecnología compleja debido a la gran variedad de especificaciones que la norman.
- Los canales telefónicos en ISDN consumen 64 Kbps y no es conveniente usar la compresión de voz.
- En todos los casos se requiere de un equipo que funcione como central ISDN el cual tiene un costo alto.

3.2.2 Modo de transmisión asíncrona (ATM).

ATM (Asynchronous Transfer Mode) es normalmente nombrado como la solución para los requerimientos actuales en telecomunicaciones. ATM permite mantener velocidades de bits variables, y la habilidad para transportar eficientemente todo tipo de tráfico.

ATM ha sido presentada como el mecanismo de transporte para el B-ISDN (Broadband - Integrated Services Digital Networks) servicios digitales integrados para redes, bajo banda ancha, por el ITU-T (International Telecommunications Union Telecommunications) organización llamada anteriormente CCITT.

ATM emplea el concepto de conmutación de celdas (Cell Switching), el cual combina los beneficios de la conmutación de paquetes tradicionalmente utilizada en redes de datos y la conmutación de circuitos utilizada en redes de voz.

ATM se basa en el concepto de conmutación rápida de paquetes (Fast Packet Switching) en el que se supone una fiabilidad muy alta a la tecnología de transmisión digital, típicamente sobre fibra óptica y, por lo tanto, la no necesidad de recuperación de errores en cada nodo; ya que no hay recuperación de errores, no son necesarios los contadores de número de secuencia de las redes de datos tradicionales, tampoco se utilizan direcciones de red ya que ATM es una tecnología orientada a conexión, en su lugar se utiliza el concepto de identificador de Circuito o Conexión Virtual (VCI).

Fundamentos de ATM

El tráfico con tasa de bit o velocidad binaria constante (CBR), por ejemplo voz PCM o video no comprimido, tradicionalmente es transmitido y conmutado por redes de conmutación de circuitos o Multiplexores por División en el Tiempo (TDM), que utilizan el Modo de Transmisión Síncrono (STM). En STM, los multiplexores por división en el tiempo dividen el ancho de banda que conecta dos nodos, en contenedores temporales de tamaño pequeño y fijo o ranuras de tiempo ("Time Slots"). Cuando se establece una conexión, esta tiene estadísticamente asignado un "slot" (o varios). El ancho de banda asociado con este "slot" está reservado para la conexión haya o no transmisión de información útil. Una pequeña cantidad de ancho

de banda para control, se utiliza para la comunicación entre los conmutadores, de forma que estos conocen los "slots" que tiene asignados la conexión. Esto se conoce como *direccionamiento implícito*. El conmutador receptor sabe a que canales corresponden los "slots" y por lo tanto no se requiere ningún direccionamiento adicional. Este procedimiento garantiza la permanente asignación de un ancho de banda durante el tiempo que dura la llamada, así como un tiempo de latencia pequeño y constante.

En contraste, los datos son normalmente transmitidos en forma de tramas o paquetes de longitud variable, lo que se adecua bien a la naturaleza de ráfagas de este tipo de información. Sin embargo, este mecanismo de transporte tiene retardos impredecibles, la latencia tiende a ser alta y en consecuencia la conmutación de paquetes no es adecuada para tráfico con tasa de bit constante como la voz. Tampoco la conmutación de circuitos se adecua para la transmisión de datos, ya que si se asigna un ancho de banda durante todo el tiempo para un tráfico en ráfagas, se derrocha mucho ancho de banda cuando éste no se utiliza.

ATM ha sido definido para soportar de forma flexible la conmutación y transmisión de tráfico multimedia comprendiendo datos, voz, imágenes y vídeo. En este sentido, ATM soporta servicios en modo circuito, similar a la conmutación de circuitos y servicios en modo paquete, para datos ver figura 3.7.

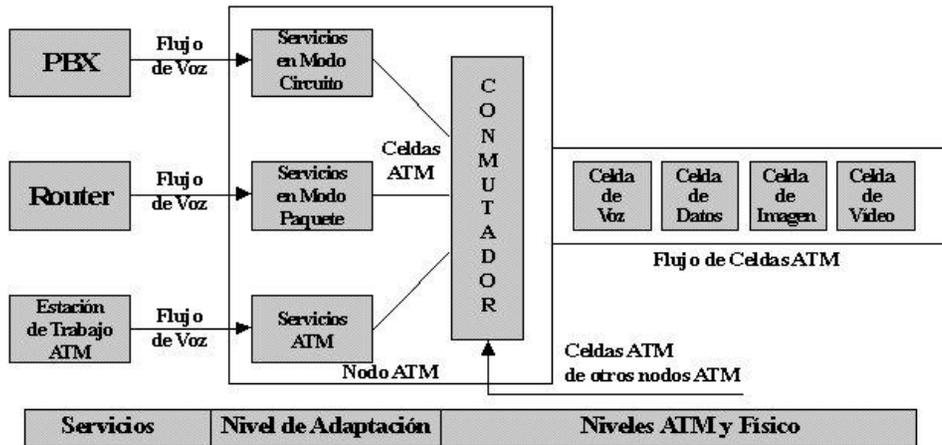


Figura 3.7 Funcionamiento de un nodo ATM.

Sin embargo, a diferencia de la conmutación de circuitos, ATM no reserva "slots" para la conexión. En su lugar, una conexión obtiene "slots" o celdas solo cuando está transmitiendo información. Cuando una conexión está en silencio no utiliza "slots" o celdas, estando estas disponibles para otras conexiones. Con esta idea en mente, se decidió que la unidad de conmutación y transmisión fuese de tamaño fijo y longitud pequeña. Esta unidad es conocida como celda y tiene una longitud de 53 bytes divididos en 5 de cabecera y 48 de información o carga útil. Esta celda es quien viene a sustituir al "Time Slot" o contenedor del STM, ver figura 3.8.

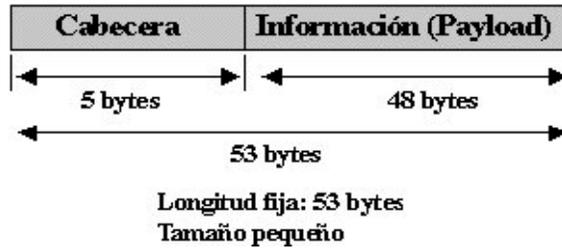


Figura 3.8 Celda ATM

Las celdas pequeñas y de longitud constante son ventajosas para tráfico con tasa de bit constante (voz, video) y son muy útiles en general ya que permiten un tiempo de latencia muy bajo, constante y predecible, así como una conmutación por hardware a velocidades muy elevadas. También, en el caso de pérdida de celdas por congestión o corrupción, la pérdida no es muy grande siendo en muchos casos remediable o recuperable. De hecho, el tráfico de voz y video no es muy sensible a pequeñas pérdidas de información, pero si es muy sensible a retardos variables, sucediéndole lo contrario al tráfico de datos. En una red ATM, donde las celdas no están reservadas sino asignadas bajo demanda, el conmutador receptor no puede determinar por adelantado a qué canal corresponde cada celda. La Celda ATM a diferencia del Time Slot en STM, debe transportar la identificación de la conexión a la que pertenece, de esta forma no existirán Celdas vacías ya que serán utilizadas por conexiones pendientes. Esta es una diferencia fundamental del ATM frente al STM. La cabecera presente en cada celda, consume aproximadamente un 9.5% del ancho de banda, siendo este el precio que hay que pagar por la capacidad para disponer de ancho de banda bajo demanda, en lugar de tenerlo permanentemente reservado y eventualmente desperdiciado.

La adopción de una cabecera de 5 bytes ha sido posible, porque no se realiza recuperación de errores en los nodos intermedios, tampoco se emplean direcciones válidas en el ámbito de toda la red, tales como la dirección MAC en ethernet o IP en redes tipo TCP/IP (Figura 3.9).

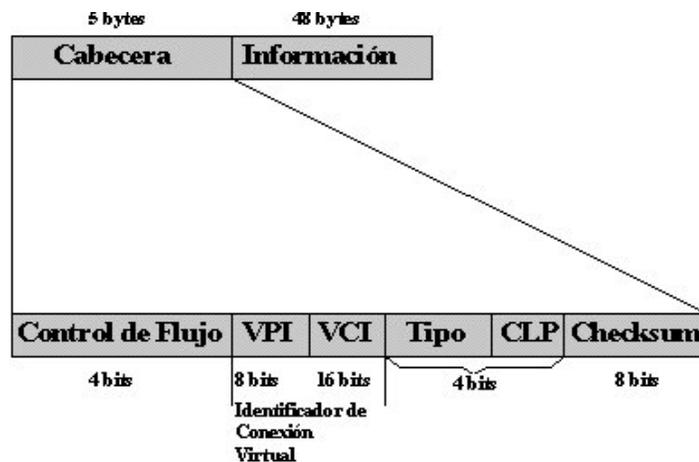


Figura 3.9 Cabecera de la Celda ATM.

Al igual que en las redes de conmutación de paquetes (X.25 y frame relay), la tecnología ATM está orientada a conexión. Esto significa que antes de que el usuario pueda enviar celdas a la red, es necesario realizar una llamada y que esta sea aceptada para establecer una conexión virtual a través de la red. Durante la fase de llamada un identificador de conexión virtual (VCI) es asignado a la llamada en cada nodo de intercambio a lo largo de la ruta (Figura 3.10).

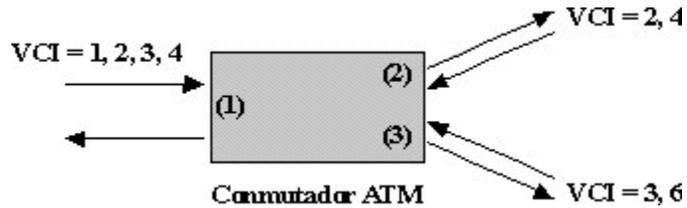


Figura 3.10 identificador de conexión virtual (VCI).

El identificador asignado, sin embargo, sólo tiene significado a nivel del enlace local y cambia de un enlace al siguiente, según las celdas pertenecientes a una conexión, pasando a través de cada conmutador ATM. Esto significa, que la información de enrutamiento (routing) transportada por cada cabecera puede ser relativamente pequeña.

Asociado con cada enlace o puerto entrante del conmutador ATM, hay una tabla de encaminamiento que contiene el enlace o puerto de salida y el nuevo VCI que va a ser utilizado en correspondencia a cada VCI entrante (Figura 3.11).

VCI-in	Enlace 1 R-T		VCI-in	Enlace 2 R-T		VCI-in	Enlace 3 R-T	
↓	Salida	VCI	↓	Salida	VCI	↓	Salida	VCI
1	2	2	2	1	1	3	1	3
2	2	4	4	1	2	6	1	4
3	3	3	·	·	·	·	·	·
4	3	6	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·

Figura 3.11 Tablas de encaminamiento

De este modo, el encaminamiento de celdas en ambas direcciones a lo largo de la ruta es extremadamente rápido, ya que consiste en una simple operación de consulta en una tabla. Como resultado, las celdas procedentes de cada enlace pueden ser conmutadas independientemente a velocidades muy altas. Esto permite el uso de arquitecturas de conmutación paralelas y circuitos de alta velocidad hasta giga bits, cada uno operando a su máxima capacidad. Celdas procedentes de diferentes fuentes son multiplexadas juntas de forma estadística a efectos de conmutación y transmisión.

Un switch ATM podría describirse como una caja que mantiene en su interior una gran cantidad de ancho de banda, siendo este recurso cedido o recuperado dinámicamente según el aumento o disminución de las necesidades. En este sentido, se dice que ATM proporciona ancho de banda bajo demanda.

De acuerdo a la descripción que se dio de sus bases ATM, es un sistema que combina “la conmutación de paquete y de circuito” y esto lo hace un sistema excelente.

En resumen, se puede decir que es una tecnología de red de enlace a datos que al igual que ethernet, token ring y FDDI, se especifican en la capa 2 del modelo OSI. Las transmisiones ATM envían celdas de 53 bytes en vez de paquetes. Una celda es una unidad de mensaje de longitud fija. Al igual que los paquetes, las celdas son piezas de un mensaje, pero el formato de longitud fija produce ciertas características:

- Orientación de circuito virtual. Las redes basadas en celdas funcionan mejor en modo punto a punto, en el que la estación receptora está preparada para recibir y procesar las celdas de formato activo.
- Velocidad. El hardware sabe exactamente donde termina la cabecera y empiezan los datos de cada celda, por tanto, acelera las operaciones de procesamiento. Las redes ATM funcionan a velocidades de hasta 622 Mbps.
- Calidad de servicio (QoS). La velocidad de salida predecible y los circuitos virtuales permiten a las redes basadas en celdas, garantizar mejor los niveles de servicio a tipos de tráfico que son prioritarios.

ATM no tiene una tecnología de control de acceso al medio por sí misma. ATM es una tecnología de conmutación, en la que se establece un llamado circuito virtual antes de que se inicie una transmisión. Este difiere de las tecnologías LAN como ethernet que solo transmiten un mensaje sin una notificación anterior del equipo receptor.

Haciendo una comparación de las diminutas celdas de ATM, con los paquetes de ethernet que varía desde 64 Bytes hasta alrededor de los 1500 bytes, son hasta 25 veces más grandes por unidad de mensajes. Siendo las celdas de ATM más pequeñas y constante se hace mucho más controlable.

ATM está diseñada para funcionar sobre cables de fibra óptica que funcionen con las especificaciones de SONET (red óptica sincrona). SONET es un estándar ANSI que especifica la interfaz física que conecta el cable de fibra óptica a varias velocidades.

Las especificaciones SONET se configuran para varias velocidades de cable llamadas nivel de transporte óptico u OC, las velocidades existentes son:

- OC-1 a 52 Mbps de vel.
- OC-3 a 155 Mbps de vel.
- OC-12. A 622 Mbps de vel.
- OC-24. A 1.2 Gbps de vel.
- OC-48. A 2.5 Gbps de vel.

La mayoría de las LAN de red troncal ATM funcionan sobre OC-3 u OC-12 y para las MAN que son enlaces entre ciudades funcionan sobre OC-12.

Emplea el concepto de conmutación de celdas (Cell Switching), el cual combina los beneficios de la conmutación de paquetes tradicionalmente utilizada en redes de datos, y la conmutación de circuitos utilizada en redes de voz.

ATM se basa en el concepto de conmutación rápida de paquetes (Fast Packet Switching) en el que se supone una fiabilidad muy alta a la tecnología de transmisión digital, típicamente sobre fibra óptica, y por lo tanto la no necesidad de recuperación de errores en cada nodo; ya que no hay recuperación de errores, no son necesarios los contadores de número de secuencia de las redes de datos tradicionales, tampoco se utilizan direcciones de red ya que ATM es una tecnología orientada a conexión, en su lugar se utiliza el concepto de identificador de circuito o conexión virtual (VCI).

Latencia y sensibilidad de secuencia.

Hablando de tráfico de voz, la latencia es muy importante, por ejemplo, una conversación telefónica no puede tolerar retrasos, pues cada participante podría empezar a escuchar la voz entre cortada, razón por la cual los sistemas telefónicos inalámbricos son celulares. Otro tipo de sensibilidad de tráfico es la sensibilidad prioritaria, donde el orden en que se reciben los datos es crítico. Por ejemplo, las unidades de un mensaje de transmisión de video deben recibirse en el orden correcto para que todas las tramas del video puedan mostrarse en su secuencia correcta. La figura 3.12, representa como los problemas de latencia y de secuencia dañan la calidad del servicio en aplicaciones de sensibilidad prioritaria, como la video difusión.

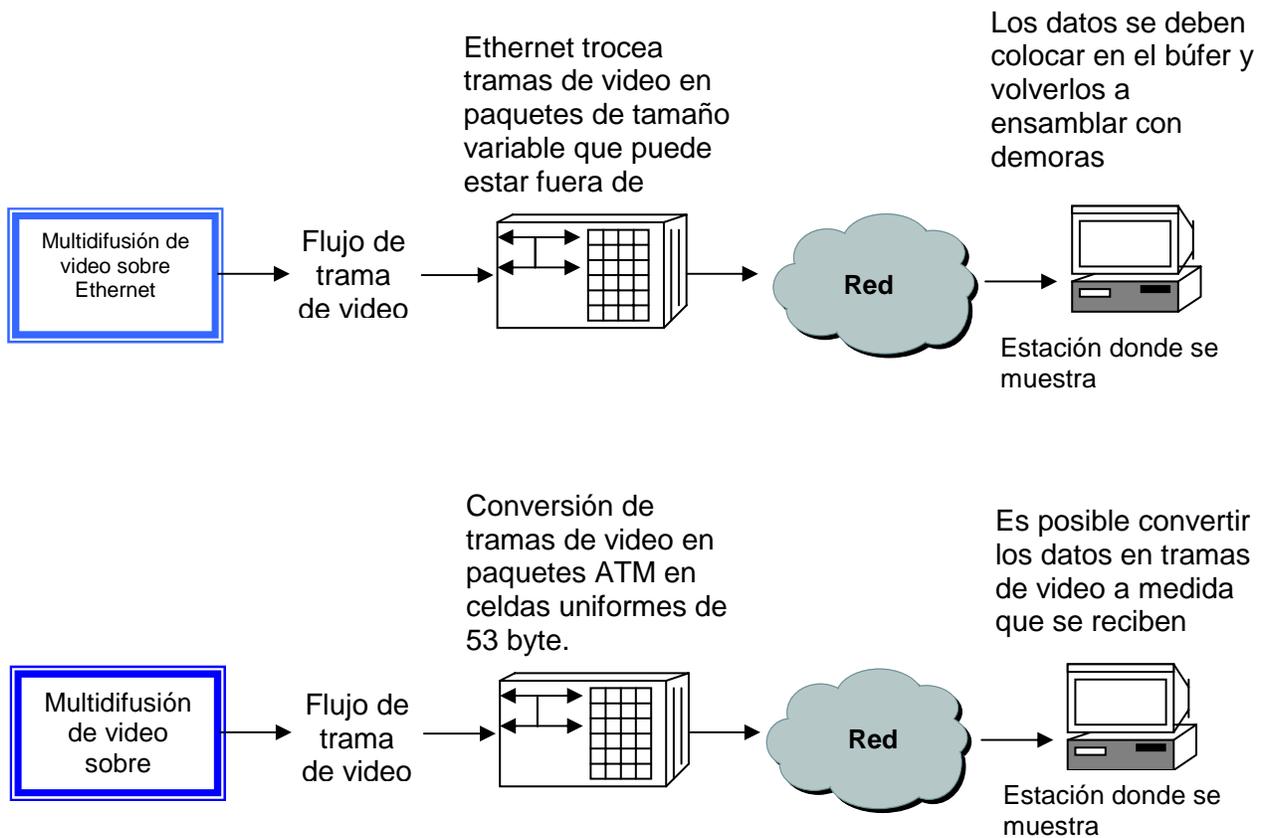


Figura 3.12 Una videoconferencia funciona mucho mejor sobre ATM que sobre ethernet.

De esto podemos decir que ATM se identifica fuertemente con la multidifusión debido a que su formato de celda es fijo, por tanto es ideal para aplicaciones multimedia.

Pero si ATM es mucho mejor que otros protocolos de red, la pregunta lógica es ¿por qué no se usan en todas las redes?, la respuesta se basa en el hecho de que la mayoría del tráfico no es sensible a la latencia de transmisión. El gasto que implica tener una red con protocolo ATM y la complejidad de la misma puede ser suficiente para justificar esto en ausencia de un gran tráfico multimedia, ya que hay suficiente tiempo para volver a empaquetar los mensajes en el extremo receptor.

Circuitos virtuales

Por el tamaño de las celdas de ATM no contienen la cantidad de información de direccionamiento que se encuentra en la cabecera de un paquete Ethernet. De hecho, ATM usa un esquema de direccionamiento totalmente diferente de las otras

tecnologías de red, esto es porque ATM necesita establecer un circuito virtual en el extremo final remoto antes de comunicarse. Un circuito es una conexión entre dos puntos. Un circuito virtual se comporta como un circuito real pero no está cableado, pasando a través de diferentes dispositivos de red, como son concentradores, switches y enrutadores, hasta llegar a su destino.

Antes de que la transmisión pueda iniciarse sobre un circuito virtual, cada extremo debe confirmar para que se realice la transmisión y también confirmar la trayectoria sobre la que viajará. Esto es completamente diferente a los mensajes de red, que simplemente se envían al exterior hacia su dirección destino, dejando los detalles sobre como llegar allí a uno o más enrutadores situados entre el emisor y el receptor.

LANE (LAN Emulation, Emulación LAN).

Aunque podemos hacer una configuración con solo ATM, se usa principalmente para redes troncales, ATM es la tecnología natural para redes troncales debido a que la tecnología subyacente de conmutación de celdas es ideal para enlaces punto a punto de alta velocidad.

Pero en algún punto, una troncal debe hablar el mismo lenguaje que las LAN o Token Ring a las que sirve normalmente. Como ATM se basa en celdas y no en paquetes, usando una técnica de encapsulación llamada Emulación LAN (ELAN). En redes, la técnica de encapsulación es colocar una unidad de mensaje de un formato dentro de otra con formato distinto para permitirle atravesar una red que, de otro modo, sería incompatible, ver figura 3.13. ELAN encapsula cuadro en el nivel de enlace de datos (nivel 2) para establecer los así llamados circuitos LAN emulados.

En otras palabras, ELAN trocea los paquetes ethernet o token ring en celdas ATM en un extremo y los vuelve a unir en el otro.

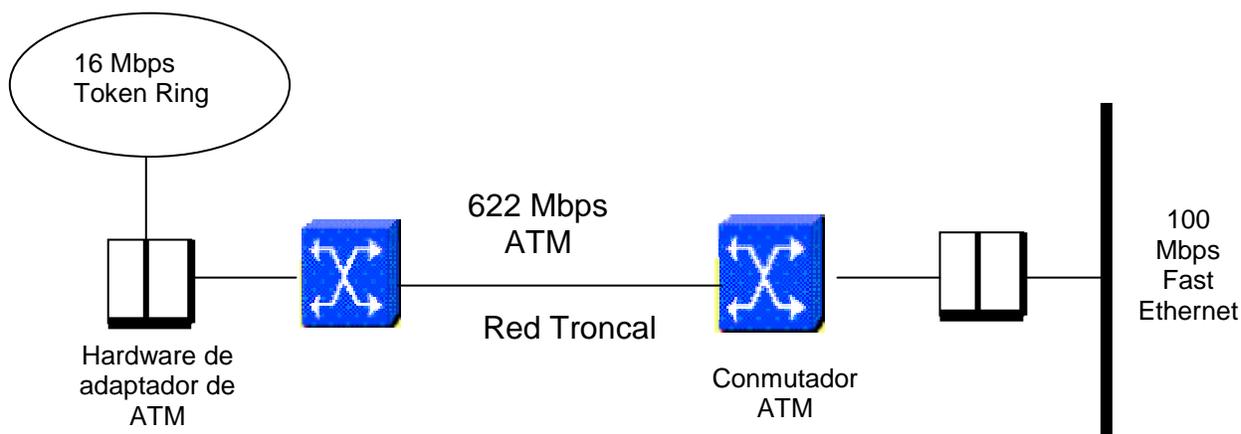


Figura 3.13 Red ATM combinada con Ethernet y Token Ring.

Una de las grandes ventajas de la red ATM es su velocidad y la calidad de servicio (QoS) especialmente para aplicaciones multimedia, que por naturaleza no toleran la latencia pero también tiene desventajas que es su costo y complejidad.

Ventaja de ATM.

- Flexibilidad en la asignación del ancho de banda.
- Fácil de rutear, debido a la tecnología orientada a conexión.
- Utilización de un alto ancho de banda debido a la multiplexación estática.
- Posibilidad de garantizar QoS (Quality Of Service).

Desventaja de ATM.

- El complemento del encabezado de celda (5 bytes por celda).
- Utiliza mecanismo complejo para conseguir QoS.
- El tráfico puede causar las pérdidas de celdas.
- Complejo para su administración.

Y es por eso que la ATM no ha sido tan popular en las redes de telecomunicaciones como lo está siendo ethernet.

3.2.3 Frame Relay.

El frame relay es una tecnología de comunicaciones de datos que trabaja en el nivel de la capa de enlace de datos del modelo OSI, por lo que, a diferencia de x.25, elimina todo el procesamiento en la capa 3, por ejemplo, no se realizan las funciones del control de flujo y control de error usando un número de secuencia y ventanas deslizantes que se realizan en X.25. Más sin embargo, sí se realiza la función de verificar si la trama está libre de error, pero si es errónea, no se solicita retransmisión, simplemente se descarta.

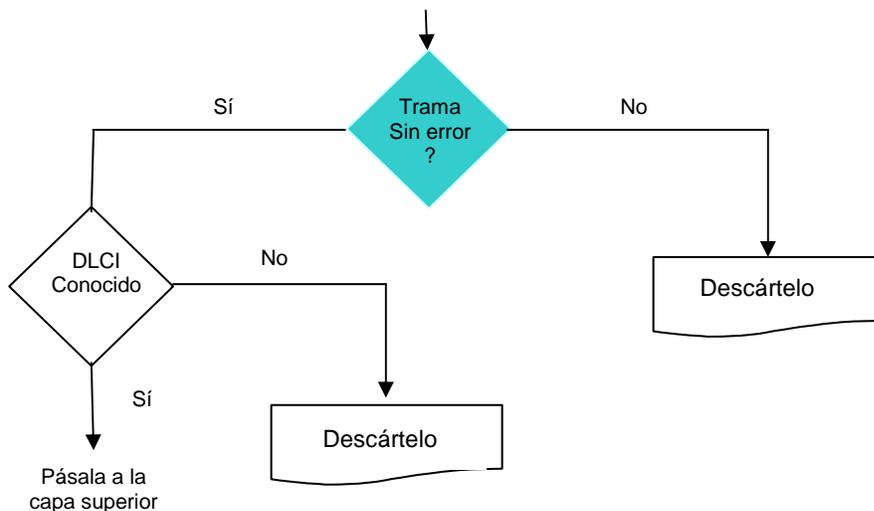


Figura 3.14 Sistema Frame Relay.

La figura 3.14 Muestra el esquema de operación simple del sistema frame relay.

Podemos definir a frame relay como un estándar internacional de redes de datos para redes públicas y privadas, orientada a paquetes que puede tener múltiples conexiones lógicas sobre un solo enlace físico.

El protocolo usado por frame relay en la capa de enlace de datos es el LAP-D, que es un subconjunto del protocolo HDLC. El formato de la trama LAP-D de frame relay es el siguiente:



Donde Flag es la secuencia de bits 01111111 que indica inicio y fin de trama. El campo CRC es una secuencia de bits generados en los campos de encabezado y datos con base en el algoritmo CRC, y su función es permitir al receptor detectar errores en la comunicación.

En el campo de datos se ubica el paquete de transmisión de frame relay recibe de las capas superiores, y puede variar de 262 a 8 000 bytes, dependiendo de la longitud del paquete de datos que recibe de la aplicación.

El encabezado de una trama frame relay tiene el siguiente formato:



Figura 3.15 Formato de la trama frame relay.

Donde el significado de cada campo se da enseguida:

DLCI: Data Link Connection Identifier. Este campo identifica al circuito virtual por donde se transmitirá esta trama.

La primera parte DLCI (msb: most significant bit) es de seis bits y la segunda DLCI (lsb: Less significant bit) es de cuatro bits; así que en total se tiene 10 bits para el campo DLCI, por lo que se pueden tener hasta 1024 circuitos virtuales.

El campo C/R command/Responce Bit. Puede ser usado por el equipo del usuario final para implementar comandos punto a punto y en bit de respuesta.

Los campos EA, Extended Address Bit. Aseguro que Frame Relay cumpla con los requerimientos futuros.

Los campos FN (FECN: Forward Error Congestion Notification) y BN (BECN: Backward Explicit Congestion Notification Bit) se emplean para señalar que existe congestión.

El campo DE (Discard Eeligible Bit) Es empleado para indicar cual Frame debe ser descartado primero en caso de una congestión en la red.

Circuitos Virtuales

En frame relay se maneja también el concepto de circuitos virtuales, los cuales son PVC (Permanent Virtual Circuit), y son establecidos por un operador de red a través de un sistema de administración, Un PVC es una conexión de extremo a extremo a través de una red frame relay y esta hecho de uno o más DLC's.

Definidos dentro de un enlace frame relay, las conexiones lógicas o DLC's (Data Link Connections) son identificadas por un número llamado DLCI o data link connection identifier, ver figura 3.16. El cual el número de DLCI's van desde 0 hasta 1023, pero algunos son reservados para uso especial, por tanto existen disponibles 992 DLCI's desde el 16 hasta el 1007, donde el DLCI 0 y 1023 son de señalización.

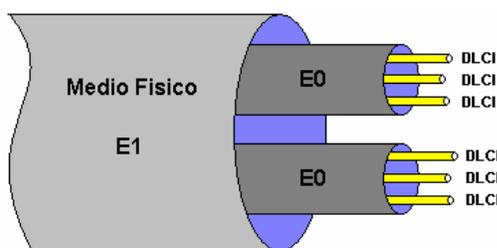


Figura 3.16 Circuito DLCI

Los identificadores del enlace de datos son los campos del encabezado que contienen la información que indica a los nodos Frame Relay hacia donde enviarla.

Clase de servicio (CoS)

Existen tres parámetros CoS (Class of Service) configurables que determinan el ancho de banda garantizado disponible para el usuario. Estos parámetros son:

- Rango de información comprometida (CIR, Committed Information Rate), representa el compromiso de la red frame relay de entregar datos a un usuario a ese régimen, en la ausencia de errores.

Si el usuario envía datos a la red Frame Relay a un régimen menor que el CIR, el sistema Frame Relay no altera el valor de bit DE, pero si el régimen de trama emitido por el usuario excede el CIR, el sistema frame relay pone el bit DE igual a 1 en las tramas que exceden el CIR, y las retransmite. Si se encuentra congestión en la red, estas tramas pueden descartarse.

Dentro de lo que es el parámetro del CIR existen dos conceptos que están directamente relacionados:

- Bc (Committed Bursa Size)
- Be (Excess Bursa Size)

Características generales de frame relay.

Para concluir el tema de frame relay, se resumen algunos rasgos que caracterizan a este sistema de switcheo de tramas.

- a) Soporta velocidad de 64 kbps a 2.048 Mbps.
- b) El tamaño de la trama de datos va de 262 a 8000 bytes.
- c) No hace funciones de control de flujo ni de control de error, sino que deja esas funciones a protocolos de capas superiores como TCP.
- d) Es apropiado para operar bajo medios de comunicación poco o nada ruidosos, como fibra óptica.
- e) Descarta las tramas que son detectadas con error sin avisar al emisor.
- f) Opera bajo los estándares Q.922 y Q.933 de la UIT.
- g) Es actualmente la tecnología de switcheo más ampliamente usada para interconectar redes LAN con una red WAN.

Ventajas de frame relay

- Estándar internacional que garantiza interoperabilidad y protección de inversión.
- Permite ahorrar en puertos de los equipos y enlaces, permitiendo disminuir costos operativos y simplificando la infraestructura de red.
- Ofrece una nueva alternativa para la conectividad WAN (FR público) con un costo menor a los enlaces dedicados.
- La red pública de FR provee garantía del servicio (CIR garantizado).
- Al ser de nivel 2, la encapsulación de la información tiene poco overhead y su enrutamiento presenta poco retraso.
- Los PVC's proveen seguridad a la información transportada.

Desventaja de frame relay

- Protocolo destinado a usarse exclusivamente en redes WAN.
- La transmisión de la información no es en tiempo real.
- El protocolo no es completamente transparente.
- El ancho de banda en exceso al CIR no está garantizado.
- El transporte de video no es una aplicación común, pero lo hace.

Voz sobre frame relay

El foro de frame relay desarrolló el estándar FRF. 11 que define voz sobre frame relay. Por tanto actualmente los fabricantes están ofreciendo productos con tecnología propietaria para el transporte de voz en la red de frame relay,

Frame relay a través de su modulo de voz, ofrece compresión y supresión de silencio, enviando únicamente la voz, con esto ahorrando ancho de banda.

Frame relay actualmente ofrece las siguientes características para la transmisión de voz, tales como⁹:

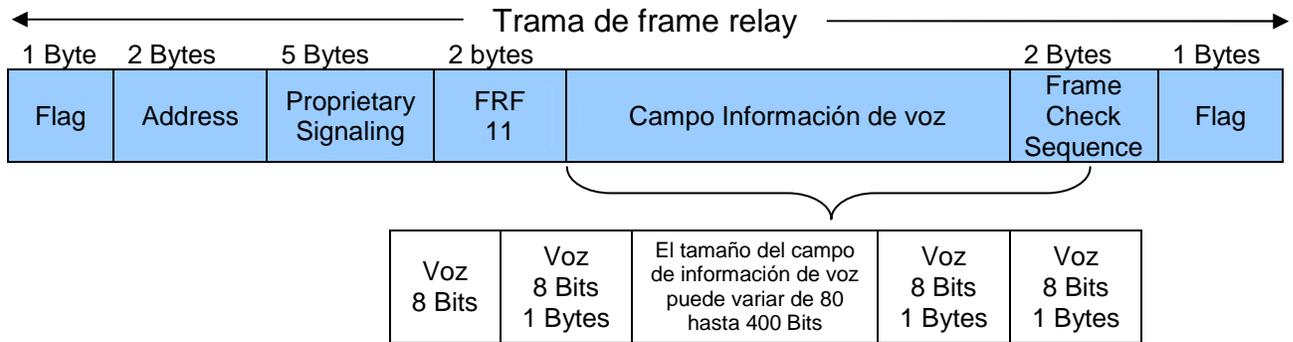
⁹ <http://www.protocols.com/papers/voe.htm>

- Estándar para la compresión de voz, es el G.729, que proporciona calidad de voz, alta tolerancia a los errores y robustez.
- Tiene priorización de la voz sobre otro tráfico.
- Voz transmitida a la velocidad del CIR.

El tratamiento que le da frame relay a la voz para transportarla es la siguiente:

- Voz Análoga
- PCM voz digital
- DSP Compresión de Voz
- FRAD encapsulamiento
- E1 Transporte

Y la trama de frame relay se define como sigue:



G.729A = 8000 bps

Figura 3.17 Trama de frame relay.

Capítulo IV Análisis para el diseño de una red de telefonía IP.

4.1 Introducción.

Actualmente las grandes redes de voz están basadas en sistemas de circuitos conmutados, donde las conexiones de voz entre los diferentes equipos telefónicos se realizan en forma análoga. Para realizar una llamada, un sistema PBX interconecta por medio de relevadores a los equipos telefónicos, permaneciendo esta conexión hasta que alguno de los equipos termine la llamada; ésta es la manera en que se realizan las llamadas en la red telefónica pública, lo que implica que mientras la conexión se encuentra establecida, nadie más puede utilizarla, desaprovechando el ancho de banda disponible en el par de cobre; lo cual equivale a que teniendo una autopista para interconectar dos puntos, solamente se utilice uno de los carriles.

El primer paso para remediar esto fue la digitalización de las señales para enviar más de un canal de voz por el par de cobre, y convirtiéndola a una señal análoga al llegar a su destino. Esto es lo que se realiza en las conexiones T1, E1, etc., donde a cada canal de voz se le asigna un ancho de banda de 4 KHz, suficiente para la voz humana, el cual es muestreado a dos veces la frecuencia del ancho de banda y con una resolución de 8 bits, dando como resultado 64 Kbps por canal. Sin embargo, dicha solución significa también el establecimiento de un canal dedicado, aún si no se está ocupando para una conversación y desaprovechando la ventaja de la manipulación de datos, en especial la compresión de las llamadas para aprovechar aún más el ancho de banda disponible.

En la actualidad es común encontrar que utilizando compresión, se pueden enviar hasta 8 conversaciones por cada canal. Pero hasta aquí solamente se estaban aprovechando parte de las ventajas de las transmisiones digitales, puesto que al reservar un canal dedicado para cada conversación, no se aprovechan los tiempos muertos para el envío de otro tipo de datos. Aquí entra la propuesta de la transmisión de voz a través de las redes IP como una parte más de los datos; sin embargo, en sus inicios el principal problema que se enfrentó fueron los retardos en la red por falta de un protocolo que permitiera agilizar el tránsito de los paquetes de voz, sobre los de datos, así como el hecho de que el control de transmisión de datos (TCP) obligara el reenvío de los paquetes perdidos.

Pero como todo, los sistemas de datos han ido avanzando de manera tal que ha surgido una tecnología que lleva a cabo esta transmisión por medio de paquetes con direcciones IP transportados por líneas privadas y dedicadas o a través de una red pública como Internet, la cual se denomina VoIP (Voice over Internet Protocol). Esta tecnología al tener que transportar voz y datos, requiere de un estándar con tráfico multimedia y que en tiempo real sea intercambiado sobre una red de paquetes, añadiendo la capacidad de flujos multimedia (transmisión de audio y video), dicho estándar es el H.323. Pero, más allá de la transmisión de la voz, se

pretende integrar todos los servicios telefónicos a través de la red de datos, ofreciendo la solución a los problemas de comunicaciones de la Universidad, al canalizar todo el tráfico de voz a través de las redes de datos existentes y disminuyendo considerablemente los costos de comunicación.

Para el diseño de una red de telefonía IP, es necesario analizar ciertos puntos, como es la infraestructura de datos y de telefonía, así como requerimientos que se necesita para la implementación.

4.2 Infraestructura de red de datos y de telefonía.

4.2.1 Antecedentes.

La Universidad Veracruzana (UV) es el centro de educación superior más importante del Estado de Veracruz y la sexta en tamaño de todas las instituciones de educación superior del país. La UV cuenta con instalaciones y centros regionales en Xalapa, Veracruz, Poza Rica-Tuxpan, Orizaba-Córdoba y Coatzacoalcos-Minatitlán, donde la capital del Estado, Xalapa es su centro de operación.

De esto podemos decir que la Universidad se encuentra distribuida en 51 ubicaciones distintas, ver figura 4.1.

- 5 Regiones.
- 14 Ciudades.
- 78 Facultades.
- 24 Institutos.
- 32 Dependencias administrativas.

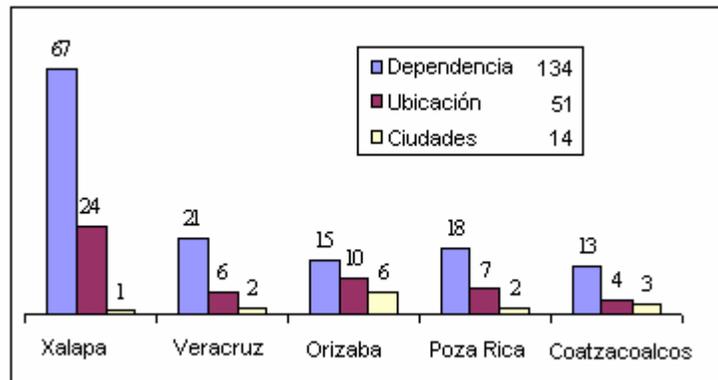


Figura 4.1 Distribución de las dependencias de la Universidad.

La UV cuenta con una red de datos que intercomunica todos sus Campus Universitarios, facultades y dependencias. Esta red esta constituida por redes de tipo WAN, MAN y LAN y están distribuidas en 51 ubicaciones a lo largo de todo el estado de Veracruz. La red WAN es la que une a las 6 regiones y las MAN's enlazan las dependencias y facultades en las distintas regiones ya mencionadas, a su vez se tiene redes LAN en cada dependencia y facultades.

Por otro lado, la Universidad en su red telefónica, si le podemos llamar así, solo cuenta con conmutadores (PBX) en cada nodo central de cada región y se conectan al PSTN (Red Publica) y a través de estos conmutadores se tiene una comunicación por una red troncal / extensión, pero no es del todo funcional.

Aprovechando la infraestructura de red de datos con que se cuenta en la Universidad Veracruzana, el avance tecnológico que se ha venido dando en el tráfico de voz por la red de datos, así como estandarización de protocolos de tiempo real, se ha llegado a pensar en la implementación de telefonía sobre IP. En este punto, se planteará el problema que se tiene con respecto a la telefonía en la Universidad Veracruzana, así como la infraestructura con que se cuenta para dar posibles soluciones de implementación de una red telefónica.

4.2.2 Situación actual de la red de datos.

Conocer la infraestructura de red es lo primero que se debe contemplar para el diseño de una red convergente debido a que va ser el medio que se va a utilizar para la implenetacion de esta tecnología.

WAN (Red de Acceso Amplio).

La infraestructura de la red de datos de la Universidad Veracruzana consta de una red de acceso amplio (WAN) en estrella con 6 nodos, figura 4.2, uno en el campus universitario de cada una de las siguientes ciudades: Orizaba, Coatzacoalcos, Poza Rica, y Veracruz y dos en Xalapa, soportada por enlaces de larga distancia E1, cuyo ancho de banda permite ofrecer servicios de voz, datos y video, en cada uno de los nodos. En Xalapa se localiza el núcleo de toda la red, que a través de 4 enlaces de tipo E1, también es el único acceso a Internet para toda la Universidad.

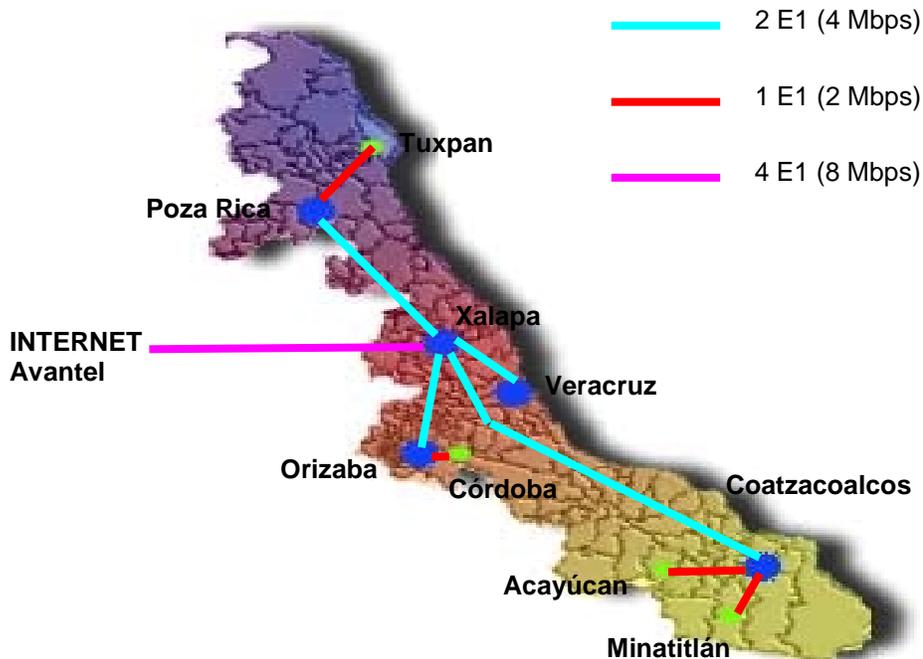


Figura 4.2 Red WAN de la Universidad Veracruzana.

MAN (Red de Área Local)

En cada uno de las ciudades mencionadas hay un campus universitario y estas poseen una Red de Área Metropolitana (MAN) con topología en estrella, ver figura 4.3, cuyo centro está en los campus principales de cada región, las cuales no ofrecen redundancia, pero su costo de operación es menor y su administración centralizada más simple, pero con el crecimiento de la población universitaria se requiere mayor velocidad ya que empieza a ser insuficiente para algunos servicios y procesos, otros factores que influyen son el tipo de configuración y los dispositivos que se tienen, por lo tanto es lo que se piensa erradicar con el nuevo diseño de red.

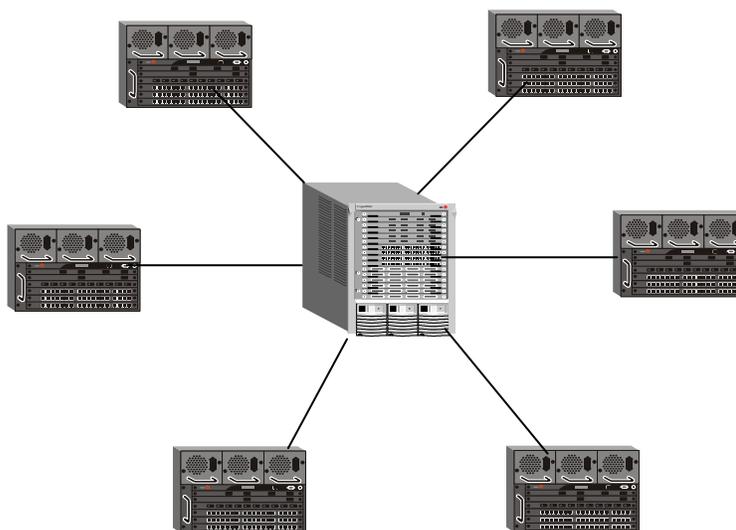


Figura 4.3 Topología en estrella.

En la estructuración de la red de datos de la Universidad Veracruzana, la red es mucho más eficiente e integral, ya que la topología se cambio de estrella a estrella segmentada, ver figura 4.4, para toda las redes metropolitanas, que fue el caso de tendido de fibra óptica, y en unas partes se cuenta con enlaces digitales (DS0), e inalámbricos.

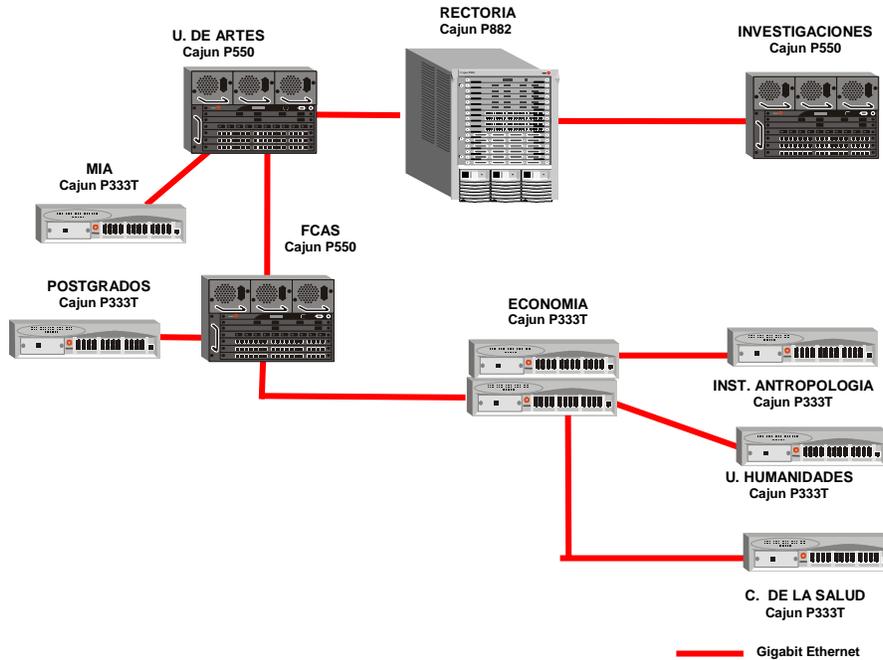


Figura 4.4 Topología estrella segmentada.

Por tanto, la red MAN de fibra óptica (FO) de la UV cuenta con 29 nodos, con 75 Kms en cuatro ciudades, 33 nodos adicionales de FO en los tres campus principales, además de 5 enlaces inalámbricos. Estos nodos se muestran en las figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9; esto nos da una serie de características de una red de datos robusta sin problemas de ancho de banda, evitando congestión en los nodos, etc., y con estos se tendrá la facilidad de implementar otros servicios como videoconferencia, educación a distancia y, por supuesto, telefonía sobre IP.

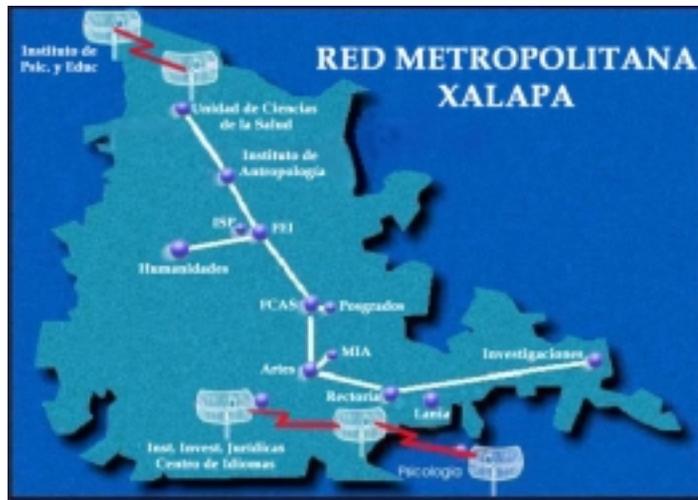


Figura 4.5 Red de Área Metropolitana Región Xalapa.



Figura 4.6. Red de Área Metropolitana Región Veracruz.

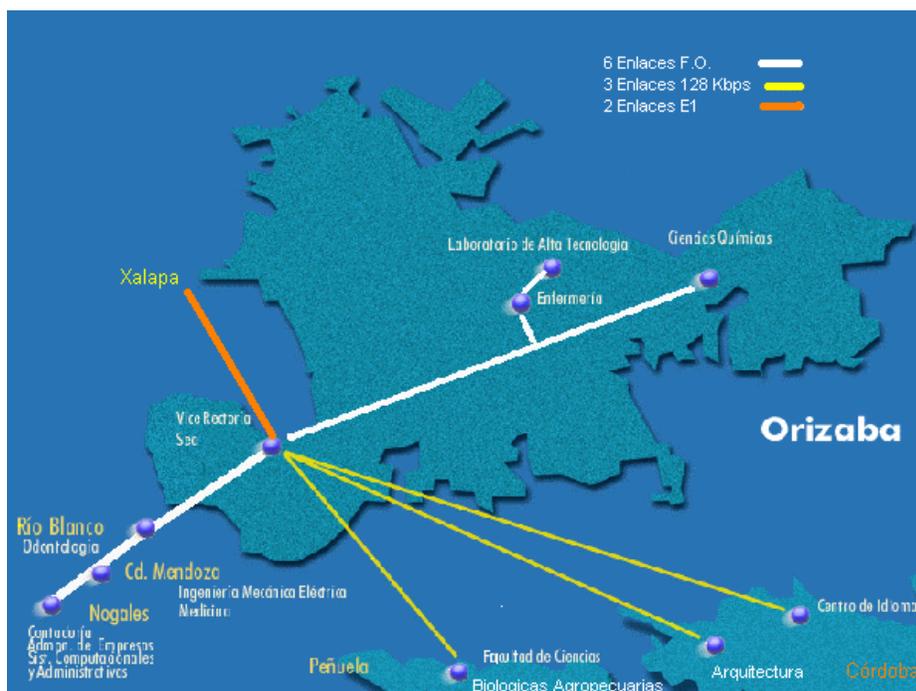


Figura 4.7. Red de Área Metropolitana Región Córdoba- Orizaba.

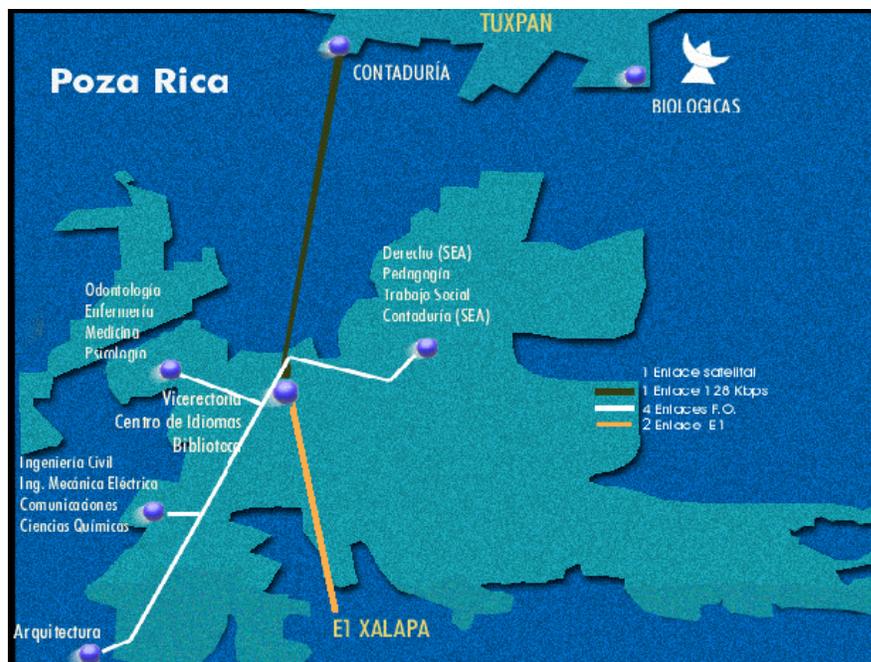


Figura 4. 8 Red de Área Metropolitana Región Poza Rica – Tuxpan.



Figura 4.9 Red de Área Metropolitana Región Coatzacoalcos - Minatitlán.

4.2.3 Equipos en la red de datos.

La red de datos de la Universidad Veracruzana, cuenta en sus nodos con equipos Cisco, Avaya, 3com y Cabletron actualmente es Enterasys, ver figura 4.10, tanto en la red LAN, MAN y WAN¹⁰.

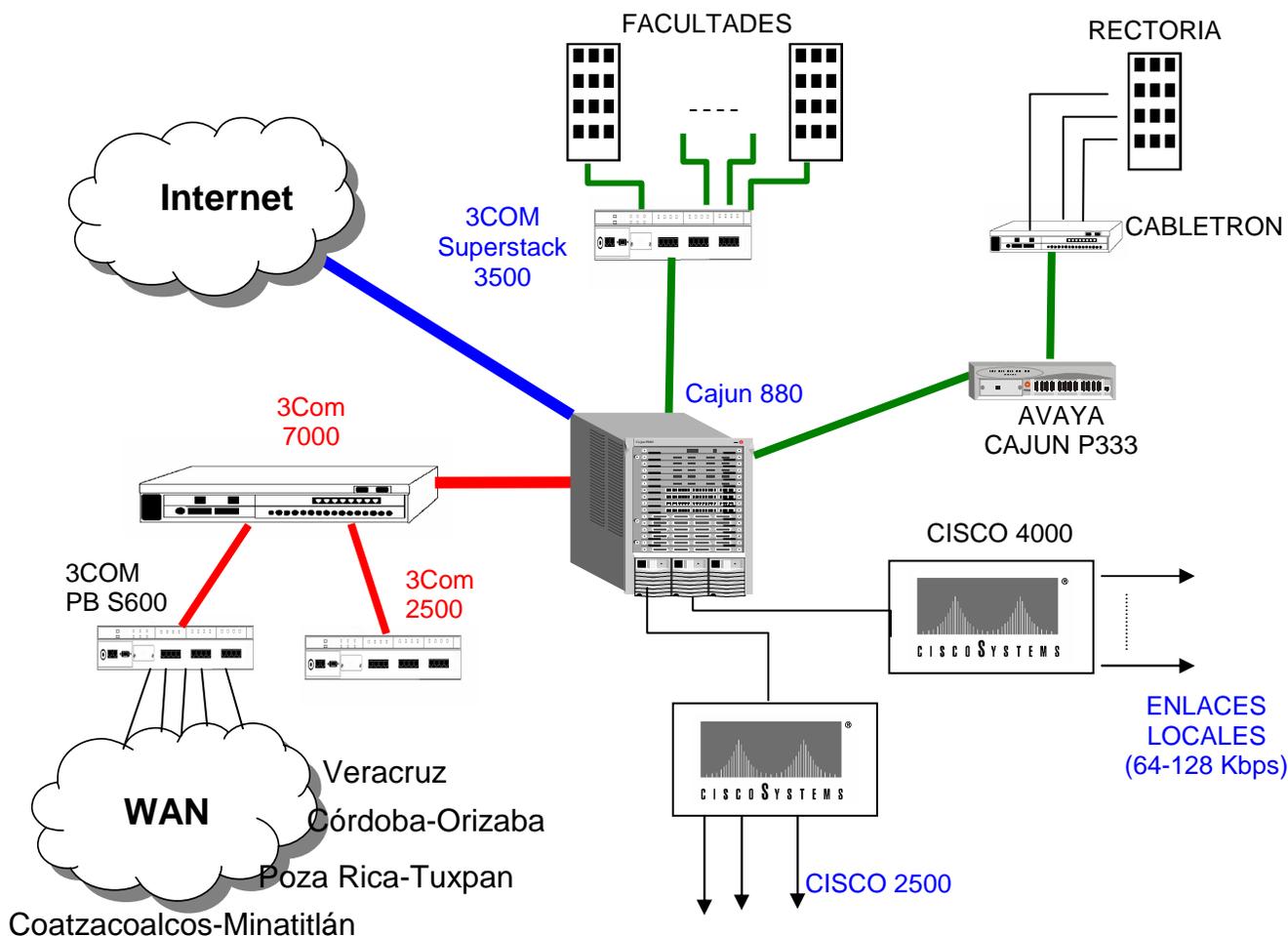


Figura 4.10 Nodos de la red de datos.

Características de los equipos que tienen los nodos de la red de datos

Los equipos que se encuentran tanto en los nodos de la red Local, Metropolitana y WAN son los siguientes.

¹⁰ información proporcionada por el departamento de redes de la UV.

LAN

Dentro de los nodos de las redes locales, se tienen dispositivos de conmutación (switches).

El cual se cuentan con 253 switches en todas las redes LAN.

Switch Avaya, Cajun P333T,
Switch 3COM, super stack II 1100 y

MAN

En los nodos de las redes MAN, se tiene únicamente switches de gigabits marca Avaya, este switch es un sistema de switcheo multicapa diseñado para redes MAN con velocidad tres veces más rápido que otros, tiene interoperabilidad con VLAN, tolerancia, clase de servicio (CoS) / Calidad de Servicio (QoS), este equipo soporta como máximo 24 puertos gigabit ethernet, 120 puertos ethernet 10/100 Mbps o hasta 60 puertos de fibra óptica fast ethernet

Se cuentan con 40 switches de alta velocidad para las dorsales metropolitanas.

WAN

El PathBuilder S600 de 3COM, es un switch de acceso a WAN, el equipo principal que se encuentra en unidad central Xalapa y en las ciudades de Veracruz, Córdoba-Orizaba, Poza Rica-Tuxpan y Coatzacoalcos-Minatitlan se tiene un PathBuilder S330 de 3COM haciendo la red WAN de la UV, con tecnología ATM que comunica todas las regiones, ver figura 4.2.

S600 es un dispositivo de alta capacidad, con puertos que garantiza el alto rendimiento y bajo retardo, calidad de servicio, etc.

En el caso de la Universidad Veracruzana con la nueva reestructuración que se le hizo a la red de datos, se cuenta con una red de alta velocidad a través de fibra óptica y enlaces E1, por tanto el ancho de banda y de latencia no ocasionará mucho problema. Asimismo el uso de switches, asegura un bajo nivel de colisiones, con lo cual el nivel de paquetes perdidos se mantiene bajo.

En resumen uno de los puntos a considerar en una red para que se pueda implementar telefonía sobre IP es que debe tener equipos switchados y equipos que ofrezcan calidad de servicio. Para el caso de la UV, el equipo que se adquirió para la red de datos, como ya se mencionó, ofrece calidad de servicio lo cual nos permite reservar el ancho de banda necesario para llevar a cabo el tráfico de voz sin un retraso apreciable que pudiera comprometer el servicio de telefonía IP

4.3 Red Telefónica de la Universidad Veracruzana.

La importancia de conocer la infraestructura de telefonía es con el fin de contemplar los equipos ya existentes y no desecharlos, por tanto aquí se describe la manera en que opera la telefonía actual.

Al hacer el levantamiento de la red de la Universidad Veracruzana se encontró que cuenta con Multilíneas 0x32 Norstar en cada una de los campus ubicadas en Veracruz, Cordoba-Orizaba, Coatzacoalcos y Poza Rica-Tuxpan. La comunicación con el exterior se hace a través de la red pública (PSTN) y en su interior establecen una comunicación con todas sus regiones a través de una troncal / extensión, ver figura 4.11, donde utiliza un circuito de troncal de un conmutador para dar acceso a una extensión del otro, y el enlace físico se lleva acabo con multiplexores a través de la red de frame relay, con dos canales a través de un E1 por región siendo estas insuficientes para cubrir el tráfico.

Para suplir estas carencias se utilizan líneas directas de proveedores, provocando grandes gastos.

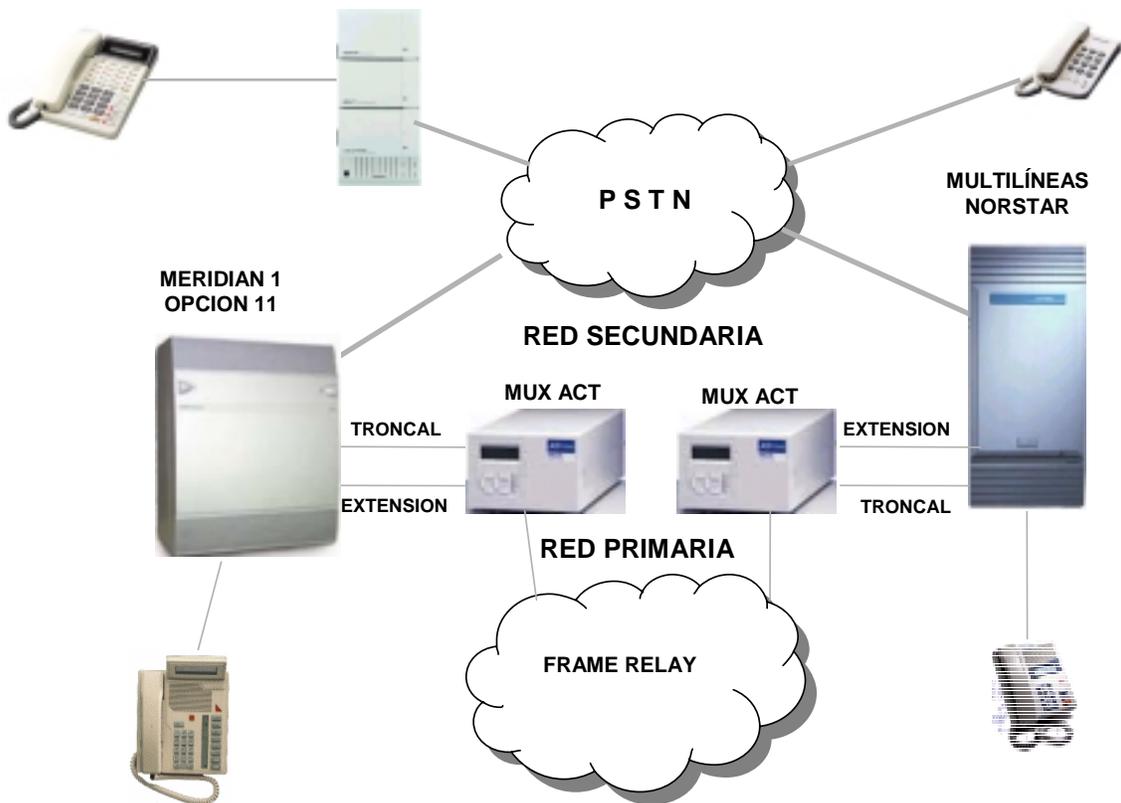


Figura 4.11 Red de telefonía de la UV.

Como se puede observar, esta forma de intercomunicarnos es muy cara para la Universidad Veracruzana, debido a que la UV se encuentra distribuida en zonas geográficamente distintas y las líneas que se tienen a través del MUX ACT no es

suficiente y esto conlleva a la utilización de las líneas públicas, y servicio medido en áreas metropolitanas.

Es por ello que se ha pensado en buscar nuevas alternativas de solución para este problema.

4.3.1 Requerimientos de telefonía en las regiones.

Se realizó un levantamiento en cada una de las regiones, con el fin de recabar información para el diseño de su red telefónica. Utilizando el siguiente formato.

Requerimientos para la zona: _____
Nombre de la dependencia:_____
Sistema actual
Tipo de multilínea (si existe):_____
No. de troncales:_____
Número de extensiones:_____
Existe cableado?:_____
Requerimiento
Número de extensiones:_____
No. troncales:_____
Tipo de cable a utilizar?:_____
Se requiere ductería o cableado exterior?:_____
Cuantos registros se requiere?:_____
Tipo de enlace de red:_____

Con esto se pudo obtener todos los datos que se necesitan para el diseño, ya que para empezar a plantear el diseño de una red telefónica se contempla la cantidad de usuarios que requerirán extensiones, plan de marcación, funcionalidad, material, etc.

4.4 Planteamiento del problema de telefonía.

La dirección general de tecnología de información encargada de las telecomunicaciones de la UV, manifestó su deseo de tener una red telefónica estatal aprovechando las nuevas tecnologías y la infraestructura de datos de la Universidad Veracruzana, con esto tener intercomunicado todas las regiones, Poza Rica, Córdoba - Orizaba, Veracruz y Coatzacoalcos - Minatitlán.

Siendo su principal objetivo reducir gastos de larga distancia, servicio medido y de operación entre sus diferentes puntos en las que se encuentren ubicadas sus dependencias, facultades, etc. así mismo que la comunicación sean eficientes, ágiles, modernas.

En la actualidad existen nuevas tecnologías, es decir equipos que sirven de interfase para intercomunicarnos a través de la red de datos haciendo bypass sobre la WAN y de esa manera transportar voz en toda la red de la UV.

Una de las alternativas de solución al problema es por medio de tecnología IP (telefonía IP), ya que existe una infraestructura de red de datos (intranet) que puede soportar ciertas características que se requieren para transmitir voz en la red, dando beneficios tanto económicos como operativos y permitiendo el lograr los objetivos planteados.

Cabe mencionar que existen limitantes para la implementación de una red convergente entre voz y datos, pero tratándose de una red privada las ventajas crecen a favor de tomar esta solución.

4.4.1 Posibles soluciones.

Existen tres variantes para implementar telefonía IP, la primera que sea puramente IP, que se agreguen interfases IP al PBX o PBX que interactúan tanto en telefonía tradicional como IP.

1. **PBX tradicional con gateway IP**, Este sistema consiste en utilizar conmutadores tradicionales y agregarles interfases IP, y así proporcionar servicio en otros puntos de la red. Por ejemplo en el mercado existe equipos como el Passport de Nortel que tiene servicio de acceso a voz (análoga / digital), fax, video, etc., Y otro es un equipo pequeño llamado IP ico, que ofrece servicio de voz sobre IP a través de la WAN.
2. **PBX ENABLED**, Este equipo es un conmutador híbrido ya que a un PBX y agregas modalidades IP, tal es el caso de los conmutadores Nortel Opción 11, y los Definity Prologix de Avaya, que también pueden transportar voz a través de la WAN y no solo eso sino también funciones como identificador de llamadas, desvíos, directorio centralizado, etc.
3. **PBX IP**, Estos Equipos son meramente IP, es decir que solo trabajan en un ambiente IP, el cual se hace un poco difícil de implementarse ya que la red no garantiza aun confiabilidad, tal es el caso de los NBX de 3COM, Call Manager de Cisco y los Media Server - Media Gateway y los IP600 de Avaya.

Para poder definir el tipo de plataforma, es necesario pensar en las tres posibles soluciones. Y además tener en consideración la infraestructura con la que se cuenta.

Es importante mencionar los puntos que se tomaron en cuenta para tomar la decisión de implementar servicios voz a través de la red de datos, siendo uno de ellos, los avances tecnológicos que se han dado en esta área; se cuenta con la infraestructura de la intranet que posee un buen ancho de banda, los equipos que se tienen en los nodos nos brindan prioridad de tráfico, etc. La idea de la Dirección General de Tecnologías de Información es utilizar los medios que nos brindan las nuevas tecnologías para satisfacer necesidades y que a su vez se tengan beneficios tanto económicos como de operación.

4.4.2 Beneficios

Al implementar tecnología IP, se cubrirán con las necesidades expresadas por la Universidad.

1. Intercomunicación entre la unidad central y las vicerrectorías de manera directa, es decir que se tenga la transparencia entre extensiones y directorio.
2. Proveer de un servicio más al usuario dándoles más facilidades para desempeñar su trabajo.
3. No implica gastos en diseño de la red de datos, ya que se utiliza la existente.
4. El estándar (H.323) en el cual opera es efectivo.
5. se reducirán los costos de servicio medido y larga distancia entre las dependencias de la Universidad.
6. El consumo de los recursos de la red no está regulado, sino que se realizan en función de las necesidades de comunicación de la Universidad.
7. Facilitar la administración, con esto solo necesitan conectar el teléfono a un jack de red de datos, sin necesidad de requerir a un técnico especializado.
8. Operativo, es sencillo de administrar, se puede llevar a cabo vía remota.

Por tanto, después de hacer una evaluación de las necesidades de la UV así como los beneficios que traería implementar una red de telefonía sobre IP, se puede justificar debido a que la UV cuenta con la infraestructura de red de datos con fibra óptica y como dicha red de telefonía al ser completamente convergente permite la integración de voz y datos a través de un solo enlace y al basar la red de telefonía IP en sistemas de PBX híbrido (puertos análogos, digitales e IP) evita invertir en grandes cantidades de equipo ya que la comunicación se establece, en su mayor parte, a través de aparatos telefónicos convencionales, pero teniendo la posibilidad de conectar teléfonos IP y/o convertir la PC en una extensión más, ya sea conectadas directamente a la red o a través de un proveedor de Internet.

En el diseño de las redes de voz sobre IP es importante considerar los siguientes parámetros:

- Revisión de la red de datos, equipos y cableado.
- Dimensionar ancho de banda adecuado considerando los encabezados IP.
- Pérdida de paquetes.
- Latencia (tiempo de retardo).

- Establecer métodos de calidad de servicio (CoS) y priorización.
- Encabezados de paquetes.
- El mayor apego posible a estándares.
- Compresión.

4.5 Análisis de los parámetros que afectan la transmisión de voz en la red de datos.

Los parámetros que se debe considerar en una red de datos, es principalmente el ancho de banda, congestión de la red en horas pico, protocolos que usan los equipos de ruteo, calidad de servicio, clase de servicio, priorización de paquete, etc. Además de los factores que afectan la calidad de voz al diseñar una red de telefonía IP.

Es por ello antes de tomar la decisión de implementar telefonía IP, se analizarán ciertas características que se describen a continuación.

4.5.1 Ancho de banda en nodos principales de red.

Tráfico entre Xalapa y Veracruz

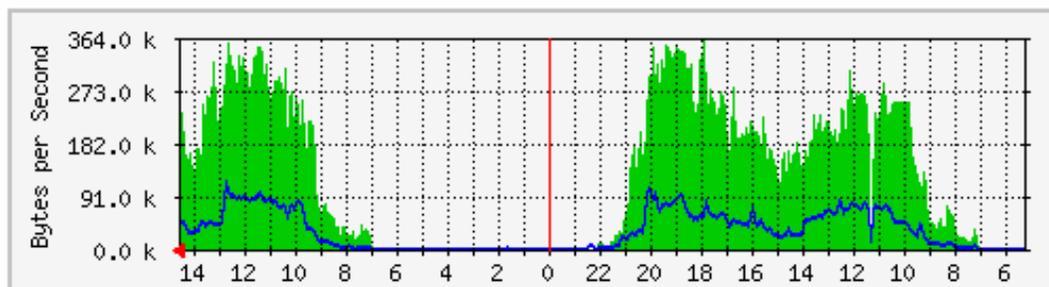
El ancho de banda es analizado a través del RMTG, ver figura 4.12, se observa que de 10:00 a 13:30 horas y de 16:00 a 18:00 horas son cuando se presenta el mayor uso del Ancho de Banda (AB).

En la grafica se observa que se esta utilizando el 38.4% del ancho de banda en horas pico, y 13.1% del ancho de banda promedio.

Description: Module 7, Port 1
 ifType: Full Duplex Fast Ethernet (100BaseFX) (69)
 ifName: Module 7, Port 1
 Max Speed: 1250.0 kBytes/s

The statistics were last updated **Wednesday, 9 October 2002 at 14:39**,
 at which time 'Vice Veracruz' had been up for **21 days, 7:07:42**.

'Daily' Graph (5 Minute Average)



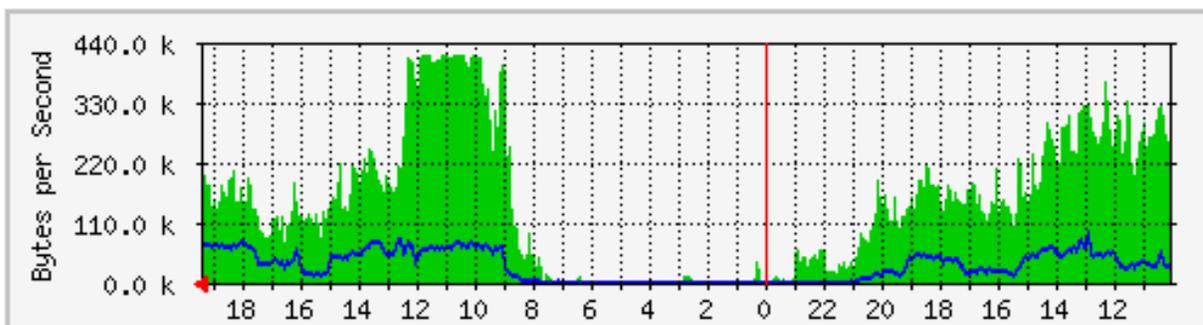
Max In: 361.0 kB/s (28.9%) Average In: 131.0 kB/s (10.5%) Current In: 205.8 kB/s (16.5%)
 Max Out: 118.7 kB/s (9.5%) Average Out: 32.9 kB/s (2.6%) Current Out: 45.7 kB/s (3.7%)

Figura 4.12 Tráfico entre Veracruz y Xalapa.

Tráfico entre Xalapa y Córdoba- Orizaba

De acuerdo al monitoreo que se ha hecho a través de RMTG, ver figura 4.13, se observa como se comporta el uso del AB.

'Daily' Graph (5 Minute Average)



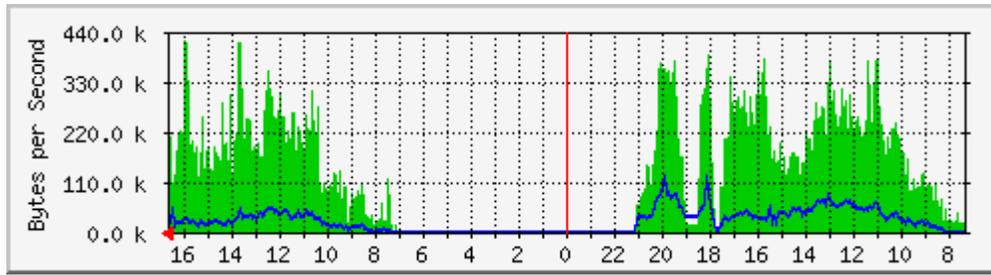
Max In: 421.1 kB/s (33.7%) Average In: 148.6 kB/s (11.9%) Current In: 192.4 kB/s (15.4%)
 Max Out: 93.8 kB/s (7.5%) Average Out: 31.8 kB/s (2.5%) Current Out: 75.6 kB/s (6.0%)

Figura 4.13 Tráfico entre Orizaba y Xalapa.

El promedio del uso del ancho de banda (AB) entre el enlace Córdoba-Orizaba - Xalapa es de 14.4 %, del total del AB (2E1). En donde en horas pico se tiene el 41.2 % del uso del AB.

Tráfico entre Xalapa y Poza Rica-Tuxpan

El análisis de tráfico hecho a través de RMTG, ver figura 4.14, se observan que el promedio durante el día, es de 12.8% del uso del ancho de banda.



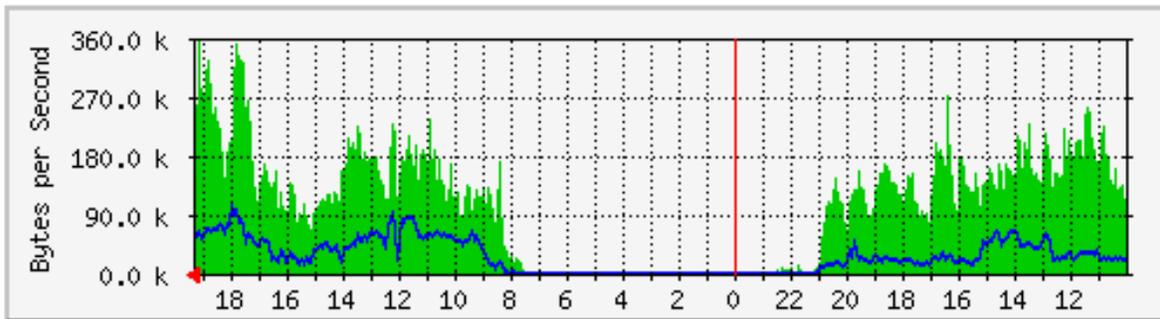
Max **In**: 424.9 kB/s (34.0%) Average **In**: 133.2 kB/s (10.7%) Current **In**: 212.5 kB/s (17.0%)
 Max **Out**: 127.3 kB/s (10.2%) Average **Out**: 26.1 kB/s (2.1%) Current **Out**: 23.9 kB/s (1.9%)

Figura 4.14 Poza Rica y Xalapa.

El ancho de banda en hora pico es de 44,2 % del uso, y esto porcentaje se debe a los picos que existe durante el día entre el enlace a Xalapa-Poza Rica.

Trafico entre Xalapa y Coatzacoalcos-Minatitlán.

La figura 4.15, muestra el monitoreo hecho a través de RMTG, y con ello se encontró que el ancho de banda pico es de 37.14%, y el promedio normal es de 10.8%, siendo un consumo mínimo de acuerdo al ancho de banda que se tiene (2E1), esto es entre los enlaces Xalapa-Coatzacoalcos.



Max **In**: 358.2 kB/s (28.7%) Average **In**: 107.1 kB/s (8.6%) Current **In**: 248.7 kB/s (19.9%)
 Max **Out**: 108.9 kB/s (8.7%) Average **Out**: 27.5 kB/s (2.2%) Current **Out**: 61.0 kB/s (4.9%)

Figura 4.15 Coatzacoalcos y Xalapa.

Una vez analizado el uso de ancho de banda en los enlaces a las regiones se concluye que solo el caso del enlace Xalapa – Veracruz es la que esta en sus límites en las horas pico únicamente.

4.5.2 Características de la red de datos.

Otra de las partes importantes que se debe considerar al diseñar una red de telefonía IP, son los parámetros que podrían afectar la calidad de voz en la red de datos, es por ello que aquí se describen.

Retardo de paquetes

El tiempo de retardo que se tuvo en la red de datos de la UV, fueron las siguientes:

RED	Medio	Retardo
WAN	E1	30 ms
MAN	F.O.	5 ms
LAN	Switchheada	2ms

Cabe mencionar que los retardos se hicieron con el tráfico que normalmente tiene la red, ya que lo mejor sería usando un generador de tráfico y analizar condiciones extremas.

Para el caso de las variación de retardo (Jitter), si consideramos el retardo que se tiene de punto a punto se calculo y se tiene aproximadamente una flexibilidad de jitter de 80 ms y en caso de perdida de paquetes no se tiene el software para poder definir el porcentaje de pérdida de paquete que debe ser menor al 2 %.

Para el caso del Eco, no hay problema debido a que el equipo tiene la función de cancelación de eco, así como supresión de silencio.

En la selección del codec, actualmente la UIT-T recomienda el G.729 para la compresión de voz debido a que tiene un nivel bajo de pérdida de paquete, un bajo retardo, y la calidad de voz es buena, además que el consumo de ancho de banda es buena.

Codec G.729

Ancho de banda: 8 kbps con encabezado es de 24 kbps, por tanto en un canal de voz que utiliza 64Kbps para la transmisión (sin compresión) podemos enviar 2 conversaciones, ahorrando ancho de banda.

Retardo: 15 ms.

Calidad de voz es dada por MOS (Mean Opinion Score) es de 4.0 a 4.2 que significa una buena calidad de voz.

4.5.3 Calidad de servicio en los equipos de red de datos.

En los equipos de red de la Universidad Veracruzana tienen la capacidad proporcionar calidad de servicio sobre la WAN o priorización.

La calidad de servicio se puede llevar acabo de varias formas de acuerdo a las capacidades y facultad de los equipos de red.

En el caso de la UV, el equipo central pueden proporcionar calidad de servicio(QoS), a través de reserva de recursos, trato preferencial mediante colas, etc. Además de métodos de priorización para garantizar calidad de voz.

1. Differentiated Services Code Point (DiffServ) en capa 3
2. IEEE 802.1p/Q en capa 2
3. ToS que va dentro del encabezado IP.

Resumen

De acuerdo a lo analizado en esta sección, podemos concluir que la red de datos es una red robusta, con equipos conmutados, que maneja calidad de servicio y priorización, además con excelente ancho de banda con excepción en el enlace de Xalapa – Veracruz.

Por lo tanto, se puede decir que cumple para poder implementar telefonía sobre IP, ya que lo que se requiere para ello es que sea una red switchada, que garantice calidad de servicio, y suficiente ancho de banda. Con esto garantizamos calidad de voz.

Capítulo V Diseño una red de telefonía IP en redes de datos.

5.1 Introducción.

Una vez analizado que la red de datos de la Universidad Veracruzana, se llegó a la conclusión de que es factible la implementación de telefonía IP, y en este capítulo se tratara el diseño.

Partiendo del punto de que la Universidad Veracruzana, tiene como propósitos reducir las llamadas de larga distancia entre la unidad central (Xalapa) y las cinco regiones que se encuentran en zonas geográficamente distintas en todo el estado de Veracruz, unificar la marcación en todas las regiones, acceder remotamente a los servicios telefónicos a través de enlaces de la red de datos de la UV y controlar el uso del servicio de larga distancia a través de un tarificador de la unidad central, además, de que el equipo debe ser compatible con lo ya existente.

Para cumplir con los requerimientos que la universidad solicita, primeramente se analizarán las alternativas de solución, la elección del equipo, considerando que los proveedores tengan presencia en el país, tal es el caso de Ericcson, Nortel Networks, Avaya-Lucent, Cisco Systems y 3com.

De acuerdo a la petición hecha por la UV de utilizar la infraestructura de red datos, la solución se acota a la implementación de telefonía IP, en el cual se tienen tres posibles soluciones, de la cual la inclinación se dio a favor de un sistema PBX híbrido es decir, que pudiese manejar puertos analógicos, digitales e IP, con el fin de aprovechar los equipos existentes.

El siguiente paso fue investigar qué proveedores contaban con el equipo que se requería y análisis del equipo que estos ofrecían.

5.2 Alternativas de solución.

Después del análisis de la red podemos decir que en la UV, se pueden implementar telefonía basada en IP, más sin embargo existen tres posibilidades la primera que sea puramente IP, que se agreguen interfases IP al PBX o PBX que interactúan tanto en telefonía tradicional como IP.

PBX tradicional con gateway IP, esta solución no se tomo ya que son equipos de poca capacidad y no cumple con las requerimientos que se buscan, además de agregar más equipos a la red que requiere administración de manera independiente.

PBX IP, el tener un equipo nativo de IP, no se utilizaría la infraestructura existente, y otro de los inconvenientes es que la red no garantiza confiabilidad.

Y por último se tiene otras de las alternativas de solución que es un PBX híbrido, el cual cumple con las características deseadas, dando la posibilidad de usar la infraestructura existente.

Con esta plataforma se puede implementar extensiones análogas, digitales e IP. Además de interconectar PBX haciéndolo funcionar como uno solo.

Una vez decidido la plataforma que se va a usar, se pensó en analizar los equipos que se encuentran en el mercado.

5.3 Equipos en el mercado de telefonía sobre IP.

Hoy en día, la integración de la telefonía sobre IP esta tomando un gran auge y muchas empresas están dando este tipo de soluciones; para considerar o decidir por algunos de estas compañías, es importante tener bien definido el uso que se le vaya a dar.

Las compañías que ofrecen telefonía IP en México son 3COM, Alcatel, Cisco, Nortel y Lucent Tecnologic (Avaya), más sin embargo como se ha mencionado no todas ofrecen la tecnología híbrida.

3Com

Una de las compañías transnacionales de gran presencia en el mercado Mexicano, ofreciendo equipos de redes de datos y por supuesto no se ha quedado atrás con respecto a la integración de voz y datos.

3Com tiene un equipo para telefonía IP basado en la red de área local, con poca capacidad llamado NBX ver figura 5.1. es por ello que es una solución descartada para implementarlo en la Universidad Veracruzana.

3Com busca con estas soluciones cumplir con los tres criterios más importantes que son simplicidad, economía y capacidad.



El modelo soporta hasta 600 teléfonos en una sola locación.

Figura 5.1 NBX (Network Branch eXchange).

Este equipo es pensado para pequeñas y medianas empresas, o bien, para dotar de comunicación de voz a sucursales corporativas, ya que puede atender entre 20 y 100 usuarios.

Alcatel

Otras de las compañías que ofrecen productos para transportar voz es Alcatel. El cual cuenta con un modelo 4200 de baja, mediana y alta capacidad. Estos es que el tipo 4200 son equipo que soportan 128 extensiones y 36 troncales, 4200D, con 48 extensiones y 12 troncales. Office View 32 extensiones, 12 troncales y los Omni PCX van desde 180 hasta 5,000 puertos con sus respectivas extensiones. Asimismo, en red pueden manejar hasta 50,000 usuarios distribuidos en 100 nodos.

Más sin embargo, todos los PBX tienen puerto LAN nativo y funciones para telefonía sobre IP en PC, así como mensajería unificada y centros de llamadas. Pero no tienen interfases análogas ni digitales, además de ser completamente IP, por tanto se descartan estos equipos.

Cisco Systems

Compañía importante con presencia en toda la República Mexicana, en el cual tiene un sistema integral para voz, datos y video llamado arquitectura para la integración de voz datos y video (AVVID).

Su oferta se basa en AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data), la cual consiste en proveer arquitectura para LAN Switches, administradores de llamadas, gateways de voz sobre IP, alternativamente para transportar las llamadas de telefonía en la red de datos.

El equipo para integrar voz y datos es el call managers es posible manejar hasta 2,500 extensiones por equipo y pueden formarse grupos que permitan usar hasta 10,000 extensiones, con redundancia incluida.

Sin embargo, por ser un sistema completamente IP, es decir que depende de la fiabilidad de la red, y esta aun es muy baja.

Por lo anterior, no se tomo la solución cisco, ya que toda la red de telecomunicaciones dependería de red de datos.

Nortel

Compañía dedicada principalmente a la venta de equipos telefónicos, multilíneas y PBX, con gran presencia en el país, presentan los equipos que tienen capacidad de conexión en IP.

Tiene cuatro modelos de PBX tradicional tales como: Meridian Opción 11C, Min 11C, Opción 61C y Opción 81C; todos estos equipos cuentan con capacidad para conexión en IP. También tienen disponibles los equipos de convergencia llamados BCM (Business Communication Manager), los cuales integran servicios de telefonía tradicional, telefonía sobre IP, puertos LAN y WAN, servicios de mensajería unificada, centro de llamada e IVR en el mismo equipo.

Los conmutadores tienen las siguientes capacidades:

- Opción 11C mini, de 48 a 160 puertos.
- Opción 11C, de 16 a 700 puertos.
- Opción 61C, de 16 a 2000 puertos.
- Opción 81C, de 16 a 16,000 puertos.

Todos estos equipos pueden interconectarse entre sí a través de troncales analógicas, digitales e IP. También cuentan con capacidad de correo de voz y en red, ACD, CDR (para control de llamadas con fines de tarifación), manipulación de dígitos, etc.

Avaya Comunicaciones

Otra de las compañías que ofrece equipos de convergencia de voz y datos es AVAYA, donde son descritas de manera amplia.

Todos los Servidores de Comunicaciones Empresariales DEFINITY (ECS) pueden gozar del poder de las soluciones IP Definity de Avaya para convergencia de voz, datos y redes de video. Ofrece mayor rendimiento, recursos superiores, funciones adicionales de oficinas remotas y mejoras a los teléfonos IP y softphones basados en computadoras personales a través de la línea completa de Servidores de Comunicaciones Empresariales Definity.

Los equipos híbridos que ofrecen avaya, ver figura 5.2, y sus características se encuentran en www.avaya.com.

DEFINITY G3r



Total de puertos

29,000

DEFINITY G3si



2,400

DEFINITY ProLogix



600

DEFINITY One



168

Figura 5.2 Equipos de convergencia.

Por tanto el Definity Prologix ofrece un paquete de comunicaciones que se puede diseñar a la manera que el administrador lo requiera y obtener funcionalidad en la empresa. Es ideal si se quiere servir desde un solo sitio hasta oficinas satélite e

inclusive sucursales en otras partes del mundo. Con este equipo se evita pagar por capacidades o funcionalidades extras que no se necesitan, pues únicamente reciben las funcionalidades que se requiere con la posibilidad de aumentarla de acuerdo al crecimiento de la empresa.

Este conmutador híbrido IP-PBX tiene la capacidad de manejar teléfonos IP, análogos, digitales, además del softphone (Software para PC) y equipos remotos (R300), es decir, un equipo que en otra parte de la intranet se puede poner y colgar hasta 24 extensiones digitales, 2 extensiones análogas y 2 troncales análogas, 2 E1 PRI y 6 BRI.

5.3.1 Análisis comparativo entre los diferentes proveedores.

Las empresas que tienen conmutadores híbridos son Nortel, Avaya y Ericsson aunque este último no tiene disponible el equipo en México.

Se llevó a cabo una evaluación de los distintos equipos que proporcionan las características que se requieren para implementar telefonía sobre IP en la Universidad Veracruzana, a continuación se muestra un cuadro comparativo.

Característica	Meridian 1 Op. 11	Definity Prologix	Ericsson MD-110
Modulares	Si, crece hasta 5 gabinetes, Migrándolo crece hasta 16,000 puertos	Si, hasta 600 puertos, hasta 500 ext., Migrándolo crece hasta 25,000 puertos	Si, hasta 640 puertos, crece hasta 26,000 puertos
Costo de gabinete de expansión	\$ 2,829.40	\$ 967.43	\$ 2,950.00
Troncales Digitales (E1)	Si, hasta 8 tarjetas, gab principal (más 2 MFC)	Si, hasta la cantidad de puertos disponibles	Si, hasta la cantidad de puertos disponibles
Costo de E1 adicional	\$ 2,470.65	\$ 1,365.78	\$ 5,080.00
Sistema DID	Si, una tarjeta MFC por cada 4 E1	Si, sin necesidad tarjetas adicionales.	Si, sin necesidad tarjetas adicionales.
Costo de servicio DID (Tarj. MFC)	\$ 1,446.90	\$ -	\$ -
Troncales Análogas	Tarjetas de 8 troncales	Tarjetas de 8 troncales	Tarjetas de 8 troncales
Costo de cada troncal análoga	\$ 170.63		200
Troncales E&M	Tarjetas de 4 troncales	Si, de 4 puertos	Si, de 4 puertos
Costo de troncales E&M	\$ 265.04		667.5
Enlaces IP a la WAN	Si, Tarjeta ITG, 8 y 24 pto., 5.3, 6.3, 8, 64 kbps, más puertos requieren más tarjetas.	Si, la cantidad de puertos depende de las necesidades del usuario, (el costo inicial se calcula con 30) una sola tarjeta da servicio hasta 60 puertos de troncal o de extensión, más el costo de las licencias que se requieran. Compresión de 5.3, 6.3, 8, 64 kbps	Si
Costo de puertos de enlace IP	\$ 642.69	\$ 362.26	
Costo de puertos de enlace IP	\$ 249.87	Costo aproximado de puerto adicional (licencia) \$ 74.25	
Extensiones Digitales	Tarjetas de 16 extensiones	Tarjetas de 24 extensiones	Tarjetas de 16 extensiones
Costo de Extensión digital	\$ 76.78	\$ 94.75	\$ 199.88
Extensiones Análogas	Tarjetas de 16 extensiones	Tarjetas de 24 extensiones	Tarjetas de 16 extensiones
Costo de extensión análoga	\$ 76.78	\$ 94.75	\$ 84.06

Extensiones IP	Si, Tarjeta 24 puertos 96 ext, 5.3, 6.3, 8, 64 kbps	Si, la cantidad de puertos depende de las necesidades del usuario, (el costo inicial se calcula con 30) una sola tarjeta da servicio hasta 60 puertos de troncal o de extensión, más el costo de las licencias que se requieran. Compresión de 5.3, 6.3, 8, 64 kbps	
Costo de puerto IP para extensión	\$ 249.87	\$ 307.01	
Costo de extensión IP	\$ 62.47	\$ 307.01	
Correo de Voz	Desde 2 puertos 2 horas hasta 12 puertos 54 horas	Si	Si
Operadora Automática	Si, depende del correo de voz	Si	Si, depende del correo de voz
Manejo de Idiomas	Si, hasta 4		Si
Sistema DISA	Si	Si	Si
Administración Gráfica	Si, MAT	Si, Definity Site Administration	Si, Definity Site Administration
Conexión Ethernet	Si, para administración		Si
Sistema de Baterías	Si, desde 15 minutos hasta 4 horas	Si	Si
Costo de Baterías 2 a 4 hrs	\$ 1,410.50 por gabinete		
Consola de Operadora	Si	Si	Si
Costo consola de Operadora	\$ 1,729.00	\$ 1,308.32	
Tel. Digitales	Si	Si	Si
Costo teléfonos digitales básicos	\$ 136.50	\$ 113.82	
Costo teléfonos digitales expandidos	\$ 191.10	\$ 35.92	
Tel. IP	Si	Si	Si
Costo teléfonos IP HW	\$ 306.67	\$ 254.12	
Costo teléfonos IP SW	\$ 136.50	\$ 55.25	
Puerto para tarifador	Si	Si	Si
Administración remota	Si	Si	Si
Claves de acceso	Si	Si	Si
Niveles de restricción	Si	Si	Si
Grupos de captura	Si	Si	Si
Desvíos de llamadas	Si	Si	Si
Transferencia de llamadas	Si	Si	Si
Conferencias	Hasta 6 personas	Hasta 6 personas	Hasta 6 personas
Llamada en espera	Si	Si	Si
Estacionamiento de llamadas	Si	Si	Si
identificador de llamadas	Si	Si	Si
Captura de llamadas	Si	Si	Si
Retención de llamadas	Si	Si	Si

Notas:

- * La opción de Panasonic, de hasta 512 puertos no ofrece solución de VoIP
- * Los costos son aproximados de acuerdo a las cotizaciones proporcionadas y están calculados con el descuento respectivo que nos ofrecen cada integrador.
- * En el caso de Avaya, los costos incluyen el hardware (tarjetas) y la activación de los servicios (licencias)
- * Este comparativo se basó en la información que nos proporcionaron los integradores (MT por parte de Avaya y Tridex por parte de Nortel), así como información obtenida en la Red

Analizando a los fabricantes que pudieran ofrecer equipos que cubrieran las necesidades antes mencionadas, se encontró que existe poca oferta en el mercado sobre telefonía IP, debido prácticamente a que es una tecnología nueva.

Al hacer la evaluación tecnológica entre los tres modelos que se mostraron en la tabla anterior, se observa que dos cumplen en su mayoría las especificaciones que se buscaban, más sin embargo, el modelo de Ericsson no tiene solución IP, pero se incluyó ya que la capacidad que ofrece es apropiada para la UV.

Para las necesidades de la Universidad, las ventajas las encontramos con la integración de telefonía con conmutadores híbridos ya que se aplica en el uso de los recursos ya existentes como red análoga, equipos telefónicos e infraestructura de servicio, la única desventaja estriba en que al ser un producto ya establecido algunas veces no se logra una plena integración de la telefonía IP con el equipo existente.

Por lo tanto, en resumen la Universidad Veracruzana se inclinó por la telefonía híbrida que los ofrecen los proveedores que se muestran en la tabla 5.I.

Proveedor	Equipo PBX	Solución IP
Nortel Networks	Meridian 1	BCM
Avaya	Definity	IP Office, R300

Tabla 5.I Equipos convergentes.

A cada uno de los proveedores se le solicitó un sistema PBX con crecimiento de hasta por lo menos 1000 extensiones y una solución IP pequeña de por lo menos 24 extensiones. Por lo que el análisis se redujo a Nortel y Avaya, ya que otros fueron descartados por que no cubrían las características que se requerían.

	Nortel	Avaya
Ventajas	- Tecnología probada	- Pocos gabinetes
	- S.O. comercial	- Excelente integración IP
	- Soluciones de terceros.	- Hasta 29,000 extensiones
Desventajas	- Más gabinetes	- S.O. propietario
	- Soluc. dif. Europa-América	

Tabla 5.II Comparativo Nortel-Avaya

De acuerdo a la tabla 5.II, ambos equipos se encuentran en el mismo nivel competitivo, por lo que fue necesario hacer el comparativo económico, tabla 5.III.

Características	Nortel	Avaya
	Meridian 1opc.11	Definity Prologix
Gabinete de Expansión	USD 2,829.40	USD 1,382.29
Troncales digitales	USD 2,470.65	USD 1,365.78
Extensiones digitales	USD 76.78	USD 56.18
Extensiones análogas	USD 76.78	USD 56.18
Puertos IP	USD 249.87	USD 157.80
Teléfonos IP	USD 306.67	USD 254.02
Licencias Softphone	USD 136.50	USD 55.25
Total	USD 6,146.65	USD 3,327.5

Tabla 5.III Comparativo Económico.

De acuerdo a la tabla 5.III, la mejor opción económica ofrecida fue Avaya, por lo que el equipo a adquirir es definity prologix.

5.4 Diseño de la arquitectura de red de la telefonía sobre IP.

La Universidad Veracruzana es una de las más grandes instituciones educativas a nivel nacional, cuenta con la unidad central (Rectoría) en la ciudad de Xalapa y cuatro regiones en otras ciudades del estado, Puerto de Veracruz, Poza Rica-Tuxpan, Coatzacoalcos-Minatitlán y Córdoba-Orizaba, se requiere intercomunicar.

Para el diseño de la red de telefonía IP en la Universidad Veracruzana, se dividió en tres etapas:

1. Instalación de PBX Definity Prologix en Veracruz enlazándolo con Xalapa a través de la red de datos con un equipo remoto (R300), del cual se darán servicio a direcciones y jefaturas de unidad central y proveer de al menos 3 teléfonos IP en las otras regiones (Coatzacoalcos, Córdoba-Orizaba, Acayucan, Poza Rica-Tuxpan).
2. Migrar el PBX central a otro con mayor capacidad y con funcionalidad IP, con esto centralizar todos los servicios en unidad central dando servicios de correo de voz, tarificación y administración.
3. Integrar todas las dependencias y facultades de las regiones a la red de telefonía IP de la UV.

5.4.1 Requerimientos para la instalación.

El diseño de la red de acuerdo al equipo elegido y las expectativas para esta primera etapa se muestra a continuación, ver figura 5.3.

- 10 canales de voz para el enlace Veracruz-Xalapa.
- 5 canales para el resto de las regiones.
- Utilización de codec de 8 Kb (G.729), con encabezado es de 24kb,
- Equipos PBX híbridos (análogos, digitales e IP).
- Administración centralizada y remota.
- Plan de marcación, claves de autorización, correo de voz, directorio centralizado.

Los equipos quedarían distribuidos para esta primera etapa de la siguiente manera:

Veracruz: Estará el PBX híbrido.

Xalapa: Contará con 22 extensiones digitales para directivos y Jefaturas.

Poza Rica: Contarán con 3 teléfonos IP, Vicerrector y Secretarios.

Coatzacoalcos-Minatitlán: 3 teléfonos IP, Vicerrector y Secretarios.

Córdoba-Orizaba: 3 teléfonos IP, Vicerrector y Secretarios.

Además, un softphone para cada uno de los responsables de la red de datos y video conferencia de las regiones, de manera temporal.

5.5 Instalación y programación de los equipos.

La programación e instalación normalmente viene incluida por el proveedor del equipo con costo adicional de 10 hasta un 15 % del valor del equipo, más sin embargo la UV solo pidió el costo del equipo y esta parte lo realizaría personal de la Universidad encargados del departamento de telefonía.

5.5.1 Instalación

El PBX en Veracruz tiene las siguientes características:

En primer lugar se instaló un PBX híbrido en el campus Veracruz, esto es debido a que el equipo existente está en su máxima capacidad y un equipo remoto en Xalapa, ver figura 5.3.

Por tanto, de acuerdo al levantamiento hecho para diseñar le red de telefonía IP en la región de Veracruz se contemplaron las siguientes:

PBX Veracruz

4 tarjetas análogas de 24 puertos cada una.

1 tarjeta digital de 24 puertos

- 1 una tarjeta control LAN para la interfase a la red de 10Mb.
- 1 tarjeta IP media processor para el control de llamadas.
- 1 tarjeta de anuncios.
- 1 tarificador para 250 extensiones.
- 30 troncales análogas
- 10 troncales IP entre Veracruz - Xalapa
- 35 licencias IP, para teléfonos IP o sofphone
- Sistema de operadora automática y tarificador para 256 extensiones.

R300 Xalapa

Y un equipo remoto (R300) Avaya, para la cd. de Xalapa que proveerá de 24 extensiones.

Extensiones digitales: 22
 Extensiones Análogas: 2

Regiones

3 teléfonos IP o sofphone para cada región.

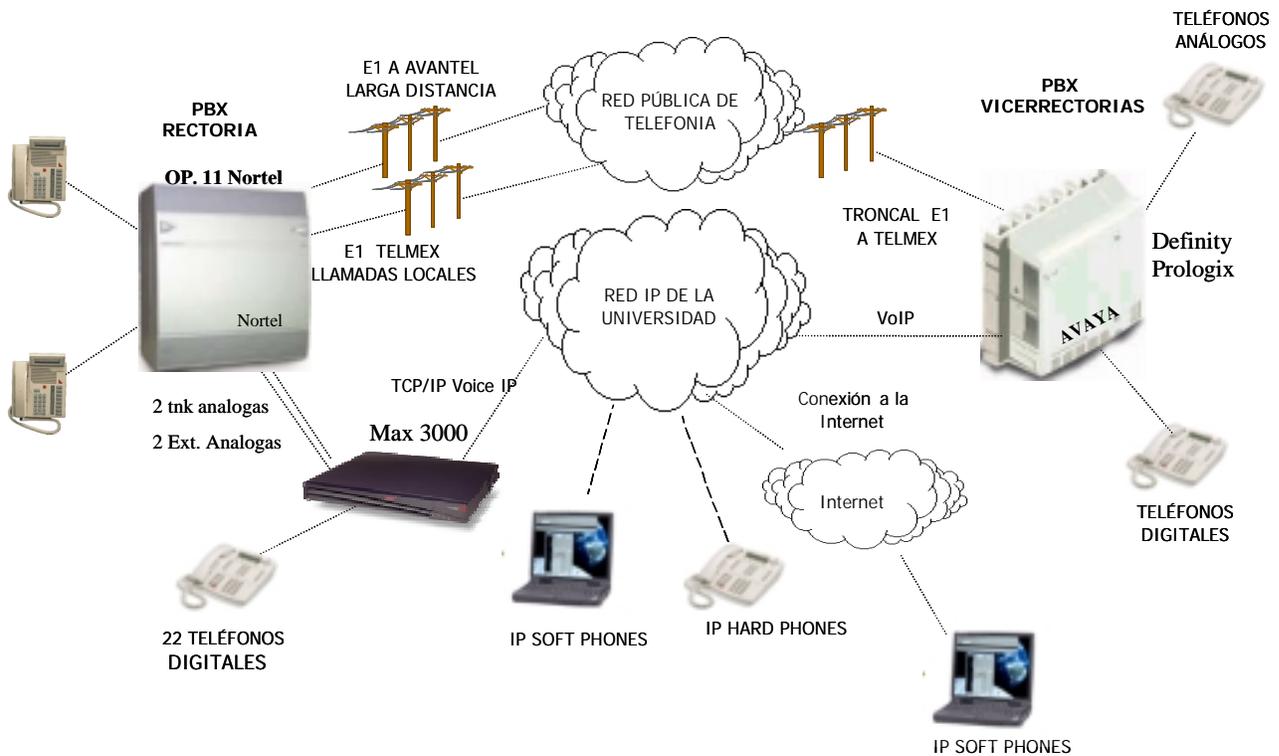


Figura 5.3 Diseño de telefonía IP de la Universidad Veracruzana

En la actualidad se utilizan líneas directas de proveedores para la comunicación con la unidad central (Xalapa) y sus facultades. Es ahí donde al instalar una red de telefonía IP se reflejarían los ahorros económicos. Para el caso la respuesta está en el “servicio medido” y la “larga distancia” (Tabla 6.III), Al implementar el servicio de telefonía IP todas las dependencias que tengan un enlace de datos, fuera de las unidades centrales, podrán acceder a la red de voz de la Universidad, y al unificar la marcación en todo el estado, se podrá marcar directamente desde cualquier extensión hacia cualquier dependencia utilizando siempre el mismo número, sin hacer uso de la red del proveedor de servicio de telefonía pública.

Únicamente harán uso de la red de datos, evitando así el costo de servicio medido y de larga distancia; además, se utilizaría solamente el enlace directo del proveedor de larga distancia en el PBX de Xalapa para las llamadas de larga distancia que se tengan que realizar, sin importar en que parte del estado se encuentre la extensión que solicita el servicio, con esto, se podrá centralizar la tarificación de llamadas de todas las regiones en el PBX de Xalapa (Figura 5.3)

5.5.2 Programación

El enlace PBX y R300 (equipo remoto)

Para enlazar el PBX y el R300 se dan de alta una serie de parámetros que se describen a continuación, que son programados con un software propietario, Avaya site Administration.

Esta configuración se lleva a cabo interconectando a través del puerto serial y la terminal del pbx con un emulador de terminal.

Con una serie de comandos para acceder a las subrutinas de programación y enlazar los dos equipos.

Con el comando **change circuit-packs**, se checa si las tarjetas IP Media Processor (MEDPRO) y Control LAN (CLAN) son reconocidas por el equipo.

CIRCUIT PACKS									
Cabinet: 1				Carrier: A					
				Carrier Type: processor					
Slot	Code	SF	Mode	Name	Slot	Code	SF	Mode	Name
01:	TN2402			PROCESSOR	11:				
02:	TN2102	C		TONE/CLOCK	12:				
03:	TN2302			IP MEDIA PROCESSOR	13:				
04:					14:				
05:	TN2464	B		DS1 INTERFACE	15:				
06:	TN2214	B		DIGITAL LINE	16:				
07:	TN2793	B		ANALOG LINE					
08:	TN2793	B		ANALOG LINE					
09:	TN2793	B		ANALOG LINE					
10:	TN750	C		ANNOUNCEMENT					

'#' indicates circuit pack conflict.

Figura 5.4 Alta de tarjetas

Después con el comando **ch node-name ip**, se le asigna el nombre al nodo IP y se dan de alta las direcciones IP de las tarjetas IP media processor (MEDPRO) y el control LAN (CLAN), de los dos equipos de interconexión.

Name			IP Address			IP NODE NAMES		
Name	IP	Address	Name	IP	Address	Name	IP	Address
CLAN	148	226.160.9						
CLANXAL	148	226.21.51						
CLANXAL2	148	226.21.53						
MEDPRO	148	226.160.10						
MEDPROXAL	148	226.21.52						
MEDPROXAL2	148	226.21.54						
MEDPROXAL3	148	226.21.55						
PPP-VERACRUZ	148	226.160.9						
PPP-XALAPA	148	226.21.51						
R300	148	226.21.50						

Figura 5.5 Asignación de nombre e IP.

Asignado los nombre y la dirección IP. Con el comando **ch ip-interfaces** se habilita la CLAN y MEDPRO en el slot correspondiente, dándole también la máscara de la subred y la dirección del gateway.

IP INTERFACES															
Enable	Eth Pt	Type	Slot	Code	Sfx	Node Name	Subnet Mask				Gateway Address		Net Rgn		
<input checked="" type="checkbox"/>		C-LAN	01B10	TN799	C	CLAN	255	255	255	0	148	226	160	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		MEDPRO	01A03	TN2302		MEDPRO	255	255	255	0	148	226	160	1	1
<input type="checkbox"/>							255	255	255	0					
<input type="checkbox"/>							255	255	255	0					

Figura 5.6 Interfases IP.

Como tenemos una tarjeta CLAN se necesita agregar un modulo de dato de ethernet y esto se hace con el comando Add data-module y se asigna el puerto 17 de la CLAN para la interfase con la red LAN.

Las tarjetas C-Lan (Control Lan) y MEDPRO (Media Processor) son utilizadas para proveer la señalización y el audio entre puntos IP. Estas tarjetas son insertadas en los PBX Definity y conectadas a la red LAN por medio de conexión física utilizando 10/100 base T. Estas tarjetas nos permiten enlazar varios Definitys en red permitiendo pasar voz y datos entre varios puntos utilizando la red IP. Adicionalmente la tarjeta MEDPRO nos brinda la función de "gateway" que permite comunicar una mezcla de puntos troncales y estaciones de trabajo tipos análogos, digitales e IP, todos bajo la misma infraestructura. Otra característica de las tarjetas C-Lan y MEDPRO es que permiten el manejo de señalización DCS y Q-Sig brindando transparencia entre una red de definity o de otros equipos que soporten el estándar de la industria de la señalización Q-Sig sobre IP. Las tarjetas C-Lan y MEDPRO proveen características que soportan los estándares de las interfases

TAPI, TSAPI y JTAPI, reforzando el concepto de arquitectura abierta que ofrece el PBX Definity.

```

DATA MODULE

Data Extension: 5999          Name: PUERTO ETHERNET
Type: ethernet
Port: 01B1017
Link: 1

Network uses 1's for Broadcast Addresses? 
    
```

Figura 5.7 Asignar puerto al gatekeeper.

En este punto se asignarán los puertos de comunicación entre los dos equipos con el comando add signaling group.

```

SIGNALING GROUP

Group Number: 1          Group Type: h.323
Remote Office?       Max number of NCA TSC: 0
Max number of CA TSC: 0
Trunk Group for NCA TSC:
Trunk Group for Channel Selection: 4
Supplementary Service Protocol: a

Near-end Node Name: CLAN      Far-end Node Name: CLANXAL
Near-end Listen Port: 5001    Far-end Listen Port: 5001
Far-end Network Region:
LRQ Required?       Calls Share IP Signaling Connection? 
RRQ Required?       Bypass If IP Threshold Exceeded? 
Direct IP-IP Audio Connections? 
IP Audio Hairpinning? 
Interworking Message: PROGress
    
```

Figura 5.8 Crear grupo de señalización.

Una vez hecha la configuración de enlace, se crea la troncal IP (add trunk group) para asignar las líneas IP, en este caso se asignan 10 líneas en el enlace Xalapa–Veracruz.

TRUNK GROUP

Group Number: 4 Group Type: isdn CDR Reports:

Group Name: IP XALAPA COR: 1 TN: 1 TAC: 702

Direction: two-way Outgoing Display? Carrier Medium: IP

Dial Access? Busy Threshold: 99 Night Service:

Queue Length: 0

Service Type: tie Auth Code? TestCall ITC: unre

Far End Test Line No:

TestCall BCC: 0

TRUNK PARAMETERS

Codeset to Send Display: 0 Codeset to Send National IEs: 0

Max Message Size to Send: 260 Charge Advice: none

Supplementary Service Protocol: a Digit Handling (in/out): enbloc/enbloc

Trunk Hunt: cyclical QSIG Value-Added?

Calling Number - Delete: Insert: Digital Loss Group: 13

Bit Rate: 9600 Synchronization: async Duplex: Full

Numbering Format: loc1-pub

Disconnect Supervision - In? Out?

Answer Supervision Timeout: 10

Figura 5.9 Crear un grupo de troncal.

TRUNK GROUP

Administered Members (min/max): 1/10
Total Administered Members: 10

GROUP MEMBER ASSIGNMENTS

Port	Code Sfx	Name	Night	Sig Grp
1:	<u>T00003</u>	<u>IPXAL01</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
2:	<u>T00004</u>	<u>IPXAL02</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
3:	<u>T00005</u>	<u>IPXAL03</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
4:	<u>T00006</u>	<u>IPXAL04</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
5:	<u>T00007</u>	<u>IPXAL05</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
6:	<u>T00008</u>	<u>IPXAL06</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
7:	<u>T00009</u>	<u>IPXAL07</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
8:	<u>T00010</u>	<u>IPXAL08</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
9:	<u>T00011</u>	<u>IPXAL09</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
10:	<u>T00012</u>	<u>IPXAL10</u>	<input type="checkbox"/>	<u>1</u>
11:				

Figura 5.10 Asignación de troncales IP.

Ahora se crea el análisis de dígito para la red interna, con change aar analysys. Es decir que el conmutador va enrutar todas las llamadas con ese tipo de dígito a xalapa.

AAR DIGIT ANALYSIS TABLE

Dialed String	Total		Route Pattern	Call Type	Node Num	ANI Reqd	Perc
	Min	Max					
<u>1</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>aar</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>2</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>aar</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>3</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>aar</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>aar</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>aar</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<u>6</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>aar</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
						<input type="checkbox"/>	

Figura 5.11 Tabla de análisis de ruta.

También se asigna la compresión y supresión de silencio de los paquetes de voz en orden de uso. De acuerdo al análisis que se hizo para el enlace Veracruz-Xalapa para las líneas, se considero un Ancho de banda de 256kb que corresponden a 10 líneas.

IP Codec Set			
Codec Set: 1			
Audio Codec	Silence Suppression	Frames Per Pkt	Packet Size(ms)
1: G.729	<input type="checkbox"/>	2	20
2: G.729B	<input type="checkbox"/>	2	20
3: G.723-6.3K	<input type="checkbox"/>	1	30
4: G.711MU	<input type="checkbox"/>	2	20
5:	<input type="checkbox"/>		

Figura 5.12 Asignación de codec.

Con esta configuración se llevo acabo el enlace Veracruz - Xalapa.

R300

Enlazar este equipo es de siguiente manera:

Este equipo se configura igual que el PBX, a través de un puerto de consola y un emulador, configurando los parámetros que se mencionaron anteriormente y las 24 extensiones remotas entre Veracruz y xalapa. Este equipo (figura 5.13), se conecta a la red a través de un puerto ethernet al switch, aunque tiene puertos E1/T1, además de 2 puertos troncales y 2 extensiones análogas.

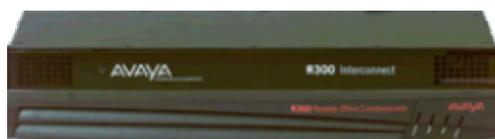


Figura 5.13 R300 con 24 extensiones remotas.

Este equipo también se puede configurar vía remota, ya sea por modem o red.

5.6 Políticas.

En esta parte cabe mencionar que para tener un mejor control de todas las llamadas se crearon claves de autorización para permitir el acceso de llamadas locales, larga distancia, Internacional y celulares, con esto cualquier usuario del teléfono que tenga clave tiene la posibilidad de llamar por teléfono en cualquier parte de la red en su región y en un futuro la idea es que puedan llamar de cualquier punto en que exista una extensión telefónica. Para ello se compro un tarifador con licencia para 250 extensiones.

5.7 Plan de numeración.

En esta primera etapa, se ha considerado 5 dígitos para el plan de marcación ya que son los existentes en cada region, y si organizó de la siguiente manera, en donde el primer digito identificará la región y el segundo digito le área o dependencia y los tres últimos son los que van a identificar el número de extencion, tabla 5.IV.

REGIONES	1° Dígito	2° Dígito	3° y 4° Dígito
Xalapa	1	XX	XX
Veracruz	2	X	XXX
Córdoba-Orizaba	3	X	XXX
Poza Rica-Tuxpan	4	X	XXX
Coatzacoalcos-Minatitlán	5	X	XXX

Tabla 5.IV Plan de Marcación.

Por ejemplo, si queremos marcar a la zona de Poza Rica, lo haremos de la siguiente manera:

Extensión **411 0 1**.

- 4** Región, Poza Rica
- 1** Dependencia o área, Vicerrectoría
- 100** Operadora vicerrectoría

Finalmente después de la instalación y programación el equipo quedo funcionando como observa en la figura 5.3.

Capítulo VI Pruebas e Implementación.

6.1 Implementación del equipo.

La primera etapa es establecer un enlace entre la ciudad de Xalapa y el puerto de Veracruz, con 24 extensiones para dar servicio de telefonía sobre IP a la cd. de Xalapa, que van hacer que van ser distribuidos a jefes de departamento y directivos en Xalapa, y almenas 3 teléfonos IP a los directivos de cada Vicerrectorias.

La estrategia que se planteó de iniciar en el campus Veracruz es debido a que es el segundo campus más grande después de la Unidad central Xalapa, y por la necesidad de un nuevo PBX ya que el equipo con que se cuenta está en su máxima capacidad, además se requiere de más puertos por la creación de USBI (Unidad de Servicios Bibliotecarios y de Información).

Por lo tanto, se instaló un conmutador híbrido el PBX Definity Prologix Release 9.5 con un modulo de expansión ubicado en la Vicerrectoria Veracruz, ver figura 6.1. con este equipo se podrá dar servicio de telefonía digital, analógica en Veracruz satisfaciendo sus necesidades, así como proporcionar telefonía IP para cualquier parte de la intranet de la UV, además Softphone IP que es una aplicación capaz de usar el control de un teléfono a través de una computadora tanto en intranet como Internet.



Figura 6.1 PBX Definity Prologix

Implementándolo como se muestra en la figura 5.3, se llevaron a cabo las pruebas en cada uno de los puntos que tienen teléfono IP.

Por tanto este equipo va dar servicios a 120 extensiones, 24 extensiones digitales y consola de operadora, operadora automática, control de llamadas a través del tarificador y además de tener 2 troncales a Xalapa que da servicio a 24 extensiones, 2 análogas y 22 digitales.

Las licencias que se adquirieron para este conmutador son las siguientes:

Teléfonos Digitales	Teléfonos Analógicos	Hardphone IP	Softphone IP
23 y consola	120	18	12

Tabla 6.I Licencias adquiridas.

Además, se instalará un equipo remoto Max3000 (R300), figura 6.2 que proporcionará 24 puertos digitales de voz donde 22 son extensiones digitales, 2 analógicas, ubicado en la ciudad de Xalapa (unidad central Rectoría), con esto tendremos una comunicación local entre ambas ciudades.



Figura 6.2 Equipo remoto Max3000 (R300).

Este dispositivo permite la capacidad de comunicarnos en un sitio remoto como si estuvieran conectadas directamente al conmutador, ver la figura 6.3.

Por lo tanto, en resumen la distribución de los teléfonos quedaría, tabla 6.II.

REGIONES	Ext. Digitales	Ext. Análogas	Hardphone. IP	Softphone IP
Xalapa	22		5	5
Veracruz	24	120	1	
Poza Rica-Tuxpan			3	3
Córdoba-Orizaba			3	2
Coatzacoalcos-Minatitlán			4	2

Tabla 6.II Distribución de los teléfonos.

Con el R300 en la unidad central de Xalapa, como pruebas operacionales de la telefonía IP, sirviendo el R300 para obtener extensiones del PBX de Veracruz y distribuirlas hacia las direcciones y jefaturas de la unidad central. Una vez validado la operación de la primera etapa, se procederá a instalar equipos similares en el resto de las Vicerrectorías, llegando finalmente a la centralización de todos los servicios (correo de voz, tarificación, administración, etc.) en la unidad central.

IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA IP EN LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

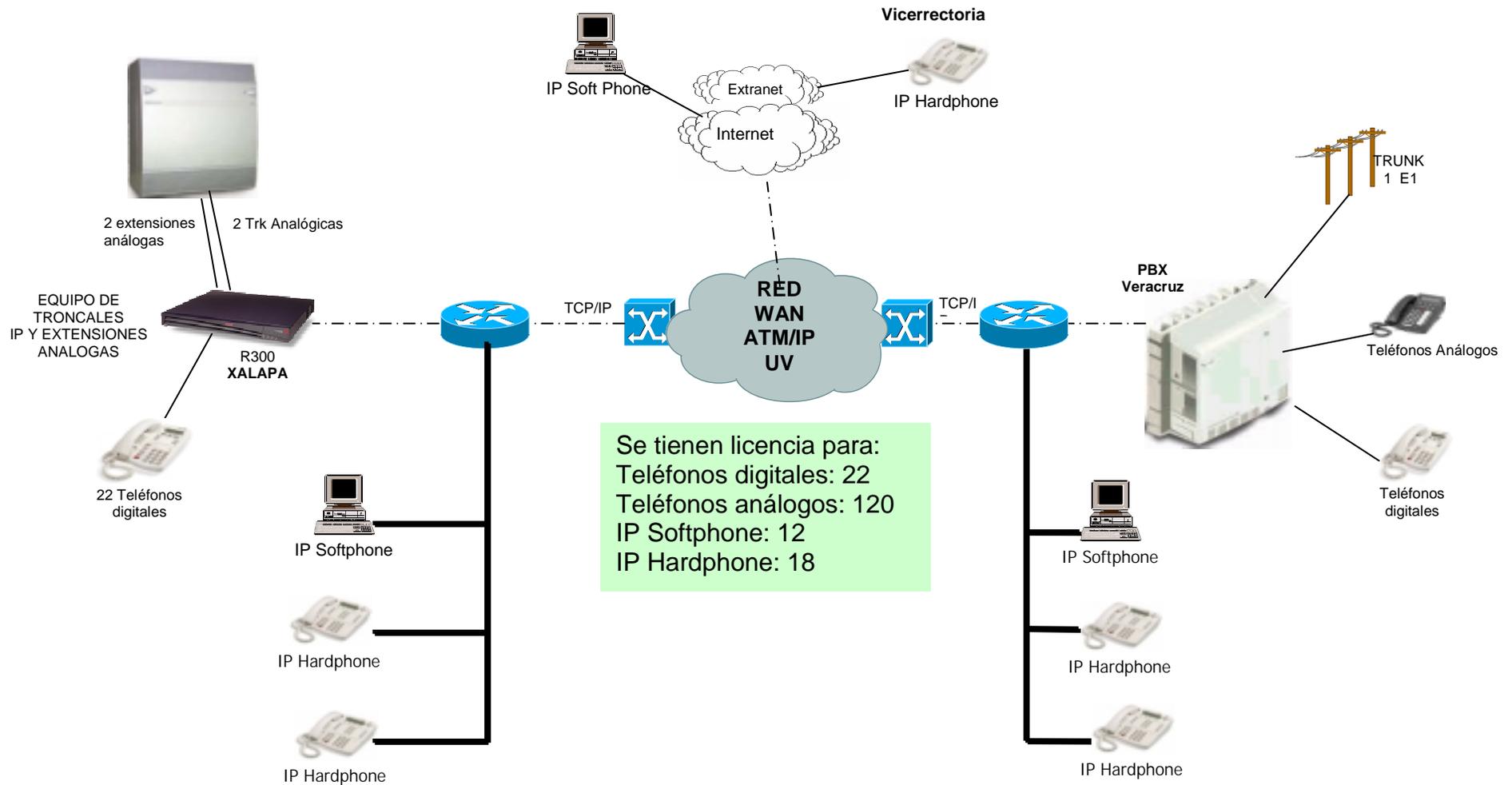


Figura 6.3. Equipo implementado.

6.2 Administración y monitoreo del equipo.

Este conmutador se puede administrar a través de un software propietario ASA (Avaya Site Administration), ver figura 6.4, con la facilidad de realizarse de manera local (terminal), remota (modem) y a través de la intranet asignándole un puerto.

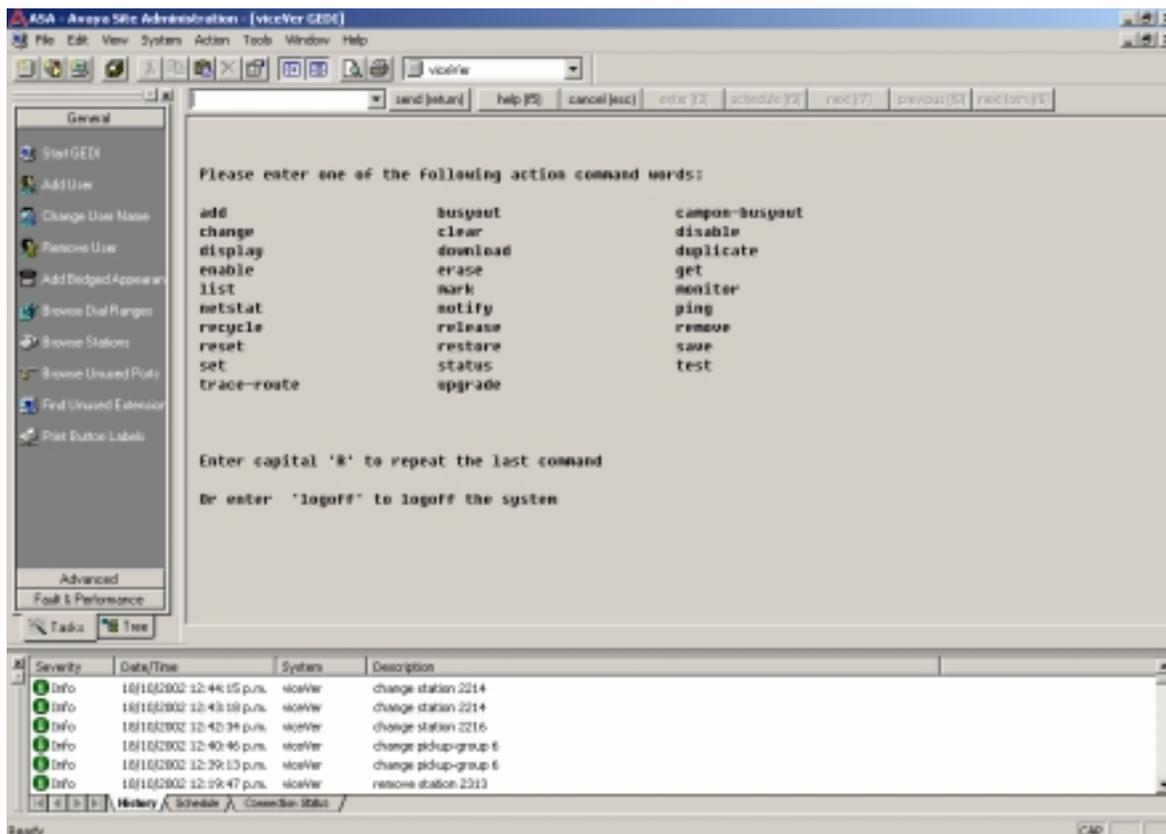


Figura 6.4 Software de administración (ASA).

Este software propietario es un sistema poderoso, fácil de usar con todas las herramientas para poder administrar el sistema.

Administra extensiones, enlaces, teléfonos, tarjetas, tráfico de llamadas, uso de las líneas, capacidad del procesador, monitoreo de alarmas, troncales, etc.

Además monitorea la red, con el fin de observar las pérdidas de paquetes, retardos, uso del CODEC.

Administramos todas las funciones básicas tales como:

- Agregar extensiones, dar de baja, duplicar, cambiar de nombre, etc.
- Cambio de puerto
- Cambio el tipo de teléfono.
- Crear líneas personales
- Crear grupos de captura, etc.

Una de las recomendaciones que se hacen en este trabajo es de no dejar pasar por alto ninguna prueba de red, ya que la calidad de voz es fundamental para el usuario.

Para una red de datos propietaria y además de los convenios del proveedor del equipo fue fundamental para la implementación de este sistema en la Universidad.

Monitoreo del tráfico de voz.

Ventaja importante se puede programar para enviar a mi cuenta de correos los errores y warning.

Por ejemplo para saber el estado (status) de un teléfono, con solo correr el software e introducir el comando, proporcionan las siguientes características, ver figura 6.5.

- Estado del servicio, si esta siendo utilizado o esta colgado.
- Si esta desviada la extensión.
- a que teléfono esta llamando.
- Toda la información del control de señalización
- Parámetros del canal de audio: el codec, el gatekeeper que está utilizando, el puerto UDP, etc.
- El estado de la red de datos: perdida de paquetes, variación del retardo (jitter).
- Conexión de puertos.

```

GENERAL STATUS
Administered Type: 4606      Service State: in-service/off-hook
Connected Type: 4606        Download Status: complete
Extension: 12795            SAC Activated? no
Port: 500056                User Cntrl Restr: none
Call Parked? no            Group Cntrl Restr: none
Ring Cut Off Act? no       CF Destination Ext:
Active Coverage Option: 1

Message Waiting:
Connected Ports: 0101005

ACD STATUS
Grp/Mod Grp/Mod Grp/Mod Grp/Mod Grp/Mod
/ / / / /
/ / / / /
/ / / / /
On ACD Call? no  Occupancy: 0.0

HOSPITALITY STATUS
User DND: not activated
Group DND: not activated
Room Status: non-guest room
    
```

```

CALL CONTROL SIGNALING
Switch IP IP
Port Switch-end IP Addr:Port Set-end IP Addr:Port
IP Signaling: 0101003 148.226. 21. 53 148.226. 26.226:4172
H.245:
Node Name: clan-rect2
Network Region: 1

AUDIO CHANNEL
Switch IP IP
Port Other-end IP Addr :Port Set-end IP Addr:Port
G.729A+B Audio: 0101003 148.226. 21. 55 148.226. 26.226:3070
Node Name: medpro-rect3
Network Region: 1
Audio Connection Type: ip-tdm
Product ID: IP_Phone
H.245 Tunneler in Q.931? does not apply
Registration Status: registered-authenticated
MAC Address: 00:04:00:02:01:b1
    
```

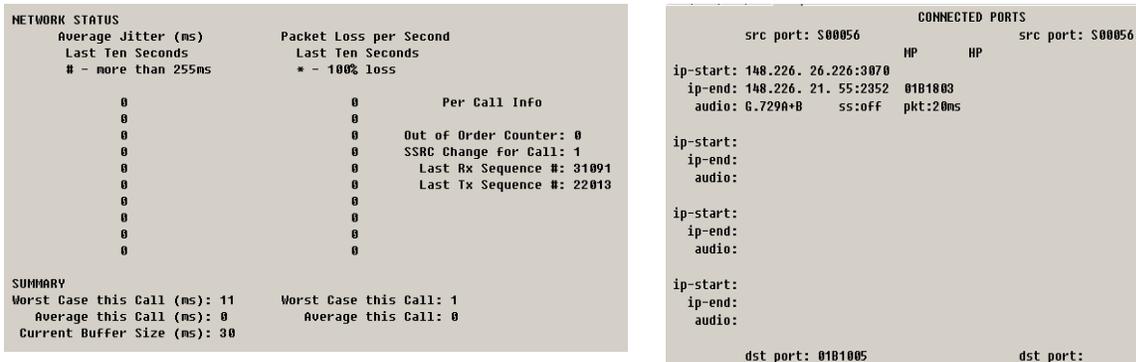


Figura 6.5 Condiciones de un teléfono IP

Análisis de troncales

Otro de los puntos importante es el monitoreo del uso de las troncales. En la figura 6.6, se puede observar el uso de la troncal en un día y la cantidad de troncales que se necesita en el enlace, además recomienda remover las troncales restantes.

Group	Trunks	Type	Av. Pk. Usage (CCS)	Days	Model	GOS Objective	Load Offered (CCS)	Actual GOS	Needed Trunks	Recommendation
1	60	diod	874	1	ErlangB	0.001	24.2778	0.00000000	40	Remove 20 trunk(s)
2	30	diod	143	1	ErlangB	0.001	3.9722	0.00000000	11	Remove 19 trunk(s)
3	10	isdn	88	1	ErlangB	0.001	2.4449	0.00018241	9	Remove 1 trunk(s)
4	3	isdn	28	1	ErlangB	0.001	0.8100	0.03977916	5	Add 2 trunk(s)
5	0	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
6	3	isdn	15	1	ErlangB	0.001	0.4201	0.00812474	4	Add 1 trunk(s)
7	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
8	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
9	5	isdn	21	1	ErlangB	0.001	0.5835	0.00031454	5	
10	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
11	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
12	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
13	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
14	0	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
15	2	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
16	5	isdn	0	1	ErlangB	0.001				
18	5	isdn	23	1	ErlangB	0.001	0.6392	0.00046924	5	

Figura 6.6 Monitoreo de troncales

Con esto se analizan las troncales y después de un periodo de tiempo se toma la decisión si se reducen la cantidad de troncales o permanecen como están.

Tráfico de llamadas

Para una buena administración es importante saber el flujo de llamadas en la red, y con este software podemos analizar el tráfico de llamadas, ver figura 6.7.

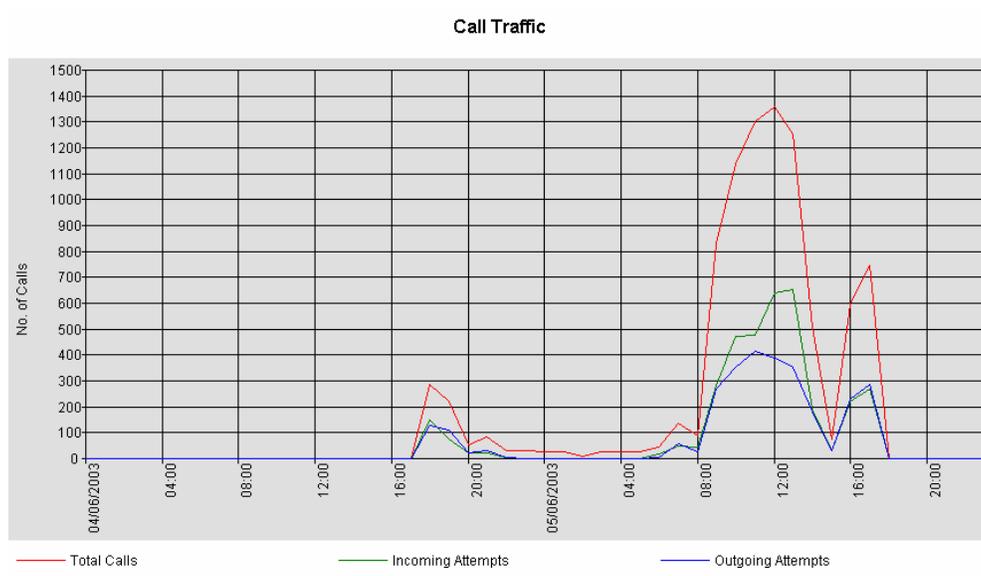


Figura 6.7 Tráfico de llamadas

Monitoreo del codec

También se puede monitorear el tipo de codec y el tráfico que pasa por él.
Usage Erl: uso del codec g723 ó g729 en Erlang durante el intervalo de medición
in reg peg: número total de tiempo que el puerto IP MEDPRO (gateway) permitió llamadas en la región con g729 ó g723.

```

Switch Name: UNIU UER/87986/50249      Date: 8:42 pm THU JUN 5, 2003
IP CODEC RESOURCE HOURLY REPORT
    
```

Meas Hour	Region	DSP Rscs	G711			G723/9		
			Usage (Erl)	In Reg Peg	Out of Reg Peg	Usage (Erl)	In Reg Peg	Out of Reg Peg
1900	1	192	0.0	0	0	3.2	62	0
1800	1	192	0.0	0	0	4.5	70	0
1700	1	192	0.0	0	0	4.3	72	0
1600	1	192	0.0	0	0	2.8	64	0
1500	1	192	0.0	0	0	2.3	15	0
1400	1	192	0.0	0	0	3.5	106	0
1300	1	192	0.0	0	0	6.6	175	0
1200	1	192	0.0	0	0	9.1	185	0
1100	1	192	0.1	4	0	6.5	152	0
1000	1	192	0.0	0	0	5.0	105	0
900	1	192	0.0	0	0	3.9	93	0
800	1	192	0.0	0	0	2.4	12	0

Figura 6.8 Monitoreo del codec.

Reporte del grupo de señalización.

En este punto podemos medir pérdida y retardo de paquetes en el grupo de señalización en un intervalo de tiempo, ver figura 6.9,

Los grupos de señalización son: 7 Coatzacoalcos, 11 Ciencias de la Salud (no está conectado), 9 Minatitlán, 10 Coatzacoalcos, 14 Históricos y 13 apoyo al desarrollo.

Switch Name: UNIU VER/87986/50249 Date: 8:58 pm THU JUN 5, 2003
 IP SIGNALING GROUPS LATENCY AND LOSS REPORT
 10 WORST PERFORMING IP SIGNALING GROUPS
 RANK ORDERED STARTING WITH WORST PERFORMING GROUP

Sig Grp No	Region	Hour Average Latency(ms)	Hour Packets Sent	Hour Packets Lost(%)	Hour/Worst Interval	Interval Average Latency(ms)	Interval Packets Sent	Interval Packets Lost(%)
9	1	*****	100	100%	11:41	*****	50	100%
15	1	*****	100	100%	11:40	*****	50	100%
11	1	*****	100	100%	11:40	*****	50	100%
10	1	99	100	1%	11:58	150	50	2%
7	1	99	100	1%	11:58	150	50	2%
1	1	65	100	1%	11:58	70	50	10%
5	1	20	100	0%	11:41	20	50	0%
13	1	10	100	0%	11:41	10	50	0%
8	1	10	100	0%	11:41	10	50	0%
14	1	10	100	0%	11:41	10	50	0%

Figura 6.9 Grupo de señalización

Administración del R300

Y este equipo se puede administrar por un emulador de terminal ya sea vía remota por Telnet o local por la terminal, ver figura 6.10.

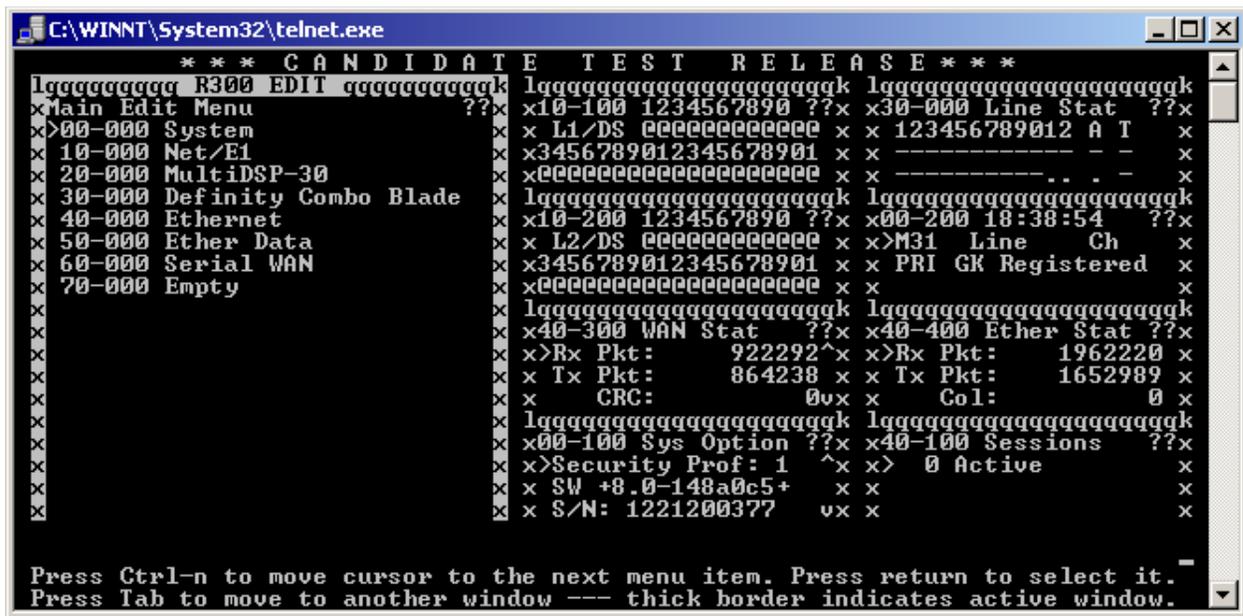


Figura 6.10 Administración del R300 vía Telnet.

Y los teléfonos IP, también les asignan una dirección IP, puerta de enlace, gatekeeper, puerto por UDP por el cual se comunica, y por ultimo la extensión.

Se utilizó, el estándar G.729 ya que es uno de los compresores que mayores beneficios poseen por las características que tiene, buena calidad, aprovechar mayor

ancho de banda, etc. Y tanto el gatekeeper como gateways son elementos esenciales para la telefonía IP, como ya se menciona en este trabajo. La figura 6.11 muestra la forma en que los teléfonos se encuentran distribuidos con sus respectivas direcciones IP.

Las trayectorias que se muestran en la figura 6.11, nos dan la forma en que se intercomunican los teléfonos, además podemos observar cuando se encuentran en una misma red LAN no necesita hacer la interconexión con el PBX, sino que se interconectan directamente.

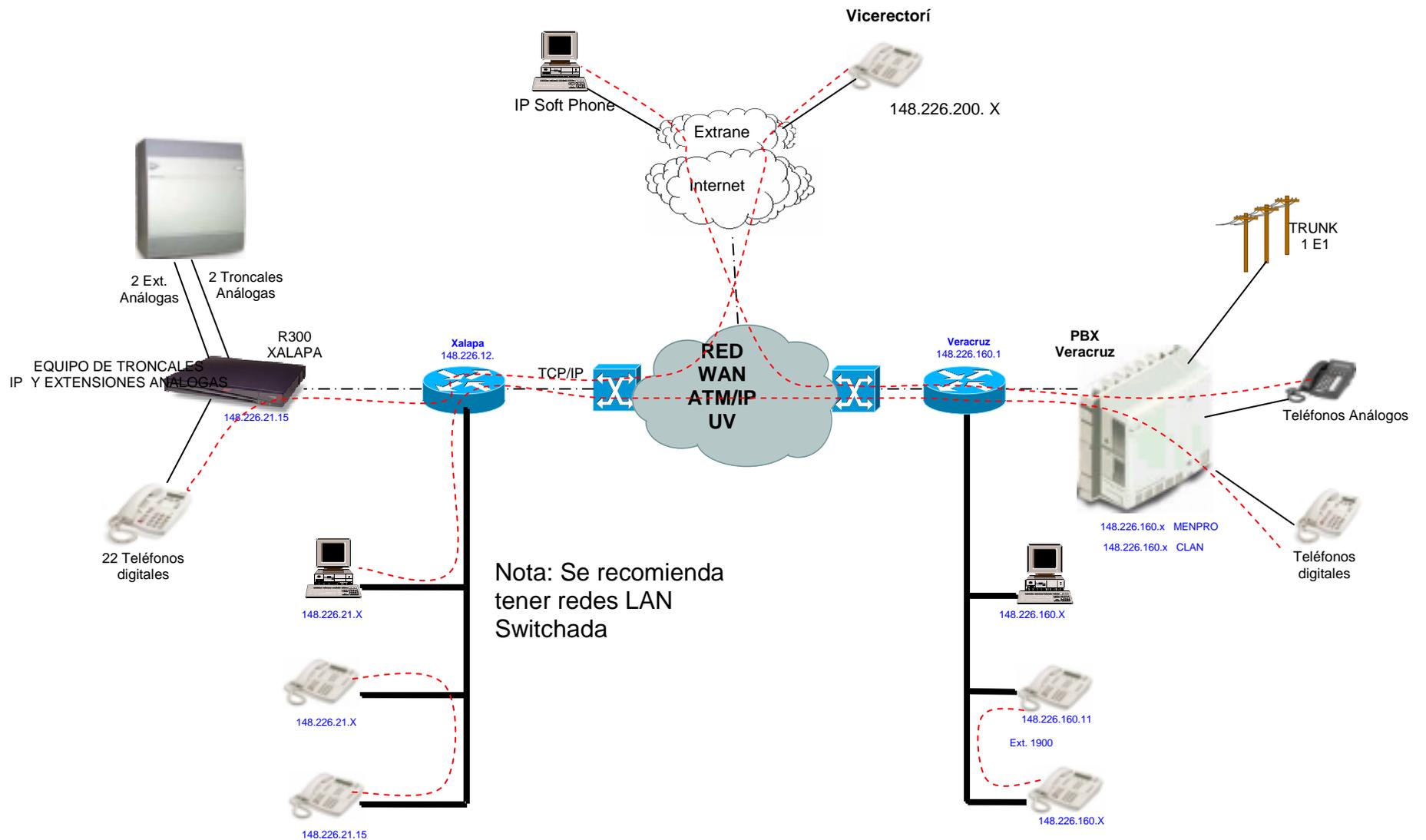


Figura 6.11. Configuración de la red de telefonía IP.

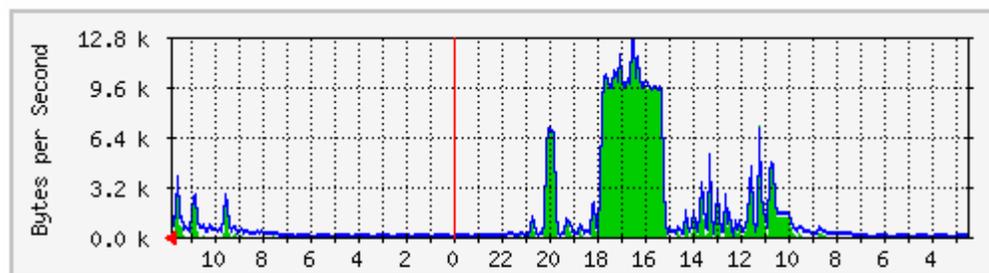
- Y en cuanto al ancho de banda, para conocer el tráfico efectivo de los paquetes de voz, se encuentra supervisado el puerto del switch con el software MRTG (Multi Router Traffic Grapher).

Y para medir el tráfico de voz que pasa por el puerto del switch, se supervisa o monitorea a través del MRTG, el cual nos da un reporte diario, semanal, mensual o anual, el cual el periodo de muestra es cada cinco minutos, cada treinta minutos, cada 2 horas y cada 24 horas en promedio respectivamente, figura 6.12.

Analizando el tráfico del día 9 de octubre del 2002, observamos que el pico máximo fue de 12800 bytes y dándonos un porcentaje del 0.1% del uso del ancho de banda (AB), que no es representativo de acuerdo al AB que se tiene en ese enlace.

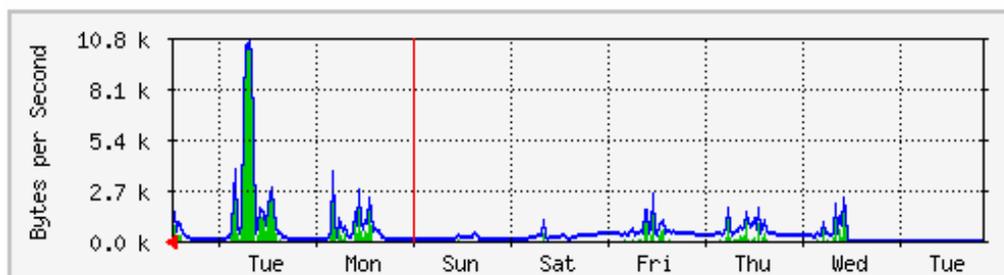
The statistics were last updated **Wednesday, 9 October 2002 at 11:54**, at which time **'Vice Veracruz'** had been up for **21 days, 4:21:07**.

'Daily' Graph (5 Minute Average)



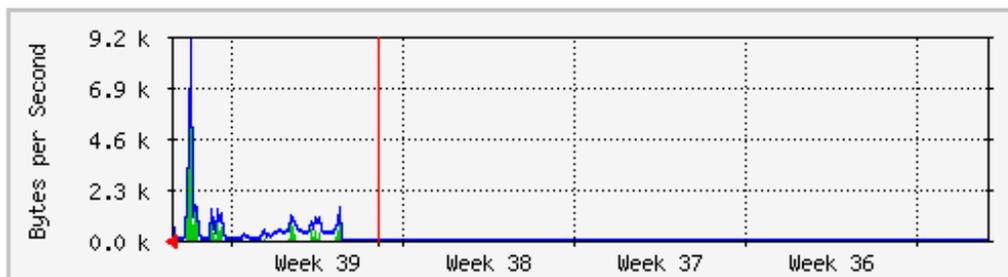
Max **In**:12.6 kB/s (0.1%) Average **In**:1164.0 B/s (0.0%) Current **In**: 391.0 B/s (0.0%)
 Max **Out**:12.8 kB/s (0.1%) Average **Out**:1392.0 B/s (0.0%) Current **Out**:1959.0 B/s (0.0%)

'Weekly' Graph (30 Minute Average)



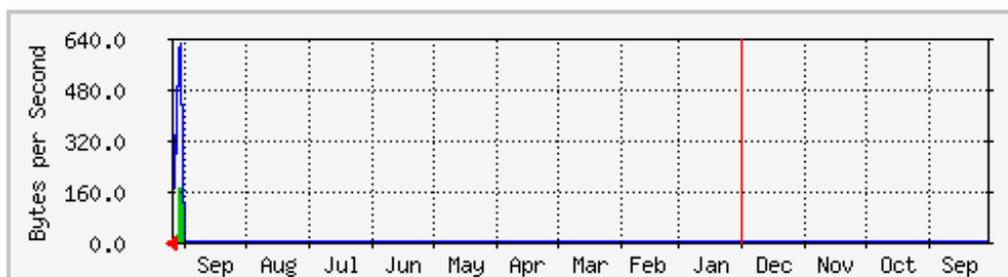
Max **In**:10.7 kB/s (0.0%) Average **In**:355.0 B/s (0.0%) Current **In**:304.0 B/s (0.0%)
 Max **Out**:10.7 kB/s (0.0%) Average **Out**:659.0 B/s (0.0%) Current **Out**:835.0 B/s (0.0%)

'Monthly' Graph (2 Hour Average)



Max In:8974.0 B/s (0.0%) Average In:352.0 B/s (0.0%) Current In: 452.0 B/s (0.0%)
 Max Out:9078.0 B/s (0.0%) Average Out:653.0 B/s (0.0%) Current Out:1001.0 B/s (0.0%)

'Yearly' Graph (1 Day Average)



Max In:230.0 B/s (0.0%) Average In:128.0 B/s (0.0%) Current In:230.0 B/s (0.0%)
 Max Out:622.0 B/s (0.0%) Average Out:421.0 B/s (0.0%) Current Out:505.0 B/s (0.0%)

GREEN ### Incoming Traffic in Bytes per Second

BLUE ### Outgoing Traffic in Bytes per Second

Figura 6.12 Tráfico de voz.

Pero no todo es como lo vemos en las graficas anteriores pues esto es solo analizando el puerto del cual tenemos solo trafico de voz, pero que pasa con el trafico de datos, figura 6.13, pues aquí en donde podemos notar en parte los problemas que pudiese tener la comunicación de voz, más sin embargo con la priorización de paquetes se logro tener una comunicación aceptable.

Description: Module 7, Port 1
 ifType: Full Duplex Fast Ethernet (100BaseFX) (69)
 ifName: Module 7, Port 1
 Max Speed: 1250.0 kBytes/s

The statistics were last updated **Wednesday, 9 October 2002 at 14:39**,
 at which time **'Vice Veracruz'** had been up for **21 days, 7:07:42**.

'Daily' Graph (5 Minute Average)

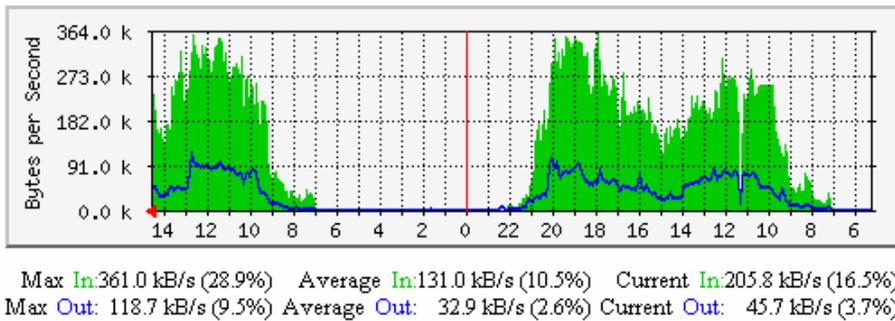


Figura 6.13 Tráfico de datos en la Vicerrectoría Veracruz.

Haciendo un comparativo entre la telefonía tradicional existente y con la telefonía IP actual, tomando en cuenta el gasto del año 2000 de la telefonía tradicional, se hace el siguiente análisis en las tablas 6.III y tabla 6.IV.

Región	S.M.	L.D	Totales
Xalapa	\$3,379,400.11	\$784,930.02	\$4,164,330.13
Veracruz	\$352,598.00	\$147,005.38	\$499,603.38
P.R.-Tuxpan	\$375,342.78	\$124,047.25	\$499,390.03
Cor-Ori	\$465,330.89	\$186,149.75	\$651,480.64
Coatza.-Mina.	\$291,984.55	\$80,110.95	\$372,095.50
Totales	\$4,864,656.33	\$1,322,243.35	\$6,186,899.68

Tabla 6.III Gasto del 2000 con telefonía tradicional

Región	S.M.	L.D	Totales
Xalapa	\$2,703,520.09	\$627,944.02	\$3,331,464.10
Veracruz	\$282,078.40	\$117,604.30	\$399,682.70
P.R.-Tuxpan	\$300,274.22	\$99,237.80	\$399,512.02
Cor-Ori	\$372,264.71	\$148,919.80	\$521,184.51
Coatza.-Mina.	\$233,587.64	\$64,088.76	\$297,676.40
Totales	\$3,891,725.06	\$1,057,794.68	\$4,949,519.74

Tabla 6.IV Ahorro Anual estimado con Telefonía IP

De acuerdo al estimado realizado en el gasto por tener Telefonía IP, tabla 6.III y comparando la tablas 6.IV referente al gasto del 2000 teniendo telefonía tradicional, se observa un ahorro anual promedio de \$4,949,519.74, es decir, 80% aproximadamente; esto variará dependiendo de la utilización que realicen los usuarios de la red telefónica IP.

La inversión en equipo para telefonía IP del enlace Xalapa-Veracruz será de \$619,000.00, y en el resto de las regiones será de aproximadamente de \$4,000,000.00. La inversión total abarca los enlaces de las Vicerrectorías con sus dependencias y facultades, por lo que la amortización de la inversión se estima recuperarla en aproximadamente un año.

Conclusiones.

Se diseñó una red de telefonía sobre IP en la red de datos de la Universidad Veracruzana interconectando sus diferentes campus, a través de los diferentes enlaces (Digitales, Fibra óptica e Inalámbricos) obteniendo excelentes ahorros económicos, ver tabla 6.IV. Estimando que la inversión del proyecto se amortizará al año de operación una vez puesta en marcha todo el proyecto.

Así mismo, en el desarrollo de este trabajo de tesis se concluyó que los aspectos más representativos en el diseño de las redes de telefonía sobre IP son los siguientes:

- Revisión de la red de datos, equipos y cableado.
- Dimensionar ancho de banda adecuado considerando los encabezados IP.
- Pérdida de paquetes.
- Latencia (tiempo de retardo).
- Establecer métodos de calidad de servicio (CoS) y priorización.
- Encabezados de paquetes.
- El mayor apego posible a estándares.
- Compresión.

Por otro lado, en mi opinión, de acuerdo a lo estudiado y trabajado en este año y medio sobre el tema, la telefonía IP va creciendo con muy buena aceptación, y las empresas en telecomunicaciones están proporcionando más equipos y accesorios para la convergencia de voz y datos; con ellos se está beneficiando a las empresas e Instituciones debido al bajo costo por la competencia que se está dando entre las empresas por su establecimiento en el mercado. Y muchas empresas e instituciones están apostando por esta nueva tecnología y de acuerdo a lo que se desarrollo en este trabajo creo que el futuro de la telefonía será la transmisión de voz por redes de datos, y más aun en el caso de que se tenga una red propia.

Y esto ya se ha estado reflejando en la actualidad, pues la telefonía IP va ganado terreno de manera exponencial a la telefonía tradicional.

Glosario

ADSL

(Asymmetric Digital Subscriber Line), Línea de Abonado Digital Asimétrica. Permite la transmisión de datos a mayor velocidad en un sentido que en el otro (de eso viene el "asimétrica" en el nombre). Típicamente 2 megabits/segundo hacia el usuario y 300 kbps desde el usuario y puede alcanzar muchos kilómetros de distancia de la central.

ADN

(*Advanced Digital Network*), Comúnmente se refiere a una línea de 56Kbs.

ADPCM

(Adaptive differential pulse code modulation), es un método de codificación optimizado para ondas continuas de variación lenta que puede ser usado para voz. Proporcionando el ancho de banda para voz de 64 Kbps a 32 Kbps por lo que se dice que comprime a un 50%. Estandarizado por la ITU como G.726 Con 3.85 MOS (medida de calidad) contra 4.10 de la voz de 64 Kbps.

ANI

(Automatic Number Identification), Función telefónica que identifica el número del teléfono que originó una llamada entrante.

ARPANet

(*Advanced Research Projects Agency Network*), El precursor de lo que actualmente se conoce como Internet. Desarrollado en los finales de los 60's y principios de los 70's por Departamento de Defensa de los Estados Unidos como un Experimento de redes de grandes áreas (WAN) que sobrevivía una guerra nuclear.

ARP

(Address Resolution Protocol), es usado para traducir direcciones IP a direcciones MAC de la red LAN.

ASCII

(*American Standard Code for Informations Interchange*) Esta es el estándar mundial para el código de los números usados por la computadora para representar las mayúsculas y minúsculas de las letras, números, puntuación, etc. Existen 128 códigos del estándar ASCII que pueden ser representados cada uno por un número binario de siete dígitos: 0000000 hasta el 1111111.

Ancho de banda

(Bandwidth), La cantidad de datos se puede transferir a través de una conexión. Comúnmente medida en bits- por- segundo. Una página entera de texto en español es aproximadamente de 15,000 bits por segundo. Pantallas de movimiento total requieren un mínimo aproximado de 10,000,000 bits- por- segundo dependiendo de la compresión.

ATM

(Asynchronous Transfer Mode) ATM es una tecnología de conmutación de red que utiliza celdas de 53 bytes, útil tanto para LAN como para WAN, que soporta voz, vídeo y datos en tiempo real y sobre la misma infraestructura. Utiliza conmutadores que permiten establecer un circuito lógico entre terminales, fácilmente escalable en ancho de banda y garantiza una cierta calidad de servicio (QoS) para la transmisión. Sin embargo, a diferencia de los conmutadores telefónicos, que dedican un circuito dedicado entre terminales, el ancho de banda no utilizado en los circuitos lógicos ATM se puede aprovechar para otros usos.

Backbone

Una línea de alta velocidad o una serie de conexiones que forman un mayor ancho de banda en una red. El término es relativo de un back-bone en una pequeña red, mucho más pequeña, que muchas líneas no back-bones en una red grande.

Baudio

(Baud), En el uso común el "baud rate" de un módem es la cantidad de bits que puede enviar y recibir en un segundo. Técnicamente, un baudio es el número de veces por segundo que el carrier cambia de valor – por ejemplo un módem de 1200 bits por segundo corre normalmente a 300 baudios, pero este mueve 4 bits por baudio ($4 \times 300 = 1200$ bits por segundo).

Bit

(*Binary digIT*), Un solo dígito o número en base-2, en otras palabras, es 1 ó 0. La unidad más pequeña de almacenamiento de datos en un sistema computarizado. El ancho de banda (*bandwith*) es comúnmente medido en bits- por- segundo.

B-ISDN

(Broadband Integrated Services Digital Networks)

Bps (Bits por segundo)

(*Bits- Per- Second*), Una medida de velocidad de transmisión de datos de un lugar a otro. Un módem de 28.8 puede transferir 28,800 bits por segundo.

Browser

Un software de cliente que es empleado para aprovechar diversos recursos de Internet.

Byte

Un conjunto de Bits que representan un solo carácter. Comúnmente son 8 bits en un bytes, dependiendo de cómo se esta realizando la medición.

CCITT ley-A y ley- μ

Codec de audio (tanto ley-A como ley- μ). Son estándares del CCITT de aplicación en comunicaciones telefónicas. Incluyen la codificación y la compresión de la señal y también se utilizan en Telefonía IP.

CELP

(Code Excited Linear Prediction), Estándar de compresión adaptado 100% a la voz humana. Contiene filtros para las frecuencias que no impactan la calidad de voz simplificando la señal y reduciendo así el ancho de banda utilizado en la transmisión. Incorpora tablas de códigos para valores más repetitivos sustituyéndolos por equivalentes usando números más cortos.

Existen dos estándares usados ampliamente por la ITU, que difieren en el algoritmo de compresión y la forma en que se aplican los filtros, dando como resultado diferentes anchos de bandas requeridos:

- G728-LD CELP (Low Delay CELP) funciona a 16 kbps con 3.61 MOS.
- G729-CSACELP (Conjugate Structure Algebraic CELP), funciona a 8 Kbps con 3.92 MOS.

CSMA / CD

(Carrier Sence Multiple Access with Collision Detection)

CTI

Computer Telephony Integration (Integración Computador-Telefonía).

Codificador / Decodificador

(CODEC), algoritmos de Compresión/Descompresión. Se utilizan para reducir el tamaño de los datos multimedia, tanto audio como vídeo. Compactan (codifican) un flujo de datos multimedia cuando se envía y lo restituyen (decodifican) cuando se recibe.

Si alguna vez recibes un fichero o una llamada telefónica y no puedes escuchar nada, lo más probable es que la aplicación que utilizas no soporte el codec con el que se han codificado los datos.

Entre los codec de audio más extendidos se encuentran: GSM (Global Standard for Mobile Communications), ADPCM, PCM, DSP TrueSpeech, CCITT y Lernout & Hauspie. Y entre los codec de vídeo tenemos a Cinepak, Indeo, Video 1 y RLE.

Conmutación de paquete.

(Packet Switching), El método empleado para transportar datos en Internet, toda la información proveniente de una máquina es dividida en pedazos y cada uno de estos tiene una dirección hacia donde se dirige y hacia donde va. Esto permite a los pedazos de información de distintos lugares mezclarse en la misma línea, es por eso que varias personas pueden usar simultáneamente una sola línea.

Calidad de servicio

Quality of Service (QoS)

Clase de Servicio

Class of Service (CoS)

DID

(Direct Inward Dialing), Capacidad de direccionar una llamada al anexo interno sin tener que pasar por un operador.

Diff-Serv

(Differentiated Services), Modelo de gestión de redes que divide el tráfico en un pequeño número de clases para proveer calidad de servicio (QoS).

Dirección IP

Un número único de 32 bits para una máquina TCP/IP concreta en Internet, escrita normalmente en decimal (por ejemplo, 128.122.40.227).

Domain Name.

El nombre único que identifica un sitio de Internet. El Domain Name siempre tiene dos o más partes, separadas por puntos. La parte de la izquierda es la más específica, la derecha es la más general. Una máquina podrá tener más de un Domain Name pero no para más de una máquina. Ejemplo: xalapa.intra.uv.mx.

DTMF

(Dual Tone Multi Frequency)

DSL

Es el acrónimo de Digital Subscriber line, es una línea digital de abonado. Ver ADSL.

DSP

(Digital Signal Processor), Un microprocesador digital especializado que realiza cálculos o digitaliza señales originalmente analógicas. Su gran ventaja es que son programables. Entre sus principales usos está la compresión de señales de voz. Son la pieza clave de los codec.

802.1p

Estándar de la IEEE para proveer QoS usando tres bits que permiten a los switches reordenar los paquetes en base a niveles de prioridad.

802.1q

Estándar de la IEEE para proveer identificación de redes virtuales (VLAN) y niveles de QoS. Se usan tres bits para seleccionar hasta 8 niveles de prioridad y 12 bits para identificar hasta 4.096 VLANs.

E1

Conexión por medio de la línea telefónica que puede transportar datos con una velocidad de hasta 1,920 Mbps. Según el estándar europeo (ITU), un E1 está formado por 30 canales de 64 kbps. E1 es la versión europea de T1 (DS-1). Velocidades disponibles:

E1: 30 canales, 2.048 Mbps
E3: 480 canales, 34.368 Mbps
E5: 7680 canales, 565.148 Mbps

E2: 120 canales, 8.448 Mbps
E4: 1920 canales, 139.264 Mbps

E-mail (correo electrónico)

(*Electronic Mail*) Mensajes, comúnmente texto, enviado por una persona a otra a través de la computadora. El correo electrónico (*e-mail*) puede ser también enviado automáticamente y simultáneamente a un número mayor de direcciones (*lista de correos*).

Ethernet

Un método muy común de establecer redes en una LAN (*red no muy grande "local area network"*) Ethernet maneja aproximadamente 10, 000,000 bits – por –segundo y puede ser usado con casi todo tipo de computadora.

FDDI

(*Fiber Distributed Data Interface*) Un estándar de transmisión de datos empleando fibra óptica con un rango de 100,000,000 bits – por –segundo (*10 veces más rápido que una red ethernet, alrededor del doble de rápido que un T-3*).

Firewall

Una combinación de hardware y software que separa una LAN (*local area network*) en dos o más partes por motivos de seguridad.

Frame Relay

Es un protocolo estándar para interconectar LANs. Proporciona un método rápido y eficiente para transmitir información desde dispositivos de usuario a bridges y routers. Se utiliza el ancho de banda disponible sólo cuando se necesita. Para transmitir la información se divide en paquetes, este método de transmisión resulta eficiente al transmitir comunicaciones de voz, con un adecuado control de la red. Más información en <http://www.protocols.com/pbook/>

FTP

(*File Transfer Protocol*) Un método muy común de transferir archivos de un programa de aplicación de una computadora a otra. FTP es una manera especial de establecer contacto (*login*) con otros sites Internet con propósito de obtener ó enviar archivos. Existen muchos sites Internet que ofrecen archivos publicitarios ó con otras intenciones que pueden ser obtenidos mediante FTP, estableciendo contacto (*login*) con el nombre de usuario anónimo (*anonymous*), es por esto que estos sitios son llamados servidores anónimos ftp.

Gatekeeper

Un componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de Voz o Fax sobre IP, o de aplicaciones multimedia y de videoconferencia. Los Gatekeepers proporcionan la inteligencia de red, incluyendo servicios de resolución de direcciones, autorización, autenticación, registro de los detalles de las llamadas para tarificar y comunicación con el sistema

de gestión de la red. También monitorizan la red para permitir su gestión en tiempo real, el balanceo de carga y el control del ancho de banda utilizado. Elemento básico a considerar a la hora de introducir servicios suplementarios.

Gateway

En general se trata de una pasarela entre dos redes. Técnicamente se trata de un dispositivo repetidor electrónico que intercepta y adecua señales eléctricas de una red a otra.

En Telefonía IP se entiende que estamos hablando de un dispositivo que actúa de pasarela entre la red telefónica y una red IP. Es capaz de convertir las llamadas de voz y fax, en tiempo real, en paquetes IP con destino a una red IP, por ejemplo Internet

H.323

H.323 es la recomendación global (incluye referencias a otros estándares, como H.225 y H.245) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que fija los estándares para las comunicaciones multimedia sobre redes basadas en paquetes que no proporcionan una Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) garantizada. Define las diferentes entidades que hacen posible estas comunicaciones multimedia: endpoints, gateways, unidades de conferencia multipunto (MCU) y gatekeepers, así como sus interacciones.

Host

Cualquier computadora en una red que es fuente de servicios disponibles a otras computadoras en cierta red. Es muy común el tener una máquina host que provee diversos servicios, tal como WWW y USENET.

HTTP

(Hypertext Transport Protocol),

IEEE

(Institute of Electrical and Electronic Engineers), Instituto para Ingenieros Mecánicos y Eléctricos.

IEEE 802.3

Ethernet se implementa con esta especificación del instituto de ingenieros mecánicos y electricistas.

Internet

La extensa colección de redes interconectadas que emplean en general protocolos que emergen del ARPANET a finales de los 60's y principios de los 90's. Internet es ahora una red mundial.

Intranet

Una red privada dentro de una organización que emplea el mismo tipo de software que se encontrara en la red pública Internet, pero es de uso interno exclusivamente.

A medida que Internet se ha hecho más famoso, muchas de las herramientas empleadas en Internet están siendo empleadas ahora en redes privadas, por ejemplo, muchas compañías tienen servidores de red que están disponibles solo para sus empleados y/o clientes.

ISO

(International Standards Organization), Organización de estándares internacionales.

IP-PBX

(Internet Protocol Private Branch Exchange), Centralita Privada basada en protocolos de Internet. Dispositivo de red IP que se encarga de conmutar tráfico telefónico de VoIP.

IP

(Internet Protocol), La parte IP del protocolo de comunicaciones TCP/IP. Implementa el nivel de red (capa 3 de la pila de protocolos OSI), que contiene una dirección de red y se utiliza para enrutar un paquete hacia otra red o subred. IP acepta paquetes de la capa 4 de transporte (TCP o UDP), añade su propia cabecera y envía un datagrama a la capa 2 (enlace). Puede fragmentar el paquete para acomodarse a la máxima unidad de transmisión (MTU, Maximum Transmission Unit) de la red.

ICMP

(Internet Control Message Protocol), se emplea para diagnosticar y probar redes TCP/IP y reportar errores ocurridos en la red.

IP

(Internet Protocol), protocolo de ruteo de paquetes de la capa de red.

ISDN

(Integrated Services Digital Network), es el servicio perfecto para compañías de pequeño o mediano tamaño, que requieran tecnología digital, pero no pueden justificar, económicamente o por volumen, el costo de una línea digital privada. ISDN es también, para compañías grandes que tienen picos de tráfico, que requieren capacidad adicional o un enlace de respaldo de alta velocidad para su red.

ISP

(*Internet Service Provider*) Una institución que provee acceso a Internet de alguna forma con intenciones lucrativas.

ITU

(International Telecommunications Union)

Kilobyte

(Kb), Son mil bytes. Comúnmente ahora son 1024 (2⁻¹⁰) bytes.

LAN

(*Local Area Network*) Una red de computadoras limitados por el área que rodea a la red, comúnmente un piso de un edificio, un edificio, etc.

Línea conmutada

(switched line), Enlace establecido a través de la red telefónica básica, entre dos puntos, durante el tiempo que dura la comunicación entre ellos.

Línea punto a punto

(point to point line), Línea de enlace entre dos puntos, de forma permanente, que permite la transmisión entre ambos.

Llamada

(call), Proceso consistente en emitir las señales de dirección y control necesarias para poder establecer un enlace entre dos o más estaciones de datos.

MAC address

(Medium Access Control Address), Dirección del Control de Acceso al Medio, son identificadores únicos que actúan como especie de número de serie para dispositivos.

MGCP

(Media Gateway Control Protocol), Protocolo para telefonía IP que permite que un usuario llamando desde un teléfono normal pueda ubicar el dispositivo de destino y establecer la comunicación.

MPLS

(Multiprotocol Label Switching)

Megabyte

Un millón de bytes.

Modem

(*Modulator, DEModulator*), Este término proviene de las palabras Modulador Demodulador. Equipo que convierte señales digitales en analógicas y viceversa. Los módems se utilizan para enviar datos digitales a través de la red telefónica (PSTN), que normalmente es analógica. Un módem realiza una modulación del mensaje digital, convirtiéndolo en tonos que pueden ser enviados a través de la red telefónica. Al otro extremo, el demodulador del módem vuelve a convertir los tonos en una secuencia binaria (mensaje digital).

Modulación

(modulation), Variación en el tiempo de ciertas características de una señal eléctrica, portadora, conforme a la señal que se desea transmitir.

NetBios

Es un protocolo de presentación es decir de capa 6 del modelo OSI.

NIC

(*Networked Information Center*) Generalmente, cualquier oficina que maneje información de una red. El más famoso de estos en internet es el InterNIC, que es donde los nuevos Domain Names son registrados.

NFS

(*Network File System*), Permite la utilización de archivos distribuidas por posprogramas de la red.

Nodo

(*Node*), Localización física de un proceso. También esto caracteriza las topologías. Es el vínculo que existe entre dos nodos, a través del cual fluye la información.

Número IP

(*IP Number*), Es un número único que consisten en cuatro partes separadas por puntos.

Ejemplo: 165.113.245.2

Cada máquina que esta en Internet tiene un número único IP, este número no esta realmente en Internet. La mayoría de las máquinas tienen uno o más nombre de dominio (*Domain Names*) que son más fáciles de recordar.

OSI

(*Open system Interconnection*),

Paquete

Es un pedazo de información enviada a través de la red.

PBX o PABX

(*Private Automatic Branch eXchange*), Central privada de conmutación. Un sistema telefónico utilizado en compañías y organizaciones, privado por tanto, para manejar llamadas externas e internas. La ventaja es que la compañía no necesita una línea telefónica para cada uno de sus teléfonos. Además las llamadas internas no salen al exterior y por tanto no son facturadas.

Portadora

(*Carrier*), Señal adecuada para que la module otra que contiene la información a transmitir.

Puerto

(*Port*), Primero y más general, un lugar donde la información entra o sale de una computadora. (Ej.: puerto serial)

En Internet un puerto se refiere a un número que es parte de un URL, y aparece después del colón (:) después del Domain Name. Cada servicio en servidores Internet enlista un número estándar de un puerto, por ejemplo: los servidores de red normalmente tienen el puerto 80. Los servicios pueden ser también enlistados en puertos no estándar, este es el caso donde el puerto debe estar especificado en un

URL cuando se accesa al servidor, por esto se puede encontrar un URL como el siguiente: Gopher://peg.cwis.uci.edu:7000/

Enseña un servidor gopher que corre en un puerto no estándar (el puerto gopher es 70).

Protocolo

Es el conjunto de reglas previamente establecidas que definen los procedimientos para que dos o más procesos intercambien información. Además, se dice que estas reglas definen la sintaxis, la semántica y la sincronización del protocolo. También esta definida como conjunto de normas que regulan la comunicación, establecimiento, mantenimiento, y cancelación entre los dispositivos de una red o de un sistema.

Proxies

Es un servidor que actúan como intermediarios entre diversas entidades, como es el caso de los proxies en las redes IP (conexión entre la intranet e Internet).

PSTN

(Public Switched Telephone Network), Red Telefónica Pública de conmutación de circuitos. Es la red telefónica básica empleada en todos los países para establecer las comunicaciones vocales.

PCM

(Pulse Code Modulation), Modulación por impulsos codificados. Es una técnica muestreo a 8000 veces por segundo y codificación de las muestras con 8 bits- para transmitir de forma digital señales analógicas, típicamente la voz, sobre un flujo digital de 64 Kbps.

RARP

(Reverse Ardes Resolution Protocol), Traduce direcciones físicas en la LAN a direcciones IP.

Red

(Network), Cada vez que se conecten 2 ó más computadoras de tal manera que puedan compartir recursos, se tiene entonces una red.

Retardo de propagación

Tiempo despreciable de propagación de la señal de un nodo a otro nodo.

Retardo de nodo

Tiempo que emplea el nodo desde que recibe los datos hasta que los emite.

RPC

(Remote Preocessing Call), Protocolo de llamada de procesamiento Remoto.

Ruteador

(Router), Una computadora o software específico que maneja la conexión entre dos o más redes. Los ruteadores pasan todo el tiempo observando las direcciones de destino de los paquetes que pasan por ellos y deciden por que ruta serán enviados.

RSVP (IETF RFC1889)

(Resource Reservation Protocol), es un protocolo de reserve de recurso.

RTP (IETF RFC1889)

(Real-Time Transport Protocol), Protocolo de Tiempo Real es utilizado para la transmisión de información de tiempo real como por ejemplo audio y video en una videoconferencia.

RTCP (IETF RFC2205-2209)

(Real-Time Control Protocol), protocolo de control de tiempo real.

Señal

(Signal), Representación física de caracteres o de funciones. Es la información que se transmite por una red de telecomunicaciones, pudiendo ser analógica (si toma valores continuos) o digital (si toma valores discretos), en función del tiempo.

Servidor DHCP

(Dynamic Host Configuration Protocol), Asigna direcciones IP dinámicas a dispositivos de una red.

SIP

(Session Initiation Protocol), Protocolo de sesión de inicio es un protocolo de señalización para conferencia, aplicaciones de video, telefonía IP, notificación de eventos, juegos interactivos, chat y mensajería instantánea a través de Internet.

Un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force) definido en la RFC 2543. SIP se utiliza para iniciar, manejar y terminar sesiones interactivas entre uno o más usuarios en Internet. Inspirado en los protocolos HTTP (web) y SMTP (email), proporciona escalabilidad, flexibilidad y facilita la creación de nuevos servicios.

SMTP

(Simple Mail Transfer Protocol), Aplicación para la transferencia de correo electrónico.

TAPI

(Telephony API), Programa interfaz que permite que las aplicaciones windows de cliente puedan acceder servicios de voz de un servidor.

Telefonía IP

(IP Telephony), Transmisión de prestaciones de telefonía sobre red IP. Tecnología para la transmisión de llamadas telefónicas ordinarias sobre Internet u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándar.

En general, servicios de comunicación voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz que son transportadas vía redes IP, Internet normalmente, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional. Los pasos básicos que tienen lugar en una llamada a través de Internet son: conversión de la señal de voz analógica a formato digital y compresión de la señal a protocolo de Internet (IP) para su transmisión. En recepción se realiza el proceso inverso para poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica.

Tiempo de transmisión

Tiempo que tarda el emisor en emitir los datos.

T-1

Una línea dedicada capaz de transferir datos a 1,544,000 bits por Segundo(1.544 Mbps). Teóricamente una T-1 a su máxima capacidad de transmisión transporta un mega byte en menos de 10 segundos. Sin embargo, esto no es lo suficiente rápido para pantallas completas con movimiento general, para las cuales se requiere al menos 10,00,000 bits por segundo. Una T-1 es el medio más rápido comúnmente usado para realizar conexiones a Internet.

T1 (DS1): 24 canales, 1.544 Mbps

T2 (DS2): 96 canales, 6.312 Mbps

T3 (DS3): 672 canales, 44.736 Mbps

T4 (DS4): 4032 canales, 274.176 Mbps

TCP

(Transmission Control Protocol), protocolo de transporte orientado a conexión.

TCP/IP

(Transmission Control Protocol/Internet Protocol) El protocolo que mejor describe a Internet. Originalmente diseñado para sistemas operativos UNIX, el software TCP/IP es ahora disponible para cualquier sistema operativo mayor. Para poder tener una conexión a Internet una computadora requiere TCP/IP.

Telnet

El comando empleado para realizar un login de un sitio Internet a otro. El comando / software Telnet da acceso al prompt login del servidor al que se desea conectar.

Terminal

Un dispositivo que permite enviar comandos a una computadora ubicada en otro lugar. Como mínimo esto es un teclado y una pantalla y un conjunto sencillo de circuitos.

Tráfico

(Traffic), Cantidad de información cursada por una vía de comunicación. En redes de datos se puede medir como bit/s o paquetes/s; en las de voz como "erlangs".

Troncal / Extensión

Enlace entre 2 conmutadores telefónicas que utiliza un circuito de troncal de uno de ellos para dar acceso a una extensión del otro.

Troncal

(trunk), Canal de comunicaciones entre dos puntos. Normalmente, se refiere a canales telefónicos de gran ancho de banda que conectan centros de conmutación y que pueden manejar indistintamente varias comunicaciones simultáneas de voz y/o datos. Conexión de una red privada a una red pública.

UDP

(User Datagram Protocol), protocolo de transporte no orientado a conexión.

URL

Siglas de Uniform Resource Locator. Es la dirección de un sitio o de una fuente, normalmente un directorio o un fichero, en el World Wide Web y la convención que utilizan los navegadores para encontrar ficheros y otros servicios distantes.

Voz sobre ATM

(Voice Over ATM), La voz sobre ATM permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red ATM. Cuando se envía el tráfico de voz sobre ATM éste es encapsulado utilizando un método especial para voz multiplexada AAL5.

Voz sobre Frame Relay

(Voice Over Frame Relay), Permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red de Frame Relay. Cuando se envía el tráfico de voz sobre Frame Relay el tráfico de voz es segmentado y encapsulado para su tránsito a través de la red Frame Relay utilizando FRF.12 como método de encapsulamiento.

Voz sobre IP

Voz over IP(VoIP), Tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP, Internet normalmente. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología.

WAN

(*Wide Area Network*), red de área amplia. Una red que cubre un área mayor a un solo edificio, campus o ciudad.

WWW

(*World Wide Web*) Dos significados. Primero, no muy común: La constelación entera de recursos que pueden ser accedidos empleando Gopher, FTP, HTTP, Telnet, USENET, WAIS y otras herramientas. Segundo, el universo de servidores hipertexto (*servidores HTTP*) que son los servidores que permiten mezclar texto, gráficos, archivos de sonido, etc.

Bibliografías

- ❑ Tanenbaum, Andrew. S.: Computer Networks, 3rd, N.J: Prentice Hall, 1996.
- ❑ Black Uyles: Redes de Computadoras: Protocolos, Normas e Interfaces, 2nd ed., México: Printice Hall, 1995.
- ❑ Robledo Sosa Cornelio: Redes de Computadoras, 1rd, IPN, 1999.
- ❑ Krupinski Dave, Schick Charlie, McConnell Brian: "Next Generation phone systems, CMPbooks, 2001"
- ❑ Richard Grigonis, "Computer Telephony Encyclopedia," CMP Books, August 2000, 563 pages.
- ❑ Jonathan Davidson, James Peter, and Brian Gracely: Voice Over Fundamentals.
- ❑ Merilee Ford, H. kim Lew, Steve Spanier, Tim Steverson, "Tecnología de interconectividad de redes", Prentice Hall, 1998, Mexico.
- ❑ Tom Shaughnessy, Toby Velte: "Manual de CISCO" Mc Graw Hill.
- ❑ Van Nostrand Reinhold, A. Michael Noll: Digital Telephony and Network Integration, 2nd Edition, 1995.
- ❑ Charles Spurgeon: Ethernet Configuration Guidelines, Editorial: Peer-to-Peer Communications, Inc.
- ❑ Herrera Pérez Enrique: Fundamentos de Ingeniería Telefónica, Ed. Limusa, 1996.
- ❑ Cano Delgado Javier: Servidor para mensajes de voz, INAOE, 1993.
- ❑ Revista Red: Voz sobre IP y Telefonía Sobre IP, Junio del 2002.
- ❑ Olivier Hersent, David Gurle and Jean Pierre Petit: IP Telephony. *Packet – based multimedia communications systems*, Eddison Wesley, 2000.
- ❑ Bill Douskalis: IP Telephony: *The integration of Robust VoIP Services*. Prentice-Hall, 2000.
- ❑ *Cano D. Javier, Sánchez F Mónica: Telefonía sobre IP, Universidad Veracruzana, CUDI, Octubre 2002.*
- ❑ Oliver Hersent, David Gurle and Jean- Pierre Petit: "IP Telephony. Packet-based multimedia communication systems", Eddison Wesley. 2000.
- ❑ IEEE Communications Magazine: Internet Telephony, April 2000 Vol. 38 No. 4.

Páginas web.

- ❑ Web del Office Telecommunication Service de la Universidad de Texas: <http://wwwhost.ots.utexas.edu>
- ❑ Web of Computer Science Department of Worcester Polytechnic Institute: <http://cs.wpi.edu> .
- ❑ Web Del Gigabit Internet Aliance: <http://www.gigabit-ethernet.org> .
- ❑ <http://yoram.users3.50megs.com/index.html>
- ❑ www.cisco.com
- ❑ www.telmex.com
- ❑ www.3com.com
- ❑ www.itu.com
- ❑ www.iec.org/online/tutorials/

- ❑ www.voipweb.f2s.com
- ❑ www.comunicaciones.unitronics.es/tecnologia/voip.ht
- ❑ <http://www.idg.es>
- ❑ <http://www.atmforum.com/>
- ❑ <http://www.cofetel.gob.mx/>
- ❑ <http://www.iec.org/online/tutorials/>
- ❑ <http://www.voipweb.f2s.com>
- ❑ <http://www.protocols.com/index.htm>
- ❑ www.comsoc.org