

## **Infraestructura clave para el establecimiento de un sistema de comunicación VoIP**

E. Huerta, J. Barron, J. Quintanilla, J. Aguirre y R. Mata

E. Huerta, J. Barron, J. Quintanilla, J. Aguirre y R. Mata  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Carretera Valle-Huanimaro Km. 1.2 Valle de Santiago, Gto.  
CP. 38400 México, Universidad de Guanajuato, Av. Universidad s/n, Col. Yacatitas, Yuriria, Gto, 38940, México  
ehuerta@utsoe.edu.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

## Abstract

En este artículo se presenta la infraestructura utilizada para el establecimiento de un sistema de comunicación mediante VoIP y se recurre al estándar IEEE 802.11n/g/b. Además, se describen los posibles protocolos aplicables al proyecto de los cuales, el protocolo SIP (session initiation protocol) se elige debido a que permite establecer la comunicación entre un servidor Call Manager Express (CME) y un servidor Asterisk. De los codecs analizados, se elige al códec G7.11 con el cual de acuerdo a los requerimientos de calidad de voz resulta el más conveniente.

## 20 Introducción

Existe una nueva era de las comunicaciones que ha sido descrita por el término VoIP (Voice Over Internet Protocol). Es decir, gobernada por la tecnología de Voz sobre el Protocolo de Internet iniciándose internamente en las redes de computadoras, admitiendo la realización de llamadas telefónicas de alta calidad entre aparatos telefónicos, acudiendo a las redes públicas y privadas.

Actualmente las redes de voz sobre IP se han tornado una de las tecnologías más populares por las empresas debido a la cantidad de beneficios que se adquieren de ella, entre los cuales se pueden mencionar la disminución de costos por llamada como uno de los mayores atractivos de esta tecnología permitiendo la unificación de voz, datos y video, en una sola red y bajo el mismo protocolo.

Las organizaciones se han inclinado por invertir en esta área debido a la popularidad, y a los beneficios actuales y futuros que perciben en unos cuantos años. Esto implica la selección adecuada de tecnologías, en las cuales se considera tanto el hardware y el software requeridos, su instalación y configuración; así como, la comunicación de grupos, pasarelas hacia la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada) de un sistema basado en VoIP que satisfaga las necesidades esenciales de servicios de telefonía de una organización [1,2,3].

En la infraestructura se manejan al mismo tiempo dos tecnologías muy diferentes, por un lado Cisco System (Call Manager Express) y por otro el software libre (Asterisk) respectivamente. Cisco es conocida como una empresa líder en redes para la Internet con muchos de sus estándares o protocolos propietario es decir que solamente funcionarían con las misma tecnología de Cisco mientras que el software libre implica una solución bajo GPL (Generic Public License) siendo más económica y se puede utilizar el servicio con diversos protocolos que proponen formas distintas de establecer y controlar comunicaciones de voz sobre redes IP, tales como: SIP, IAX (Inter Asterisk eXchange), H.323, MGCP (Media Gateway Control Protocol) por nombrar algunos. Lo cual permite más posibilidades de establecer una comunicación entre distintas tecnologías [4].

Las formas de comunicación de Voz sobre IP, se establecen de acuerdo a los dispositivos utilizados por los participantes en la conversación. Y que se pueden dar de:

- Softphone a Softphone
- Softphone a Teléfono(Fijo o Celular).
- Teléfono(Fijo o celular) a Teléfono(Fijo o celular).

**Figura 20** Interconexión de dispositivos del sistema de comunicación VoIP



La figura 20 presenta la forma de conexión mediante la cual los equipos y servicios van a trabajar de manera conjunta. Se muestra un servidor en el que se ha montado el software Asterisk utilizado para la conmutación de llamadas. Se ilustra un equipo de marca Linksys que funciona como adaptador de teléfono analógico y que también hace las veces de ruteador. Los aparatos telefónicos a utilizar dependen del tipo de servicio de VoIP estos pueden ser: Softphone (aplicación en la computadora), teléfono especial para VoIP o un teléfono tradicional con o sin adaptador.[4]

Se considera la contratación de un proveedor de servicio de VoIP que asigna un número de teléfono regular que permite recibir llamadas de teléfonos regulares que no necesitan ningún equipo especial.

### 20.1 Justificación

La telefonía por medio IP permite realizar las mismas funciones o características de la telefonía tradicional. Sin embargo, aparte posee una serie de nuevas funciones, entre las que se destacan [1, 2, 3,5,7]

- Transferencia de llamadas.
- Monitoreo de llamadas.
- Reporte del servicio (historial de llamadas).
- Grabación de llamadas.
- Videoconferencia.
- Música en espera.
- Control de volumen.
- Llamadas de emergencia.
- Llamadas en espera.

- Contestar llamadas de manera automática.
- Interfaz web para chequear mail.
- Simulador de llamadas.
- Reducción de costos en instalación y mantenimiento.
- Llamada conferencia.

#### Ventajas:

**Máxima movilidad:** Facilita la movilidad, pues se puede disponer de su extensión telefónica en cualquier parte del mundo, siempre que tenga una conexión a Internet.

**Calidad de Servicio (QoS):** Consiste en poder asignar prioridades a los paquetes que son transmitidos por la red IP. Por ejemplo, establecer una prioridad más alta a los paquetes de voz que son sensibles al tiempo durante su transmisión [6,7].

**Integración:** Ofrece la integración de los servicios de telecomunicaciones como voz, datos, vídeo e Internet sobre una misma red, de una forma eficiente, rápida y efectiva. [6,7]

## 20.2 Metodología

Aplicando la metodología Lifecycle Services de Cisco se puede lograr conjuntar un plan de negocios, una evaluación de la red y la documentación sobre la implementación del sistema [8]. Permitiendo hacer llamadas de extensión a extensión asignadas por los servidores VoIP, hacia los teléfonos convencionales con una tarifa más económica comparada con la que se maneja actualmente en la telefonía tradicional.

#### Infraestructura:

1. Servidor Call Manager Express 7.
2. Switch Cisco Catalyst 2960.
3. Cisco ATA 186 (Analog Telephone Adaptador).
4. Telefonos IP Cisco 7940 y 7906.
5. Servidor Asterisk.
6. Softphone 3CX, IP Communicator y Linphone.
7. AP router D-LINK para acceder a la Internet.
8. Servicio inalámbrico con los estándar IEEE 802.11n/g/b [6].

Características de los equipos:

Router Cisco 2821 Call Manager Express (CME):

- Ofrece procesamiento de llamadas en teléfonos IP de Cisco para entornos de sucursales o pequeñas oficinas.
- Permite a la amplia gama de routers de servicios integrados de Cisco ofrecer funciones de telefonía IP comúnmente utilizadas por los usuarios de negocios a fin de satisfacer los requisitos de comunicaciones de voz y video de las oficinas medianas o pequeñas.
- Posibilita el despliegue de un sistema de comunicaciones económico y muy confiable por medio de un solo router de servicios integrados [8, 9] .

Switch Cisco Catalyst 2960:

- Soporta voz, datos, vídeo y acceso seguro.
- Ofrece una gestión escalable conforme cambian las necesidades de la empresa [8,9,10].

ATA 186 (Adaptador para Teléfono analógico):

- Permite conectar teléfonos del sistema de teléfono antiguo POTS (plain old telephone system) al Internet.
- Es un conector de teléfono para VoIP [11].

Router D-LINK DIR-615 Wireless:

- Provee un excelente performance en velocidad de transferencia inalámbrica de hasta 300Mbps y una cobertura de señal 5 veces superior al estándar anterior 802.11g.
- Permite compartir la conexión de Internet dentro de su red de manera inalámbrica y cableada, así como vídeo, música, fotos y documentos.
- Utiliza la tecnología de antenas inteligentes al transmitir múltiples corrientes de datos que le permiten recibir y emitir señales inalámbricas hasta en los rincones más alejados [11].

Softphone 3CX:

Es un programa de aplicación telefónica que permite:

- Realizar conversaciones de voz.
- Tener una extensión y conectarse para tener comunicación gratuita.
- Realizar llamadas económicas al sistema tradicional de telefonía [11].

IEEE 802.11:

Es un estándar que especifica el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), describiendo sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana [12].

### Protocolos de VoIP

Se conocen muchos protocolos que presentan diferentes formas de establecer y controlar comunicaciones de voz sobre redes IP. Sin embargo, es necesario saber cuáles son sus funciones y el alcance de cada uno de ellos. Por lo tanto, la función principal de este tipo de protocolos es el intercambio de información al cual se le suele llamar señalización de llamada (call signalling).

A continuación se proporcionan los protocolos que pueden ser usados en una red de VoIP:

H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP y para videoconferencia basada en IP.

MGCP implementa la Interfaz de control de gateway de medios de comunicación como un conjunto de transacciones. Las transacciones están compuestas por un orden y una respuesta obligatoria.

SCCP (Skinny Client Control Protocol) protocolo propietario de control de terminal. Se define como un conjunto de mensajes entre un cliente ligero y el Call Manager [10].

SIP (Protocolo de inicio de sesión), diseñado de acuerdo al modelo de Internet y cuyo propósito es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP/RTCP y SDP.

Está basado en mensajes de petición y respuesta. Este protocolo usa un puerto (5060) para señalización y 2 puertos RTP por cada conexión de audio (como mínimo 3 puertos). Si se tuvieran 100 llamadas simultáneas con SIP se usarían 200 puertos (RTP) más el puerto 5060 de señalización [11,12,13,14,15].

IAX (Inter-Asterisk eXchange protocol), protocolo de conexiones VoIP entre servidores Asterisk se utiliza para conexiones entre clientes y servidores que soporten el protocolo [11].

Codec:Las redes IP suelen tener variaciones de retardo altos respecto a las redes de telefonía tradicionales ya que no fueron diseñadas para el transporte de voz.

Una red de voz sobre IP es básicamente una red de datagramas, en la cual los paquetes de voz podrían llegar desordenados.

De acuerdo a las características de la red IP, es necesario empaquetar la información de voz sobre algún protocolo que minimice o controle estos efectos.

Dado que se trata de una comunicación de voz sobre una red IP la voz se transmite codificada en paquetes. Y para tal efecto es necesario utilizar codificadores, en la tabla 1 se mencionan algunos [16].

**Tabla 20** Códecs estandarizados para VoIP

Estándar	Aplicación	Se utiliza
G.711	Diseñado para audio compuesto, utilizado principalmente en telefonía. Opera a 64Kb/s.	Si
G.723.1	Codec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbit/s	Sas de No
G.726	Codec que permite la transmisión de voz a tasas de 16, 24 y 32 kb/s	No
G.728	Inversamente adaptivo utiliza muestras previas de voz para adaptar los coeficientes del filtro.	No
G.729	Utilizado principalmente en aplicaciones de VoIP por sus requerimientos de bajo ancho de banda. Opera a 8 Kb/s.	Si

**Asterisk:** Es una aplicación para controlar y gestionar comunicaciones de cualquier tipo, ya sean analógicas, digitales o VoIP mediante todos los protocolos VoIP que implementa.

Es un entorno de trabajo de código abierto, creado para diseñar aplicaciones de comunicación. Además potencia los sistemas IP PBX, las pasarelas VoIP, servidores de conferencias, y mucho más [11,17,18].

**Troncales o Pasarelas:** Es un enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica, concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia más eficiente (generalmente digital) y poder establecer comunicaciones con otra central o una red entera de ellas.

**Proveedor de servicio VoIP:** Es una organización que ofrece servicio de VoIP. Esta dedicada a conectar por teléfono a los usuarios de VoIP con usuarios de teléfono convencional y móvil.

Si se quiere llamar desde el softphone o a través de una conexión de Internet a un teléfono fijo o móvil tradicional, se necesita de alguien que administre ese tráfico de voz y lo envíe por las líneas convencionales de toda la vida. Ahí entra en juego el trabajo del proveedor de VoIP [11,19].

Este tipo de llamadas ya no suele ser gratuito, hay que crear una cuenta en un proveedor y comprarle unos bonos que servirán para llamar a teléfonos fijos y móviles [11,19].

#### Implementación:

- Diseño de la Subred.
- Implementación del servidor Elastix.
- Instalación de elastix [11,20].
- Configuración de red.
- Configuración de Equipos.
- Evaluación de proveedores.

#### Operación

Cuando la infraestructura este completa de acuerdo a la descripción que se presenta, el sistema podrá instalarse y ponerse en operación para establecer la comunicación de VoIP. El contratar un proveedor de servicios de Voz sobre IP constituye parte de la infraestructura.

A continuación se describen los pasos en el proceso de comunicación:

1. Los dos participantes en la conversación se conectan al servidor VoIP con sus teléfonos.
2. El equipo del emisor pregunta por el equipo del receptor con un protocolo determinado (SIP, H.323, IAX/2).
3. El servidor VoIP devuelve datos de contacto al emisor (por ejemplo un número IP).
4. Los teléfonos establecen conexión y acuerdan un código (G.711, G.729, GSM).
5. Datos de voz se comprimen y se envían por el protocolo RTP.
6. Receptor recibe los paquetes RTP, decodifica los datos de voz.
7. Escucha de voz.

### 20.3 Resultados

1. Comparación de protocolos de señalización para voz sobre IP [11,14,15,16]

**Tabla 20.1** Comparación de protocolos

SIP	H.323
Protocolo que actualmente se utiliza para el control de sesiones multimedia en Internet.	Protocolo que actualmente se utiliza para el control de sesiones multimedia en Internet.
Protocolo desarrollado específicamente para Internet y promete una alta escalabilidad y flexibilidad.	Su fortaleza reside en su interoperabilidad con las Redes Telefónicas Conmutadas por Paquetes (PSTN) y la disponibilidad de tener aparatos de videoconferencia más baratos y de excelente calidad desde el escritorio hasta un salón para grupos
Creciendo más conforme aparezcan unidades multipunto, compuertas (gateways) y servidores SIP que ya no estén en fase de pruebas sino de completo servicio.	Se perfila como la tecnología predominante de videoconferencia durante los siguientes 2 o 3 años, con SIP creciendo más conforme aparezcan unidades multipunto, compuertas (gateways) y servidores SIP que ya no estén en fase de pruebas sino de completo servicio.
Es un protocolo joven que se ha convertido en la alternativa de H.323	La continuidad del liderazgo de H.323 está siendo cada vez más cuestionada, principalmente por aspectos de complejidad.
Es el protocolo estándar de la telefonía IP y está ampliamente extendido entre los principales fabricantes de telefonía IP.	El amplio conjunto de protocolos que incorpora H.323 repercute negativamente en los tiempos de respuesta, así como en el tamaño del código que tienen que incorporar los equipos H.323, lo que lleva a que a veces los fabricantes incorporen sólo aquellas partes que necesitan, con los consiguientes problemas de interconexión.

Comparación de Codecs de voz sobre IP[11].

**Tabla 20.2** Comparación de Codecs

G.711	G.729
Estándar para la codificación de audio. Usado principalmente en telefonía, y fue liberado para su uso en el año 1972.	Algoritmo de Compresión de datos de audio para voz que comprime audio de voz en trozos de 10 milisegundos. Y utilizar así G.711 o métodos de señalización fuera de banda para transportar esas señales.
La música o los tonos tales como los tonos de DTMF o de fax si pueden ser transportados confiablemente.	La música o los tonos tales como los tonos de DTMF o de fax no pueden ser transportados confiablemente.
Estándar de codificación digital para representar una señal de audio en frecuencias de la voz humana, mediante palabras de 8 bits de resolución, con una tasa de 8000 muestras por segundo.	Es usado mayoritariamente en aplicaciones de Voz sobre IP (VoIP) por sus bajos requerimientos en ancho de banda.
Opera a una tasa de datos de 64 Kbit/s.	Opera a una tasa de datos de 8 kbit/s
Es el codec recomendado para redes LAN pero hay que pensarlo dos veces antes de utilizarlo en enlaces remotos debido al alto consumo de ancho de banda.	Ha sido extendido para suministrar soporte para conversación de banda ancha y codificación de audio
Una de sus características es la calidad de voz debido a que casi no la comprime	Algoritmo que comprime y descomprime los streams de audio digital. Aplicado a la VoIP, optimiza considerablemente el ancho de banda con respecto la voz no comprimida. Esta compresión permite enrutar mayor número de llamadas por un mismo ancho de banda y permite a la voz viajar por conexiones con un ancho de banda limitado o reducido. Sin embargo, su calidad de voz se ve degradada.

En un entorno Ethernet típico y utilizando SIP o IAX como protocolos de señalización, una llamada con este codec consumirá en torno a los 87,2 Kbps,	En un entorno Ethernet típico y utilizando SIP o IAX como protocolos de señalización, una llamada con este códec consumirá alrededor de los 31,2 Kbps.
Se pueden mantener 18 llamadas concurrentes simultáneamente sobre un enlace T1/E1 de 1,5 Mbps.	Se pueden mantener 140 llamadas concurrentes simultáneamente sobre un enlace T1/E1 de 1,5 Mbps.

Evaluación de proveedores de servicios de VoIP [11].

**Tabla 20.3** Comparación costos de proveedores

Proveedor	Pago /Serv. Tel.	%
Vozia	2200	17%
Netfonic	2450	19%
Alestra	2604.16	21%
Telmex	5539.62	43%
Precio del Dólar en México		
Venta	12.8793	
Compra	12.8738	

## 20.4 Conclusiones

Se concluye que la metodología LifeCycleServices de Cisco es una buena opción, pues permitió realizar la planeación del sistema a establecer, sobre todo la elección de la infraestructura presentada. También se hace referencia al estándar IEEE 802.11n/b/g el cual maneja la capa física y la de enlace de datos que permiten trabajar de acuerdo a sus normas de funcionamiento en LAN y MAN. La comparación de protocolos de servicios de VoIP nos da la opción de elegir el más conveniente. Así como, la comparación de Codecs que indica cual es el más eficiente de acuerdo a los requerimientos, que por un lado el g711 es preferido por mejorar la calidad pero se descarta por su incremento en el ancho de banda. Y con respecto al g729 su calidad se ve degradada pero por otro lado su ancho de banda es menor debido a que tiene la característica de comprimir. Y finalmente, se elige el protocolo SIP dado que está ampliamente extendido entre los fabricantes. Y con respecto los Codecs, se elige el G.711 por su característica de calidad en la voz. También se presenta una investigación de la evaluación de proveedores de la cual concluimos que el más conveniente es VOZIA debido a que presenta los mejores costos. Pues el propósito del proyecto es tener la mayor flexibilidad del sistema y administrar mejor el servicio para optimizar los recursos y tener una mejor calidad en la comunicación de la voz.

## 20.5 Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa de Mejoramiento al Profesorado por el apoyo a la Incorporación de Nuevos Profesores de Tiempo Completo, referente al Oficio No. PROMEP/103.5/11/1451. Los autores también agradecen a la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE) por el apoyo brindado.

## 20.6 Referencias

Master en ingeniería de computadores y transmisión de datos multimedia Hidalgo Pastor Francisco Javier. Implementación de Telefonía IP en una Organización (Integración Cisco-Asterisk), Marzo 2007, Valencia, España.

Asencio-Ruiz C., López A.; Propuesta de Mejora, Diseño e Implantación de una Red de Telefonía IP, Mayo 2008, Barcelona, España.

Hernández-Gómez E. A., Soto-Rivas J. A., González-Romero S. A. Implementación de un prototipo de telefonía IP a nivel de software Universidad Tecnológica de El Salvador UTEC. San Salvador, El Salvador, Centroamérica, Marzo 2012.

<http://www.asterisk.org/> [Febrero, 2013]

Pazmiño S., Orihuela L, Hernández Díaz E. Curso de Telefonía por Internet ISBN-968-6064-35-4 México 2005.

Rodríguez- Martínez R, Izquierdo-Blanco V. M., Quiroz- Morones E. Metodología para el diseño de una red “VoIP” de alto tráfico y “QoS”, Noviembre 2006, Tijuana B.C., México.

Oliveira-Guerra S., Propuesta de Arquitectura MPLS/DIFFSERV para Proveer Mecanismos de Calidad de Servicio (QoS) en el Transporte de la Telefonía IP ETSIT Universidad Politécnica de Madrid, España 2004.

<http://www.cisco.com/web/LA/productos/servicios/lifecycle/services.html> [Febrero, 2013]

<http://www.cisco.com/web/MX/index.html> [Febrero, 2013]

<http://www.cisco.com/web/ES/index.html> [Marzo, 2013]

Zavala-Cervantes J.G, Maciel-Pérez C. Huerta-Mascotte E y Cano-Contreras M. Servicios de VoIP Tesis de Grado Universidad tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE) Abril 2013, México.

[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11) #802.11n [Febrero, 2013]