

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2



"Redes de Voz sobre IP. Mecanismos de Facturación."

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero Informático

Autor(es):

Ismaray Blázquez Cádiz

Iralys Torres Pérez

Tutor:

Osmany Sousa Hernández

Ciudad de La Habana, Junio de 2008.

"No es sabio el que sabe donde está el tesoro, sino el que trabaja y lo saca."

Francisco de Quevedo y Villegas.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos que somos los únicos autores de este trabajo, por lo que autorizamos a la Facultad No. 2 de la Universidad de las Ciencias Informáticas para que haga el uso que estime pertinente con este trabajo.

Para que así conste firmamos la presente a los __ días del mes de _____ del _____.

Firma de la Autora

(Ismaray Blázquez Cádiz)

Firma de la Autora

(Iralys Torres Pérez)

Firma del Tutor

(Ing. Osmany Sousa Hernández)

DATOS DE CONTACTO

Ing. Osmany Sousa Hernández

Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica en el año 2003 en la CUJAE. Ha trabajado en temas de Redes desde el pregrado. Ha cursado varios postgrados. Entre los más destacados podemos citar la Certificación UCI en Administración Avanzada de Redes bajo Windows 2003 y la Certificación en Administración Avanzada de Redes bajo Windows 2003 en la Universidad de SIBIT, en Delhi, India. Actualmente se desempeña como profesor de la Facultad 2 impartiendo asignaturas afines al tema de Administración y Diseño de Redes de Computadora.

AGRADECIMIENTOS

Ismaray

A mis padres por darme el regalo de vivir, por dejarme ser quien soy y permitirme tomar mis propias decisiones y apoyarme siempre a pesar de estar tan lejos durante estos años.

A mis hermanas por ser el tesoro más grande que tengo en la vida.

A mis abuelos por quererme tanto y ser tan lindos.

A mi familia por estar siempre ahí cuando la necesito.

A todos mis buenos amigos, la Flaca, Norbe, Kiri, Edgar, Carlos.

A Sula por aguantarme estos 5 años y por ser mi otra hermana, a Landy por estar ahí cuando me hace falta conversar de cualquier cosa y ser el mejor AMIGO.

A todos los que me han hecho aprender un poco más de lo bello q es estar vivo.

A los que están hoy y a los que ya se fueron.

A Aly por amarme tanto y por ser mi gran amor.

A todos lo que de una u otra forma han formado parte de mi vida en la universidad.

A mi tutor por ayudarnos y soportarnos.

A mi compañera de tesis por terminar esta locura juntas.

Iralys

A mis padres que sin ellos no hubiese podido llegar hasta aquí, por guiarme, aconsejarme, por sus regaños, por sus palabras, por sus besos, abrazos, por tomarme de la mano siempre que lo necesito, en fin hasta por darme el nombre.

A mis abuelos que no por sus años dejan de ser la luz que alumbra mi camino, porque el día que me falten seguirán siempre conmigo, porque son parte de mi corazón.

A mis hermanos Medardito, Daimí, Eyleen y Mirialis por preocuparse y apoyarme.

A mis tías, tíos, primas, primos, sobrino, sobrinas, en fin a mi familia por preocuparse y darme el apoyo que necesitaba.

A Nity, Diane y Katy por ser mis hermanitas y darme su apoyo y comprensión.

A Made y Ady (ñe) por ser esas personitas que han logrado entrar en mi corazón y además de ser mis amigas las considero mis hermanas y por ser quienes me han aguantado estos cinco años.

A Ismaray mi compañera de tesis por su ayuda, apoyo, dedicación, trabajo y comprensión.

A Sousa mi tutor por su orientación para el desarrollo de la presente y por su tiempo.

A las niñas del 1439 que gracias a ellas pasé el mejor año de mi universidad (Iro) y porque hoy son parte de mi familia.

A mi novio por su apoyo, comprensión y por entenderme.

A mi grupo o grupos 2103, 2203, 2303, 2403 y 2503 porque he podido obtener ayuda y ayudar a sus integrantes.

A ti Yadilka por ser esa persona que en primer año supo guiar el 2103 para al culminar la universidad todavía seguir siendo un grupo.

A mi profe y amigo Amaury porque durante el desarrollo de la tesis tuvo que aguantar mis malos ratos y me apoyó en todo momento, me aconsejó dándome fuerzas para continuar y me ha ayudado a pensar de forma positiva.

A Machado por ayudarme a tomar las cosas con tranquilidad y hacerme ver la vida de un modo más pasivo, por apoyarme en los buenos y malos momentos.

A los profesores, amigos y colegas de la universidad por los momentos inolvidables que hemos vivido.

A todas las personas que me brindaron ayuda y asesoría para la elaboración de la tesis (Alexander, Gerardo, Arian).

A la negra, Halena, Yayi, Yen, Willy, Darvys por su preocupación y ayuda.

A la Revolución por ayudarme a cumplir mi sueño y el de mis padres de llegar a ser Ingeniera.

A todos aquellos que estuvieron, los que están y continúan a mi lado, mis amigos y no tan amigos, a mi familia, finalmente a todas las personas que se cruzaron en este camino y que me dieron palabras de aliento y apoyo.

DEDICATORIA

Ismaray

A mis padres por su amor infinito, por ser mi guía y mi fuerza para luchar por el futuro.

Iralys

A mis padres por ser mis amigos, compañeros y consejeros, por consentirme y aguantar mis malcriadeces, y sobre todo por darme la vida y la fuerza necesaria para llegar hasta aquí, por convertirme en lo que soy, por apoyarme y por aguantar este tiempo que he estado lejos de ellos.

A mis abuelitos pedacitos de mi vida que me apoyan y me consienten, a quienes quiero y disfruto con ellos cada segundo en que estamos juntos ya que me he perdido parte de sus vidas por estar estudiando lejos.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad de las Ciencias Informáticas, universidad creada en medio de la Batalla de Ideas. Es un centro con una amplia infraestructura computacional y telefónica y donde existen un gran número de proyectos productivos con necesidad de compartir informaciones en tiempo real y de la manera más sencilla y rápida posible.

Este trabajo de diploma tiene como objetivo fundamental potenciar el futuro diseño y explotación de un sistema de *facturación* para los servicios que se encuentran implementados en la actualidad para la tecnología de envío de voz a través del uso del *protocolo* de Internet, más conocido como VoIP.

En el trabajo se ha recopilado información acerca del estado actual de las tecnologías usadas para las comunicaciones por Internet, las modalidades de *facturación* y enrutamiento de los paquetes de información. Se exponen sus principales características, las ventajas y las desventajas de manera general, las diferentes formas en que son utilizadas, así como los requisitos que pueden tenerse en cuenta para el cálculo de las tarifas en cada uno de los sistemas.

PALABRAS CLAVES

Facturación, VoIP, Enrutamiento.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: FUNDAMENTACION TEORICA.....	5
1.1. INTRODUCCIÓN	5
1.2. TECNOLOGÍA VOIP.....	5
1.2.1. <i>Antecedentes de VoIP</i>	5
1.2.2. <i>¿Qué es VoIP?</i>	6
1.2.3. <i>Principales componentes de VoIP</i>	7
1.2.4. <i>Protocolos.SIP</i>	8
1.2.5. <i>¿ Cómo funciona VoIP?</i>	12
1.2.6. <i>Teléfonos VoIP</i>	17
1.2.7. <i>Tipos de llamadas VoIP</i>	19
1.2.8. <i>Por qué migrar hacia VoIP. Principales ventajas</i>	20
1.2.9. <i>Desventajas de VoIP en la red</i>	22
1.2.10. <i>Soluciones tecnológicas basadas en VoIP</i>	23
1.2.11. <i>Implementaciones de VoIP a nivel Universitario</i>	29
1.2.12. <i>VoIP en Cuba</i>	30
1.3. FACTURACIÓN SOBRE VOIP	31
1.3.1. <i>Facturacion de servicios sobre VoIP</i>	31
1.3.2. <i>Antecedentes</i>	31
1.3.3. <i>Requisitos</i>	32
1.3.4. <i>Retos de la Facturación IP</i>	32
1.3.5. <i>Calidad de servicio y facturación</i>	32
1.3.6. <i>Actualidad</i>	33
1.3.7. <i>Soluciones para facturación de VoIP</i>	34
1.4. CONCLUSIONES PARCIALES	38
CAPÍTULO 2: FACTURACION DE SERVICIOS IMPLEMENTADOS SOBRE VOIP	39
2.1. INTRODUCCIÓN	39
2.2. FACTURA ELECTRÓNICA	39
2.3. PROCESOS DE FACTURACIÓN	39
2.4. CATEGORÍAS DE LOS SISTEMAS DE FACTURACIÓN	40
2.5. FACTURACIÓN IP	40

2.6.	ARQUITECTURA DE LA FACTURACIÓN IP	40
2.7.	PRINCIPALES PROBLEMAS DE LA FACTURACIÓN IP	41
2.8.	FUENTES DE UTILIZACIÓN	42
2.8.1.	<i>Servidores Radius</i>	42
2.8.2.	<i>Sondeo RMON/RMON2</i>	42
2.8.3.	<i>Routers</i>	42
2.9.	DIFERENTES SISTEMAS DE FACTURACIÓN	42
2.9.1.	<i>Facturación en Asterisk</i>	42
2.9.2.	<i>Sistema de Facturación ServiTux</i>	43
2.9.3.	<i>Sistema de Facturación Anura</i>	44
2.9.4.	<i>LocuVoIP Auto-Instalable</i>	48
2.9.5.	<i>Plataforma Cyneric</i>	49
2.9.6.	<i>Q-Bill</i>	51
2.9.7.	<i>Sistema Tarificador VoIP en Linea</i>	52
2.10.	CONCLUSIONES PARCIALES	52
CAPITULO 3: ENRUTAMIENTO DE PAQUETES.....		54
3.1.	INTRODUCCIÓN	54
3.2.	¿QUÉ ES EL ENRUTAMIENTO O ENCAMINAMIENTO DE PAQUETES?	54
3.3.	PROPIEDADES EXIGIBLES A LOS ALGORITMOS DE ENRUTAMIENTO.....	54
3.4.	CLASIFICACIÓN DE MECANISMOS DE ENRUTAMIENTO	55
3.5.	PRINCIPIO DE OPTIMIZACIÓN	56
3.6.	PARTES O FUNCIONES DEL ENRUTAMIENTO	57
3.6.1.	<i>Establecimiento de vecindades (Neighbour Creating)</i>	58
3.6.2.	<i>Cálculo de rutas</i>	58
3.6.3.	<i>Distribución de la información</i>	60
3.7.	PROTOCOLOS ESPECÍFICOS DE ENRUTAMIENTO	67
3.7.1.	<i>Protocolos Intradominio (IGP)</i>	69
3.7.2.	<i>Protocolos Interdominio (EGP)</i>	73
3.8.	EJEMPLOS DE ALGORITMOS DE ENRUTAMIENTO	76
3.8.1.	<i>Shortest Path</i>	76
3.8.2.	<i>Multipath</i>	76
3.8.3.	<i>Aleatorio</i>	76
3.8.4.	<i>Flooding</i>	76

3.8.5.	<i>Hot Potato</i>	77
3.8.6.	<i>Aprendizaje Hacia Atrás</i>	77
3.8.7.	<i>Algoritmos Centralizados</i>	77
3.8.8.	<i>Enrutamiento intra SA en Internet</i>	78
3.8.9.	<i>Enrutamiento inter SA en Internet: BGP</i>	79
3.8.10.	<i>Enrutamiento mediante difusión o broadcast</i>	79
3.8.11.	<i>Enrutamiento Multicast en Internet</i>	83
3.9.	CONTROL DE CONGESTIÓN	83
3.9.1.	<i>Clasificación de los mecanismos de control de congestión</i>	85
3.10.	CONCLUSIONES PARCIALES	86
CAPITULO 4: PROPUESTA DE MECANISMO DE FACTURACION PARA SERVICIOS VOIP		87
4.1.	INTRODUCCIÓN	87
4.2.	CDR (CALL DETAIL RECORD)	87
4.3.	A2BILLING	90
4.4.	ASTBILL	91
4.4.1.	<i>Características</i>	91
4.5.	PROPUESTA.....	92
4.6.	CONCLUSIONES PARCIALES	94
CONCLUSIONES		96
RECOMENDACIONES		97
REFERENCIAS		98
BIBLIOGRAFÍAS		100
GLOSARIO DE TÉRMINOS		105

INTRODUCCIÓN

El auge económico propiciado por la red Internet y las comunicaciones inalámbricas, ha desencadenado una actividad importante de investigación en el área de la codificación de señales *multimedia* (voz, audio, imagen, video). Para mantenerse a la vanguardia en el difícil mercado de hoy, los negocios requieren poderosas herramientas de comunicación y que a su vez sean efectivas y más baratas, sin dejar de ser herramientas de alta calidad.

Actualmente la *convergencia* entre los servicios de voz y datos es cada vez más amplia y en ella no sólo ha influido la oferta de productos y servicios que permiten al usuario reducir sus costos y aprovechar en mayor medida su infraestructura, sino que además ha existido una fuerte demanda de los usuarios por satisfacer nuevas necesidades, las cuales sólo se han cubierto hasta ciertos niveles por los servicios de telecomunicaciones actualmente disponibles.

El movimiento de la red telefónica pública tradicional hacia los servicios de VoIP¹ ha estado creciendo a una velocidad vertiginosa. VoIP es rentable, proporciona la misma calidad de la voz que el PSTN², y ofrece mayor flexibilidad y movilidad a los usuarios, unificando su estructura de comunicación. Brinda una mayor integración de servicios de voz, datos y vídeo, la progresiva comunalidad de servicios fijos y móviles, deslocalización de las redes a través de la *banda ancha* y nuevos y más sofisticados servicios de información de valor añadido dentro de las redes.

Se deben tener en consideración también otras de las múltiples ventajas que puede generar este servicio tanto a las grandes empresas como a los usuarios individuales. Las principales ventajas de VoIP son:

- El *protocolo* IP³ es un estándar universal para Internet, lo que facilita una integración mundial de las comunicaciones basadas en dicho *protocolo*.

¹ Voz sobre IP (siglas en inglés de Voice over IP). Método de envío de voz por redes de conmutación de paquetes utilizando TCP/IP, tales como Internet.

² Red Telefónica Conmutada Pública (siglas en inglés de Public Switch Telephone Net).

³ Protocolo Internet (siglas en inglés de Internet Protocol). Es una parte del protocolo TCP/IP que da vida a Internet y se ocupa de la transmisión de los paquetes de datos.

- *Interoperabilidad* de los diversos proveedores, tanto de servicios de datos como de servicios de voz y de los proveedores de equipos para estos servicios.
- Uso de redes de datos existentes, que reduce los costos tanto para las empresas (inversión inicial) como para los usuarios.
- Independencia de la tecnología de transporte, permitiendo que mejoras futuras en esta área no afecte a este servicio.
- Menores costos a los de tecnologías alternativas como voz sobre TDM⁴, ATM⁵ y *Frame Relay*.
- Sirve como motor de desarrollo para el incremento de las conexiones de *banda ancha*, ya que los usuarios para poder utilizar este servicio deberán tener una conexión a Internet de *banda ancha*.
- Introduce competencia y abre el mercado de las telecomunicaciones a múltiples actores a través de una mayor utilización de las redes existentes e instaladas.

Internet brinda la integración de las comunicaciones globales de una manera transparente: se puede disfrutar de los servicios gratuitos de comunicaciones de PC a PC y experimentar importantes reducciones en la *facturación* telefónica de hasta un 90% en el costo de las llamadas de larga distancia tradicionales.

El cálculo de la tarifa de cada cliente individual para los comerciantes y los revendedores habría sido una tarea difícil de no ser por los CDR⁶ modificados para requisitos particulares con la *facturación* en tiempo real. El informe de la duración de los CDR o de la llamada proporciona una de las ventajas más grandes a los comerciantes y a los revendedores, dándoles la tarifa exacta que se cargará a cada cliente.

El hombre en cada etapa de su evolución se ha visto obligado a desarrollar nuevas soluciones y cada vez mas novedosas para comunicarse entre si, como una necesidad primaria de todo ser viviente. Estas soluciones han sido capaces de revolucionar y transformar la sociedad llevándolas hacia el desarrollo de nuevas tecnologías.

⁴ Multiplexación por División en Tiempo (siglas en inglés de Time Division Multiplexing).

⁵ Modo de Transferencia Asíncrona (siglas en inglés de Asynchronous Transfer Mode).

⁶ Registro de Detalle de la Llamada (siglas en inglés de Call Details Record). Registro de detalle para cada una de las llamadas entrantes o salientes los cuales son almacenados y separados por coma.

Los países desarrollados son los principales propulsores del desarrollo de las tecnologías de las telecomunicaciones y de la informática. El desarrollo de la sociedad depende en gran medida de la *autonomía* que tenga el país en cuanto a la gestión de las comunicaciones y de la gestión de la información. En Cuba se dan grandes pasos de avance en el campo de las comunicaciones, muy a pesar de las limitaciones impuestas por el bloque económico. La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA) es la principal impulsora del desarrollo en este campo.

La Universidad de las Ciencias Informáticas es el fruto de uno de los sueños de nuestro eterno Comandante en Jefe Fidel Castro y es la primera universidad surgida al calor de la Batalla de Ideas. En el centro se cuenta con una amplia infraestructura telefónica y de redes de datos. Junto con el incremento de la matrícula y los locales de beca, docencia, producción y servicios ha ido creciendo el número de terminales telefónicas y se ha ido ampliando la red.

Debido al tamaño de la institución y los recursos telemáticos puestos a disposición del personal es enorme la tarifa por concepto de llamadas internas que se debe subsidiar por la dirección de la universidad. Una solución viable sería la implantación de VoIP aprovechando inteligentemente la infraestructura de red ya existente y así reducir dicha tarifa, debido a que las soluciones telefónicas de VoIP son totalmente gratuitas. La desaparición de la central telefónica física evita también gastos de mantenimiento, gestión o actualización de los equipos, del mismo modo que evita a la universidad invertir en teléfonos ya que las terminales *analógicas* son válidas para la utilización del nuevo servicio. El inconveniente es que la conexión de Internet de *banda ancha* para el *enrutamiento* de las llamadas telefónicas seguiría generando gastos y ninguno de los sistemas de *facturación* existentes es capaz de controlar la *facturación* de este tipo de telefonía de una manera totalmente acorde con las regulaciones existentes en Cuba para los servicios de telecomunicaciones.

El **problema** se puede formular entonces de la siguiente manera: ¿Cómo se pueden facturar los servicios que en la actualidad se implementan sobre VoIP en la red?

Por tanto el **objeto de estudio** será: Redes de Voz sobre IP. Servicios que se implementan en la actualidad sobre la red. Mecanismo de Facturación para los servicios de las telecomunicaciones.

Como **campo de acción**: Mecanismo de Facturación de los servicios implementados sobre VoIP en la red.

Como **objetivo de la investigación** se plantea: Proponer un mecanismo de *facturación* de los servicios implementados sobre VoIP en la red.

Para cumplir el objetivo de la investigación se llevaran a cabo las siguientes tareas:

1. Realización de un estudio sobre la tecnología de Voz sobre IP.
2. Realización de un estudio sobre los servicios que se implementan en la actualidad en las redes de Voz sobre IP.
3. Realización de un estudio sobre los mecanismos de *facturación* para servicios sobre VoIP existentes.
4. Realización de un estudio sobre los mecanismos de *enrutamiento* de paquetes en las redes.

El presente trabajo contribuye a fomentar el estudio de la tecnología de VoIP en la universidad, las distintas formas de *facturación* de sus servicios y propone un nuevo mecanismo de *facturación* para aprovechar aún más los recursos computacionales existentes.

Para ello se ha estructurado en cuatro capítulos:

Capítulo 1 Fundamentación Teórica. Aborda los conceptos fundamentales asociados al servicio de VoIP y *facturación*, sus características, funcionamiento y principales ventajas.

Capítulo 2 Facturación de servicios implementados sobre VoIP. Aborda los conceptos fundamentales de la *facturación* electrónica y las características de algunos sistemas de tarificación existentes para la *facturación* de los servicios que presta VoIP.

Capítulo 3 *Enrutamiento* de paquetes. Aborda los conceptos fundamentales del *enrutamiento* de los paquetes en la red, los algoritmos, sus características y clasificaciones así como los *protocolos* utilizados.

Capítulo 4 Propuesta de mecanismo de *facturación* para servicios VoIP. Se plantea una propuesta sobre los puntos que se deben tener en cuenta para la *facturación* de los servicios que presta VoIP ajustándose a las *legislaciones* vigentes en Cuba.

CAPITULO 1: FUNDAMENTACION TEORICA

1.1. Introducción

La VoIP no es más que la convergencia entre los servicios tradicionales de transmisión de datos por la red y los servicios de voz. Es la contrapuesta de la telefonía tradicional ya que no se basa en la *conmutación*. Ofrece una amplia lista de nuevos servicios que va aumentando con el desarrollo de nuevas y novedosas tecnologías. Ha llegado para quedarse gracias a las ventajas que ofrece sobre todo en la reducción de los costos de las llamadas.

En este capítulo se presenta la tecnología VoIP (Voz sobre IP), las principales características que presenta, sus componentes, funcionamiento, destacando su importancia, sus ventajas y desventajas dentro del mundo de las telecomunicaciones y también se describen diferentes soluciones tecnológicas basadas en ella. Por otra parte está el tema de la *facturación* de los servicios. En este capítulo se hace un breve resumen de las características de la *facturación*, qué es y sus antecedentes, los retos inmediatos y los requisitos y se presentan algunas soluciones o sistemas de *facturación*.

1.2. Tecnología VoIP

1.2.1. Antecedentes de VoIP

En los últimos años las señales digitales han mantenido un gran predominio sobre las *analógicas* debido a las grandes ventajas que ofrecen. A partir del surgimiento del Internet la red IP comenzó a desarrollarse exponencialmente. Poco a poco la información que se buscaba transmitir empezó a ser más demandante, al grado de las aplicaciones populares como un Chat, que no solo comunica a dos usuarios por medio de mensajes escritos en tiempo real, sino que también les otorgaba la oportunidad de establecer una conversación oral y visual con solo una PC, micrófonos, bocinas, cámara web y una conexión a Internet.

Llegó un momento en el que por la red viajaban datos *multimedia* como videoconferencias a buena tasa de transmisión y mostraron una fuerte evolución en las comunicaciones digitales. Fue así como surgió la idea de implementar una red IP con los requisitos necesarios para necesarios para que pudiera viajar la voz.

1.2.2. ¿Qué es VoIP?

Voice over IP o Voz sobre IP, también conocida como VoIP, Telefonía IP o telefonía de Internet se trata de la tecnología que permite la conexión de conversaciones de voz sobre Internet o red de ordenadores. VoIP utiliza una conexión de Internet de *banda ancha* para el *enrutamiento* de las llamadas telefónicas, en contraposición a los convencionales de *conmutación* de fibra óptica y alternativas. Se pueden realizar llamadas telefónicas a cualquier lugar del mundo, tanto a números VoIP como a personas con números telefónicos fijos o móviles.

Esta novedosa tecnología permite encapsular la voz en paquetes para poder ser transportados sobre redes de datos sin necesidad de disponer de los circuitos conmutados convencionales PSTN. Estas redes telefónicas fueron desarrolladas para transmitir las conversaciones vocales y se basaban en el concepto de *conmutación* de circuitos. Basados en este principio la realización de una comunicación requiere el establecimiento de un circuito físico durante el tiempo que dura la llamada. En cambio, la telefonía IP no utiliza circuitos para la conversación, sino que envía múltiples conversaciones a través del mismo canal codificadas en paquetes y flujos independientes. Cuando se produce un silencio en una conversación, los paquetes de datos de otras conversaciones pueden ser transmitidos por la red, lo que implica un uso más eficiente de la misma.

Las nuevas tecnologías VoIP son la alternativa más demandada en los últimos años debido a los avanzados servicios que pueden ofrecer. Características tales como recepción de mensajes de voz en las cuenta de correo personales (voicemail), el inicio llamadas de conferencias protegidas por contraseña para llamar, identificar llamadas entrantes y transferirlas a los usuarios apropiados, etc. son servicios básicos. Puesto que estas características son módulos de software que funcionan sobre un servidor estándar, básicamente no hay limitaciones a desarrollar nuevas funciones y características. La telefonía tradicional puede ofrecer tales posibilidades pero a precios elevados, mientras que los proveedores de VoIP lo ofrecen como un servicio básico.

Este proceso representa una gran promesa en la prestación de mayor eficiencia y menor costo para los consumidores de comunicación. Un aspecto interesante de la tecnología es que, para el usuario, no se requiere de infraestructura a gran escala. Sobre todo es la combinación de la funcionalidad de Internet y un teléfono convencional en un único servicio con un mínimo de hardware y software de soporte.

La mayor ventaja de VoIP es que los clientes pueden realizar llamadas desde cualquier lugar del mundo en que una conexión de Internet de *banda ancha* está disponible. Los clientes pueden tener sus teléfonos IP o ATA's⁷ con ellos en viajes nacionales e internacionales y aún puede administrar el acceso a lo que es esencialmente una línea de teléfono doméstica. Luego están los *softphone*, que es una aplicación de software que carga los servicios de VoIP en el escritorio o portátil. Algunos incluso simulan un *interfaz* que parece un teléfono, con el que puede poner las llamadas VoIP a cualquier lugar en el mundo, a través de un estándar de conexión de *banda ancha*.

La mayoría de los servicios de VoIP vienen con la identificación de llamadas, llamada en espera, transferencia de llamada, remarcado y características de marcación de tres vías. Como funciones adicionales, están el filtrado de llamadas, reenvío de llamada, o envío de llamadas directamente al correo de voz, y el proveedor de servicios puede evaluar una tasa adicional. La mayoría de los servicios de VoIP permiten a los usuarios comprobar su buzón de voz por Internet o adjuntar mensajes a un mensaje de correo electrónico que se envía a su PDA⁸ o PC.

1.2.3. Principales componentes de VoIP

Existen tres componentes en la tecnología VoIP: el cliente, los servidores y los *gateways* (puertas de acceso).

❖ Cliente

- Establece y termina las llamadas.
- Codifica empaqueta y transmite la información de salida generada por el micrófono del usuario.
- Recibe decodifica y reproduce la información de voz de entrada a través de los altavoces o audífonos del usuario.
- El cliente se presenta en dos formas básicas:

⁷ Adaptador de Teléfono Analógico (siglas en inglés de Analog Telephone Adapter). Dispositivo que sirve para conectar uno o más teléfonos estándar analógico a un sistema telefónico digital y / o no-estándar, como VoIP basados en red.

⁸ Asistente Personal Digital (Personal Digital Assistant). Es un ordenador de mano, también conocido como pequeños o de bolsillo.

- Una suite de software corriendo en una PC que el usuario controla mediante una *interfaz grafica de usuario (GUI)*.
- Puede ser un cliente virtual que reside en el *gateway*.

❖ Servidores

Manejan un amplio rango de operaciones, las cuales incluyen validación de usuario, tasación, contabilidad, tarificación, recolección y distribución de utilidades, *enrutamiento*, administración general del servicio, carga de clientes, control del servicio, registro de usuarios, servicio de directorios y otros.

❖ Gateways

Proporcionan un puente entre los mundos de la telefonía tradicional y la telefonía sobre Internet; es decir, permiten a los usuarios comunicarse entre sí. La función principal de *gateway* es proveer las interfaces apropiadas para la telefonía tradicional, funcionando como una plataforma para los clientes virtuales. Los *gateways* juegan un papel importante también en la seguridad de acceso, la contabilidad, el control de la calidad de servicio (QoS⁹) y en el mejoramiento del mismo.

1.2.4. Protocolos.SIP

VoIP es una tecnología que aún no tiene un estándar universal, por lo que en ausencia de estándares globales, los fabricantes han privilegiado el uso de *protocolos* propietarios que ha hecho difícil la *interoperabilidad* e integración entre dispositivos. Sin embargo, a pesar de ello con el tiempo se ha extendido la utilización de cuatro *protocolos* estándares de *señalización*: H.323¹⁰, SIP¹¹, Megaco¹² (H.248) y MGCP¹³, siendo los dos primeros los más utilizados en la actualidad.

El *protocolo* SIP es la alternativa del IETF¹⁴ (Internet Engineering Task Force) al estándar H.323 del ITU-T¹⁵ para el control de sesiones *multimedia* sobre redes IP. SIP utiliza una arquitectura genérica

⁹ Calidad de Servicio (siglas en inglés de Quality of Service).

¹⁰ Estándar de la ITU-T para voz y videoconferencia interactiva en tiempo real en redes de área local, LAN, e Internet.

¹¹ Protocolo de Inicio de Sesión (siglas en inglés de Session Initiation Protocol).

¹² Control de Pasarela de Medios (siglas en inglés de Media Gateway Control).

¹³ Protocolo de Control de Pasarela de Medios (siglas en inglés de Media Gateway Control Protocol).

¹⁴ Grupo de Trabajo de Ingeniería de la Internet (siglas en inglés de Internet Engineering Task Force).

apoyada en un modelo cliente/servidor y realiza el intercambio de información a través de mensajes textuales.

SIP es un *protocolo de señalización* para el inicio, mantenimiento y término de una sesión *multimedia* (voz y video), a través de una red de paquetes. El *protocolo* de iniciación de sesión (SIP) es un *protocolo de señalización* para crear, modificar, y terminar sesiones con unos o más participantes. Estas sesiones incluyen llamadas telefónicas por Internet, distribución de datos *multimedia*, y conferencias *multimedia*. SIP puede ser empleado en servicios de control de llamadas, movilidad, presencia y también para permitir la *interoperabilidad* con los sistemas telefónicos existentes. SIP actúa como transportador del SDP¹⁶, el cual describe el contenido de media de la sesión (puertos IP usados, *codec*, etc.).

El SIP hace uso de elementos llamados *servidores Proxy* para ayudar a encaminar peticiones a la localización actual del usuario, a autenticar y a autorizar a usuarios para los servicios, implementar políticas de *enrutamiento*, y proporcionar servicios a los usuarios. El SIP también proporciona una función de registro que permite que los usuarios indiquen sus localizaciones actuales para ser usadas por los *servidores Proxy*. SIP funciona por encima de diversos *protocolos* del transporte.

SIP es como HTTP¹⁷, el *protocolo* de web, o SMTP¹⁸. Los mensajes consisten de encabezados y un cuerpo de mensaje.

- El SIP es un *protocolo* basado en texto que utiliza la codificación Utf-8¹⁹.
- Las aplicaciones SIP usan el puerto 5060 para ambos UDP²⁰ y TCP²¹. SIP puede utilizar otros transportes.

¹⁵ Unión Internacional de Telecomunicaciones (siglas en inglés de International Telecommunication Union).

¹⁶ Protocolo de Descripción de Sesión (siglas en inglés de Session Description Protocol). SIP lo utiliza para describir las capacidades multimedia de los participantes en la llamada y negociar un conjunto común de capacidades multimedia a utilizar.

¹⁷ Protocolo de Transferencia de hipertexto (siglas en inglés de HyperText Transfer Protocol). Es el protocolo usado en cada transacción de la Web (WWW).

¹⁸ Protocolo Simple de Transferencia de Correo (siglas en inglés de Simple Mail Transfer Protocol). Protocolo de red basado en texto utilizado para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras o distintos dispositivos.

¹⁹ Formato de transformación Unicode de 8bit (siglas en inglés de 8-bit Unicode Transformation Format). Es una norma de transmisión de longitud variable para caracteres codificados utilizando Unicode

❖ Funciones de señalización

- Establecer, modificar y finalizar llamadas/sesiones.
- Registro y localización de participantes. Movilidad.
- Gestión del conjunto de participantes y de los componentes del sistema.
- Descripción de características de las sesiones y negociación de capacidades de los participantes.

❖ Arquitectura de los sistemas SIP

- Integrada en la infraestructura Web.
- Modelo cliente – servidor.
- Mensajes de petición y respuesta.
- Reutiliza conceptos de otros servicios (web, correo, DNS²²).
- Agentes de usuario: son los sistemas finales, capaces de iniciar o terminar una sesión SIP. Para realizar estas dos funciones, tiene dos partes: *agente de usuario cliente (UAC)* y *agente de usuario servidor (UAS)* que realizan las funciones necesarias para iniciar o terminar una sesión, respectivamente.
- Servidores: son elementos opcionales que pueden actuar como sistemas intermedios en una sesión SIP entre dos o más agentes de usuario. Su función principal es facilitar el enrutamiento hacia el destino solicitado.

❖ Servidores SIP

Permiten completar el establecimiento de sesiones en situaciones en las que el interlocutor llamante desconoce la ubicación exacta del llamado (o su dirección IP exacta). Estas situaciones se

²⁰ Protocolo de Datagramas de Usuario (siglas en inglés de User Datagram Protocol). Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.

²¹ Protocolo de Control de Transmisión (siglas en inglés de Transmission Control Protocol). Protocolo de comunicación que permite comunicarse a los ordenadores a través de Internet. Asegura que un mensaje es enviado completo y de forma fiable. Es un protocolo orientado a conexión.

²² Sistema de Nombres de Dominio (siglas en inglés de Domain Name System). Es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes como Internet.

producen cuando el llamado está tras una red privada o no posee una localización fija. Los servidores dan soporte a la movilidad de usuarios SIP. Existen varios tipos de servidores:

- **Servidor de registro:** Acepta peticiones de registro de las UAC, actualizando la información relativa a cada uno de ellos en una base de datos de localización.
- **Servidor procurador:** Recibe peticiones de inicio de sesión, encargándose de reenviarla hacia el siguiente sistema SIP (servidor o UAC).
- **Servidor de redirección:** Similar a un servidor procurador pero no cursa directamente la invitación hacia el siguiente sistema SIP, sino que informa al llamante de la nueva dirección del destino (código 3XX).
- **Servidor de agente de usuario (UAS):** Es el cuarto tipo de servidor.

❖ Servicios sobre SIP

Uno de los principales alicientes de SIP es la gran flexibilidad para soportar servicios. Algunos de estos servicios son similares a los servicios suplementarios que ofrece la red telefónica en un entorno IP, pero otros son completamente nuevos (ejemplo, el servicio “*click to call*” ligado a una página web).

Para facilitar la creación y desarrollo de nuevos servicios sobre SIP, en terminales y servidores, existen varios mecanismos parecidos a los que se utilizan en servicios de páginas web:

- **SIP CGI (Common Gateway Interface):** El concepto CGI fue desarrollado para permitir la integración de servicios sobre servidores web. El *interfaz* SIP CGI, (RFC 3050) permite invocar la ejecución de un programa (ejecutable, script en Perl) al satisfacer una condición determinada (ejemplo recibir un mensaje INVITE dirigido a un determinado usuario, la hora del día, si el usuario está libre, ocupado o no contesta, la prioridad de la llamada, el nombre del llamante, la empresa a la que pertenece, el idioma.)
- **SIP Applets/Servlets:** Es otro de los mecanismos utilizados en el soporte de las páginas web. Programas en Java que pueden ejecutarse en los clientes (applets) o en los servidores (servlets) y pueden interactuar con estos a través de un *interfaz* normalizado. Por tanto, un servicio SIP puede darse a través de la descarga de un applet en el terminal o asociando al usuario un servlet en el servidor SIP.
- **Sripts CPL (Call Processing Language):** Lenguaje textual de marcas, similar al HTML, definido por el IETF que permite especificar servicios a ejecutar en el servidor SIP proxy

(reenvío, redireccionamiento o rechazo, búsquedas en bases de datos, envío de e-mail), ligados a condiciones.

Aprovechando todas estas funcionalidades es posible desarrollar servicios muy variados: redirección de llamada, prohibición de llamadas salientes a ciertos números, dirigir automáticamente la llamada a una persona u otra en función del idioma, encaminar según prioridad, avisar por correo electrónico de las llamadas fallidas.

1.2.5. ¿ Cómo funciona VoIP?

Internet permite a cualquier usuario, que cuente con una PC equipada con sonido, iniciar llamadas desde un computador u ordenador y transmitir las por Internet a los *conmutadores* telefónicos de las empresas que prestan el servicio. Estos *conmutadores* transfieren la llamada al destino final automáticamente; ya sea que se trate de un teléfono, una PC o una máquina de fax. El resultado se traduce en comunicación de voz *full-duplex*, ininterrumpida y en tiempo real entre un originador y un destinatario.

La manera más común de utilizar VoIP es que el usuario final establece una conexión de *banda ancha* de alta velocidad, un *router* y una puerta de salida VoIP. En lugar de una línea telefónica estándar, el *router* envía las llamadas telefónicas a través de una conexión a Internet. La puerta de enlace de VoIP, ubicado en las inmediaciones de la conexión a Internet convierte las señales *analógicas* en formato digital, que se subdividen en pedazos más pequeños llamados "paquetes", antes de enviarlo a través de Internet, al igual que los datos y se transmiten desde y hacia una computadora. Estos paquetes se envían a su destino final y las instrucciones para llevar de vuelta en una forma comprensible, están contenidas en ellos.

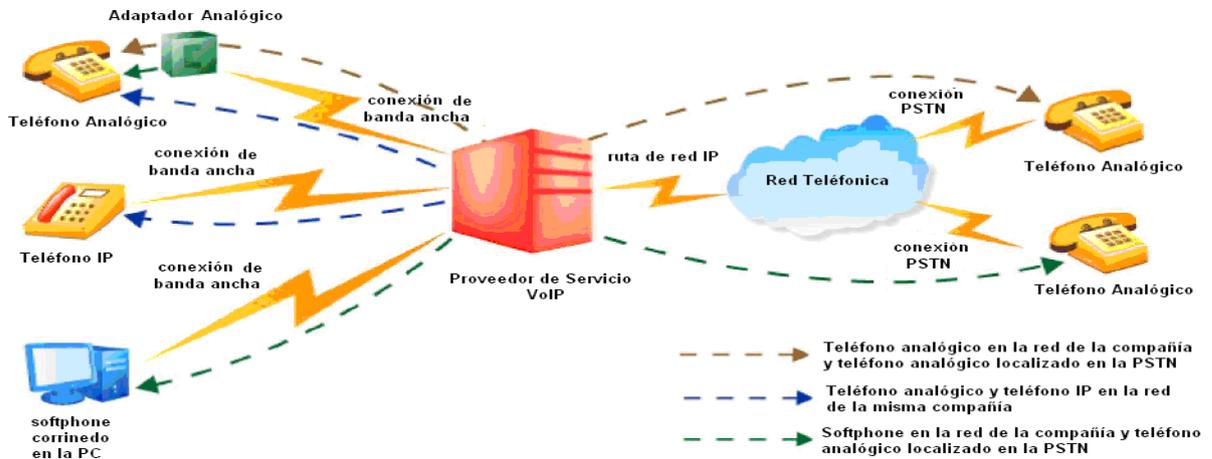


Fig. 1.1 Servicio VoIP.

❖ Pasos del funcionamiento

VoIP digitaliza la voz y la convierte en paquetes de datos que se enviados a través de la red y son reconvertidos a voz en el destino. El proceso es el siguiente:

- La señal *analógica* del teléfono es digitalizada a señales PCM²³ por medio de un codificador/decodificador de voz.
- Las muestras PCM son pasadas al algoritmo de compresión, el cual comprime la voz y la fracciona en paquetes que pueden ser transmitidos para este caso a través de una red privada WAN.
- Las muestras de PCM son descomprimidas mediante un algoritmo de decompresión.
- La señal digital es reconvertida a señal *analógica* y enviada la voz al teléfono que recibe la llamada.

²³ Modulación por Impulsos Codificados (siglas en inglés de Pulse Code Modulation). Es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

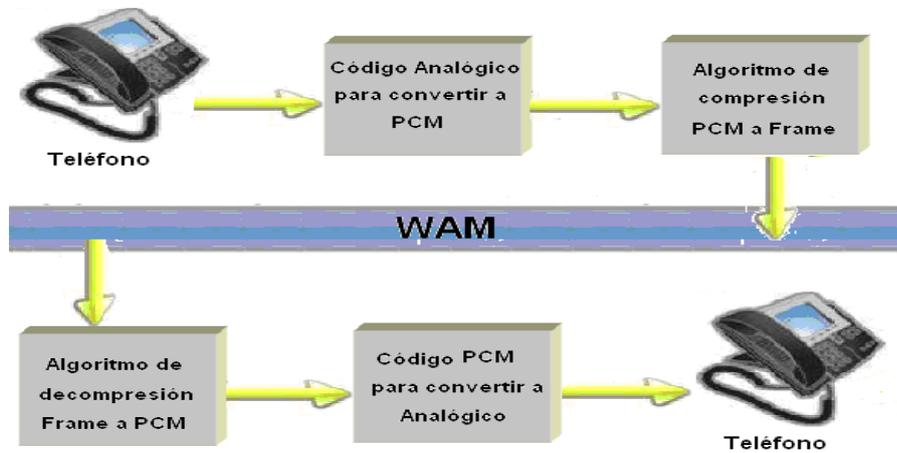


Fig. 1.2 Flujo de un circuito de voz comprimido.

Dependiendo de la forma en la que la red este configurada, el enrutador o el *gateway* puede realizar la labor de codificación, decodificación y/o compresión. Por ejemplo, si el sistema usado es un sistema analógico de voz, entonces el enrutador o el *gateway* realizan todas las funciones mencionadas anteriormente de la manera en que se puede observar en la siguiente figura:

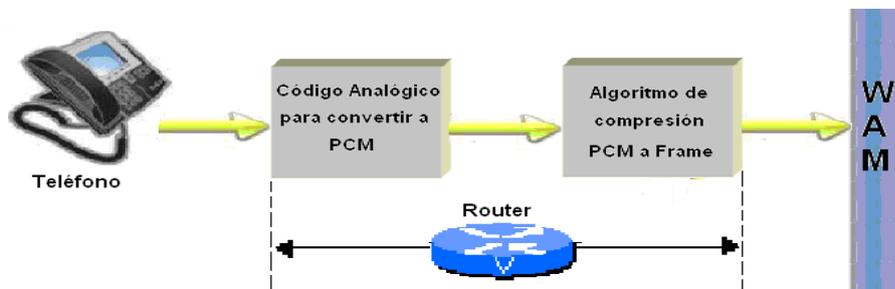


Fig.1.3 Uso del Router.

Si, por otro lado, el dispositivo utilizado es un PBX digital, es entonces este el que realiza la función de codificación y decodificación, y el enrutador solo se dedica a procesar las muestras PCM que le ha enviado el PBX²⁴:

²⁴ Centralita Telefónica Privada (siglas en inglés de Private Branch Exchange). Un sistema telefónico utilizado en compañías y organizaciones, privado por tanto, para manejar llamadas externas e internas.

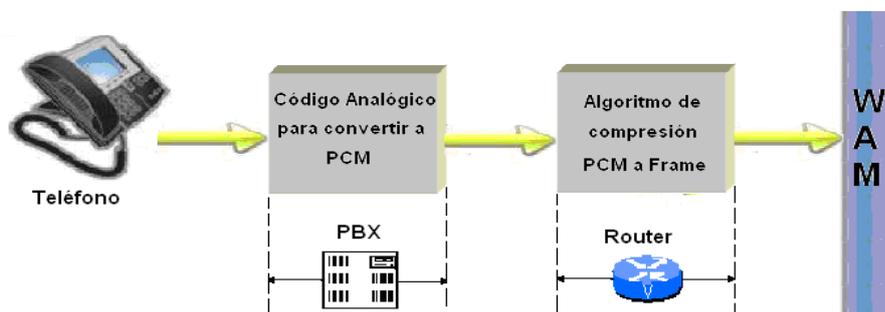


Fig. 1.4 Uso del Router y PBX.

Para el caso en el que el transporte de voz se realiza sobre la red pública de Internet, se necesita una *interfaz* entre la red telefónica y la red IP, el cual se denomina *gateway* y es el encargado en el lado del emisor de convertir la señal *analógica* de voz en paquetes comprimidos IP para ser transportados a través de la red, del lado del receptor su labor es inversa, dado que descomprime los paquetes IP que recibe de la red de datos, y recompone el mensaje a su forma *analógica* original conduciéndolo de nuevo a la red telefónica convencional en el sector de la última milla para ser transportado al destinatario final y ser reproducido por el parlante del receptor.

Es importante tener en cuenta también que todas las redes deben tener de alguna forma las características de direccionamiento, *enrutamiento* y *señalización*. El direccionamiento es requerido para identificar el origen y destino de las llamadas, también es usado para asociar clases de servicio a cada una de las llamadas dependiendo de la prioridad. El *enrutamiento* por su parte encuentra el mejor camino a seguir por el paquete desde la fuente hasta el destino y transporta la información a través de la red de la manera más eficiente, la cual ha sido determinada por el diseñador. La *señalización* alerta las estaciones terminales y a los elementos de la red su estado y la responsabilidad inmediata que tienen al establecer una conexión.

❖ Pasarela VoIP

Una *pasarela* VoIP es un dispositivo que convierte el tráfico de telefonía en IP para luego ser transmitido por una red de datos. Se usan de 2 formas:

Para **convertir líneas telefónicas PSTN entrantes en VOIP/SIP**: De esta forma, la *pasarela* VoIP permite recibir y realizar llamadas en la red normal telefónica.

Para **conectar una centralita tradicional/sistema telefónico con la red IP**: De esta forma, la *pasarela* VoIP permite realizar llamadas a través de VoIP. Luego, las llamadas se podrán realizar a través de un proveedor de servicios VoIP o, en el caso de una empresa con oficinas múltiples, se puede reducir el costo de las llamadas entre oficinas mediante el *enrutamiento* de las llamadas a través de Internet. Una *pasarela* VoIP tendrá un conector para la red IP y uno o más puertos para conectar las líneas telefónicas a ella.

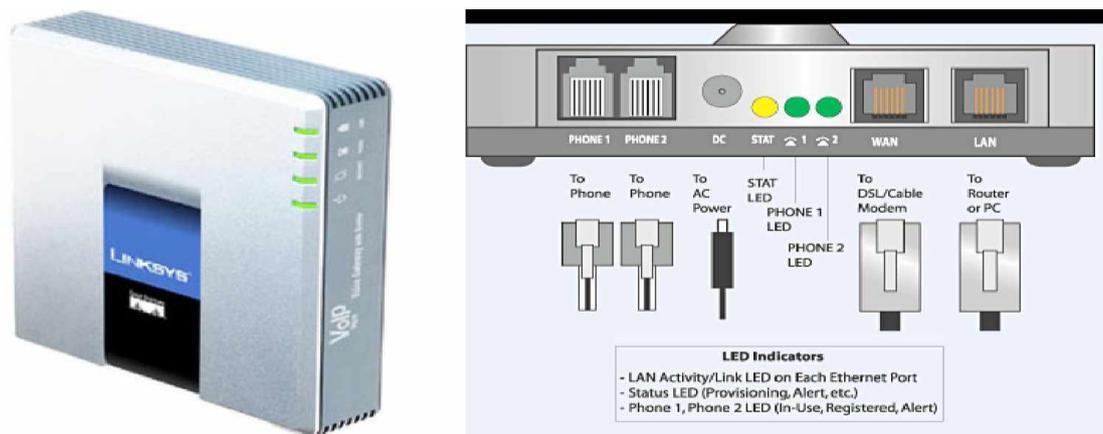


Fig.1.5 Pasarela VoIP analógica.

❖ Centralita IP: Cómo funciona un sistema telefónico VoIP

Una centralita telefónica VoIP/centralita telefónica IP se conforma por uno o más teléfonos SIP/teléfonos VoIP, un servidor de centralita IP y opcionalmente una *pasarela* VoIP. El servidor de centralita IP es similar a un *servidor proxy*: los clientes SIP, bien se trate de teléfonos virtuales o de teléfonos basados en hardware, se registran en el servidor de la centralita IP y cuando desean realizar una llamada, le solicitan a la centralita IP que establezca la conexión. La centralita IP posee un directorio de todos los teléfonos/usuarios y su correspondiente dirección SIP y por ello puede conectar una llamada interna o encaminar una llamada externa a través de una *pasarela* VoIP o un servidor de VoIP.

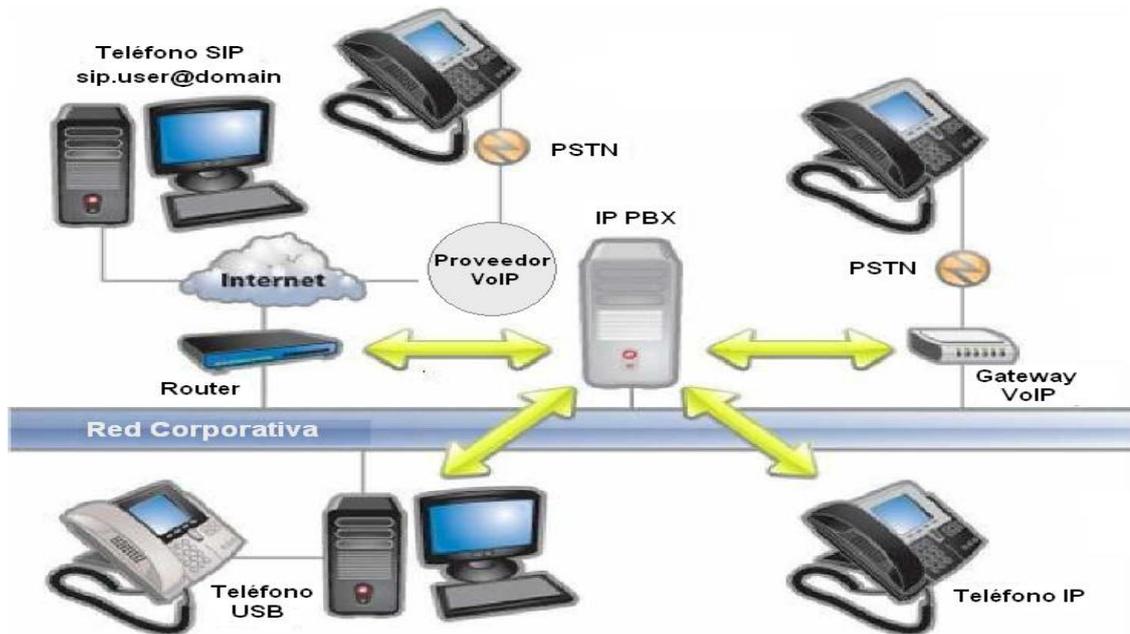


Fig. 1.6 Centralita IP.

1.2.6. Teléfonos VoIP

Existen tres métodos de conexión a una red de VoIP:

- El uso de un teléfono VoIP (1.6.1).
- El uso de un teléfono "normal" con un adaptador de VoIP (1.6.2).
- El uso de un ordenador con altavoces y un micrófono (1.6.3).

❖ Teléfono SIP basado en hardware

Un teléfono SIP basado en hardware tiene la apariencia de un "teléfono" normal y actúa como tal. Sin embargo, se conecta directamente a la red de datos. Estos teléfonos tienen un mini-concentrador integrado para que puedan compartir la conexión de red con el ordenador.



Fig. 1.7 Teléfono SIP basado en hardware.

❖ Teléfono analógico con adaptador ATA

Un adaptador ATA le permite enchufar la clavija de red Ethernet en el adaptador y luego enchufar el teléfono convencional en el adaptador. De esa forma, su teléfono aparecerá en el software del sistema telefónico VoIP como un teléfono SIP normal.



Fig. 1.8 Adaptador ATA.

❖ Teléfonos SIP basados en aplicaciones

Un teléfono SIP basado en aplicaciones, es un software que utiliza el micrófono y los altavoces de su ordenador, o auriculares conectados, para permitirle realizar o recibir llamadas. Por ejemplo, un

teléfono con USB que se enchufa al puerto USB de un ordenador y mediante el uso de un software para teléfono VoIP/SIP funciona igual que un teléfono.



Fig. 1.9 Teléfonos VoIP con USB.



Fig. 1.10 Teléfonos móviles con Tecnología WIFI 3G GPRS – UMTS.

1.2.7. Tipos de llamadas VoIP

Las llamadas telefónicas VoIP se puede realizar ya sea a otros dispositivos de VoIP, o telefonía a la normalidad en la PSTN. Existen varios tipos de llamadas utilizando la tecnología VoIP:

- **PC a teléfono:** efectúa llamadas *full-duplex* y en tiempo real a cualquier lugar del mundo desde un escritorio.
- **PC a PC:** conduce conversaciones de voz en tiempo real desde un escritorio a otra PC.
- **PC a fax:** envía facsímiles desde un escritorio a prácticamente cualquier máquina de fax del mundo.

- **Mensajería:** envía, graba y escucha mensajes de correo electrónico de voz en forma gratuita.
- **Chat por voz de ICQ:** permite conversar con los amigos en ICQ en tiempo real y en forma gratuita.

1.2.8. Por qué migrar hacia VoIP. Principales ventajas

Más y más empresas hoy reciben su servicio de telefonía a través de Internet en lugar de la compañía de teléfonos tradicionales. Muchas empresas también están utilizando su amplia infraestructura de red local interna para sustituir a las redes telefónicas. Esta migración a una única red de voz se llama convergencia, y está revolucionando el mundo de las telecomunicaciones por la *autonomía* de los usuarios y la reducción de los costos. VoIP ha avanzado la telefonía basada en Internet hacia una solución viable, aumentando el interés de las empresas pequeñas y grandes.

La razón principal para la migración a VoIP para el servicio de telefonía es la reducción de costos, ya que iguala los costos de las llamadas de larga distancia, llamadas locales, y mensajes por correo electrónico a fracciones de un centavo por el uso. Pero el verdadero cambio en la empresa es debido a que VoIP autoriza a las empresas a moldear y personalizar las soluciones de telecomunicaciones y la red de datos mediante una única plataforma coherente.

Se puede apreciar también como las centralitas o Call Center se han convertido en una herramienta indispensable para gran variedad de empresas cuyo compromiso incluye un trato continuado y cuidadoso con sus clientes. Con la tecnología VoIP las empresas pueden ofrecer servicios adicionales con sólo disponer de conexión de *banda ancha* a Internet donde administrar:

- Eficaces *Call Centers* virtuales automatizados y de sencillo manejo.
- Soporte telefónico para sus clientes por medio de menús interactivos.
- Colaboración de grupos de trabajo gracias a las salas de conferencia virtuales.

Todo ello sin costosos desvíos de llamadas ni infraestructuras de *Call Centers* y con las ventajas de movilidad geográfica de sus usuarios, sin mencionar su facilidad de uso.

❖ Movilidad

Los números fijos de la red telefónica tradicional están siempre ligados con su domicilio geográfico. Con VoIP esta limitación desaparece. Los usuarios finales podrán acogerse a las ventajas de servicios VoIP en cualquier lugar siempre que tenga acceso a:

- Conexión a Internet propia. El teléfono VoIP no siempre tiene que estar instalado fijo en ningún lugar geográfico, usted puede conectarlo hoy en la oficina y mañana en la casa.
- Otros accesos de conexión a Internet WIFI²⁵ / GPRS²⁶ / 3G²⁷ / UMTS²⁸.
- Configuración del software telefónico para que apunte a la dirección IP pública del servidor.
- El software PBX necesario para la autenticación de datos (usuario y contraseña).

❖ Portabilidad

VoIP permite a los usuarios finales la portabilidad y atender su actual número telefónico fijo cuando:

- Se cambian desde un teléfono tradicional al sistema VoIP.
- Se cambian entre diferentes cuentas VoIP (carriers).
- Se cambian al uso profesional para desvíos y transferencias avanzadas de llamadas VoIP.

❖ Calidad de la voz

La calidad de las transmisiones de voz a través de redes IP depende de varios factores controlables como el *codec* de salida, la *latencia*, el control de la calidad del servicio y el tráfico de paquetes. Cuando se realiza una llamada por la vía convencional a larga distancia es necesario implementar amplificadores y repetidores que a su vez amplifican el ruido que aparece en las líneas, con VoIP esto desaparece ya que el sonido es filtrado para evitar las interferencias y los ruidos.

²⁵ Es una abreviatura de Wireless Fidelity. Es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más utilizada hoy en día.

²⁶ Es un servicio de datos móvil orientado a paquetes (siglas en inglés de General Packet Radio Service).

²⁷ Se utiliza esa abreviatura para denominar las comunicaciones móviles de tercera generación.

²⁸ Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (siglas en inglés de Universal Mobile Telephone System).

❖ Disponibilidad y confianza

La red de VoIP dispone de sistemas de energía de reserva para seguir siendo operacional durante un fallo de suministro. Se configuran servidores en espera que almacenarán la copia actual del sistema de telefonía, para cuando el servidor principal falle, el sistema pueda recuperarse en una cuestión de segundos cambiando a los servidores que se mantiene en stand-by. Las llamadas entrantes con localización de reserva, se remiten automáticamente en el caso por ejemplo, de un desastre natural.

❖ Seguridad

VoIP trata las comunicaciones de voz como comunicaciones de datos. Por lo tanto, las configuraciones de seguridad básicas que afectan VoIP son las mismas que las que afectan a las comunicaciones de datos sobre las redes IP. El primer paso para asegurar las comunicaciones de VoIP es usar los mecanismos de defensa tales como cortafuegos, cifrados, etc.

❖ Integración Computadora-Teléfono (CTI)

Los proveedores de servicios de VoIP están elaborando e implementando las nuevas características de la aplicación de CTI (Computer Telephony Integration). Por ejemplo, los clientes de VoIP pudieran recibir sus mensajes de voz en el correo electrónico como archivos adjuntos .WAV. Esto puede hacer que la gestión de mensajes de correo de voz sea mucho más fácil y de mayor alcance, ya que permite a los destinatarios archivar o enviar mensajes de voz a cualquier persona con una dirección de correo electrónico.

1.2.9. Desventajas de VoIP en la red

- Puede haber un empeoramiento en la calidad de voz.
- VoIP es susceptible a virus, gusanos y hacking, a pesar de que esto es muy raro.
- Transportan la información dividida en paquetes, por lo que una conexión suele consistir en la transmisión de más de un paquete. Estos paquetes pueden perderse, y además no hay una garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación.
- Internet, generalmente es poco confiable para transportar voz de alta calidad telefónica, porque los actuales *protocolos* TCP/IP no proveen reservas de *ancho de banda* ni garantizan la calidad del servicio. Por consiguiente, la calidad de las llamadas sobre IP

serán adversamente afectadas por la congestión de la red que origina que los paquetes se tarden o se pierdan.

- Se debe resaltar que así como PSTN, VoIP no puede prestar servicio a todos sus clientes (por ejemplo, una llamada GSM²⁹ no puede manejar más de algunos cientos o un par de miles de clientes).
- El servicio está restringido a redes privadas (y en consecuencia a pocos usuarios), ya que en un ambiente como una red pública de Internet, los niveles de calidad telefónica son bajos pues tal red no puede proveer anchos de banda reservados ni controlar la dramática fluctuación de carga que se presenta. Al ocupar un *ancho de banda* constante el número de operadores conectados puede ser limitado.
- El control de congestión de TCP hace reducir la ventana de transmisión cuando detecta pérdida de paquetes, y el audio y el video son aplicaciones cuya tasa de transferencia no permite disminuciones de este tipo en la ventana de transmisión.

1.2.10. Soluciones tecnológicas basadas en VoIP

❖ Centralita telefónica VoIP. Software PBX IP

Una centralita telefónica VoIP se conforma por uno o más teléfonos SIP o teléfonos VoIP, teléfonos fijos o móviles, un servidor de centralita VoIP y opcionalmente una *pasarela* VoIP. El PBX IP es la centralita virtual VoIP, la base del sistema. El uso del software pone en funcionamiento las herramientas básicas de un hardware tradicional PBX así como los servicios digitales de última generación. Básicamente, actúa como una centralita telefónica automática que conecta a usuarios. El sistema PBX IP ³⁰ puede ser controlado desde la red usando el panel de control del software. Desde una IP o URL ³¹ podrá gestionar las características de ejecución, las conexiones y claves de acceso para múltiples usuarios. La *interfaz* de la administración permite:

²⁹ Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (siglas en inglés de Global System for Mobile Communications). Es un sistema estándar para comunicación utilizando teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.

³⁰ Centralita Privada basada en IP (siglas en inglés de Internet Protocol Private Branch Exchange).

³¹ Localizador Uniforme de Recursos (siglas en inglés de Uniform Resource Locator). Es una secuencia de caracteres, de acuerdo a un formato estándar, que se usa para nombrar recursos, como documentos e imágenes en Internet, por su localización.

- Una sencilla configuración del PBX para cubrir las necesidades de cliente.
- Conocimiento mínimo sobre servicios de la telefonía en general y ningún conocimiento del sistema PBX.
- El número de minutos facturados al cliente así como otros parámetros de espacio en disco usado, el uso del sistema, etc. son controlados y registrados por el sistema.
- La generación de informes completos. Pueden consultar informes del tráfico consumido y del coste de la llamada en tiempo real, visualizar, descargar y exportar a formatos como Excel, consumos de recursos, grabaciones de llamada y escucha, y muchas más opciones están disponibles desde el panel de control.

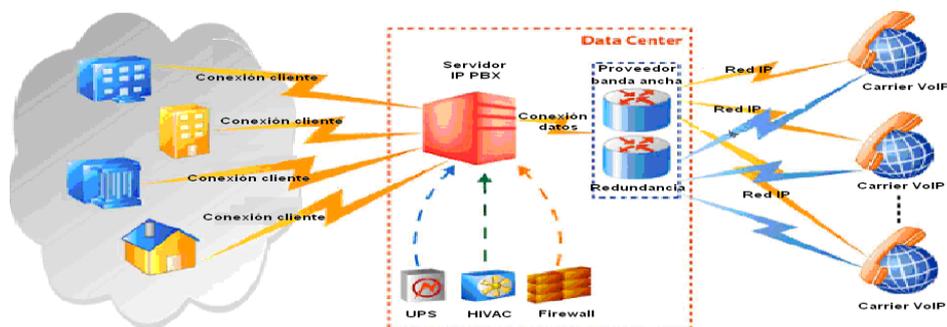


Fig. 1.10 PBX IP.

Un sistema de infraestructura básico necesario requiere un servidor con conexión a Internet de *banda ancha* y el alojamiento del software PBX IP exclusivamente para la inclusión de uno o más operadores de VoIP (VoIP Carriers), ideal para ofrecer servicios de la telefonía a varias oficinas y empresas múltiples.

- **Servidor:** Una máquina exclusiva para ejecutar el software PBX IP.
- **Red IP:** Conecta los teléfonos al PBX IP y el PBX IP a los proveedores VoIP.
- **Teléfono tradicional analógico con adaptadores VoIP:** Los adaptadores convierte la señal de voz a transmisiones de datos digital y lo envía a una red IP.
- **Teléfono IP:** Dispositivos parecidos a los teléfonos tradicionales que conecta al PBX por red IP.
- **Software Telefónico:** Aplicaciones de Software para las PCs y las PDAs.

❖ Stonevoice

Algunas de las funcionalidades que incorporan las soluciones de Stonevoice son: gestión de llamadas, mensajería, *facturación*, integración de fax, opciones IVR³² flexibles y música en espera, entre otras.

Además, es la herramienta óptima ya que cuenta con:

- Una plataforma común lo que permite que todos los usuarios y los parámetros comunes del sistema se configuren y administren a través de una plataforma única.
- Servicio de mensajería unificada, que proporciona un correo de voz personal con gestión avanzada de mensajes y funciones de consulta vía web, correo electrónico, teléfono IP, PSTN y mensajes SMS³³.
- Informe detallado para recoger y analizar los detalles de las llamadas (CDR).
- Operadora automática avanzada.
- Directorios configurables, para que los usuarios puedan importar y añadir contactos y organizarlos en carpetas mediante un simple *interfaz* web.
- Gestión completa de audio, lo que permite la gestión de un fichero de archivos musicales codificados adecuadamente y preparados para seleccionarlos como música activa de espera para el sistema CallManager Express.

❖ Centralita virtual AI-Pi

El nuevo servicio de telefonía IP para *pymes* de AI-Pi comporta una reducción significativa del coste de las llamadas, además incluye llamadas gratuitas entre los clientes del servicio, que también pueden contratar diferentes modalidades de tarifas planas de voz para controlar los gastos de su factura, o bien optar por la *facturación* por consumo medio. La centralita cuenta con múltiples funcionalidades:

³² Respuestas de Voz Interactiva (siglas en inglés de Interactive Voice Response). Conjunto de mensajes de voz y marcación de tonos desde un teléfono, de este modo se obtiene información del usuario llamante que en el destino sirve para la autenticación e identificación del mismo.

³³ Servicio de Mensajes Cortos (siglas en inglés de Short Message Service). Es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos entre teléfonos móviles, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano.

- La Centralita Virtual proporciona a los usuarios todas las funcionalidades de un servicio avanzado de centralita alojada en la red avanzada que ofrece la tecnología IP.
- Plan de numeración de extensiones corta.
- Servicios avanzados de voz (identificación de llamadas, llamada en espera, transferencia de llamadas, conferencia entre tres y desvío de llamadas).
- Buzón de Voz.
- Menú guiado por voz (IVR).

❖ Asterisk

Es una PBX IP de código abierto que posee diversos módulos con los cuales es posible operar como una simple centralita IP, como *Gateway*, como *MediaServer*, etc. Asterisk si bien originalmente fue desarrollado para el sistema operativo Linux, en la actualidad también funciona en BSD³⁴, *MacOSX*, *Solaris* y *Microsoft Windows*, aunque en su plataforma nativa Linux es la mejor soportada de todos.

Asterisk posee muchas características y funcionalidades solo disponibles en costosos sistemas PBX propietarios tales como: conferencias, IVR, buzón de voz, distribución automática de llamadas, etc. Es posible agregar nuevas funcionalidades por medio de una colección de contextos llamados "*dialplan*", los cuales son escritos en un lenguaje de "script" propio de Asterisk o agregando módulos escritos en lenguaje C o en otro lenguaje de programación que Linux soporte.

Asterisk se instala en una plataforma computacional de hardware tradicional al cual se pueden agregar en los *slots PCI*, tarjetas con interfaces digitales (E1 y T1)³⁵ para conectar directamente a la PSTN o tarjetas con interfaces *analógicas* (POTS³⁶, FXS³⁷ y FXO³⁸) para conectar a una línea

³⁴ Distribución de Software Berkeley (siglas en inglés de Berkeley Software Distribution). Se utiliza para identificar un sistema operativo derivado del sistema Unix

³⁵ Formatos de transmisión digital comúnmente usados en conexiones de Proveedores de Servicios de Internet (ISP) hacia la Internet.

³⁶ Servicio telefónico Ordinario Antiguo (siglas en inglés de Plain Old Telephone Service).

³⁷ Tarjeta de Intercambio (siglas en inglés de Foreign Exchange Station). Tarjetas para conectar teléfonos analógicos normales a un ordenador y, mediante un software especial, realizar y recibir llamadas hacia el exterior o hacia otros interfaces FXS. Conectan un ordenador a la Red Telefónica Conmutada.

telefónica tradicional o simplemente a teléfonos analógicos. A nivel de administración del Asterisk, existe Free PBX, la cual es una aplicación vía web que permite crear y gestionar de manera autónoma la PBX IP, como por ejemplo, manejar las extensiones y efectuar llamadas internas, sin pasar por el operador telefónico, entre otras cosas.

❖ SER

Es un servidor de VoIP basado en el *protocolo* SIP a través del cual es posible construir una infraestructura de telefonía IP a gran escala. En un esquema SIP, puede operar como Servidor de Registro, *Servidor Proxy*, Servidor Redirect, etc. La ventaja principal es que al ser código abierto mantiene un espacio para nuevos *plug-in* para nuevas aplicaciones. Al operar con el estándar SIP, hace fácil su *interoperabilidad* con otros fabricantes de sistemas y equipos SIP. Posee en la actualidad módulos con soporte de presencia, autenticación mediante un servidor AAA (ejemplo RADIUS), llamadas remotas XML-RPC³⁹, etc. SER también ofrece una *interfaz* aplicación/servidor basado en Web donde se puede monitorizar el estado del servidor y gestionar todas sus prestaciones. SER es públicamente disponible bajo licencia GPL⁴⁰.

❖ 4PSA VoipNow para Call Center

4PSA VoipNow ofrece gestión de colas, un tipo especial de extensión que se configura fácilmente por centralita virtual completamente equipada para visualizar las llamadas VoIP en tiempo real.

- **Centralita virtual:** Con 4PSA VoipNow, se puede crear un centro de llamada virtual que integre todos los agentes situados en los departamentos de la empresa, en las oficinas del país, en oficinas extranjeras, durante viajes, en hoteles. La distribución geográfica será

³⁸ Son las siglas en inglés de Foreign Exchange Office. Es un dispositivo de computador que permite conectar éste a la RTB (Red Telefónica Básica), y mediante un software especial, realizar y recibir llamadas de teléfono.

³⁹ Es un protocolo de llamada a procedimiento remoto que usa XML para codificar los datos y HTTP como protocolo de transmisión de mensajes.

⁴⁰ Licencia Pública General de GNU (siglas en inglés de GNU General Public License). Licencia creada por la Fundación de Software Libre orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software.

totalmente irrelevante desde la perspectiva del cliente que llama, así como, desde el punto de vista de la administración.

- **Distribuye automáticamente las llamadas:** Las llamadas se asignan automáticamente a los agentes según algoritmo de distribución.
- **Bloquear llamadas no deseadas:** Puede rechazar las llamadas originadas desde ciertos números de teléfono.
- **Supervisar la actividad de sus agentes:** Los supervisores podrán escuchar las conversaciones de agentes marcando un simple código desde el teclado numérico de su teléfono.

Características Interactivas

4PSA VoipNow pone las funciones en ejecución básicas del hardware IVR más una serie de características avanzadas que realzan la experiencia del llamador.

- Ejecutar los números introducidos por el cliente desde los números de un teléfono.
- Text-to-speech (de texto a voz) para texto predefinido.
- Almacena la secuencia de una clave tecleada por el cliente para saltar a otro menú u otro menú basado en una condición para transferir la llamada a otra extensión.
- Cambiar de idioma el menú IVR de escucha.
- Cambiar el ID de la llamada a un valor fijo o indicado por el cliente.
- Colgar la llamada.

❖ **Avaya one-X Quick Edition**

Avaya one-X Quick Edition ofrece a las oficinas pequeñas y a las pequeñas sucursales de empresas grandes las funciones más solicitadas para las comunicaciones empresariales. Con la tecnología "par a par" basada en SIP, incorporada en capas en los teléfonos IP 4610SW and 4621SW, de calidad comprobada, conectada con el mundo exterior a través de uno o más *Gateway* PSTN, el sistema se configura por sí mismo. En pocos minutos, todos los usuarios tienen acceso al conjunto de

funciones más utilizadas, incluyendo correo de voz, servicios de conferencia, respuesta automática y gestión de llamadas.

Al eliminar la necesidad de servidores centralizados, Avaya one-X Quick Edition permite a las empresas muy pequeñas y a las pequeñas sucursales lograr importantes ahorros en la adquisición e instalación de sistemas. Lo mejor de todo es que Quick Edition crece a la par de las necesidades de su empresa; a medida que ingresan nuevos empleados, simplemente se añaden teléfonos adicionales.

1.2.11. Implementaciones de VoIP a nivel Universitario

Si bien, el uso de plataformas propietarias sigue siendo en la actualidad mayoritaria en empresas y operadores, existen diversos esfuerzos a nivel universitario por promover el uso del estándar SIP y de herramientas de software libre, para el despliegue de plataformas de VoIP y servicios.

❖ SIPCat

SIPCat es una plataforma integrada de servicios de valor añadido que está basada en el *protocolo* SIP. Esta plataforma fue desarrollada por la Universidad Politécnica de Cataluña y la Fundación I2Cat y cuenta con todos los componentes necesarios para el desarrollo de nuevos servicios y así permitir la integración con diferentes soluciones . SIPCat surgió de la necesidad de contar con una plataforma de pruebas para soluciones SIP, en donde pudiesen interactuar la comunidad de desarrolladores de aplicaciones provenientes de proveedores de servicios y la comunidad de usuarios (estudiantes), con la finalidad de desarrollar y testear soluciones SIP de valor añadido. SIPCat ofrece servicios avanzados de voz, video y datos, sin considerar el *protocolo* de comunicación empleado: H.323, PSTN, H.3230 y dominios 3G. Esto se consigue mediante el uso de *gateways* SIP. A nivel central, SIPCat está completamente constituido por soluciones de código abierto y su arquitectura es enriquecida por soluciones de diferentes fabricantes.

❖ SIP.edu

SIP.edu es un grupo de trabajo entre universidades que promueve la experimentación con nuevos servicios de comunicación en tiempo real basados en SIP y sus *protocolos* relacionados. Los objetivos son los siguientes: Construir una gran red basada en SIP para los usuarios de Internet2 haciendo que las instalaciones de PBX, Centrex y sistemas de VoIP sean alcanzables vía SIP. Facilita la

convergencia entre las instituciones promoviendo el uso de direcciones de email para comunicaciones de voz y servicios *multimedia*. SIP.edu promueve el uso de software libre para la implementación completa de una red de VoIP.

❖ GUPS

El Global University Phone System (GUPS) es un proyecto impulsado por la fundación REEF (Robertson Education Empowerment Foundation) para desarrollar el intercambio gratuito de información entre establecimientos académicos en todo mundo. El sistema enlaza las redes telefónicas de las universidades vía Internet por lo que es posible efectuar llamadas gratuitas entre ellas y con cualquier PC conectada a Internet. El objetivo de GUPS es crear un consorcio de instituciones académicas de todo el mundo para facilitar la transferencia de conocimiento y colaboración a través de llamadas gratuitas sobre Internet. GUPS entrega a las universidades el sistema de VoIP necesario para que ellas puedan instalarlo y configurarlo de forma individual y de acuerdo a sus propios requerimientos.

1.2.12. VoIP en Cuba

Cuba ensaya nuevas tecnologías de comunicaciones a través de Internet, que incluyen la telefonía IP, la televisión digital y las conexiones por la red telefónica y de datos a través de la red eléctrica. A pesar de que todavía no se ha introducido con gran auge la utilización de la telefonía a través de Internet, hoy se experimenta con éxito la telefonía IP en diferentes instituciones del país, sobre todo en instituciones educacionales, y se han hecho pruebas pilotos en diversos lugares con buenos resultados. Se ha implementado de forma experimental, con la finalidad de servir de soporte para profundizar la informatización de la sociedad y la introducción masiva de la computación con fines sociales.

Actualmente se encuentra en desarrollo un Proyecto de Investigación de la empresa GKT del MIC en conjunto con el IPSJAE (Instituto Politécnico Superior José Antonio Echeverría) con vistas al desarrollo nacional de una *pasarela (gateway)* para telefonía sobre IP, (VoIP). En este proyecto, el grupo GIDAM es responsable de la implementación del *codec* de audio para la misma. Una parte fundamental del trabajo es realizado por el Grupo Científico Estudiantil del GIDAM.

1.3. Facturación sobre VoIP

1.3.1. Facturación de servicios sobre VoIP

Hoy en día las redes de paquetes de la siguiente o nueva generación pueden transportar voz, datos y video sobre una infraestructura común. Los proveedores de servicios y los operadores (Carriers), vislumbran un gran potencial en la entrega de la nueva generación de servicios de voz y telefonía con la integración de tecnologías como WEB e IP. El reto se encuentra en la rápida integración de estos servicios, con un manejo de servicios maduros que conducen a una nueva generación de ganancias.

1.3.2. Antecedentes

En los inicios de la telefonía, la voz sobre las líneas telefónicas era casi inaudible. Las tarifas de las llamadas de larga distancia eran muy costosas, lo cual hacía prácticamente accesible la telefonía solo para las grandes empresas. La telefonía ha traído un dinámico cambio social a la historia del hombre como medio de comunicación. Una de las sorprendentes innovaciones para la comunicación en los tiempos recientes es VoIP, el cual permite a los usuarios de Internet tener conversaciones telefónicas a través de plataformas y continentes. Al mismo tiempo, el tráfico de datos está comenzando a ser un auténtico rival del tráfico de voz en términos de la demanda de la red. Ignorando esto, todavía la voz es el generador de ganancias dominante para muchos operadores. Es muy probable que en los próximos años, todo el tráfico IP sea transportado sobre redes conmutadas y la mayoría de las redes serán híbridas, construidas por IP y hardware conmutado. El crecimiento explosivo dentro del tráfico de Internet no ha permitido a los operadores alcanzar una habilidad consistente para *facturación* por su utilización.

Casi todo el acceso a Internet es facturado sobre bases de tarifas planas, pero el acceso correspondiente a la Dorsal de Internet, es usualmente arrendado sobre las bases del *ancho de banda*. La inhabilidad de los operadores y proveedores de servicios de Internet, para medir y arrendar por el verdadero costo de uso, es un factor clave que previene la provisión de servicios diferenciados. La telefonía IP y la *facturación* de la telefonía, utiliza el *protocolo* IP para transmitir llamadas de voz. El crecimiento del mercado para la telefonía IP está en el área que emerge del teléfono-a-teléfono, que moverá a la telefonía IP lejos de los usuarios de la PC y en dirección principal de los usuarios del teléfono.

1.3.3. Requisitos

Los sistemas de *facturación* IP, requieren mandar facturar cualquier servicio basado en paquetes, incluyendo la telefonía IP, los datos de paquetes tradicionales, la voz, el vídeo, los juegos o cualquier contenido transmitido sobre la red en paquetes.

1.3.4. Retos de la Facturación IP

Uno de los más grandes retos de la *facturación* de IP está en poder validar una DIRECCIÓN IP de un ordenador personal. La validación es difícil porque los direccionamientos IP se asignan dinámicamente dentro de una red IP y no corresponden necesariamente a un número de teléfono o a una identidad de algún cliente.

Los procesos de acuerdos de *facturación* para los servicios basados en IP, es otra área que es muy dinámica. El proceso del acuerdo es similar al proceso de liquidación de un banco, ya que el acuerdo tiene que establecerse entre las diversas órdenes de los nodos de la red.

1.3.5. Calidad de servicio y facturación

Existe una discusión considerable sobre cómo proporcionar las garantías de calidad de servicio (QoS), cuando el tráfico de paquetes llega a Internet. El *protocolo* de reserva de recursos (RSVP⁴¹), es una propuesta muy polémica de QoS, puesto que prepone reservar los canales dedicados dentro de una red IP pública, estableciendo una conexión punto a punto. Este diseño trabaja bajo el concepto de las redes de enrutadores sin conexión, porque sus reservas del *ancho de banda*, rompen las opciones de *enrutamiento* para el tráfico reenrutado.

Otros dos conjuntos de *protocolos* de red están también bajo consideración, para alcanzar las metas de permitir a servicios basados en clases y el manejo de tráfico escalable. Los servicios diferenciados (DiffServ⁴²) proporcionan mecanismos de *enrutamiento* diseñados para manejar varios perfiles de QoS o parámetros de desempeño. La *conmutación* multi-*protocolo* (MPLS⁴³) es otro

⁴¹ Protocolo de Reserva (siglas en inglés de Reservation Protocol).

⁴² Modelo de Calidad de Servicio en Internet basado en Servicios Diferenciados (siglas en inglés de Differentiated Services Internet QoS model).

⁴³ Etiquetas de Conmutación Multiprotocolo (siglas en inglés de Multiprotocol Label Switching).

mecanismo de *enrutamiento*, diseñado para agrupar todos los paquetes dentro de una sola sesión IP en un solo flujo en la capa red (la capa 3), y marca cada sesión con una etiqueta para que sea rápidamente transmitida a través de los enrutadores.

1.3.6. Actualidad

Actualmente existen dos tipos básicos de *facturación*: una se llama seguimiento de paquete, conocido como facturar según QoS, que a menudo se ata a un acuerdo predeterminado de niveles de servicios. El otro, un tipo más simple el cual sigue los tiempos del inicio y conclusión de sesiones, y las localizaciones de los puntos finales de la sesión. Cualquier tipo de sistema de *facturación* IP, permite que los operadores obtengan más capacidades de sus registros de información y del uso de la red. Tales sistemas, permiten que los operadores facturen por el uso específico del recurso de la red y que se hagan así más provechosos, pero es la naturaleza en tiempo real del sistema de *facturación* IP, que es su fuerza particular, comparada con los sistemas de *facturación* de tratamiento por lotes del circuito basados en IP.

Los sistemas en tiempo real basados en IP, ofrecen muchas ventajas a los operadores. Son buenos para proporcionar servicios pagados por adelantado, y vigilar los niveles de crédito, y en la detección del fraude. Estos sistemas pueden detectar en tiempo real, si la identificación de un cliente se está utilizando más de una vez en la red o al mismo tiempo, o si el saldo acreedor de un cliente cae demasiado bajo. Las alertas o cancelaciones del servicio se pueden accionar inmediatamente. Las respuestas en tiempo real también aumentan el *rédito* resolviendo necesidades inmediatas de los clientes y permitiendo que los clientes se registren para la compra de servicios a su conveniencia.

Es demasiado temprano para decir si un tipo de esquema de tasación va a ser dominante en el futuro, pero la dirección futura para la *facturación* futura de IP, se dirige claramente hacia los servicios basados en uso. Más común aún, diferentes tipos de modelos de tasación serán utilizados para igualar el valor que le otorga el cliente a los servicios. La naturaleza de los servicios interactivos requiere la mejor flexibilidad.

1.3.7. Soluciones para facturación de VoIP

❖ Plataforma Cyneric para el control y Billings de redes VoIP

Con esta plataforma se puede controlar y saber en tiempo real el estatus de la red, así como tener a tiempo real toda la información administrativa de sus clientes y operadores. Ofrece beneficios como:

- **Control de Red:** Es importante saber cuando ocurre un problema en la red. En cada minuto que la red esta con problemas, se pierde de facturar llamadas que no cursaron.
- **Administración, Billings y control de clientes:** En un negocio cambiante, es necesario tener aplicaciones que permitan con rapidez, cambiar configuraciones de precios, importar listas, activar y desactivar clientes, llevar un control personalizado de clientes.
- **Control de Rutas y Carriers de terminación / originación:** Es importante saber la calidad de terminación de sus carriers, y si existe algún problema, tomar un curso de acción. Para esto, es necesario saber a tiempo real, la calidad de cada ruta, de cada operador, de cada equipo que compone su red. Es importante tener conocimiento de los problemas antes que los clientes.

Con estas opciones, Cyneric proporciona una plataforma integrada que permite manejar todos los aspectos del negocio, desde el control de clientes, manejos de tarifas, acceso a datos en tiempo real, control de la red hasta estadísticas que permitan incrementar las ganancias.

❖ Tarjetas telefónicas pre-pagadas

Brinda una solución amplia y flexible que soporta todas las características requeridas hoy en día para tarjetas telefónicas pre y post pagadas. Proporciona *facturación* prepago y postpago, las tarjetas pagadas por adelantado, registro en línea del cliente, casi todos los tipos de entradas del pago de tarjeta de crédito, los índices múltiples, los intervalos de la llamada, número ilimitado de planes, revendedor y los distribuidores y muchas más características valiosas.

- Múltiples formas de *facturación*, basadas en tiempo de uso, origen, destino y tipo de la llamada. Posibilidad de facturar por minuto o unidades arbitrarias de tiempo.
- Costos fijos por llamada, cargos por mantenimiento.
- Tarifas planas o variables según hora y fecha.

- Posibilidad de definir distintos tipos de tarjetas, con diferentes tipos de *facturación*.
- Diferentes tarifas para un tipo de tarjeta basadas en tipo de servicio.
- Posibilidad de definir distintos IVR's según tipo de tarjeta o servicio.
- *Interfaz* para consulta en línea vía web de los consumos y estado de cuenta de los usuarios.
- *Interfaz* para alta de tipos de tarjetas, pines, definición de tarifas y visualización de estadísticas.
- *Interfaz* de altas, bajas y modificaciones orientada a revendedores.

Cuentas telefónicas pre y post pagas: A las tarjetas convencionales pueden agregarse usuarios que al comunicarse con el número de acceso se les valide su ANI (Identificación de llamada), evitando el paso de ingresar un número de tarjeta. A estos usuarios se les aplican todas las consideraciones válidas para las tarjetas pre y post pagas.

Compra y venta de minutos de terminación de llamadas: El sistema permite la participación en el mercado de terminación IP (Wholesale Carriers), generando reportes y balances de terminación de minutos desde y hacia Carriers remotos.

❖ **Tarificador SIPTAR**

El SIPTAR tiene la capacidad de monitorear hasta 16 cabinas simultáneamente, realizar *facturación* en tiempo real y llevar históricos de cada una de las llamadas que se realicen desde cada cabina. Permite ingresar, editar, eliminar y organizar la lista de indicativos con el fin de adaptarlo a las exigencias del negocio. Permite colocar tarifas diferentes para cada indicativo dentro de un mismo país, para poder tener tarifas diferentes por servicio o destino como: tarifas por proveedor de celular, tarifas por pueblos o provincias de una misma ciudad. El tiempo de duración de la llamada es 100% confiable pues el sistema recibe la *señalización* SIP directamente del proveedor de telefonía IP. Esto quiere decir que lo que factura el SIPTAR es exactamente igual a lo que factura el proveedor de Telefonía VoIP.

❖ **Q-Bill**

Las facilidades de contabilidad, *facturación* y gestión de clientes de Q-Bill le permiten:

1. Gestionar las cuentas de prepago (tarjeta de llamada) y postpago.
2. Configurar fecha de inicio, fecha de terminación, tiempo de vida, tablas de tarifas, límites e información de contacto.
 - Generar lotes de cuentas y exportar detalles de cuenta para impresión de tarjetas.
3. Gestionar las cuentas para los *gateways* de originación que utilizan sus *gateways* de terminación.
4. Gestionar las tarifas de:
 - Tarifas de usuario (tarjeta de llamada) y tarifas inter-Gateway.
 - Tarifas planas y tarifas en base a día/hora.
 - Distintos cargos de tarifas de acuerdo a los números de acceso discados por los usuarios de tarjetas pre pagadas.
 - Importar y exportar tablas de tarifas.
5. Generar las facturas para las cuentas e imprimirlas/enviarlas por correo electrónico a los clientes.
6. Gestionar los datos de pago cuando los recibe de sus clientes.

❖ Sistema Tarifador VoIP en línea

El sistema de tarificación (*facturación*) VoIP en línea LGTel, permite ver al instante todas las llamadas hechas en las cabinas telefónicas y además:

- El día y hora de una llamada.
- El número de teléfono a donde se llamó.
- El país ó destino a donde se llamó.
- Duración de la llamada.
- El cargo total de la cabina.
- Conocer los costos a los que esta comprando.
- Programar sus propias tarifas por país ó destinación.
- Conocer y controlar remotamente el total de sus ventas diarias.

Requerimientos del sistema:

- Servicio de internet de *banda ancha*.
- Un ruteador para VoIP (Voipeador).
- Computador para instalar el sistema con Windows.
- Internet Explorer ó similar.
- Suscribir una cuenta con el proveedor.

El costo de activación de un sistema de *facturación* LGTel en línea es de US\$ 50.00. El sistema de *facturación* en líneas LGTel es fácil de operar y programar, solo tiene que bajarlo del Internet, programar sus propias tarifas y comenzar a usarlo.

❖ Anura Tarifador VoIP

El tarifador VoIP desarrollado por Anura permite que cualquier local que posea *banda ancha* pueda brindar servicio de telefonía pública de la misma manera que lo hacen hoy los locutorios. Anura ofrece la solución completa: El sistema de tarificación más el servicio de voz sobre IP. Este tarifador fue concebido para aprovechar todas las ventajas que tiene el uso de la voz sobre IP: mejores márgenes en el tráfico de la voz, menores costos en la operación y la posibilidad de utilizar nuevas funcionalidades existentes solo con esta nueva tecnología.

El sistema de tarificación desarrollado por Anura fue concebido para que brinde no solo la solución de tarificación sino también cursar los llamados de voz sobre IP. Esto se debe a dos motivos:

1. Desde el punto de vista regulatorio es necesario contar con licencia de telefonía para poder brindar servicios de voz. Anura la tiene.
2. La calidad de los llamados es muy importante ya que no se puede brindar servicio si hay eco, cortes y problemas de calidad de voz. En Anura se puede monitorear de manera permanente la calidad de los llamados y podemos redirigirlos cuando se presenta cualquier problema de calidad.

El sistema es prepago y por cada llamada que se cursa se descuenta el crédito teniendo en cuenta la comisión.

1.4. Conclusiones Parciales

Después de hacer un análisis completo y haber comprendido en que consiste la tecnología VoIP, sus ventajas y desventajas para los usuarios de la Internet y la manera en que se facturan los distintos servicios que presta, se puede decir que VoIP ha ido en aumento debido a su amplia gama de servicios y las prestaciones que ofrece a sus clientes y proveedores. Puede ser vista como la tecnología del futuro. A pesar de los conservadores que se aferran a la telefonía tradicional, es una gran realidad el hecho de que VoIP ha beneficiado en gran medida a muchas empresas y ciudadanos particulares, debido al ahorro que representa, fundamentalmente en países europeos y Estados Unidos.

Para poder hacer una propuesta certera acerca de los o el mecanismo de *facturación* a utilizar en nuestro país y los cambios que deban hacerse para que se ajusten a las exigencias del mismo es necesario tener en cuenta una gran cantidad de sistemas y requerimientos que hoy ya se encuentran implementados y funcionando eficazmente. Esos aspectos se describen en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 2: FACTURACION DE SERVICIOS IMPLEMENTADOS SOBRE VOIP

2.1. Introducción

En la actualidad existe una amplia gama de soluciones para la *facturación* de los servicios sobre VoIP muy flexibles para el exigente mercado de las comunicaciones. La gran mayoría se basa en el tiempo de uso, origen, destino y el tipo de llamada. Pero en la realidad cada sistema se ajusta a los distintos proveedores que posibilitan también a los usuarios definir sus propias reglas para la *facturación*. Existe cierta tendencia en la actualidad hacia los servicios basados en uso fundamentalmente.

En el capítulo anterior se hizo referencia de manera general a la *facturación* de los servicios sobre VoIP. En el presente capítulo se presenta de una forma más detallada este tema. Se define que es la *facturación* electrónica y la *facturación* IP, su arquitectura y principales problemas a la hora del funcionamiento. Se hace un balance individual de los principales proveedores de este tipo de sistemas con sus ventajas y desventajas.

2.2. Factura Electrónica

La factura electrónica, es el documento tributario generado por medios informáticos en formato electrónico, que reemplaza al documento físico en papel, pero que conserva su mismo valor legal con unas condiciones de seguridad no observadas en la factura en papel. Las facturas electrónicas se pueden emitir en diferentes formatos (EDIFACT, XML⁴⁴, PDF, HTML, doc., xls, gif, JPEG o texto, entre otros) siempre que se respete el contenido legal exigible a cualquier factura y que se cumplan ciertos requisitos para la incorporación de la firma electrónica calificada.

2.3. Procesos de facturación

Los procesos de *facturación* son los responsables de producir facturas exactas y en los tiempos requeridos, en proveer la información necesaria para una *pre-facturación*, en procesar sus pagos y

⁴⁴ Lenguaje de Marcas Extensible (siglas en inglés de Extensible Markup Language). Es un metalenguaje extensible de etiquetas.

llevar un control sobre estos. También debe resolver todo tipo de solicitudes y problemas de los clientes acerca de la factura. En un sistema de *facturación* personalizado se intenta facturar en función del tipo de servicio de valor añadido y del consumo que haga de este el usuario.

2.4. Categorías de los sistemas de facturación

Actualmente los sistemas de *facturación* usados por los abastecedores del teléfono del Internet caen en dos categorías principales: la primera categoría es muy similar a la de los abastecedores sin hilos del teléfono, con un honorario mensual basado en la cantidad de uso; la segunda categoría es similar a los abastecedores sin hilos pagados por adelantado, con créditos o minutos de llamar tiempo comprado por adelantado.

2.5. Facturación IP

La *facturación IP* es un sistema de *facturación* personalizado, estos sistemas son capaces de retener la información sobre los servicios que brinda VoIP y mediante unos dispositivos (*conmutadores, sondas, routers*) generar las futuras facturas para los clientes.

2.6. Arquitectura de la Facturación IP

1. El usuario pide uno o varios servicios dependiendo de sus necesidades.
2. Este servicio se lo da el proveedor, ya sea el ISP⁴⁵ (proveedor) u otro.
3. Para que el ISP pueda ofrecer estos servicios deberá primero contratarlos a los diversos fabricantes.
4. Estos fabricantes son los que se encargan de crear los sistemas y obtienen la información, para facturar, de los diferentes dispositivos.

⁴⁵ Proveedor de Servicios de Internet (siglas en inglés de Internet Service Provider). Es una empresa dedicada a conectar a Internet a los usuarios o las distintas redes que tengan, y dar el mantenimiento necesario para que el acceso funcione correctamente.

2.7. Principales problemas de la Facturación IP

Facturación en tiempo real: Se persigue una *facturación* selectiva (depende del servicio escogido) y del consumo de este. Esto implica que se debe tener información detallada en tiempo real, pero no todos los sistemas lo pueden hacer.

Tecnología antigua: Este problema viene enfocado a los ISP. Estos siguen ligados a las tecnologías de *facturación* antiguas (por ejemplo el cobro de tarifas planas por un servicio global) sin la posibilidad de facturar por diferentes servicios. Esto conlleva que los ISP no puedan o les cueste enormes esfuerzos actualizar o expandir sus redes. La tecnología antigua se refiere a que los sistemas de *facturación* convencionales están diseñados para trabajar con voz o sea *conmutación* de circuitos. En cambio el tráfico IP se basa en *conmutación* de paquetes, y esto dificulta en gran medida el seguimiento del tráfico. Esto significa que antes solo se gestionaba un servicio el de una llamada, ahora se gestionan muchos más servicios.

Alto precio: Como desarrollar un sistema de *facturación*, que coordine o contemple todos o casi todos los posibles servicios de valor añadido es realmente caro, muchos fabricantes ofrecen sistemas de *facturación* de servicios independientes.

Inexistencia de un estándar: A diferencia de las operadoras convencionales, las cuales se basan en un estándar (CDR) a la hora de facturar, no es probable que para la *facturación* IP los datos recogidos sean todos del mismo formato, al proceder de diversos dispositivos y de diversos servicios.

Como no hay una solución uniforme para seguir el tráfico (en IP no tenemos destinos ni orígenes fijados), al contrario que en *conmutación* de circuitos, no se puede tarificar de la misma manera en los dos casos, al no existir el CDR equivalente para IP, se utilizan algunos agentes activos de red para almacenar diversa información y realizar una posible factura. A estos agentes se les llama "Fuentes de Utilización". Estos datos, almacenados en una base de datos son estudiados y contrastados con variables de tarificación con el objetivo de posteriormente implementar la factura.

2.8. Fuentes de utilización

2.8.1. Servidores Radius

Un servidor Radius, es un servidor de control de acceso, es decir, controla a los usuarios que acceden a un determinado *host*, controlando esencialmente el destino y el tiempo por el que lo hacen. Los archivos de registros de un servidor Radius serían interesantes por ejemplo cuando se cobra por espacio en un servidor web. Su principal problema es que no informan sobre la utilización de la red y *ancho de banda* consumido por una aplicación o usuario final.

2.8.2. Sondeo RMON/RMON2

Otro tipo de fuentes para recuperar datos de utilización son las sondas y monitores de red. Todos ellos utilizan NETFLOW, que es una utilidad que permite la monitorización de flujo de la red, la cual tiene unas tablas de información sobre la actividad de los paquetes.

- Tamaño de los paquetes.
- Paquetes enviados.
- Paquetes recibidos.

Esta fuente no pasa de nivel de subred, cada una tiene que tener su *sonda*.

2.8.3. Routers

Dispositivo o agente activo de una red, capaces de enrutar, y almacenar estadísticas sobre el tráfico (almacenar información).

2.9. Diferentes sistemas de facturación

2.9.1. Facturación en Asterisk

El Asterisk genera para cada llamada campos que son expedientes de detalles. Por defecto, los expedientes son almacenados en archivos separados, serán creados en **`/var/log/asterisk/cdr-csv`**.

Se especifican códigos de la cuenta y banderas de AMA (contabilidad automatizada del mensaje) en un canal (Zaptel y otros) o base del usuario (IAX⁴⁶, SIP) para ayudar con la contabilidad.

2.9.2. Sistema de Facturación ServiTux



ServiTux es una empresa especialista en el desarrollo e implantación de sistemas Asterisk. ServiTux desarrolló una aplicación web específica para gestionar el cobro de llamadas en hoteles y hostales. Mediante esta aplicación, los hoteles y hostales que disponen de centralitas Asterisk PBX pueden tarifcar las llamadas realizadas desde las habitaciones, de forma rápida y sencilla. Además, gracias a su histórico de facturas, puede acceder a cualquiera de ellas en cualquier momento. Las facturas se generan y guardan en formato PDF.

La plataforma es totalmente independiente de la infraestructura de telefonía. Da lo mismo que el hotel utilice líneas de voz sobre IP, líneas *analógicas* o RDSI⁴⁷. De igual forma, las extensiones pueden usar cualquier *protocolo* IP (SIP/IAX/H323). Desde el punto de vista del administrador de la aplicación, éste puede gestionar las habitaciones (crear y borrar) y gestionar los precios de las llamadas según cada destino. Gracias a su *interfaz* web extremadamente sencilla, desde la recepción del hotel podrán generar una factura detallada del consumo telefónico de una habitación, con tan solo 2 clics.

⁴⁶ Protocolo de Intercambio Interno (siglas en inglés de Inter-Asterisk eXchange Protocol). El protocolo IAX versión 2 es utilizado por Asterisk como alternativa a SIP, a H323, etc. Es utilizado para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y entre servidores y clientes que también utilizan protocolo IAX.

⁴⁷ Red Digital de Servicios Integrados. Es una red que procede por evolución de la Red Digital Integrada (RDI) y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfaces normalizados.

2.9.3. Sistema de Facturación Anura

El tarifador VoIP desarrollado por Anura permite que cualquier local que posea *banda ancha* pueda brindar servicio de telefonía pública de la misma manera que lo hacen hoy los locutorios. Anura ofrece la solución completa: **Sistema de Tarifación más Servicio de VoIP**.

❖ Ventajas

- **Bajo costo de inversión:** En aquellos locutorios, cybers o comercios que ya tienen una PC y *banda ancha*, con una inversión del orden de los \$1.500 (para 2 líneas) es posible contar con la solución completa.
- **Mejores márgenes:** La solución de Anura permite mayores márgenes que los competidores actuales: 40% de la *facturación* (para todo tipo de llamados excepto CPP⁴⁸) para quienes adquieran la solución y 20% para quienes lo adquieran en comodato.
- **Llamar a celulares sin crédito:** El sistema permite que el usuario se haga cargo del costo del aire para llamados a celulares anteponiendo el número 9 al discar. Esto permite que se pueda llamar a celulares prepagos que no tienen crédito.
- **Fácil de usar:** El sistema es muy amigable, con entorno gráfico y permite que el locutorista vea el detalle de llamadas en tiempo real, tenga información de todas las tarifas, códigos interurbanos e internacionales, etc.

La tecnología se basa en la utilización del *protocolo* SIP, que es un *protocolo* estándar, abierto y que está siendo utilizado en las nuevas aplicaciones *multimedia* IMS⁴⁹. En este caso se incorpora la posibilidad de utilizar teléfonos IP que además de ser simples de instalar, muestran en su visor información de consumo y permite que en un futuro pueda brindar otros servicios como: envío de mensajes de texto, intercambio de información, directorio telefónico, etc.

⁴⁸ Llamadas a Celulares sin Crédito (siglas en inglés de Calling Party Pays).

⁴⁹ Subsistema Multimedia IP (siglas en inglés de IP Multimedia Subsystem). Forma parte del núcleo de la arquitectura de las nuevas redes Next Generation Networking (NGN). Estas redes NGN son capaces de proporcionar servicios multimedia fijos y móviles.

❖ **Arquitectura del Tarifador**

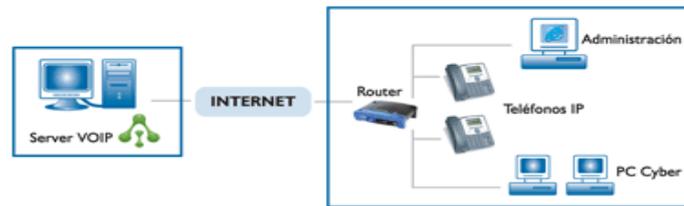


Fig. 2.1 Tarifador.

Server VoIP: Es un servidor que contiene la aplicación desarrollada por Anura y se encuentra conectado a Internet. Ahí reside la inteligencia del tarifador y es el que controla y le envía información a los teléfonos IP. Permite también que el locutorista a través de Internet pueda controlar los llamados, ver el consumo y emitir tickets.

Acceso en el punto: Desde una PC se accede al tarifador. Es como si el tarifador estuviera en la PC pero en realidad el mismo está centralizado en el Server VoIP. Permite habilitar, tarifar, emitir tickets, ver el histórico de llamados, consultar tickets viejos, consultar el crédito, ver la comisión en tiempo real, ver tarifas según ciudades o prefijos, etc.

Teléfonos IP: Por medio de un cable de red se conectan a la red del local (Cyber, Locutorio, Maxikiosco, etc.) y son los que permiten que el usuario pueda ver en tiempo real su consumo mientras habla.

❖ **Propuesta Comercial de Anura**

Anura ofrece una comisión sobre el tráfico total de llamados teniendo en cuenta dos variables: **facturación mensual** del comercio y **modalidad**. De acuerdo a la tabla siguiente:

Facturación	Adquisición completa	Migración (comodato del tarifador)	Comodato completo
\$0 a \$500	40 %	25 %	10 %
\$500 a \$1.500	40 %	30 %	20 %
\$1.500 a \$3.000	45 %	40 %	30 %
\$3.000 a \$5.000	55 %	50 %	40 %
+ de \$5.000	60 %	55 %	45 %

Las modalidades que tiene en cuenta Anura son: **Modalidad Adquisición**, **Modalidad Migración** y **Modalidad Comodato**.

- **Modalidad Adquisición:** La totalidad de los costos de adquisición de las cabinas y el sistema de tarifación son asumidos por el comerciante. Si el comerciante ya posee las cabinas, sólo se trata de los costos de adquisición de la solución de tarifación.

Descripción	Precio unitario	2 cabinas	3 cabinas	4 cabinas	5 cabinas	6 cabinas
Gateway Sipura SPA 2102	\$281	\$281	\$562	\$562	\$842	\$842
Relay	\$20	\$40	\$60	\$80	\$100	\$120
Display	\$130	\$260	\$390	\$520	\$650	\$780
Conector AP9020	\$120	\$120	\$120	\$120	\$120	\$120
Fuente 220 VAC a 12 VDC	\$25	\$25	\$25	\$25	\$25	\$25
Licencia tarifador Voip	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100
Cartel Triángulo 1,20x0,70x0,70	\$180	\$180	\$180	\$180	\$180	\$180
Subtotal		\$1.006	\$1.437	\$1.587	\$1.587	\$2.167
IVA		\$136	\$179	\$192	\$235	\$249
Total		\$1.141	\$1.615	\$1.779	\$2.253	\$2.417

- **Modalidad Migración:** El comerciante posee cabinas y no quiere invertir en la solución de tarifación VoIP. En este caso, Anura instala y entrega los elementos del Tarifador VoIP.
- **Modalidad Comodato:** Anura provee la solución completa (Tarifador VoIP y cabinas).

En todos los casos, el sistema es prepago y al momento de instalación se requiere que el comerciante realice un pago inicial. Las comisiones son válidas para todo tipo de llamados (Local, LDN⁵⁰ y LDI⁵¹) excepto llamados CPP donde la comisión será del 20%.

Llamados CPP (Calling Party Pays): Cuando se realizan llamados a celulares desde teléfonos públicos, el celular que recibe el llamado se hace cargo del costo del aire de la llamada (conocido

⁵⁰ Llamadas de Larga Distancia Nacional.

⁵¹ Llamadas de Larga Distancia Internacional.

como MPP- Mobile Party Pays). Esto hace que no se puedan cursar llamados a celulares prepago que no tienen crédito. Con el sistema de Anura está la opción de hacer llamados CPP y llamar así a celulares sin crédito. Esto se logra marcando el número 9 delante del número celular y el usuario que hace el llamado abona dinero adicional por minuto. Para llamados CPP la comisión es siempre del 20%. Esta opción permite que el locutorista aumente considerablemente su *facturación*.

❖ Requisitos de Anura para garantizar buena calidad en la tarificación y la comunicación

- **Banda Ancha:** Se especifica a continuación la mínima requerida teniendo en cuenta la cantidad de cabinas y las características del local.

	2 cabinas	3 cabinas	4 cabinas	5 cabinas	6 cabinas
Hasta 1 PC	512 Kbps	1 Mb	2 Mb	2 Mb	5 Mb
Hasta 5 PC	1 Mb	1 Mb	2 Mb	5 Mb	5 Mb
Hasta 10 PC	2 Mb	2 Mb	5 Mb	5 Mb	5 Mb
+ 10 PC	2 Mbps/QoS	2 Mbps/QoS	5 Mbps/QoS	5 Mbps/QoS	5 Mbps/QoS

- **PC del comercio:** Se puede utilizar la misma PC que se utiliza para otras aplicaciones ya que la tarificación se hace a través de Internet. No obstante, se requiere que la PC tenga como mínimo:
 - Procesador de 800 Mhz + 1 Ghz recomendable.
 - Memoria RAM de 386 Mb, 512 Mb recomendable.

❖ Tarifas de telefonía pública

- Llamadas locales: \$0,15 el minuto.
- Llamadas de larga distancia nacional: \$0,57 de acuerdo a la tabla.

Distancia	Claves	Normal (1) Ritmo (Seg)	Reducida (2) Ritmo (Seg)
Más de 30/55 km.	2	113.0	186.2
Más de 55/110 km.	3	113.0	186.2
Más de 110/170 km.	4	60.0	107.0
Más de 170/240 km.	5	48.0	86.0
Más de 240 km.	6 a 12	31.5	43.5

2.9.4. LocuVoIP Auto-Instalable

Solución diseñada por Sistemas & Enlaces VoIP para Centros de Llamadas, ofreciendo el acceso a tarifas mucho más económicas que las comunicaciones tradicionales, y permitiendo incrementar los márgenes del negocio, extender el servicio y traspasar competitivamente el ahorro a los usuarios finales.

El Servicio LocuVoIP Auto-Instalable ofrece la posibilidad de realizar llamadas a teléfonos fijos, móviles, de larga distancia nacional e internacional, transportando la voz a través de Internet con los mejores estándares de calidad.

❖ Ventajas

- **Número ilimitado de Cabinas:** Desde 2 cabinas en adelante.
- **Servicios de valor agregado:** Los bajos costos de las comunicaciones por Internet permiten ofrecer tarifas muy económicas para el servicio de llamadas de larga distancia nacional e internacional.
- **Importantes descuentos en tarifas y en equipos:** Sistemas & Enlaces VoIP, a través de su producto LocuVoIP Auto-Instalable, ofrece tarifas exclusivas para locutorios y descuentos especiales en la compra de equipos.
- **Tarifas "Libres":** El administrador del LocuVoIP Auto-Instalable, podrá definir sus propias tarifas de venta al público con total libertad.
- **Control centralizado de las cabinas:** El sistema de display y tarificación de cabinas, permite controlar la duración de llamadas y su costo, permitiendo, además, la emisión de tickets de cobro.

- **Transparencia de Servicio:** El visor (Display) dispuesto en cada cabina, ofrece al usuario del locutorio el registro del número discado, duración de la llamada y costo de la misma.
- **Control de Gestión:** El administrador del LocuVoIP Auto-Instalable dispondrá de un completo "Panel de Control vía Web" mediante el cual podrá administrar y auditar sus cuentas, consultar su historial de llamados, verificar su crédito disponible y obtener soporte técnico gratuito desde cualquier ubicación física, dentro y fuera del Locutorio.
- **Soporte técnico gratuito:** Sistemas & Enlaces VoIP dispone de un servicio de soporte técnico gratuito vía VoIP, además de consultas On-Line por MSN, brindado por técnicos altamente especializados y destinados exclusivamente a los administradores del producto LocuVoIP Auto-Instalable.

2.9.5. Plataforma Cyneric

Con esta plataforma se podrá controlar y saber en tiempo real el estatus de la red, así como tener a tiempo real toda la información administrativa de los clientes y carriers.

❖ Ventajas

Control de Red. Es importante saber cuando ocurre un problema en la red. En cada minuto que la red esta con problemas, se pierde de facturar llamadas que no cursaron. Para esto, Cyneric brinda el siguiente control a tiempo real:

- Monitoreo a tiempo real de llamadas activas.
- Estadística a tiempo real de llamadas terminadas, duración, *ancho de banda* consumido, calidad de terminación.
- Información de utilización de memoria, CPU, tráfico de Internet de sus equipos.
- Información a tiempo real de canales utilizados, horas pico, saturación, etc.
- Alertas enviadas por mail o a celular de time *slots*, utilización de CPU o memoria, llamadas activas, T1/E1 status.

Administración, Billings y control de clientes. En un negocio cambiante, es necesario tener aplicaciones que permitan con rapidez, cambiar configuraciones de precios, importar listas, activar y desactivar clientes, llevar un control personalizado de clientes. Para tener el control de su negocio, Cyneric permite:

- Definición de usuarios, con niveles: administrador, agente, vendedor, cliente final, carrier de originación, carrier de terminación.
- Definición por cada usuario:
 - Tipo de cliente, y asignación a vendedor o agente.
 - Clases de acceso ANI, Prefix, IP, interface física, Pin Number.
 - Lista de precios, forma de corte de llamadas, descuentos, créditos, días de vencimiento de facturas, prepago, postpago.
 - Contactos administrativos, técnicos y comerciales.
- Importación y exportación de listas de precios desde Excel.
- Manejo de promociones, para precios especiales, por destino, precio, día y rango de horas para la promoción.
- *Facturación*, con exportación a Excel, Pdf, Word y HTML.
- Reportes de tráfico, estadísticas por país, reportes por destino, IP, carriers, utilización de T1/E1, facturas y pagos, ganancias, etc.
- Definición de tipos de acceso.
- Reportes por WEB, con diferentes tipos de acceso:
 - Su cliente puede acceder a ver sus consumos.
 - El administrador de la red puede ver en tiempo real, llamadas, T1/E1, tráfico de equipos, etc.
 - Sus vendedores pueden ver el consumo, para liquidación de comisiones.

Control de Rutas y Carriers de terminación / originación. Es importante saber la calidad de terminación de los carriers, y si existe algún problema, tomar un curso de acción. Para esto, es necesario saber a tiempo real, la calidad de cada ruta, de cada carrier, de cada equipo que compone la red. Es importante que enterarse de los problemas antes que los clientes. Para esto, Cyneric proporciona las siguientes soluciones:

- Control a tiempo real por cada equipo, por ruta y carrier de:
 - Cantidad de llamadas traficadas.
 - Porcentaje de ASR⁵².

⁵² Reconocimiento Automático de la Voz (siglas en inglés de Automatic Speech Recognition). Permitir la comunicación hablada entre seres humanos y computadoras.

- Curvas de tráfico y de ASR por destino y hora.
- Listado de llamadas fallidas y completadas.
- Definición de grupos de países, con diferentes calidades de terminación, para implementación de alertas.
- Envío automático de mails, con rutas en problemas, al administrador de la red y al carrier responsable.
- Travel tickets por carrier, por destino.
- Rutas alternativas para rutas con bajo ASR.

Con estas opciones, Cyneric proporciona una plataforma integrada que le permite manejar todos los aspectos de su negocio. Desde el control de clientes, manejos de tarifas, acceso a datos en tiempo real, control de la red hasta estadísticas que permitan incrementar sus ganancias.

2.9.6. Q-Bill

Las facilidades de contabilidad, *facturación* y gestión de clientes de Q-Bill le permiten

- Gestionar las cuentas de prepago (tarjeta de llamada) y postpago:
 - Configurar fecha de inicio, fecha de terminación, tiempo de vida, tablas de tarifas, límites e información de contacto.
 - Generar lotes de cuentas y exportar detalles de cuenta para impresión de tarjetas.
- Gestionar las cuentas para los *gateways* de originación que utilizan sus *gateways* de terminación.
- Gestionar las tarifas de:
 - Tarifas de usuario (tarjeta de llamada) y tarifas inter-*gateway*.
 - Tarifas planas y tarifas en base a día/hora.
 - Distintos cargos de tarifas de acuerdo a los números de acceso discados por los usuarios de tarjetas pre pagadas.
 - Importar y exportar tablas de tarifas.
- Generar las facturas para las cuentas e imprimirlas/enviarlas por correo electrónico a los clientes.
- Gestionar los datos de pago cuando los recibe de sus clientes.

2.9.7. Sistema Tarificador VoIP en Linea

El sistema de tarificación (*facturación*) VoIP en línea LGTel, permite ver al instante todas las llamadas hechas en sus cabinas telefónicas y además:

- El día y hora de una llamada.
- El número de teléfono a donde se llamó.
- El país ó destino a donde se llamó.
- Duración de la llamada.
- El cargo total de una cabina.
- Conocer los costos a los que esta comprando.
- Programar sus propias tarifas por país ó destinación.
- Conocer y controlar remotamente el total de sus ventas diarias.

❖ Requerimientos del sistema

- Servicio de internet de *banda ancha*.
- Un ruteador para VoIP (Voipeador).
- Computador para instalar el sistema con Windows Internet Explorer ó similar.
- Suscribir una cuenta con la empresa propietaria.

2.10. Conclusiones Parciales

La gran mayoría de los sistemas de *facturación* que se encuentran actualmente en explotación han sido creados con el objetivo de aprovechar al máximo las facilidades que ofrece la tecnología VoIP. Tienen en cuenta mayoritariamente el tipo de servicio de valor añadido y el consumo que haga de este el usuario, el origen y destino de la llamada, el tiempo de duración y en muchas ocasiones tienen en cuenta la utilización de la red y el *ancho de banda* consumido.

Estos sistemas de *facturación* pueden dividirse en dos categorías principales: la primera categoría con un honorario mensual basado en la cantidad de uso; la segunda categoría es de servicios pagados por adelantado, con créditos o minutos de llamar, tiempo comprado por adelantado. Los principales problemas que presentan estos sistemas son que la *facturación* es demandante en la mayoría de los casos que se haga en tiempo real, que la tecnología que poseen muchos de los proveedores de

servicios de Internet es antigua, los precios para sistemas que integren varios servicios son altos y no existe un estándar para el tratamiento de las llamadas, o sea que los datos recogidos no son todos del mismo formato, por lo que cada uno hace la *facturación* de manera muy diferente.

CAPITULO 3: ENRUTAMIENTO DE PAQUETES

3.1. Introducción

Actualmente las redes IP utilizan dos tipos de algoritmos de *enrutamiento* principales: el de Vector Distancias y el *enrutamiento* por Estado de Enlace, a pesar de que existe una gran variedad de *protocolos* para este fin. El *enrutamiento* por Vector Distancia se encarga del número de saltos (cantidad de *routers* que tiene q atravesar un *datagrama IP* para llegar a su destino), mientras que el *enrutamiento* por Estado de Enlace se preocupa principalmente por el estado de enlace de las interfaces del *router* a los *routers* vecinos.

En el actual capítulo se presentan ambos algoritmos, sus principales características, beneficios y limitaciones, las propiedades que se exigen para un correcto funcionamiento y las clasificaciones que reciben. Se hace un resumen de los principales tipos de *enrutamiento* y se aborda el tema del control de la congestión en el tráfico de los paquetes por la red.

3.2. ¿Qué es el enrutamiento o encaminamiento de paquetes?

Se denomina *enrutamiento* al conjunto de procedimientos que permiten establecer las rutas óptimas. Es la función básica del nivel de red. Consiste en cómo establecer una ruta óptima para una instancia de comunicación desde una fuente a un destino. La ruta elegida debe optimizar en lo posible algún parámetro o conjunto de parámetros (métricas), como el retardo de tránsito, el número de saltos, el tamaño de las colas, el caudal de salida. Cada nodo de *conmutación* sólo debe decidir a qué nodo adyacente debe transmitir los datos, quedando así establecida la parte correspondiente de la ruta.

Para calcular las rutas se usa un algoritmo de *enrutamiento*, que dado un destino decide la línea de salida adecuada. Es necesario además una estructura de información donde almacenar localmente los pares (destino, línea de salida) resultantes, que recibe el nombre de tabla de *enrutamiento*. Asimismo, los nodos deben coordinar el cálculo de las rutas e informarse entre sí de los cambios que se produzcan en la *topología* de la red, tarea que es llevada a cabo por un *protocolo* de *enrutamiento*. [1]

3.3. Propiedades exigibles a los algoritmos de enrutamiento

- **Corrección.** El paquete debe llegar precisamente al nodo al que es enviado.

- **Simplicidad.** Debe aportar soluciones sencillas. Esto es útil para redes reales (grandes) y los protocolos más simples son los que en la actualidad tienden a imponerse.
- **Robustez.** Debe comportarse correctamente frente a posibles problemas, que deben haber sido previstos de antemano. Deben ser robustos, capaces de adaptarse a los posibles cambios de topología (caída de enlaces, fallos, bajas o altas en enlaces y nodos) sin necesidad de abortar y reinicializar toda la red.
- **Estabilidad.** El procedimiento debe converger antes de que la red cambie de estado (caída de nodo, alta de usuario, etc.). Cuando esto ocurre, se calculan de nuevo las rutas, debiendo los nodos llevar a cabo acciones coherentes que conduzcan a situaciones estables.
- **Equidad o Justicia.** Debe tratar a todos los usuarios de la misma manera. Si no hay ningún motivo no deben favorecer a algunos usuarios frente a otros.
- **Gestionabilidad (trazabilidad).** Supone tener información (trazas) de lo que ha hecho la red para que en el caso de que ocurran "cosas raras" sea posible corregirlas.
- **Escalabilidad.** Debe tener un comportamiento óptimo sea cual sea el número de nodos (incluso si este aumenta mucho). [1][2]

3.4. Clasificación de mecanismos de enrutamiento

Los mecanismos de *enrutamiento* se pueden clasificar **según el ámbito** en:

- **Enrutamiento fijado en el origen:** El origen decide la ruta completa hacia el destino (por ejemplo, el source routing de IP).
- **Enrutamiento salto a salto:** En cada salto se decide donde reenviar el paquete. Este último mecanismo es el que utiliza en el funcionamiento normal de la red.

Si los clasificamos según la **capacidad de adaptación** tenemos:

- **Enrutamiento estático o no adaptativo:** Si hay algún cambio en la red, el *router* no hace ningún cambio en su configuración. Los enrutadores solamente poseen BIR, no BIE ni modulo de cálculo de rutas. Las rutas son calculadas de antemano y cargadas en los nodos durante su inicialización y permanecen invariables durante largos períodos de tiempo.
- **Enrutamiento dinámico o adaptativo:** La configuración del *router* cambia a lo largo del tiempo. Cambian sus decisiones de *enrutamiento* para reflejar cambios en la *topología* y/o en el tráfico. Pueden diferir en los instantes de adaptación (de manera periódica o cuando cambie

de manera significativa la *topología* o el tráfico) y en la forma de obtener la información y tomar las decisiones:

- **Aislado:** Los nodos basan sus decisiones en información obtenida localmente. No se tiene en cuenta la información de los otros nodos a la hora de encaminar.
- **Centralizado:** Un nodo de control utiliza la información obtenida de todos los nodos de la red y toma las decisiones de *enrutamiento*, que transmite posteriormente al resto de los nodos de la red. El cálculo de rutas solo lo hace el nodo central. Los nodos recogen la información de sus vecinos y la envían al nodo central. Estas rutas son muy consistentes dado que el nodo central conoce perfectamente la estructura completa de la red y no se producirían bucles, pero el nodo central se convierte en un punto crítico (cuello de botella).
- **Distribuido:** Las decisiones de *enrutamiento* se toman localmente en los nodos y se basan en información que obtienen de parte o de la totalidad del resto de nodos (sólo adyacentes). En este tipo de *enrutamiento* todos los nodos son iguales, todos envían y reciben información de control y todos calculan, a partir de su BIE, sus tablas de *enrutamiento*. La adaptación a cambios es óptima siempre y cuando estos sean notificados.

En las redes actuales el *enrutamiento* es **dinámico y distribuido**. [1][3]

3.5. Principio de optimización

Si se modela la red como un grafo etiquetado, esto es, como una colección de nodos y enlaces punto a punto y a cada enlace le asignamos un valor que representa el coste de enviar un paquete por dicho enlace, que será función de uno o más parámetros según lo que interese optimizar, el coste de una ruta se obtiene a partir de la suma del coste de cada uno de sus enlaces.

Principio de optimización: Cualquier subcamino dentro de un camino óptimo es, a su vez, óptimo.

Como consecuencia del principio de optimización:

- El conjunto de rutas óptimas a un destino dado desde cualquier nodo forma un árbol, que puede no ser único, cuya raíz es el nodo destino, y que se conoce como árbol sumidero (**sink tree**).

- Las decisiones de *enrutamiento* se pueden tomar localmente.
- El cálculo de los caminos óptimos puede llevarse a cabo de manera distribuida.

Los algoritmos de *enrutamiento* intentarán obtener rutas lo más aproximadas a las del árbol sumidero. A continuación se muestra una red de ejemplo y el árbol sumidero para el nodo B, tomando como métrica el número de saltos. [1]

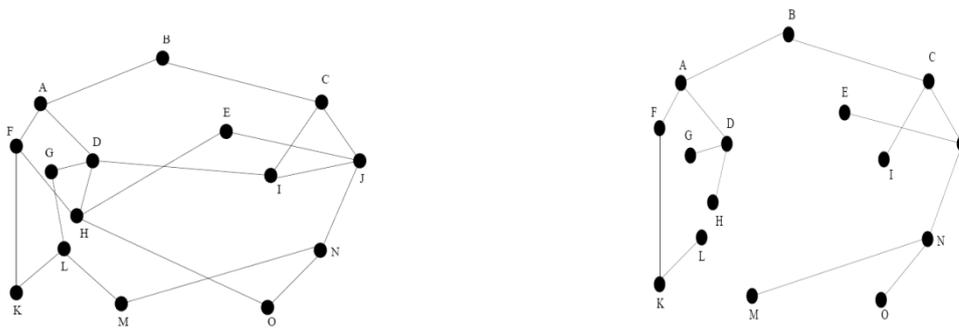


Fig. 3.1 Red y árbol sumidero para un nodo.

3.6. Partes o funciones del enrutamiento

Se puede dividir en tres partes o funciones:

- **Establecimiento de vecindades:** Saber cuales son los nodos vecinos y adyacentes. Se trata de encontrar información de los nodos adyacentes para comunicarse con ellos.
- **Distribución de información:** Distribuir la información que cada enrutador posee. La información recibida de los nodos adyacentes es compartida por todos los nodos.
- **Cálculo de rutas:** Se calculan rutas con la información que posee el enrutador y la que le envían los otros. Con la información que llega de la distribución se puede calcular la ruta óptima a un destino.

Un enrutador se puede esquematizar como una máquina con la siguiente estructura:

- **BIE** es la Base de Información de *Enrutamiento* (en inglés RIB, Routing Information Base), la base de datos que se consulta para decidir y formar la BIR. La información de la BIE se consigue mediante interacción con el entorno local de cada nodo (cada nodo observa sus

enlaces) y mediante la recepción de información de control procedentes de otros nodos vecinos que informan del conocimiento que estos nodos tienen sobre el estado de la red.

- **BIR** es la Base de Información de Reenvío (en inglés FIB, Forwarding Information Base). Es la tabla que se consulta para hacer el reenvío de los paquetes. [3]

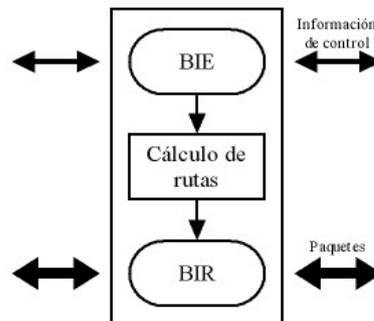


Fig. 3.2 Esquema de un enrutador.

3.6.1. Establecimiento de vecindades (Neighbour Creating)

Los objetivos del establecimiento de vecindades son los siguientes:

- Permitir a los sistemas intermedios (SI = *router* = enrutador) encontrar la dirección de nivel de red y del nivel de enlace de los nodos adyacentes.
 - Permitir a los sistemas finales (SF = *host* = nodo) encontrar los SI adyacentes, distinguir cuales son los nodos adyacentes y encontrar la dirección del nivel de enlace de los nodos adyacentes.
- [3]

3.6.2. Cálculo de rutas

Los *routers* determinan la ruta de los paquetes desde un enlace a otro, mediante dos funciones básicas:

- Una función de determinación de ruta
- Una función de *conmutación*.

La determinación de la ruta se produce en la capa de red. La función de determinación de ruta permite al *router* evaluar diversas rutas hacia un destino, y establecer cuál es la más deseable. El

router utiliza la tabla de *enrutamiento* para determinar la mejor ruta, para luego enviar los paquetes de datos mediante la función de *conmutación*. La función de *conmutación* es el proceso interno que el *router* utiliza para recibir un paquete en una *interfaz* y enviarlo a otra dentro del *router* mismo. Una responsabilidad clave de la función de *conmutación* es la de encapsular los paquetes de acuerdo a la estructura requerida por el próximo enlace.

El cálculo de rutas se define como el cálculo del mejor camino suponiendo que ya tenemos información de la red. El primer objetivo de este mecanismo es obtener una función a optimizar: función de optimización. A los parámetros de esta función se les denominan métricas. El método consistirá en maximizar o minimizar esas métricas según convenga (por ejemplo, si la variable que estamos manejando es el retardo, convendrá minimizarla. Si se trata de los beneficios obtenidos, interesaría maximizarla). Las métricas pueden ser de 2 tipos:

- **GLOBALES:** Miden una cualidad de la red completa. Algunos ejemplos son:
 - **Saturación máxima:** Se mide en cada nodo. Para nuestra ruta habría que ver en qué nodo se da la saturación máxima.
 - **Retardo global medio:** Se trata del retardo de cada enlace ponderado por el número de paquetes que lo atraviesa.
- **LOCALES:** A cada enlace se le asigna un valor. Ahora a cada camino (sucesión de enlaces) se le asigna otro valor en función del valor añadido de los enlaces. La función óptima sería los caminos que maximicen o minimicen el valor anterior. Dentro de las métricas locales, podemos clasificarlas en:
 - **Aditivos:** Su función óptima depende de la suma del valor asociado a cada enlace en el camino. Por ejemplo, número de saltos, retardo medio en el camino.
 - **Cóncavas:** Su función óptima depende del mínimo del valor asociado a cada enlace en el camino. Por ejemplo, capacidad del enlace, MTU (Unidad Máxima de Transmisión, nos da información acerca del tamaño máximo de la SDU (Unidad de Datos del Servicio)).
 - **Multiplicativas:** Su función óptima depende del producto del valor asociado a cada enlace en el camino. Por ejemplo, probabilidad de error. [3][4]

3.6.3. Distribución de la información

Vamos a ver dos tipos de algoritmos para la distribución de información: los algoritmos basados en el vector de distancias y los algoritmos basados en el estado de los enlaces. Estos algoritmos están descritos en las sesiones (3.6.3.1 y 3.6.3.2 respectivamente). [3]

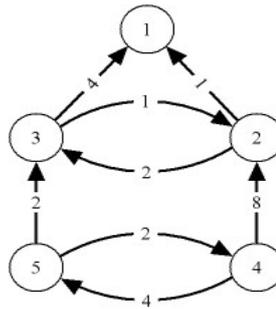


Fig. 3.3 Ejemplo para el algoritmo de Dijkstra.

❖ Vector de Distancias(VdD)

Es un algoritmo de *enrutamiento* iterativo, asíncrono y distribuido. Es distribuido porque cada nodo recibe cierta información de sus vecinos, recalcula las tablas de *enrutamiento* y distribuye los resultados de vuelta a sus vecinos. Es iterativo porque este proceso continúa hasta que no se intercambia más información entre los vecinos (se detiene a sí mismo). Y es asíncrono porque no precisa que todos los nodos operen al unísono.

Consiste en la aplicación del algoritmo de Bellman-Ford distribuido asíncrono aplicado a todos los nodos y no a uno sólo como se hizo anteriormente. El algoritmo de vector-distancia provee información indeterminada sobre las redes lejanas y no tiene información acerca de los *routers* distantes. Los *protocolos* de *enrutamiento* por vector-distancia envían copias periódicas de las tablas de *enrutamiento* de un *router* a otro. Estas actualizaciones periódicas entre *routers* informan de los cambios de *topología*.

Los algoritmos de *enrutamiento* basados en el vector-distancia también se conocen como algoritmos Bellman-Ford. El algoritmo finalmente acumula información acerca de las distancias de la red, la cual le permite mantener una base de datos de la *topología* de la red. Sin embargo, los

algoritmos de vector-distancia no permiten que un *router* conozca la *topología* exacta de una red, ya que cada *router* solo ve a sus *routers* vecinos.

Aplicando este *protocolo* cada nodo debe poseer un identificador, conoce la distancia (se emplea un número que represente la cantidad de saltos, la demora en milisegundos, el número total de paquetes en cola en la trayectoria o algo similar) para alcanzar a cada uno de sus vecinos. Cada *router* mantiene una tabla de ruteo indexada conteniendo una entrada para cada red destino en la red, cada entrada contiene el vector y la distancia para alcanzar ese destino.

Al inicio, el vector de distancias (VdD) de un nodo contiene solamente las redes conectadas directamente, es decir, distancia 0 hacia si mismo, cada nodo transmite su VdD hacia sus vecinos (periódicamente o cuando haya cambios). Cada nodo guarda el VdD más reciente recibido de cada vecino. Cada nodo recalcula su propio VdD en función de lo que le informan sus vecinos cuando recibe un VdD de un vecino distinto del que él tiene almacenado o cuando se “cae” un enlace o cambia de distancia. Cada *router* tiene que enviar una copia de su tabla de ruteo completa a los demás *routers* a intervalos regulares.

La entrada (i; j) de la tabla para un nodo X da la distancia estimada de X a i a través del vecino j, y se calcula como:

$$DX(i; j) = c(X; j) + \min_w D_j(i; w) \text{ siendo } w \text{ cualquier vecino de } j.$$

Cada cierto tiempo, cada nodo recibe de (y envía a) sus vecinos una lista de la distancia estimada a cada nodo de la red (distancia =1 si ésta es desconocida). Esta lista recibe el nombre de vector de distancias. Suponiendo que cada nodo conoce la distancia a sus vecinos, el cálculo de las tablas de *enrutamiento* con las líneas de salida de la mejor ruta a cada nodo destino es casi inmediato a pesar de que tiende a tener una convergencia algo lenta. Cabe resaltar que en el cálculo de las nuevas tablas no intervienen las tablas antiguas.

A continuación se muestran los vectores de distancias y la nueva tabla de *enrutamiento* para A resultado de la ejecución del algoritmo.

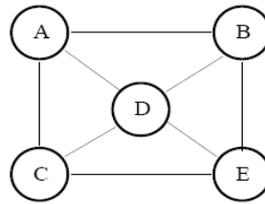


Fig. 3.4 Distribución de los nodos.

Vectores recibidos por A de sus vecinos:

Destino	B	C	D
A	5	4	6
B	0	9	3
C	12	0	3
D	6	6	0
E	2	7	5

Fig. 3.5 Tabla de vectores para el nodo A.

Distancia a A de cada vecino:

AB	AC	AD
4	6	2

Fig. 3.6 Distancia hasta A.

Nueva tabla de *enrutamiento* para A, que distribuirá a sus vecinos:

Destino	Distancia	Línea de salida
A	0	-
B	4	B
C	5	D
D	2	D
E	6	B

Fig. 3.7 Tabla de Enrutamiento.

Este algoritmo tiene un serio inconveniente: aunque las buenas noticias (como que un nodo que había caído se recupera) se extienden rápidamente, las malas noticias (como la caída de un nodo) se propagan más lentamente. Este hecho se conoce como el problema de cuenta hasta infinito, ya que infinito (nodo inalcanzable) es el valor que debería hallarse en las tablas para dicho nodo caído (aclarar que lo que se conoce como cuenta al infinito es el proceso de convergencia de las tablas de ruta y no

la caída de un nodo). Obviamente, dependerá del valor numérico elegido para representar infinito, el número de intercambios necesarios para alcanzar dicho valor. En el caso del número de saltos, debe elegirse la longitud del camino más largo más uno. Más problemático es, por ejemplo, el caso del retardo, pues un retardo grande hacia un nodo podría inducir a error al considerar al nodo en cuestión caído.

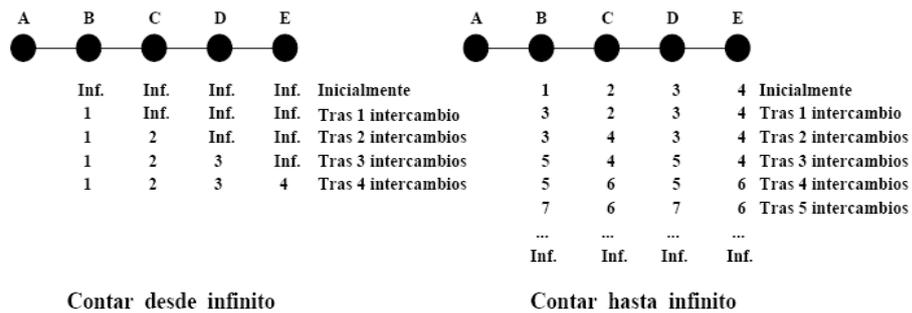


Fig. 3.8 Cuenta hasta infinito (1).

Se han propuesto muchas soluciones para el problema de contar hasta infinito, como el algoritmo *Split Horizon*. Este algoritmo funciona exactamente igual que el algoritmo de Vector de Distancias, salvo que la distancia a un nodo *i* es enviada como infinita sobre la línea usada para enviar paquetes hacia *i*, haciendo así que la cuenta hacia infinito sea mucho más rápida que sin usar este algoritmo. Aún siendo ampliamente usado, sin embargo el algoritmo falla en algunos casos.

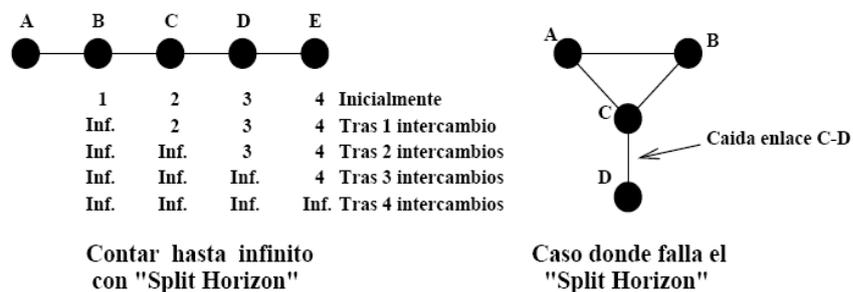


Fig. 3.9 Cuenta hasta infinito (2).

Por último señalar que el *enrutamiento* Vector de Distancias, ideado por Bellman y mejorado por Ford y Flukerson, también recibe el nombre de Bellman-Ford distribuido en honor a sus inventores. Fue el algoritmo inicial de ARPANET y desde entonces se ha utilizado en muchos *protocolos*, entre ellos el RIP⁵³ de Internet y el BGP⁵⁴. [1][3][4]

❖ Estado de Enlaces

La información que se envía es la distancia a los vecinos. Esta información se la mandamos a todos los nodos de la red, por lo que cada nodo puede conseguirse su propio mapa de la red. Se maneja menos información, pero se envía a más destinos. Es también un algoritmo de *enrutamiento* distribuido e iterativo, cuyo funcionamiento puede resumirse en cinco partes. Los pasos que sigue son:

1. Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones de red. Cada nodo (SI) sabe su identificador y el de sus vecinos.
2. Medir el coste de cada vecino. Cada nodo construye su LSP⁵⁵ que contiene la lista de coste e identificador de los vecinos. LSP=f<id, coste>, <id, coste>, g.
3. Construir un paquete con esa información.
4. Enviar ese paquete a todos los nodos de la red: los LSP se envían a todos los sistemas intermedios de la red.
5. Calcular el camino más corto a cada nodo: cada SI crearía un mapa completo y haría el cálculo de rutas (por ejemplo con Dijkstra).

Los paquetes LSP se construyen y se envían:

- Periódicamente.
- Cuando aparece un nuevo vecino.
- Cuando cambia el coste del enlace.
- Cuando cae un enlace.

⁵³ Protocolo de Enrutamiento de Información (siglas en inglés de Routing Information Protocol). Es un protocolo de puerta de enlace interna o IGP (Internal Gateway Protocol) utilizado por los routers.

⁵⁴ Protocolo de Gateway Fronterizo (siglas en inglés de Border Gateway Protocol). Es un protocolo mediante el cual se intercambia información de encaminamiento entre Sistemas Autónomos.

⁵⁵ Paquete de Estado de los Enlaces (siglas en inglés de Link State Packet).

Los inconvenientes de este método son los siguientes: si no se consigue que los paquetes LSP les lleguen a todos los nodos de la red se pueden producir bucles. También puede que se gasten muchos recursos con el envío de LSP.

Para que los LSP lleguen a todos los nodos no podemos basarnos en *enrutamiento* porque todavía no lo tenemos (recordar que la fase en la que se está actualmente, la distribución de información, es previa al *enrutamiento*). Se usa el método de inundación que puede hacer que se llene la red de LSP. El mecanismo para controlar la cantidad de LSP es que el nodo se quede con los más recientes o usar numeración.

La solución pasa por un esquema que mezcla la numeración y el tiempo. Como método básico se usa la numeración. A cada paquete se le asocia un número de secuencia y además se le indicará la edad (contador que se va decrementando con el tiempo y en cada salto) como mecanismo de autodestrucción, esto es, cuando se alcance $edad=0$ se rechaza el paquete. El LSP contendrá por tanto: origen, SN (número de secuencia), edad y datos. No lleva destino porque está dirigido a todos los *routers* de la red.

Si el LSP que le llega a un nodo tiene un número de secuencia mayor que el almacenado, se guarda la información y se reemite decrementando la edad. Cuando se almacena también va decrementando su edad con el transcurso del tiempo y normalmente no llegará a cero. Si llega un LSP con el SN menor del que tenemos almacenado se descarta.

Los *protocolos de enrutamiento de estado del enlace* mantienen una base de datos compleja, con la información de la *topología* de la red. El algoritmo de *enrutamiento de estado del enlace* mantiene información completa sobre *routers* lejanos y su interconexión.

El *enrutamiento de estado del enlace* utiliza:

- **Publicaciones de estado del enlace (LSA):** Una publicación del estado del enlace (LSA) es un paquete pequeño de información sobre el *enrutamiento*, el cual es enviado de *router* a *router*.
- **Base de datos topológica:** Una base de datos topológica es un cúmulo de información que se ha reunido mediante las LSA.

- **Algoritmo SPF:** El algoritmo "primero la ruta más corta" (SPF) realiza cálculos en la base de datos, y el resultado es el árbol SPF.
- **Tablas de enrutamiento:** Una lista de las rutas e interfaces conocidas.

Proceso de descubrimiento de la red para el enrutamiento de estado del enlace: El intercambio de LSAs se inicia en las redes conectadas directamente al *router*, de las cuales tiene información directa. Cada *router*, en paralelo con los demás, genera una base de datos topológica que contiene toda la información recibida por intercambio de LSAs.

El algoritmo SPF determina la conectividad de la red. El *router* construye esta *topología* lógica en forma de árbol, con él mismo como raíz, y cuyas ramas son todas las rutas posibles hacia cada subred de la red. Luego ordena dichas rutas, y coloca las rutas más cortas primero. El *router* elabora una lista de las mejores rutas a las redes de destino, y de las interfaces que permiten llegar a ellas. Esta información se incluye en la tabla de *enrutamiento*. También mantiene otras bases de datos, de los elementos de la *topología* y de los detalles del estado de la red.

Cuando un *router* recibe una LSA, actualiza su base de datos con la información más reciente y elabora un mapa de la red con base en los datos acumulados, y calcula la ruta más corta hacia otras redes mediante el algoritmo SPF. Cada vez que una LSA genera cambios en la base de datos, el algoritmo de estado del enlace (SPF) vuelve a calcular las mejores rutas, y actualiza la tabla de *enrutamiento*.

Puntos de interés acerca del estado del enlace

- Carga sobre el procesador.
- Requisitos de memoria.
- Utilización del *ancho de banda*.

Los *routers* que usan *protocolos* de estado del enlace requieren de más memoria y exigen más esfuerzo al procesador, que los que usan *protocolos* de *enrutamiento* por vector-distancia. Los *routers* deben tener la memoria suficiente para almacenar toda la información de las diversas bases de datos, el árbol de *topología* y la tabla de *enrutamiento*. [1][3][4]

3.7. Protocolos específicos de enrutamiento

Para describir las redes, se usa un modelo jerárquico basado en dominios. Distinguimos dos tipos de dominios:

- **Dominio Administrativo (DA):** Comprende una parte de la red que es administrada por una única autoridad.
- **Dominio de Enrutamiento (DE):** Es una parte de un dominio administrativo en la que se sigue un mismo criterio para el *enrutamiento*.
- **Área:** Es una región de la red en la que se utilizan *protocolos* intradominio.

Las ventajas de realizar esta división son:

- **Escalabilidad:** Al usar vector de distancias, la velocidad de convergencia decrece rápidamente al aumentar la red. Con la división en dominios se reduce el ámbito del vector, con lo que se consigue una convergencia más rápida. Por otra parte, si se usa LSP será necesario enviar los paquetes en difusión a toda la red. Con redes grandes, el consumo de recursos puede ser excesivo.
- **Autonomía de gestión:** La división permite que los propietarios o gestores sean los administradores de la red. Además, se puede decidir qué información se comparte con el exterior y cuál se mantiene oculta.

Los *protocolos* de *enrutamiento* se dividen en dos tipos, según el ámbito:

- **Intradominio:** Propaga información dentro de un mismo dominio. Los criterios que se usan para el *enrutamiento* son técnicos. Busca optimizar la eficiencia. Algunos son:
 - En TCP/IP, se usan RIP y OSPF⁵⁶.
 - En OSI, existe el *protocolo* IS-IS⁵⁷.
- **Interdominio:** Transmite información entre distintos dominios, que pueden presentar distintos criterios para el *enrutamiento*, basados en cuestiones administrativas. Permiten formular restricciones sobre el tráfico encaminado. Algunos son:

⁵⁶ Primero la Ruta Más Corta (siglas en inglés de Open Shortest Path First).

⁵⁷ Sistema Intermediario a Sistema Intermediario (siglas en inglés de Intermediate System to Intermediate System).

- *Enrutamiento* manual.
- En TCP/IP, se usan EGP⁵⁸ y BGP.
- En OSI, se usa IDR⁵⁹.

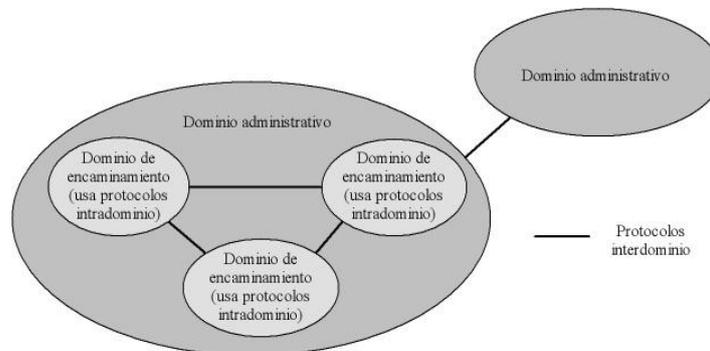


Fig.3.10 División de dominios.

Entre D.E.-D.E. y D.A.-D.A. se dan los *protocolos* interdominio mientras que entre áreas y dentro de las áreas se dan los *protocolos* intradominio.

Para salir del dominio es necesario usar el *router* de salida (*gateway router*). En caso de tener un solo *router* de salida, la elección es obvia: todos los mensajes que tengan que salir del dominio se enviarán a ese *router*. Pero si hubiera más de un *router*, habrá que ver hacia cuál de ellos se envía el mensaje. O bien se configura manualmente, o se selecciona según algún algoritmo. En este último caso, habrá que:

- Obtener la información de alcanzabilidad a través de otros dominios (es decir, otros dominios tendrán que comunicar a qué direcciones se puede llegar atravesándolos). Los dominios que sirven para conectar a otros dominios se llaman dominios de tránsito.
- Propagar esta información dentro del dominio.
- Escoger el mejor camino. Hay que destacar que en este caso no se puede escoger el mejor camino como el que tenga una mejor métrica, ya que distintos dominios pueden tener conceptos distintos de lo que es la métrica (para uno puede ser el retardo, para otro el número de saltos, etc.). Lo que sí se usará para escoger el mejor camino es el número de dominios que hay que atravesar, procurando que este parámetro sea lo menor posible. [3]

⁵⁸ Protocolo de Puerta de Acceso Externo (siglas en inglés de External Gateway Protocol).

⁵⁹ Protocolo de Ruteo Interdominio (siglas en inglés de Inter-Domain Routing Protocol)

3.7.1. Protocolos Intradominio (IGP)

❖ Protocolo RIP (Routing Information Protocol)

Emplea el *protocolo* Vector Distancia. Por defecto, consideramos que el coste de cada enlace es 1. Este *protocolo* mide el número de saltos. El máximo número de saltos es 15. Si es mayor que 15, no se tiene en cuenta (esto tiene que ver con la solución al salto al finito). De ahí que sea una buena elección de *protocolo* en caso de redes pequeñas.

Divide las máquinas en activas y pasivas; las activas (los ruteadores) anuncian sus rutas a las otras; las pasivas, solo escuchan, actualizan sus rutas en base a los anuncios. Utiliza el algoritmo de ruteo de difusión Vector -Distancia para el intercambio de información de ruteo. Un ruteador difunde un mensaje cada 30 segundos cuya información es tomada de la base de datos de ruteo actualizada. Cada mensaje RIP contiene parejas de dirección de red IP y un entero (salto) que representa la distancia hacia esa red, en este caso, existe un salto a la red conectada directamente, dos saltos desde la red que esta al alcance a través de otro ruteador y así sucesivamente.

Utilizar el conteo de saltos para calcular la trayectoria más corta no siempre produce resultados óptimos. Tanto los participantes RIP activos como pasivos “escuchan” todos los mensajes difundidos y actualizan sus tablas de acuerdo al algoritmo VdD ya mencionado.

Para mejorar el desempeño y confiabilidad, RIP especifica que se deben conservar las rutas existentes hasta que aparezca una nueva ruta con un costo menor, que todo escucha debe asociar un tiempo límite a las rutas que aprenden:

- Cuando un ruteador instala una ruta en su tabla, inicia un temporizador para esa ruta.
- La ruta queda inválida si transcurren 180 segundos sin que el ruteador haya recibido un anuncio nuevamente.

Existen 2 tipos de mensajes:

- **Respuesta (RESP):** Es un mensaje que contiene el vector de distancias. Este mensaje se envía a los vecinos.
- **Solicitud (REQ):** Fuerza a uno de los vecinos a que te envíe un mensaje RESP.

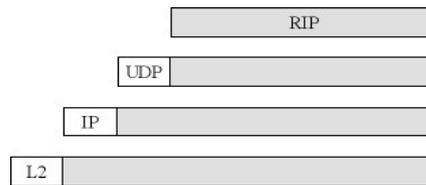


Fig.3.11 Estructura de un paquete RIP.

Si se observa cómo se construye un paquete RIP, se pueden ver dos cosas. Desde el punto de vista de la eficiencia, es un desperdicio de cabeceras. Este gasto de cabeceras se justifica porque haciéndolo así es más fácil programar el *protocolo* en una máquina real. También se debe resaltar el que use UDP (más concretamente, su puerto 520). Debido a esto, el envío de mensajes es no fiable.

RIP maneja tres tipos de errores ocasionados por el algoritmo Vector-Distancias.

- Como el algoritmo no especifica detección de ciclos de ruteo, RIP debe asumir que los participantes son confiables o deberá tomar precauciones para prevenir los ciclos.
- Para prevenir inestabilidades, RIP utiliza un valor bajo (16) para la distancia máxima posible. Cuando los saltos se acercan a este valor, los administradores deben dividir la red de redes en secciones o utilizar un *protocolo* alternativo.
- Los mensajes de actualización de ruteo se difunden lentamente a través de la red, se crea un problema de convergencia lenta o conteo al infinito que produce inconsistencias. Para resolverlo, RIP utiliza un valor de salto igual a 16 como distancia inalcanzable, con lo cual se alivia el problema. [3][5][6]

❖ Protocolo OSPF (Open Shortest Path First)

Shortest Path First significa que emplea el estado de los enlaces (LSP). Cada enlace tiene su propio coste. OSPF trabaja intercambiando información entre *routers* adyacentes. Los *routers* vecinos que no son adyacentes no intercambian información entre sí. En una LAN un *router* es seleccionado como *router* designado y se constituye en adyacente de todos los *routers* de esa LAN, haciéndose los intercambios a través de él de forma más eficiente. De lo contrario K *routers* realizarían K (K-1) intercambios. En estos casos siempre se define un *router* de respaldo para prevenir fallos en el designado.

Algunas características que presenta este *protocolo* son:

- Se basa en la transmisión de LSPs.
- **Seguridad:** Se puede autenticar al otro extremo mediante:
 - **Password** (no se usa).
 - **MD5:** Se añade un número de secuencia que impide la reproducción.

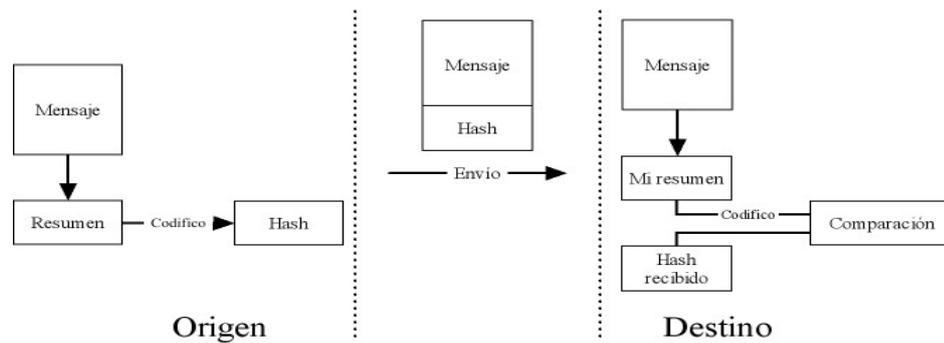


Fig.3.12 Algoritmo de autenticación mediante hash.

- **Multicast:** Un paquete puede llegar a varios nodos. En realidad, se emplea una variante llamada MCSPF⁶⁰.
- **Jerarquía:** Permite realizar divisiones dentro de un dominio, llamadas áreas (un área es una red o un conjunto de redes contiguas).
 - Las áreas no se solapan.
 - Fuera de un área los detalles de su *topología* no son visibles.
 - El backbone es llamado área 0 y todas las áreas están conectadas al backbone y a él pertenecen los *routers* que interconectan áreas al backbone.
 - La *topología* interna del backbone, como del resto de las áreas, no es visible fuera del backbone.
 - Dentro de un área cada *router* tiene la misma base de datos de “estado de enlace” y corre el mismo algoritmo de distancia mínima con el objetivo de ruteo óptimo dentro del área.
 - El *router* que conecta dos áreas necesita las bases de datos de ambas áreas y debe conocer el algoritmo de optimización para cada área.

⁶⁰ Servicio Multicast de Búsqueda de Caminos (siglas en inglés de MultiCast Service Path Finding).

- **Soporte:** Brinda soporte a sistemas jerárquicos, es decir no es preciso que un *router* tenga que conocer la *topología* de la red completa que pudiera ser grande y complicada.
- **Soporta tres tipos de redes y conexiones:** Punto a punto, redes de difusión (LANs) y redes multiaccesos sin difusión (WAN de *conmutación* de paquetes).
- OSPF soporta rutas específicas para *hosts*, rutas de subred y rutas específicas de red.
- Incluye autenticación de los mensajes de actualización de ruteo, evitando falsos mensajes de ruteo.

En OSPF se definen tres tipos de ruteos fundamentalmente, estos son:

- Ruteo intra-área, según las tablas de ruteo del área en particular.
- Ruteo inter-área, para rutas entre área-backbone, backbone -área.
- ruteo inter-SA, entre dos SAs, (este no es realizado por OSPF).

OSPF distingue cuatro tipos de *routers*: Internos (dentro de un área), *Router* de Borde (conectan dos o más áreas, siendo una de ellas el backbone), *Routers* de Backbone (interconectan redes dentro del backbone) y los *Routers* entre SAs. Estas categorías se pueden solapar, por ejemplo, todos los *routers* de borde son automáticamente del backbone.

Cada *router* emite mensajes de actualización de Estados de Enlaces (LSP) a cada uno de sus *routers* adyacentes:

- Periódicamente
- En su inicialización
- Ante cambios de los parámetros de costos.

Cada mensaje contiene un número de secuencia que permite distinguir los mensajes nuevos de otros ya conocidos. Estos mensajes son reconocidos (ACK) para brindarle mayor confiabilidad a la operación. Existen varios tipos de mensajes, Hello (usado para pruebas de accesibilidad), Descripción de base de datos (datos de *topología* de red), Solicitud de Estado de Enlace, Actualización de Estado de Enlace y Acuse de recibo de Estado de enlace. [3][6][7][8]

3.7.2. Protocolos Interdominio (EGP)

❖ BGP (Border Gateway Protocol)

El *protocolo* de *Gateway* fronterizo, BGP o *Border Gateway Protocol* es un *protocolo* mediante el cual intercambia información de *enrutamiento* entre Sistemas Autónomos (conjunto de *routers* dirigidos por la misma autoridad y que usan un mismo *protocolo* interno de distribución y actualización de información de *enrutamiento* (IGP). Por ejemplo, los ISP registrados en Internet suelen componerse de varios sistemas autónomos. Actualmente entre los sistemas autónomos de los ISP se intercambian sus tablas de rutas a través del *protocolo* BGP. Este intercambio de información de *enrutamiento* se hace entre los *routers* externos de cada sistema autónomo. Estos *routers* deben soportar BGP. Se trata del *protocolo* más utilizado para redes con intención de configurar un EGP.

BGP intercambia información de *enrutamiento* entre sistemas autónomos a la vez que garantiza una elección de rutas libres de bucles. BGP toma decisiones de *enrutamiento* basándose en políticas de la red, o reglas que utilizan varios atributos de ruta BGP.

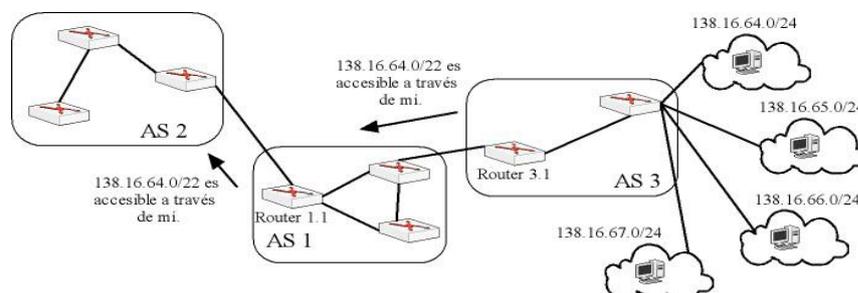


Fig.3.13 Envío de información mediante BGP.

Los *router* BGP manejan 3 tipos de bases de datos, en lugar de la RIB habitual. Estas son:

- **RIB de entrada:** Contiene los anuncios recibidos de otros *routers*, filtrados mediante una serie de políticas de entrada. Es una tabla con una entrada por cada sesión BGP.
- **RIB local:** Es única para cada *router*, y es la que se usa para decidir el *enrutamiento*. Se crea filtrando la RIB (BIE en español) de entrada. Esta tabla, junto a la configuración del *router* y los *protocolos* intradominio, forman la FIB (BIR en español).
- **RIB de salida:** Controla qué información se anuncia. Se forma filtrando la RIB local con la política de salida.

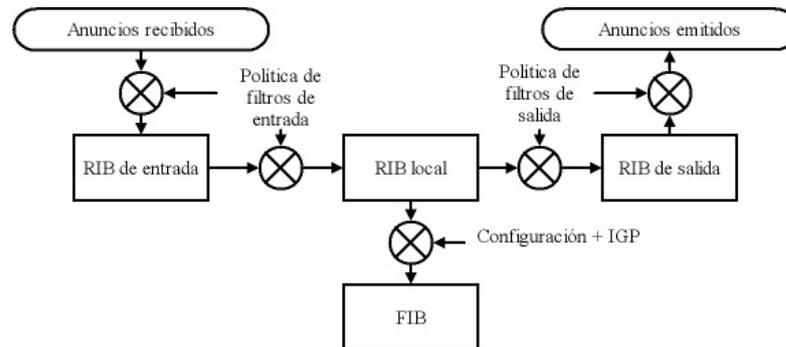


Fig. 3.14 Lógica para la creación de las RIBs.

En BGP, se sigue este algoritmo para la selección de rutas:

1. Se escoge con mayor preferencia la ruta local.
2. Si hay varias con el mismo valor, se escoge la de menor AS-PATH⁶¹.
3. Si hay varias con el mismo valor, se escoge aquella cuyo Next-Hop esté más cerca.
4. Si estuvieran todos a la misma distancia, se escoge según el identificador BGP, que es único para cada *router*. Esta elección es simplemente para deshacer el empate, no tiene ningún sentido.

El Sistema Autónomo puede considerarse como terminal (*stub*) o de tránsito (*transit*). Un sistema configurado como *stub* solamente cursa tráfico cuyo origen o destino sea él mismo. Un sistema de tránsito, sin embargo, permite que lo atraviese tráfico que va destinado a otros sistemas. Los sistemas de tránsito anuncian las rutas que se pueden alcanzar a través de ellos, generalmente según acuerdos económicos (anuncian las rutas que les pueden reportar beneficios).

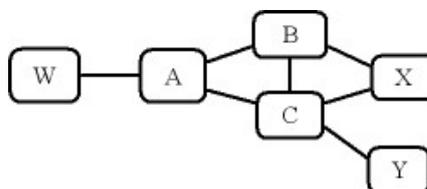


Fig. 3.15 Ejemplo con varios SA interconectados.

⁶¹ Un AS-PATH es una secuencia de sistemas autónomos intermedios entre el origen y el destino routers que forman una ruta para dirigirse a los paquetes de viaje.

En la gráfica, W e Y serían claramente sistemas terminales. X se puede configurar para que sea de tránsito o terminal, permitiendo que anuncie rutas o no, respectivamente. Una situación que se da con cierta frecuencia es que un sistema autónomo terminal esté conectado a dos proveedores de servicio (ISPs). En este caso, X podría ser una empresa que tenga contratado acceso a Internet con los proveedores B y C. Normalmente, un ISP te asigna direcciones privadas o bien un rango de direcciones públicas que esté bajo el control del ISP. Si un AS está conectado a dos ISPs al mismo tiempo, se presentan dos opciones:

- Solicitar un rango de direcciones públicas, independiente de cualquier ISP. Es una solución que no se suele adoptar, debido al excesivo coste.
- Pedir un rango de direcciones privadas a uno de los dos ISP, y anunciarlo a ambos ISP. La ruta se propagará por toda la red a través de ambos AS.

En ocasiones, varios sistemas autónomos se unen para crear una confederación. Aunque los AS que las componen son independientes y tienen cada uno un ASN propio, de cara al exterior se presentan como si formaran un único AS.

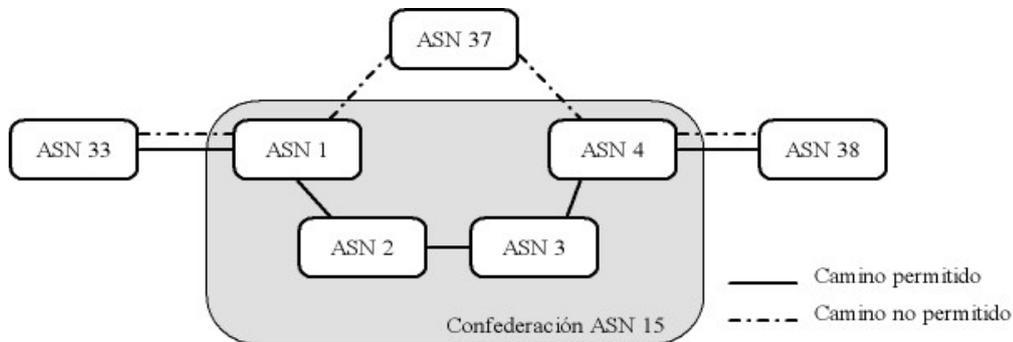


Fig. 3.16 Problema de la creación de confederaciones.

Vemos que la creación de confederaciones a veces evita que se pueda escoger el camino óptimo. En la ilustración, si el AS 33 quisiera llegar hasta el AS 38, el camino más corto sería a través de 1, 37 y 4. Sin embargo, desde fuera vemos a la confederación como un sólo AS, no tenemos acceso a información sobre los AS de su interior. Si siguiéramos ese camino, estaríamos entrando dos veces en el AS 15, lo cual no está permitido (se prohíbe que una ruta pase dos veces por un mismo AS para evitar bucles). La ruta a seguir tendría que ser la marcada con línea continua, que tiene un salto más que la ruta óptima. [3][9][10][11][12][13][14][15]

3.8. Ejemplos de algoritmos de enrutamiento

3.8.1. Shortest Path

En el algoritmo Shortest Path con los costes asignados a cada enlace se calcula, para cada par de nodos, la ruta de menor coste total, es decir, el camino más corto. Hay varios algoritmos propuestos para ello, aunque quizá el más popular sea el de Dijkstra. El algoritmo de Dijkstra es iterativo. Tras la k -ésima iteración, para una fuente se conocen los caminos de coste mínimo a k nodos destino, y entre los caminos de coste mínimo a todos los nodos destino, estos k caminos tienen los k menores costes.

Una vez conocidas las mejores rutas entre cada par de nodos, se construyen las tablas de *enrutamiento*. Este algoritmo de *enrutamiento* por sí solo y de forma estática raras veces se usa como tal, pero las técnicas para hallar el camino más corto son ampliamente usadas en otros algoritmos de *enrutamiento*. [1]

3.8.2. Multipath

Dado que, en general, se obtienen mejores prestaciones repartiendo el tráfico entre varias rutas, una mejora del algoritmo Shortest Path consiste en tomar las N mejores rutas entre cada par de nodos, y repartir el tráfico entre ellas en base a algún criterio, por ejemplo, prioridad del tráfico, o simplemente de forma aleatoria asignando a cada una de ellas una determinada probabilidad. Este algoritmo se denomina *enrutamiento* de caminos múltiples o Multipath. [1]

3.8.3. Aleatorio

En este algoritmo cada nodo elige de forma aleatoria una línea de salida de entre las posibles. Si la red es rica en conexiones, el algoritmo aleatorio hace un excelente uso de las rutas alternativas, convirtiéndolo en un algoritmo muy robusto, aunque en general muy poco eficiente y de bajas prestaciones. [1]

3.8.4. Flooding

Es un sencillo algoritmo de *enrutamiento* estático, donde cada paquete recibido en un nodo es reenviado por todas las líneas, excepto por la que llegó. Obviamente, si no se toman medidas para parar la explosión de paquetes, el número de duplicados crece indefinidamente.

Una forma de hacerlo consiste en incluir un contador que se decrementa en cada salto, y cuando llega a cero, el paquete se descarta. Este contador debe inicializarse al número de saltos entre fuente y destino. Si éste no fuese conocido, debe ser inicializado a la distancia mayor (en saltos) entre cualesquiera dos nodos de la red.

❖ Aplicaciones del Flooding

- Aplicaciones sensibles a pérdidas, dada su enorme robustez, ya que es prácticamente imposible que un paquete no llegue a su destino.
- Aplicaciones de difusión (broadcast).
- Evaluación de otros algoritmos, ya que al elegir todos los caminos, también elige el más corto. [1]

3.8.5. Hot Potato

Un sencillo algoritmo dinámico aislado es el Hot Potato, que consiste en reenviar cada paquete hacia la línea que posee menos paquetes en cola, independientemente de cuál sea su destino. Una posible variación consiste en asignar costes a las líneas de salida, y basar la decisión en los tamaños de las colas y en los costes. [1]

3.8.6. Aprendizaje Hacia Atrás

Es también un algoritmo dinámico aislado, que consiste en que cada nodo atravesado por un paquete aprenda de éste donde está su nodo fuente, para cuando tenga que encaminar un paquete hacia él. Para ello, debe incluirse en los paquetes la dirección del nodo fuente y un contador que se incrementa en cada salto. Los nodos irán registrando en una tabla la información obtenida de los paquetes vistos, descubriendo tras cierto tiempo la ruta de menor número de saltos a cada nodo. [1]

3.8.7. Algoritmos Centralizados

Cada cierto tiempo cada nodo envía a un nodo central, RCC⁶², la información de estado que ha podido recoger localmente, como una lista de nodos adyacentes, longitudes actuales de sus colas, tráfico procesado por línea, etc. Basado en toda la información, el RCC calcula la mejor ruta para cada

⁶² Centro de Control de Ruteo (siglas en inglés de Routing Control Center).

par de nodos, por ejemplo con un algoritmo Shortest Path, construye las tablas de *enrutamiento* y las envía a los nodos.

❖ Ventajas

- El RCC posee una información muy completa, por lo que sus decisiones son casi perfectas.
- Se libera a los nodos de tener que ejecutar algoritmos de enrutamiento.

❖ Inconvenientes

- Si el tráfico y la *topología* son muy cambiantes son necesarios cálculos muy frecuentes con el consiguiente exceso de carga en la red.
- Vulnerabilidad del RCC: Problemas si se cae el RCC o si algún nodo no puede comunicarse con el RCC, por caídas en la ruta usada para tal efecto.
- Los nodos próximos al RCC pueden sufrir un peor servicio al estar las líneas más cargadas con tráfico de control.
- Los nodos próximos al RCC conocen las nuevas tablas antes que los más alejados, lo que puede dar lugar a inconsistencias en el *enrutamiento*. [1]

3.8.8. Enrutamiento intra SA en Internet

Históricamente, se han venido usando en mayor medida dos *protocolos* de *enrutamiento* en el interior de los SA de Internet:

- RIP (Routing Information Protocol). Revisar sesión 3.7.1.1.
- OSPF (Open Shortest Path First). Revisar sesión 3.7.1.2.

❖ Enrutamiento Jerárquico

Hasta ahora hemos considerado una red como un conjunto de *routers* interconectados que ejecutan el mismo algoritmo para calcular las rutas. En la práctica no es así, por dos motivos fundamentalmente:

- **Escala:** Según crece la red lo hace el número de *routers* y la sobrecarga debida al cálculo, almacenamiento y distribución de la información de *enrutamiento* se hace prohibitiva.

- **Autonomía administrativa:** Deseo de cada compañía de administrar su red de forma autónoma, aunque pueda seguir accediendo a y ser accesible por el exterior.

Estos problemas pueden solventarse organizando los *routers* en regiones o sistemas autónomos (SA). Todos los *routers* dentro de un SA ejecutan el mismo algoritmo de *enrutamiento* intradominio y tienen información unos de otros. Para conectar los SA entre sí, uno o más *routers* de cada SA, conocidos como *routers* frontera, tendrán que responsabilizarse del *enrutamiento* de paquetes hacia fuera, utilizando un algoritmo de *enrutamiento* interdominio.

El problema de escala está resuelto, ya que cada *router* intra SA sólo necesita conocer los *routers* de su SA. El de autoridad administrativa también, porque dentro de cada SA se puede usar cualquier algoritmo intradominio, siempre que los *routers* frontera sean capaces de ejecutar algoritmos interdominio que conecten esos SA con los demás. [1]

3.8.9. Enrutamiento inter SA en Internet: BGP

BGP es el *protocolo* de *enrutamiento* entre sistemas autónomos actualmente en uso en Internet. Revisar sesión □.

3.8.10. Enrutamiento mediante difusión o broadcast

En algunas aplicaciones, un nodo necesita enviar simultáneamente mensajes a todos nodos de la red. Este procedimiento se denomina difusión (broadcast).

Existen varios métodos:

- **Un paquete por destino:** Supone un elevado gasto de *ancho de banda* y que sea necesario conocer la lista de destinos.
- **Flooding:** Da lugar a un elevado gasto de *ancho de banda*.
- **Spanning Tree:** Basado en la idea de un Sink Tree invertido (el destino en el Sink Tree pasa a ser la fuente en el Spanning Tree), cada nodo hace Flooding del paquete por las líneas del árbol, generándose así el número mínimo de paquetes necesario para la difusión. El problema radica en la necesidad de que cada nodo conozca algún Spanning Tree para la fuente.

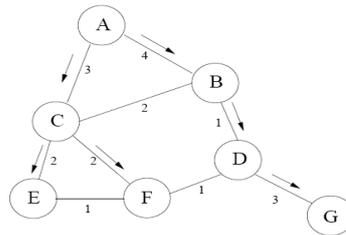


Fig. 3.17 Envío de paquetes (1).

- Reverse Path Forwarding:** En este algoritmo, si un paquete llega por la línea usada para encaminar hacia la fuente del broadcast (la que se utiliza para encaminar paquetes en modo unicast desde ese nodo hasta la fuente) se hace flooding, y en caso contrario se descarta como posible duplicado. No requiere que los nodos conozcan árbol alguno. Tampoco se requieren listas de destinos ni mecanismos para detener la explosión de paquetes. Cada nodo sólo necesita conocer la mejor línea de salida en modo unicast hasta la fuente.

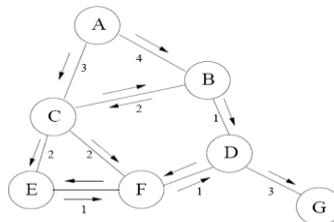


Fig. 3.18 Envío de paquetes (2).

❖ Enrutamiento Multicast

Ciertas aplicaciones precisan la entrega de paquetes provenientes de uno o más emisores a un grupo de receptores. En lugar de un paquete para cada destino, la fuente envía un único paquete a una dirección multicast, que es conocida por todos los nodos que intervienen en la comunicación (grupo multicast) y el algoritmo de *enrutamiento* debe encargarse de que dicho paquete llegue a todos los miembros del grupo.

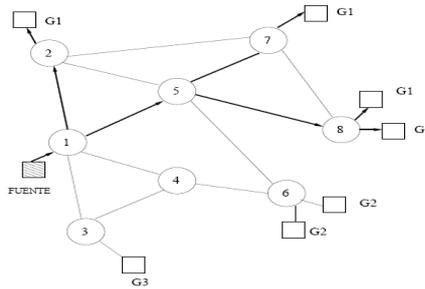


Fig. 3.19 Enrutamiento Multicast.

❖ Fuente

El objetivo del *enrutamiento* multicast es encontrar un árbol de enlaces entre todos los *routers* que disponen de *hosts* directamente conectados que pertenezcan al grupo multicast. Se han adoptado dos aproximaciones para determinar los árboles de *enrutamiento* multicast, que difieren en virtud de si se utiliza un único árbol compartido para distribuir el tráfico de todos los emisores del grupo, o si se construye un árbol específico para cada emisor en particular.

❖ Árbol de grupo compartido

En este caso, todos los paquetes enviados al grupo de multidifusión son encaminados a través del mismo árbol, independientemente del emisor. Una aproximación al cálculo de un árbol multicast compartido es la basada en un nodo central o punto de encuentro. En este caso, se elige en primer lugar el nodo central, al que deben unirse todos los nodos pertenecientes al grupo, enviando mensajes unicast. A medida que se envían los mensajes de unión, los caminos que siguen definen las ramas del árbol entre los *routers* que se unen y el centro.

Un *router* que recibe un *datagrama* para enviar desde uno de sus *hosts* directamente enlazados unifunde el *datagrama* al punto de encuentro, y éste lo multidifunde a través del árbol de grupo compartido.

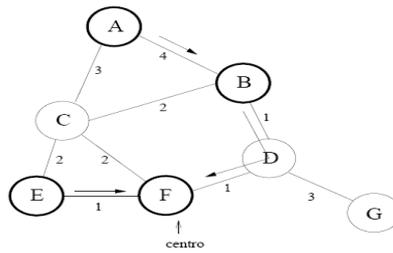


Fig. 3.20 Árbol compartido.

❖ Árbol basado en Fuente

Se construye un árbol multicast para cada fuente. Cada árbol puede calcularse como la unión de los caminos unicast de menor coste de cada fuente a cada uno de los demás *routers* con *hosts* pertenecientes al grupo. Con este método se necesita que cada *router* conozca los árboles para cada fuente, por lo que suele utilizarse el algoritmo de camino inverso en el que cada *router* si recibe un paquete por el enlace óptimo hacia la fuente lo transmite por todos sus enlaces de salida y en otro caso lo descarta.

Para evitar la transmisión hacia *routers* que no forman parte del grupo, un *router* que no tenga *hosts* adheridos a ese grupo, cuando recibe un paquete para ese grupo envía un mensaje de poda al *router* que se lo mandó. Si un *router* recibe mensajes de poda desde cada uno de sus *routers* hacia abajo, envía un mensaje de poda hacia arriba. [1]

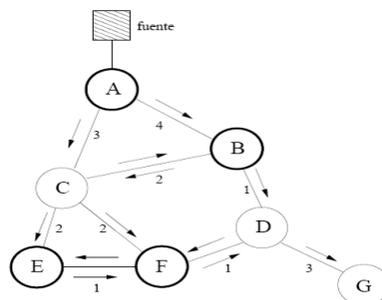


Fig. 3.21 Árbol basado en Fuente.

3.8.11. Enrutamiento Multicast en Internet

❖ DVMRP: Vector de Distancias Multicast

DVMRP implementa árboles basados en la fuente con *enrutamiento* de camino inverso y poda. Usa un algoritmo de Vector de Distancias que permite a cada *router* calcular el enlace saliente, en su camino de vuelta más corto a cada fuente.

❖ PIM: Protocolo Independiente Multicast

No hace ninguna suposición sobre el *protocolo* de *enrutamiento* unicast subyacente. Prevé dos escenarios de distribución multicast:

- **Modo denso:** La mayoría de los *routers* del área están involucrados en el multicast, porque los miembros del grupo están concentrados.
- **Modo disperso:** Son pocos los *routers* con miembros directamente enlazados, porque los miembros del grupo están dispersos.

Y en función de ello ofrece dos modos de operación:

- **PIM denso:** Usa una técnica basada en fuente con *enrutamiento* de camino inverso con poda, similar a DVMRP.
- **PIM disperso:** Se basa en un punto de encuentro (centro) al que los *routers* envían mensajes de unión. [1]

3.9. Control de congestión

En una red de *conmutación* ideal, la situación de congestión nunca llega a producirse. Al tener los nodos memoria infinita, ningún paquete se pierde, independientemente del tráfico. Pero en una situación real, cada cola solo puede almacenar un número limitado de paquetes, por lo que es necesario un mecanismo que impida que la red se congestione y se bloquee el tráfico.

Dada una red de *conmutación* de paquetes, la evolución de la carga es la siguiente:

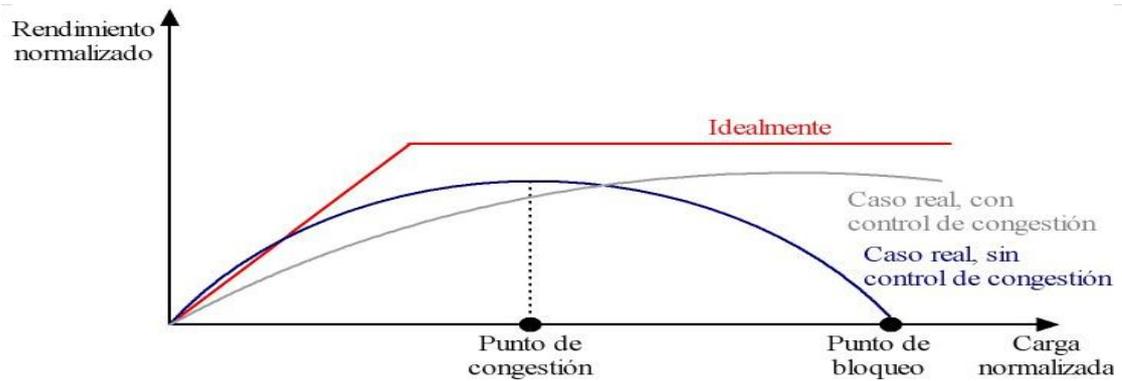


Fig. 3.22 Evolución de la carga.

El rendimiento normalizado se puede calcular como la velocidad de salida de paquetes del sistema partido por la capacidad teórica. Igualmente podemos calcular la carga normalizada como los paquetes por segundo que entran al sistema dividido por la capacidad teórica.

La carga en el sistema puede aumentar por varias razones:

- *Enrutamiento* defectuoso: Un *enrutamiento* perfecto repartiría la carga lo mejor posible, por lo que retrasa la congestión del sistema. Hay que tener en cuenta que solamente la retrasaría: si la entrada de datos es superior a la capacidad del sistema para procesarlos, por muy bueno que sea el *enrutamiento* acabará por saturarse el sistema.
- Lentitud en los *conmutadores*.

Al aumentar la carga, se llena la memoria de los nodos del sistema. Esto provoca que aumente el retardo y se pierdan paquetes por saturación de las colas (overow). Al perderse paquetes, es necesario retransmitirlos, por lo que aumenta la carga. Esto provoca un círculo vicioso que hace que el sistema llegue al punto de bloqueo.

Para evitar este círculo vicioso, se utilizan los mecanismos de control de congestión. No hay que confundir mecanismos de control de congestión con mecanismos de control de flujo. En control de flujo, el extremo receptor da órdenes al transmisor para que reduzca o frene su transmisión. En control de congestión, es la red la que lo decide. El control de flujo puede ser consecuencia del control de congestión. [1]

3.9.1. Clasificación de los mecanismos de control de congestión

Los mecanismos de control de congestión se pueden clasificar según 3 características:

Según **lugar de realización**:

- **En los enrutadores:** Son los enrutadores los que tienen mayor responsabilidad en el control de congestión.
- **En los sistemas finales:** La responsabilidad del control de congestión recae en su mayor parte sobre los sistemas finales.

Según **el mecanismo** en que estén basados:

- **Basados en realimentación:** Los sistemas finales reciben órdenes sobre como deben comportarse (es decir, si deben aumentar el tráfico que transmiten o reducirlo). Estas órdenes pueden provenir de los enrutadores (si es un mecanismo localizado en enrutadores) o puede ser que los mismos sistemas finales tomen decisiones basadas en lo que observan que ocurre en la red (por ejemplo, si ven que se están perdiendo paquetes, podrían decidir reducir su tasa de transmisión).
- **Basados en reserva:** Un sistema final tiene que pedir permiso antes de inyectar información en la red. Se suele usar al establecer conexiones. Aunque se llamen "basados en reserva" no se produce una reserva real de capacidad (recordemos que estamos hablando de redes de *conmutación* de paquetes, y realizar una reserva de recursos es contraproducente en general). La reserva que se produce es virtual.

Según la **forma de darle derechos de transmisión al emisor**:

- **Basado en créditos:** El emisor recibe una serie de créditos. Por cada crédito, puede introducir un paquete en la red. La asignación de créditos es dinámica, similar a una ventana deslizante.

Basados en tasa: El emisor tiene una velocidad máxima a la que puede transmitir paquetes. [1]

3.10. Conclusiones Parciales

Después de haber pasado por este capítulo se puede concluir en que el *enrutamiento* es el conjunto de procedimientos que permiten establecer las rutas óptimas entre dos nodos de comunicación y es la función básica del nivel de red. Tiene tres partes fundamentales el establecimiento de vecindades, la distribución de la información y el cálculo de rutas. En la actualidad se utilizan dos tipos de algoritmos de *enrutamiento* fundamentalmente el de Vector Distancias y el *enrutamiento* por Estado de. El *enrutamiento* por Vector Distancia se encarga del número de saltos mientras que el *enrutamiento* por Estado de Enlace se preocupa principalmente por el estado de los enlaces de las interfaces del *router* a los *routers* vecinos.

Dentro de estos *protocolos* de *enrutamiento* se hallan *protocolos* intradominio e interdominio. Los *protocolos* de *enrutamiento* intradominio se actualizan para actualizar los *routers* bajo el control de autoridad administrativa (sistema autónomo o SA). Los *protocolos* interdominio se utilizan para permitir que redes que se encuentren en diferentes sistemas autónomos pasen actualizaciones del *enrutamiento*.

CAPITULO 4: PROPUESTA DE MECANISMO DE FACTURACION PARA SERVICIOS VOIP

4.1. Introducción

En el presente capítulo se efectúa la propuesta de solución para facturar la transmisión de voz a través de Internet. La solución se propone para una red donde se tiene montado Asterisk, se tiene en cuenta el tiempo de inicio y conclusión de sesiones, y las localizaciones de los puntos finales de la sesión, así como el uso del recurso de la red, para todo esto utilizamos los datos que nos brinda Asterisk así como sus funcionalidades entre las cuales podemos citar los CDR (Registro de Llamadas Detallado) y ACD (Sistema Automático de Distribución de Llamadas entrantes), también se tiene en cuenta la compresión y el *enrutamiento* de los paquetes.

4.2. CDR (Call Detail Record)

Asterisk permite tener telefonía IP con varios *protocolos* y con varios proveedores, esto es genial porque permite ahorrar en las comunicaciones, en especial las de larga distancia. Asterisk tiene muchas ventajas por ejemplo que no requiere de una amplia infraestructura de software o hardware en comparación con otras soluciones de telefonía IP, es open source (código abierto) por lo que se puede hacer adaptaciones, claro se debe tener cierto dominio de por lo menos la terminología Linux. Cada central Asterisk puede guardar los datos de las llamadas en un servidor MySQL, que no tiene porqué estar en el mismo sistema, pueden estar todos apuntando a un servidor MySQL remoto donde se almacenarán todas las llamadas y a partir de ahí se puede controlar el consumo de llamadas de varias centrales.

La central PBX Asterisk es capaz por si misma de llevar un control bastante óptimo de la *facturación* de las llamadas independientemente del proveedor, que en este caso es el mismo. Asterisk genera internamente los CDR o Registro de Llamadas Detallado (Call Detail Record) un registro de detalle para cada una de las llamadas entrantes o salientes los cuales son almacenados y separados por coma.

Estos registros poseen un identificador único, están basados en una serie de campos que almacenan información necesaria para poder hacer una factura de la llamada, se tiene en cuenta el origen y el destino, la duración de la llamada, última solicitud de ejecución, el número de la cuenta utilizada y el identificador de la llamada, la distancia entre los nodos que intervienen en la comunicación, la duración de la llamada, incluyendo el tiempo de espera de la respuesta y el retraso, y que sucedió con la llamada.

Los CDR contienen información sobre las llamadas que han pasado por el sistema Asterisk. Se trata de un uso popular de las bases de datos en Asterisk porque el CDR puede ser más fácil de administrar si se almacenan los registros en una base de datos (por ejemplo, puede hacer un seguimiento de muchos sistemas de Asterisk en un solo cuadro). Algunos de los campos utilizados son:

- **accountcode:** Número de cuenta a utilizar que sería el código (20 caracteres).
- **scr:** Identificador de la llamada recibida (20 caracteres).
- **dst:** Destino de la extensión (distancia entre los nodos que intervienen en la llamada) (80 caracteres).
- **dcontext:** Destino del contexto (80 caracteres).
- **clid:** Identificador de llamadas con texto (80 caracteres).
- **canal:** Canal usado para establecer la llamada (80 caracteres).
- **dstchannel:** Canal del destino (80 caracteres).
- **lastapp:** Última aplicación (80 caracteres).
- **lastdata:** Última aplicación de datos (80 caracteres).
- **comienzo:** Comienzo de la llamada (fecha/hora).
- **respuesta:** Respuesta de la llamada (fecha/hora).
- **extremo:** Final de la llamada (fecha/hora).
- **duración:** El tiempo total en el sistema, en cuestión de segundos (integer), de dial para colgar.
- **billsec:** Tiempo en segundos que demora la respuesta al retraso (número entero).
- **disposición:** Qué le sucedió a la llamada, si fue contestada, no hubo respuesta, dio ocupada o fallida.
- **amaflags:** Qué banderas se pueden utilizar (ver los amaflags).
- **userfield:** Un campo definido por el usuario (255 caracteres como máximo).

En algunos casos, se añade el `uniqueid`:

- **uniqueid:** Identificador del canal (32 caracteres).

También consta de métodos de CDR que almacenan datos entre los que encontramos:

- **Csv de los cdr de Asterisk:** Archivos de texto con valores separados por coma.
- **Cdr SQLite:** Expedientes de Asterisk que se guardan en la base de datos de SQLite.
- **Pgsql de los cdr de Asterisk:** Expedientes de los CDR que se guardan en la base de datos de PostgreSQL.
- **Odbc de los cdr de Asterisk:** Expedientes de los CDR que se guardan en cualquier base de datos que el unixODBC apoye.
- **Mysql de los cdr de Asterisk:** expedientes de los CDR que se guardan en las bases de datos de MySQL.
- **Cdr FreeTDS:** Expedientes de CDRs de Asterisk que van a MS SQL o a la base de datos de Sybase a través de los conductores de FreeTDS.
- **Yada de los cdr de Asterisk:** el CDR registra cualquier base de datos que Yada apoye.
- **Encargado de los cdr de Asterisk:** Expedientes de CDRs al API encargado.
- **Cdr_shell:** Solución de la tercer persona que ejecuta una escritura con los datos de los cdr.
- **Marcar con asterisco el cmd DBQuery - CDR Backend:** Almacenar datos de los cdr en una base de datos de MySQL por el uso de una pregunta.

Los códigos y las banderas de la cuenta se fijan en los archivos de la configuración del canal o en la definición de la extensión en extensions.conf.

- **Cmd SetAccount de Asterisk:** Código de la cuenta para la *facturación*.
- **Cmd SetAMAFlags de Asterisk:** Fijar AMAflags para esta llamada.
- **Marcar con asterisco el cmd NoCDR:** Cerciorarte de que no se ahorre a ningún CDR para una llamada específica.
- **Marcar con asterisco el cmd ResetCDR:** Reajustar a CDR.
- **El cmd de Asterisk authentica:** Autentica y fija el código de la cuenta.
- **Cmd SetCDRUserField:** Campo determinado de Asterisk de los usuarios de los CDR.
- **Cmd AppendCDRUserField de Asterisk:** Añadir los datos al campo de los CDR usuario.

Existen diferentes sistemas de *facturación* de VoIP que se pueden instalar junto con Asterisk entre los cuales tenemos LocuVoIP "Auto-Instalable", ServiTux, SipTar2008, SipTar Billing Server 2008,

A2Billing aunque también Asterisk permite llevar un control exhaustivo de todas las llamadas que se han realizado o recibido mediante la utilización de aplicaciones que permiten gestionar el CDR. Algunas de estas aplicaciones son:

- Astbill.
- A2Billing.

4.3. A2Billing

El sistema A2Billing es un software de código abierto de tarificación de llamadas que funciona sobre los sistemas Asterisk. Es uno de los sistemas de tarificación más completos que existen para Asterisk y ofrece una multitud de posibilidades de las cuales cabe destacar las siguientes:

- Configuración sencilla a través de *interfaz* web de administración.
- *Interfaz* web de clientes con acceso a datos propios, llamadas realizadas, etc.
- Gestión de clientes (customers): creación, borrado, modificación y capacidad de asociar identificadores de llamada a cada uno.
- Gestión completa de la Tarificación, teniendo en cuenta tanto el precio de venta como de compra de las llamadas de cada línea de salida. Organizada en destinos, los cuales se pueden agrupar.
- Tarificación en modo prepago y postpago.
- Marcación rápida.
- Encaminamiento de llamadas a líneas de salida.
- Listados detallados de llamadas realizadas y estadísticas.

Como en cualquier negocio lo importante es poder facturar y en este caso en función del destino de la llamada, el horario o el tipo de servicio utilizado. Para lograrlo A2Billing provee un software a través de entorno web que nos permite definir precios, tramos horarios, etc.

Esta herramienta está desarrollada bajo PHP y MySQL. Nos muestra el importe a cobrar de acuerdo al tiempo de duración y destino de una llamada. El administrador puede modificar y ejecutar tareas que controlen el sistema a través de una *interfaz* web. El operador tiene una *interfaz* diferente donde se muestra el reporte horario y el importe de las llamadas realizadas. Puede mostrarnos el

consumo monetario de una llamada realizada por los clientes. También permite obtener datos estadísticos de la actividad y minutos consumidos por destino, así como dar un período inicial de gracia en tiempo para que no se cobren llamadas que no sean conectadas. Puede ser configurado para proporcionar una amplia gama de servicios, tasa de llamadas, preparar y enviar las facturas, así como aceptar pagos a través de una serie de proveedores de servicios de pago. Se puede instalar desde cero junto con Asterisk o sobre un sistema de Asterisk existente previamente.

4.4. AstBill

AstBill es un software de código abierto licenciado bajo la GPL, y es mantenido y desarrollado por una comunidad de usuarios y desarrolladores. AstBill es libre de descargar y utilizar.

4.4.1. Características

Usuario

- Directorio personal de contacto con categorías.
- Ver SIP, IAX y cuentas virtuales.
- Cuentas virtuales, puede reenviar sus llamadas a cualquier extensión que desee.
- *Facturación* de Asterisk y VoIP basado en tiempo de la transmisión.
- Control de crédito en las llamadas salientes.
- Mostrar balance, gastos, pagos y el número de llamadas para cada cuenta.
- Envío de alertas por correo electrónico cuando baja el crédito de la cuenta.
- Ver números marcados y añadirlos al Directorio de contacto.
- Ver números marcados por los nombres de Directorio de contacto.
- Registros de datos de la llamada incluido el costo de cada llamada y la *facturación* basada en el tiempo.
- Switchboard (Muestra la condición de los usuarios y las llamadas en curso).
- Permite la transferencia de llamadas.
- Editar la configuración de su cuenta.
- Editar configuración de voz incluido el correo electrónico y el pin.
- Crear la base de marcación de tiempo y de *facturación*.
- Cada usuario puede tener ilimitado de SIP, IAX y contaduría virtual

- Cada usuario puede tener ilimitadas cuentas de tarjetas de prepago vinculados a su **userid**.

Administrador

- Mostrar balance, gastos, pagos y el número de llamadas en cada cuenta.
- Registros de datos de la llamada, incluido el coste de ventas en cada llamada.
- Mostrar compañeros. Lista de los últimos clientes (SIP y IAX2) que se han conectado al servidor de Asterisk.
- Pista de auditoría. Mostrar IP, puerto de usuario para cada llamada.
- Administrar troncos.
- Tiempo de marcación basada en el tronco.
- Desactivar troncos temporalmente.
- Definir el máximo de las llamadas concurrentes salientes en cada tronco.
- Todas las rutas de salida independientes se almacenan en la lista de precios del cliente.
- Definir listas de precios del cliente para cada marca de divisas.
- *Facturación* y gestión de *enrutamiento* de software para VoIP y Asterisk.
- Avanzada gestión de clientes y gestión del portal.
- Módulo de Comercio electrónico integrado y tienda de la tela está disponible bajo licencia GPL.
- Definir lista de hardware de VOIP de uso común.
- Inventario completo de hardware.
- Control completo de crédito por cuenta de usuario.

AstBill incluye la funcionalidad necesaria de la mayoría de las pequeñas y medianas empresas (SMB). También es muy eficaz como una plataforma para los pequeños proveedores de VoIP.

4.5. Propuesta

Anteriormente se hizo referencia a dos aplicaciones que gestionan los datos de los CDR para poder emitir una factura. Estas dos aplicaciones de tarificación son difíciles de comparar ya que no son muy diferentes, Astbill no tiene tarjetas de llamadas y su principal objetivo es p2phone (hace sonar cualquier teléfono (celular) lo levantas y te conecta con la otra parte) y pc2pc (permite comunicarse entre diversos departamentos a personas que quieran trabajar en un mismo proyecto), pero el usuario

tiene más opciones para controlar su propia cuenta, los clientes tienen freepbx. AstBill cuenta con una *interfaz* web fácil de usar para *facturación* de Asterisk y VoIP, no es solo una *interfaz* de tarificación basado en web, y amigable para Asterisk, también es una herramienta de configuración y manejo de Asterisk e implementación estandarizada de Asterisk usando REALTIME y configuración estática; es de código abierto y en constante desarrollo. Permite el modo de prepago y postpago.

A2Billing, en cambio, tiene para tarjetas de llamada, es una plataforma poderosa que puede ser fácilmente desplegada con Asterisk, que es el amplio conjunto de herramientas para gestionar un complejo y avanzado sistema de tarificación, es fácil de poner en práctica como para hacer algunas entradas a través de una *interfaz* web. Tiene una *interfaz* de uso fácil y potentes funcionalidades avanzadas como el equilibrio entre MySQL o PostgreSQL, importación de archivo CSV, *interfaz* de cliente para ver el saldo y las llamadas efectuadas, apoyo de autenticación con el calerid, las facturas pueden obtenerse en formato pdf o html, seguimiento de llamadas, mediante un simple clic se puede tener la función de rellamada, múltiples idiomas, bono de apoyo, múltiples monedas para apoyar la gestión, algunos módulos para apoyar a los administradores como son ACL y el módulo de registro, entre otros.

Por todo lo planteado anteriormente se propone la utilización de la aplicación A2Billing para el manejo de los CDRs debido a las facilidades que brinda para la *facturación*. A2Billing es un software de código abierto, presenta una configuración sencilla, se administra mediante una *interfaz* web, permite a los clientes facilidades de acceso a informaciones acerca de sus llamadas, datos propios, llamadas realizadas, etc.

Este sistema de tarificación puede ser utilizado en varios ambientes ya sea en un locutorio público o una empresa. Puede también obtener datos estadísticos de la actividad y un listado de llamadas realizadas y minutos consumidos por destino. Puede ser configurado para proporcionar una amplia gama de servicios, tasa de llamadas, preparar y enviar las facturas, así como aceptar pagos a través de una serie de proveedores de servicios de pago. Permite la tarificación en modo prepago y postpago. A2Billing provee un software que permite definir precios, tramos horarios, etc. Se puede instalar desde cero junto con Asterisk o sobre un sistema de Asterisk existente previamente.

Ya teniendo definido que sistema será utilizado para el manejo de los CDRs es necesario hacerles algunas cambios. Debido a que Asterisk es un software opensource, pueden hacerse modificaciones en sus módulos sin la necesidad de dar explicaciones a los proveedores o institución alguna, se

propone agregarle al sistema de *facturación*, o sea a los CDRs, algunos campos necesarios para que se ajuste más a la manera en que se hacen las facturas actualmente en el país así como tener en cuenta a la hora de hacer los cálculos de los honorarios de cada una de las llamadas una serie de requisitos. Estos cambios son necesarios para que el sistema de tarificación y el modo en que se calculen las tarifas esté de acuerdo con las normativas vigentes en Cuba para estos fines apoyadas por el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC) y el Ministerio de Finanzas y Precios. Para ello es necesario cambiar el código fuente de los CDRs de Asterisk y cambiar las reglas para la configuración del sistema utilizado, en este caso el A2Billing. Algunos de estos campos serían:

- Campo encargado de almacenar el tipo de servicio que se está prestando.
- Campo encargado de almacenar tramos horarios (esto se refiere a horario diurno o nocturno teniendo en cuenta la división que se hace actualmente de los horarios en los servicios telefónicos especificadas en la resolución No. P-201-2004 del Ministerio de Finanzas y Precios).
- Campo encargado de almacenar la zona del origen (en Cuba existen 7 zonas tarifarias especificadas en la resolución No. P-201-2004 del Ministerio de Finanzas y Precios).
- Campo encargado de almacenar la zona del destino.
- Campo encargado de almacenar el tipo de telefonía (móvil (celular) o fija (estatal o residencial)).
- Campo encargado de almacenar los niveles de utilización de la red.
- Campo encargado de almacenar el *ancho de banda* consumido por la aplicación.
- Campo encargado de almacenar el número de paquetes enviados (paquetes enviados y recibidos).

Se propone tener en cuenta también que:

- Se permita configurar la actualización de las tarifas para un sector de clientes en específico de manera automática.
- Se posibilite el envío de información por correo electrónico.

4.6. Conclusiones Parciales

En este último capítulo se muestran las conclusiones de los resultados fundamentales obtenidos a partir de la investigación realizada. Aparece una breve descripción sobre los dos sistemas utilizados de

manera fundamental por Asterisk, concluyendo que unos de estos sistemas, A2Billing, unido a los cambios propuestos para los CDR constituyen la base fundamental para implantar un nuevo sistema capaz de ofrecer servicios con alta calidad y eficiencia. Se espera que la propuesta que aparece descrita en el capítulo sea implementada y puesta en funcionamiento, de manera que sirva de base para cuando exista una mayor infraestructura de servicios basados en la VoIP en nuestro país este pueda utilizar con la obtención de buenos resultados.

CONCLUSIONES

Con este trabajo se logró proponer un sistema de *facturación* para los servicios que se encuentran implementados en la actualidad para la VoIP y su futura utilización en Cuba, para lograrlo se desarrolló un estudio de las redes, servicios, mecanismos de *facturación* y de *enrutamiento* que utiliza la tecnología de Voz sobre IP.

Con la realización del trabajo, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- La telefonía IP queda definida como la transmisión de voz mediante el *protocolo* IP.
- La VoIP permite la transmisión de voz en paquetes de datos mejorando la eficiencia en el *ancho de banda* y menores costos a los de tecnologías alternativas como voz sobre TDM, ATM y *Frame Relay*.
- VoIP es rentable, proporciona la misma calidad de la voz que la telefonía *analógica*, y ofrece mayor flexibilidad y movilidad a los usuarios.
- No existe un estándar para la *facturación* IP ya que los datos son recogidos de diversos dispositivos y servicios.
- Para facturar se tiene en cuenta el tipo de servicio de valor añadido y el consumo que haga de este el usuario, el origen y destino de la llamada, el tiempo de duración y la utilización de la red y el *ancho de banda* consumido.
- El *enrutamiento* es el conjunto de procedimientos que permiten establecer las rutas óptimas entre dos nodos de comunicación.
- El *enrutamiento* tiene tres partes fundamentales el establecimiento de vecindades, la distribución de la información y el cálculo de rutas.
- La central PBX Asterisk es capaz por si misma de llevar un control bastante óptimo de la *facturación*.

Las redes VoIP son una excelente opción para el mercado de las telecomunicaciones, pues, utilizan menor cantidad de equipo y una única red (IP) para enviar cualquier tipo de datos.

RECOMENDACIONES

Al terminar la realización del trabajo y por todo el estudio realizado se recomienda:

- Utilizar la VoIP para lograr reducción de los costos.
- Continuar fomentando la utilización de la VoIP en nuestro país.
- Hacer los cambios propuestos en el código fuente de Asterisk y del sistema de *facturación* A2Billing.
- Continuar con el estudio de la VoIP debido a que su desarrollo va en aumento.
- Desarrollar en nuestra universidad una aplicación que apoye la *facturación* según los servicios que brinda la VoIP.

Referencias

1. <http://www-gris.det.uvigo.es>. <http://www-gris.det.uvigo.es/~estela/SC0708/encaminamiento.pdf> [En línea] [Citado el: 25 de Marzo de 2008.].
2. <http://www.it.uc3m.es>. <http://www.it.uc3m.es/~prometeo/comdat/apuntes/tema3/tema3.htm#sec3.1.1> [En línea] [Citado el: 23 de Marzo de 2008.].
3. <http://www.trajano.us.es>.<http://trajano.us.es/personales/jternero/RO/Apuntes/redestelecomunicacion.pdf> [En línea] [Citado el: 25 de Marzo de 2008.].<http://silvercorp.files.wordpress.com>.<http://silvercorp.files.wordpress.com/2006/11/modulo6resumen.doc>. [En línea] [Citado el: 25 de Marzo de 2008.].
4. RFC 1058 *Protocolo de Información de Enrutamiento (Routing Information Protocol)* [Disponible en: [http://rfc.sunsite.dk\(en\)](http://rfc.sunsite.dk(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
5. *Teleinformática II. Tema I* <http://teleformacion.uci.cu>[En línea] [Citado el: 20 de Marzo de 2008.]
6. RFC 2328 *OSPF Version 2* [Disponible en: [http://ip-doc.com\(en\)](http://ip-doc.com(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
7. RFC 1131 *Primero la Ruta más Corta (Open Shortest Path First)*.
8. RFC 4271 *A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)* [Disponible en: [http://www.faqs.org\(en\)](http://www.faqs.org(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
9. RFC 1771 *Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)* [Disponible en: [http://rfc.net\(en\)](http://rfc.net(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
10. RFC 1772 *Application of the Border Gateway Protocol in the Internet* [Disponible en: [http://rfc.net\(en\)](http://rfc.net(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
11. RFC 1773 [Disponible en: [http://www.faqs.org\(en\)](http://www.faqs.org(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
12. RFC 1654[Disponible en: [http://www.faqs.org\(en\)](http://www.faqs.org(en)) y [http://www.normes-internet.com\(es\)](http://www.normes-internet.com(es))].
13. http://es.wikipedia.org/wiki/Border_Gateway_Protocol[En línea] [Citado el: 12 de Marzo de 2008.]

14. <http://cisco.com/>[En línea] [Citado el: 10 de Marzo de 2008.]

Bibliografías

1. Mahler, P. *VoIP Telephony with Asterisk*. s.l. : Reviews, Julio 2004.
2. Vineet Kumar, Markku Korpi, Senthil Sengodan. *Ip Telephony With H.323: Architectures for Unified Networks and Integrated Services*. s.l. : Baker & Taylor Deleted , Abril 2001.
3. Treneer Bill. <http://www.nortel.com/>. <http://www.nortel.com/solutions/ccvp/collateral/nn115240.pdf>. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2008.]
4. *Análisis de Desempeño del Protocolo de Movilidad Celular IP*. Quiroz, Isidro Vicente Hernández y Ernesto E. 2, s.l. : IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, Mayo 2007, Vol. 5.
5. Mahler, P. *VoIP Telephony with Asterisk*. s.l. : Reviews, Julio 2004.
6. M. Hurtado, A. Oller, and J. Alcober. *The SIP-CMI Platform- An Open Testbed for Advanced Integrated Continuous Media*. Marzo 2006.
7. Johnston, Alan B. *SIP :understanding the session initiation protocol*. s.l. : Artech House, 2003.
8. Jacobson, M. Handley and V. *SDP: Session Description Protocol. IETF RFC 2327*. Abril 1998.

9. J. Van Meggelen, J. Smith and L. Madsen. *Asterisk: The Future of Telephony*. s.l. : O'Reilly Media, Inc, Septiembre 2005.
10. J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler. *SIP: Session Initiation Protocol*, IETF RFC 3261. Junio 2002.
11. J. Alcober, S. Machado, A. Oller, X. Hesselbach, A. Abajo, G. Gómez, J. Rodríguez. *Arquitectura de Servicios Basados en Servlets SIP*. Septiembre 2005.
12. H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. *A Transport Protocol for Real-Time Applications*. IETF RFC 3550 RTP. Julio 2003.
13. Dinh, Osland and K. *Perceived VoIP quality under varying traffic conditions*. Agosto 2004.
14. www.asteriskdocs.org. *www.asteriskdocs.org*. [En línea] [Citado el: 18 de Marzo de 2008.]
15. *Risk and Rewards: Strategies for migrating corporate voice traffic to the data*. s.l. : Quintum Technologies Inc. White Paper, 2005.
16. <http://www.voip-info.org>. *http://www.voip-info.org*. [En línea] [Citado el: 16 de Marzo de 2008.]
17. <http://www.voipforo.com>. *http://www.voipforo.com/asterisk/asterisk_introduccion.php*. [En línea] [Citado el: 25 de Febrero de 2008.]

18. <http://www.tmcnet.com>. <http://www.tmcnet.com/channels/voip/voip-news/VoIP-Risks-and-Rewards.pdf>. [En línea] [Citado el: 12 de Marzo de 2008.]
19. <http://www.tech-faq.com/lang/es/how-does-voip-work.shtml>. <http://www.tech-faq.com/lang/es/how-does-voip-work.shtml>. [En línea] [Citado el: 2 de Marzo de 2008.]
20. <http://www.recursovoip.com/>. <http://www.recursovoip.com/>. [En línea] [Citado el: 2 de Marzo de 2008.]
21. <http://www.digium.com>. <http://www.digium.com>. [En línea] [Citado el: 19 de Marzo de 2008.]
22. <http://www.content4reprint.com>. <http://www.content4reprint.com/view/spanish-3828.htm>. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2008.]
23. <http://www.asterisk.org/>. <http://www.asterisk.org/>. [En línea] [Citado el: 12 de Marzo de 2008.]
24. <http://www.asterisk.org>. <http://www.asterisk.org>. [En línea] [Citado el: 16 de Marzo de 2008.]
25. <http://www.anura.com.ar>. <http://www.anura.com.ar>. [En línea] [Citado el: 5 de Abril de 2008.]

26. <http://www.aboutreef.org/gups-press.html>. *http://www.aboutreef.org/gups-press.html*. [En línea] [Citado el: 15 de Marzo de 2008.]
27. <http://voip.megawan.com.ar>. *http://voip.megawan.com.ar/doku.php/asterisk*. [En línea] [Citado el: 5 de Abril de 2008.]
28. <http://www.iptel.org/ser/>. *http://www.iptel.org/ser/*. [En línea] [Citado el: 12 de Marzo de 2008.]
29. Bill Treneer, Add SIP to your contact center and create a breakthrough customer experience. [<http://www.nortel.com/solutions/ccvp/collateral/n115240.pdf>].
30. Asterisk®: The Open Source PBX. [<http://www.asterisk.org/>].
31. AT&T. Critical Steps for a Successful VoIP Deployment.
[http://www.bitpipe.com/detail/RES/1143125334_429.html].
32. IDC. Western European IP PBX and IP Telephone Market Grows Steadily as More Companies Move to VoIP.
[http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=pr2006_12_08_094458].
33. Richard Kuhn. Security Considerations for Voice Over IP Systems.
[<http://www.csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-58/SP800-58-final.pdf>].

34. Alcatel. Session Initiation Protocol SIP. Launching the IP Communications Revolution. [[http://www.sipcenter.com/sip.nsf/html/WEBB5YP4SU/\\$FILE/Alcatel_SIP_IP_Revolution.pdf](http://www.sipcenter.com/sip.nsf/html/WEBB5YP4SU/$FILE/Alcatel_SIP_IP_Revolution.pdf)].
35. Nortel Networks. Voice over packet. An assessment of voice performance on packet networks. [<http://www.nortel.com/products/library/collateral/74007.25-09-01.pdf>].
36. Comunicaciones II, Tema 1 [http://www.dte.us.es/tec_inf/itig/comu_dos/curso0506/Tema-1-Enrutamiento-y-Direccionamiento.pdf]

Glosario de Términos

- **Ancho de Banda:** Cantidad de información que se puede transmitir a través de una conexión por unidad de tiempo.
- **Autonomía:** Expresa la capacidad para darse normas a uno mismo sin influencia de presiones externas o internas.
- **Banda Ancha:** Canal de comunicación con una ancho de banda superior a 1.54Mbps.
- **Call Centers:** Un centro de llamadas es una oficina centralizada utilizada con el fin de recibir y transmitir un gran volumen de peticiones por teléfono, también es conocido como un centro de contacto.
- **Codec:** Códec es una abreviatura de Codificador-Decodificador. Describe una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos (stream) o una señal.
- **Conmutación:** Conmutación es la conexión que realizan los diferentes nodos que existen en distintos lugares y distancias para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones. Existen dos tipos de conmutación, de paquetes y de circuitos.
- **Conmutadores:** Es un dispositivo electrónico de interconexión de redes de ordenadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Interconecta dos o más segmentos de red, funcionando de manera similar a los puentes (bridges), pasando datos de un segmento a otro, de acuerdo con la dirección MAC de destino de los datagramas en la red.
- **Datagrama:** Un datagrama es un fragmento de paquete que es enviado con la suficiente información como para que la red pueda simplemente encaminar el fragmento hacia el equipo terminal de datos receptor, de manera independiente a los fragmentos restantes.
- **Dialplan:** Es un software residente en algunos gateways y en casi todas las IP-PBX que permite determinar el tratamiento que debe darse a un número discado
- **Enrutamiento (o Encaminamiento):** Se trata de la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.
- **Facturación:** Proceso donde se realiza un conjunto de actividades mediante la cual se generan las facturas correspondientes a los consumos de los usuarios o suscriptores de los servicios que brinde una empresa. Se refiere al modo de cobrar los servicios.

- **Frame Relay:** Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos (“frames”) para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.
- **Full-duplex:** Es utilizado en las telecomunicaciones para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.
- **Gateway:** Es 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.
- **Host:** Se refiere a una máquina conectada a una red de ordenadores y que tiene un nombre de equipo (en inglés, *hostname*). Es un nombre único que se le da a un dispositivo conectado a una red informática.
- **Interfaz:** En software, parte de un programa que permite el flujo de información entre un usuario y la aplicación. Puede definirse interfaz como el conjunto de comandos y/o métodos que permiten la intercomunicación del programa con cualquier otro programa o entre partes (módulos) del propio programa o elemento interno o externo.
- **Interoperabilidad:** Capacidad de los sistemas de tecnologías de la información y las comunicaciones, y de los procesos empresariales a los que apoyan, de intercambiar datos y posibilitar la puesta en común de información y conocimientos.
- **Latencia:** En redes informáticas de datos se denomina latencia a la suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.
- **Legislación(es) :** Un cuerpo de leyes que regulan una determinada materia o al conjunto de leyes de un país
- **MacOSX:** Mac OS X es un sistema operativo basado en UNIX.
- **Multimedia:** Es un término que se aplica a cualquier objeto que usa simultáneamente diferentes formas de contenido informativo como texto, sonido, imágenes, animación y video para informar o entretener al usuario. También se puede calificar como *multimedia* a los medios electrónicos (u otros medios) que permiten almacenar y presentar contenido multimedia.

- **Pasarela:** Una pasarela o *gateway* es un dispositivo, con frecuencia un ordenador, que realiza la conversión de protocolos entre diferentes tipos de redes o aplicaciones.
- **Plug-in:** Es una aplicación informática que interactúa con otra aplicación para aportarle una función o utilidad específica, generalmente muy específica, como por ejemplo servir como driver (controlador) en una aplicación, para hacer así funcionar un dispositivo en otro programa.
- **Protocolo:** Conjunto de estándares que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.
- **Proxy:** Es un programa o dispositivo que realiza una acción en representación de otro. La finalidad más habitual es la de servidor proxy, que sirve para permitir el acceso a Internet a todos los equipos de una organización cuando sólo se puede disponer de un único equipo conectado
- **Pymes:** Pequeña y mediana empresa conocida por su acrónimo PyME o pyme.
- **Rédito:** Renta o beneficio que produce un capital. Generalmente se utiliza como sinónimo de interés.
- **Señalización:** Intercambio de información que concierne específicamente al establecimiento y control de las conexiones y a la gestión en una red de telecomunicaciones.
- **Slots PCI:** Los slots PCI permiten conectar diferentes tipos de tarjetas de expansión para estar conectados dentro de una computadora para ampliar la funcionalidad de los ordenadores. Ejemplos de tarjetas de expansión PCI son tarjetas de red, tarjetas gráficas y tarjetas de sonido.
- **Softphone:** es un software que hace una simulación de teléfono convencional por computadora. Es decir, permite usar la computadora para hacer llamadas a otros softphones o a otros teléfonos convencionales usando un VSP (Proveedor de Servicios de VoIP).
- **Solaris:** Solaris es un sistema operativo desarrollado por Sun Microsystems. Es un sistema certificado como una versión de UNIX.
- **Split Horizon:** Split horizonte es uno de los métodos utilizados para prevenir los bucles de enrutamiento debido a la lenta convergencia de los protocolos de enrutamiento vector de distancia.