

# Técnicas de diseño de pasarelas de Voip empleando estándares abiertos y código libre

*Ing. Juan Alain Capote Álvarez 1, Ing. Alian Manuel Capote Álvarez 2*

<sup>1</sup> Instituto Técnico Militar José Martí. ITM., Cátedra de Comunicaciones, [manuelcapote@infomed.sld.cu](mailto:manuelcapote@infomed.sld.cu)

<sup>2</sup> Instituto Técnico Militar José Martí. ITM., Cátedra de Comunicaciones, [manuelcapote@infomed.sld.cu](mailto:manuelcapote@infomed.sld.cu)

## **RESUMEN / ABSTRACT**

*La transmisión de voz sobre redes de datos, es sin duda alguna el futuro de toda comunicación a nivel global, la cual se apoya en una serie de protocolos para la señalización y control de la llamada. El desarrollo de medios capaces de manejar comunicaciones de voz, video y datos de manera eficiente, ocasionará en el futuro cambio en precios, operación y estructura de negocios, modificando la naturaleza de la economía en el mercado de las telecomunicaciones. Estos sistemas deben contar con una infraestructura de conmutación y de transporte de datos para lograr un servicio flexible de control de elementos. La plataforma telefónica código abierto Asterisk, está diseñada para interactuar de forma consistente con el software y hardware telefónico existente, logrando la interconexión entre los diferentes protocolos de señalización, de una forma transparente para el usuario final. En este trabajo se proponen algunos procedimientos de diseño e implementación de pasarelas con líneas troncales de acceso a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN), y su configuración para interoperar entre los distintos estándares de señalización de llamada.*

Palabras Claves: Asterisk, pasarela, protocolos, VoIP.

## ***Techniques for the design of Voip gateways using open source systems and free standards***

*The transmission of voice over data networks is definitely the future of all communication at global level, which leans in a series of protocols for the signaling and control of the call. The development of capable means to drive communications of voice, video and data in a efficient way, will cause change in pricing, operation and business structure in the future, modifying the nature of economy in the market of telecommunications. These systems must count on an infrastructure of commutation and transporting of data to achieve a flexible service of control of elements. The telephonic platform open source Asterisk, it is designed in order to interact in a consistent way with the software and the existent telephonic hardware, achieving the interconnection among the different protocols of signaling, in a transparent way for the user. In this work we propose some procedures of design and implementation of VoIP gateways with main lines of access to the telephony Network (PSTN) and his configuration for interact among the distinct standards of call signaling.*

**KeyWords:** Asterisk, gateway, protocols, VoIP

## INTRODUCCIÓN

Desde la invención del teléfono a finales del siglo XIX, las compañías telefónicas se han orientado de manera casi exclusiva a las comunicaciones de voz. Durante muchos años la industria ha realizado continuos cambios encaminados a mejorar la calidad, fiabilidad y costos de los sistemas telefónicos, introduciendo la conmutación digital, la transmisión por fibra óptica, las redes inteligentes y miles de facilidades en el tratamiento de las llamadas; sin embargo el carácter de las redes telefónicas por conmutación de circuitos ha permanecido sin cambios, identificándose por un alto consumo de recursos y costos elevados [1].

El surgimiento de las redes de conmutación de paquetes, brindó una nueva infraestructura para el advenimiento de una tecnología capaz de transmitir voz sobre las redes de datos. En el futuro cuando los datos sean la componente dominante de la demanda de tráfico, será más práctico cursar la voz por este tipo de redes en lugar de forzar a los datos para que se ajusten a la red telefónica, y ciertamente no es económico continuar instalando, operando y administrando redes separadas [2].

En nuestro país la infraestructura tecnológica continuará el mejoramiento de las redes de comunicaciones, a la par que se incrementa y moderniza el parque de equipamiento. En este sentido, el país ha organizado el uso racional y eficiente de los recursos, tanto de equipamiento como de conectividad. Este desarrollo ocasionará que las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC) tiendan hacia el entorno que proponen las Redes de Próxima Generación (NGN), sin embargo la infraestructura de telecomunicaciones no puede ser sustituida radicalmente, debido a los elevados costos que satisfacen esta condición, por tanto, existirá al menos temporalmente, una fase de coexistencia y por supuesto la necesaria interconexión mediante pasarelas como un elemento imprescindible para la migración.

Este trabajo centra sus objetivos en crear un documento breve y pedagógico con la idea de proponer una serie de pasos para diseñar y configurar un sistema que permita la comunicación bidireccional con la Red de Telefonía Pública Conmutada y la interoperabilidad de esta con la gran variedad de normas de señalización de llamada utilizando la plataforma telefónica código abierto Asterisk. Permitiendo de esta forma que en nuestro país se incrementen progresivamente los niveles de seguridad y este tienda indiscutiblemente hacia la necesaria independencia tecnológica.

## PASARELAS DE MEDIOS

Una pasarela es un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red, al protocolo empleado en la red de destino. Una pasarela de medios puede funcionar como [3]:

- Pasarela de Acceso (AMG): Proporciona acceso a líneas telefónicas analógicas y a líneas digitales de abonado. El AMG realiza labores de compresión y descompresión de señales de voz, por lo que requiere potencia de procesamiento.

- Pasarela de Entronque (TMG): Es una pasarela entre una red con conmutación de circuitos y una red de paquetes. Las TMG se despliegan en el borde de la red de paquetes, cerca del ingreso de las líneas troncales.
- Pasarela de Señalización (SMG): Funciona como una interfaz de señalización con la PSTN. La SMG termina las conexiones de Canal Común Número 7 (SS7) y emula un terminal para la red SS7.
- Pasarela de VoIP: Dispositivo o programa capaz de interconectar los distintos estándares de señalización de llamada de la tecnología VoIP.
- Pasarela Universal de Medios (UMG): Convierte flujos de medios y señalización en flujos IP (Protocolo de Internet). Una pasarela universal puede actuar como conmutador TDM, TMG, SMG y AMG.

## VOIP, ESTÁNDARES ABIERTOS Y CÓDIGO LIBRE

Una definición general de Voz sobre IP es la posibilidad de transportar conversaciones telefónicas en paquetes IP. El término VoIP no se refiere a ninguno de los mecanismos concretos que existen para trasladar las señales de voz, este se basa en la conmutación de paquetes en vez de los métodos tradicionales de telefonía, basada en la conmutación de circuitos. La voz sobre IP convierte las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos que son transportados a través de redes de datos [4].

Existen docenas de tecnologías que permiten la comunicación de voz a través de la red, estas se pueden dividir en dos grandes grupos: tecnologías cerradas-propietarias y sistemas abiertos. En el primer grupo nos encontramos con el conocido Skype o el ya legendario SCCP (Protocolo de Control de Clientes Ligeros) de Cisco. En el segundo grupo nos encontramos con los estándares abiertos basados en SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), H.323 o IAX (Protocolo de Intercambio entre sistemas Asterisk).

Los sistemas código libre, se caracterizan por contar con software que se distribuye junto con su código fuente y con una licencia de uso. Esto permite que sean instalados, configurados y actualizados sin necesidad de la intervención del que los suministra. También, facilitan la programación de nuevos servicios que pueden someterse a prueba por un amplio número de especialistas. Con el código libre podemos aprender de experiencias parecidas, integrar sus soluciones y compartir nuestros propios resultados con los demás.

Una de las principales razones para crear una propia infraestructura de voz sobre IP y no seguir usando los servicios ya existentes son: la sostenibilidad y flexibilidad. Los servicios existentes pueden solucionar una necesidad a corto plazo, pero nunca garantizar la independencia o el control del propio proceso de aprendizaje y desarrollo. No se trata de una cuestión puramente técnica; el problema no es decidir cuál es la mejor de las tecnologías; sino cuál es la que permite que las comunidades sean dueñas de su propio desarrollo y que puedan adaptarla a sus propias necesidades.

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

## **ASTERISK EL FUTURO DE LA TELEFONÍA**

En la actualidad los sistemas de comunicaciones nos permiten integrar cada vez más tecnologías diferentes y de esta forma permitir, que usuarios que utilizan diferentes tecnologías como conmutación de paquetes y de circuitos, puedan comunicarse de forma transparente; pero desafortunadamente este equipamiento aún es muy caro para nuestras empresas, por lo que se hace necesario buscar soluciones que permitan la integración de nuestra infraestructura de comunicaciones a un costo mucho menor. Dicha integración también nos permitirá hacer uso de los beneficios que nos brinda el protocolo IP. Las soluciones que emplean software código abierto como es el caso de Asterisk, son de las más atractivas para permitir la integración.

Asterisk es una central telefónica digital en software bajo licencia pública genérica que integra las funcionalidades de telefonía clásica con nuevas capacidades derivadas de su flexible y potente arquitectura. Funciona como una aplicación "servidor" que permite que terminales "clientes" se conecten a él. Una vez conectados, los usuarios pueden transmitir voz y vídeo en tiempo real utilizando cualquiera de los protocolos y códecs soportados por Asterisk.

Al soportar una mezcla de la telefonía tradicional y los servicios de VoIP, Asterisk permite construir nuevos sistemas telefónicos de forma eficiente o migrar de forma gradual a los sistemas existentes de las nuevas tecnologías [5]. La forma modular es lo que le permite a Asterisk integrar los hardwares de telefonía implementados y la tecnología de VoIP. Para facilitar la abstracción de protocolos y de hardware, son definidos cuatro módulos que tienen la capacidad de cargar cuatro interfaces de aplicación de programas definidas alrededor del núcleo del sistema que proveen el uso de aplicaciones a través de módulos cargables para realizar cualquier acción en demanda, también permite un desarrollo abierto de nuevas aplicaciones para satisfacer necesidades o situaciones únicas [5].

El código del programa fue originalmente creado por Mark Spencer basado en las ideas y el trabajo previo de Jim Dixon (proyecto de telefonía Zapata).

El programa, sus mejoras y correcciones, es el resultado del trabajo colectivo de la comunidad del software libre; sin embargo Digium es el principal patrocinador de Asterisk siendo Mark Spencer el creador y su soporte principal. Para usar Asterisk sólo se necesita una Computadora personal (PC), pero en caso de querer conectarse a la PSTN es necesario añadir hardware especializado.

## **METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO**

A continuación se presentan una serie de pasos para la elaboración de una pasarela de VoIP con acceso troncal a la PSTN.

### **SELECCIÓN DEL SERVIDOR**

La selección de un servidor para que Asterisk corra en él, es sencilla y al mismo tiempo compleja; fácil porque cualquier máquina fabricada después del año 2000 debe tener suficiente potencia para hacerlo funcionar, pero a medida que el sistema crezca (especialmente si empleamos códecs de alta compresión) habrá que considerar en mejorar el procesador y la memoria. Cuando se selecciona el servidor hay que considerar cuidadosamente el diseño del sistema y las funcionalidades que se desean cubrir [5].

El tamaño de un sistema basado en Asterisk no se determina por el número total de usuarios al que brindará servicios; sino por la cantidad de llamadas simultáneas que se espera que soporte, ya sean internas de VoIP o hacia la Red Pública de Telefonía Conmutada. Esto se debe a que Asterisk usa el CPU (Unidad de Procesamiento Central) del servidor para procesar los canales de voz, en vez de tener un procesador digital de señales dedicado a cada canal, haciendo que el rendimiento del sistema sea muy dependiente del rendimiento del CPU.

Por lo tanto se hace necesario conocer la cantidad de llamadas simultáneas máximas que va a tener el sistema. En la Tabla 1. se hace una recomendación sobre los requerimientos mínimos del servidor por cantidad de llamadas simultáneas.

En la tabla 1. se muestra que para sistemas grandes de más de 25 llamadas simultáneas se pudieran utilizar servidores en una arquitectura distribuida, donde cada servidor se encargaría de atender una cantidad de usuarios específica y entre estos se enlazarían a través del protocolo IAX, lo que permitirá un aprovechamiento del ancho de banda de la red. Además se pueden emplear servidores de apoyo que se encarguen de los servicios avanzados tales como: buzón de voz, conferencia, base de datos entre otros, permitiendo que los servidores centrales solo se encarguen del procesamiento de la llamada, mejorando de esta forma la calidad del servicio. El hardware necesario para Asterisk no es muy complicado, no se precisa de una tarjeta de vídeo sofisticada o periféricos. Los puertos seriales, paralelos y USB pueden ser completamente deshabilitados, solamente una buena tarjeta de red es esencial, además de dejar libres al menos dos slots PCI y conectores de alimentación molex (5V / 12V) para las tarjetas de Digium que permiten la conexión a la red de telefonía pública.

### **CONSIDERACIONES DEL SO E INSTALACIÓN DE ASTERISK**

Aunque Asterisk puede funcionar en muchos Sistemas Operativos (SO), GNU/Linux es la plataforma más estable y en la que existe un mayor soporte.

A la hora de seleccionar un sistema operativo se deben tener en cuenta las mismas consideraciones que a la hora de escoger un hardware, agregándole facilidades de uso, gestión, administración, seguridad, entre otros. Entre las distribuciones Linux más utilizadas se recomiendan: Ubuntu, Debian, Red Hat y Centos.

En estos momentos se ha creado en la UCI la plataforma de desarrollo personalizada Nova LNX, la cual no es más que un ensayo a menor escala de un proceso que es necesario a nivel nacional. La necesaria integración y el constante desarrollo de Asterisk junto con Nova LNX, nos permitirá la creación de un sistema meramente cubano, capaz de competir con las distribuciones ya existentes que utilizan Asterisk como una solución de telefonía. Asterisk no es sólo un programa con un diseño y arquitectura potente y flexible de gran tamaño; sino que, además, sigue creciendo al integrar más funcionalidades cada día. La flexibilidad de Asterisk también implica cierta complejidad debido a las numerosas posibilidades y opciones.

El paquete de instalación de Asterisk necesita algunas dependencias para poder compilar, inicialmente se debe instalar el compilador Gcc (Versión 3.x o superior) y sus dependencias. También requiere el paquete Bison y los paquetes de desarrollo Ncurses para la funcionalidad de la Interfaz de Comando de Línea (CLI). La biblioteca criptográfica en Asterisk requiere OpenSSL y sus paquetes de desarrollo. Al utilizarse hardware de Digium, para que algunas aplicaciones sean incluidas en tiempo de compilación, es necesario instalar el paquete Zaptel, el cual requiere Libnewt y sus dependencias. Las bibliotecas Zlib y Zlib-devel son necesarias para compilar.

Asterisk es compilado con Gcc a través del uso del programa make. A diferencia de muchos otros programas, no hay necesidad de ejecutar un script de configuración para su instalación. Para instalar Asterisk simplemente se ejecutan los comandos que se muestran a continuación:

```
# make menuselect  
  
# make install  
  
# make samples
```

El comando “make menuselect” permite una selección más detallada de los módulos que se desean instalar antes de compilar el software y de esta forma no se requiere que el usuario edite los archivos de instalación.

Para agregar soporte a las tarjetas que permiten la conexión a la PSTN es necesario compilar e instalar el controlador Zaptel, para esto hay que actualizar las cabeceras del kernel de Linux instalando el paquete Linux-headers-2.6.xx-xx-386.

## CONFIGURANDO ASTERISK

Para configurar Asterisk de forma tal que funcione como una pasarela multiprotocolo y lograr la interoperabilidad entre los distintos estándares de VoIP, es necesario editar los siguientes archivos de configuración basados en texto: sip.conf, h323.conf, skinny.conf e iax.conf; además de estos es

necesario editar el archivo extensions.conf que es el responsable del plan de marcado dentro del servidor Asterisk.

La configuración de los “clientes” en Asterisk, es muy similar entre los diferentes estándares abiertos, donde cada cliente es identificado por un contexto, el cual es el nombre de usuario asociado a este, o es un nombre arbitrario utilizado por otros archivos de configuración para referirse a este dispositivo. Por ejemplo un cliente SIP se configuraría de la siguiente forma:

```
# [1000]  
# type=friend  
# context= sip  
# callerid= xlite <1000>  
# secret=1000  
# host=dynamic
```

Como se puede observar en el fragmento anterior se definió un usuario SIP que se identificará con el numero 1000 y se utilizará el tipo de cliente Friend para poder realizar y recibir llamadas. El parámetro “context”, indica a que contexto del plan de marcado pertenece este dispositivo, y en dependencia de las inclusiones realizadas en este, podrá realizar o no llamadas a otros usuarios definidos en otros contextos.

El “callerid”, no es más que la identificación de la persona que está realizando la llamada, o sea el nombre que se muestra a otros clientes cuando reciben una llamada de este dispositivo. Para la autenticación con el servidor, se utiliza el parámetro “secret” que será la contraseña del cliente SIP, esto junto con el parámetro “host”, que indica la dirección IP del cliente, sirve para una identificación completa del usuario, evitando la suplantación de identidad.

El parámetro “host” se puede configurar con la opción “dynamic” para permitir que el usuario pueda conectarse al servidor desde cualquier punto de la red.

En el caso de los clientes de protocolos propietarios como el SCCP la configuración es un tanto compleja, debido a que los dispositivos Cisco son teléfonos Ethernet (Ephones). Cada Ephone puede tener múltiples extensiones asociadas a él y un único número de secuencia para identificarlo durante la configuración, este identificador se basa en las siglas SEP (Teléfono Ethernet de Selsius) seguido por la dirección MAC (Control de Acceso al Medio) del dispositivo.

En caso de ser un softphone, esta sería la dirección MAC de la tarjeta de red de la PC donde está corriendo. Asterisk define esta identificación a través del parámetro “device”. Para añadir las extensiones pertenecientes a un dispositivo se utiliza “line”, a este parámetro se le coloca el valor del número telefónico que tendrá el dispositivo. El parámetro “context” define a qué contexto del plan de marcado pertenecen el dispositivo y las extensiones.

```
# [devices]  
# device=SEP00D0C9582946  
# host=192.168.0.1  
# context = sccp  
# callerid="Alain Capote" <4000>  
# line => 4000
```

## INTEGRAR VOIP CON LA TELEFONÍA TRADICIONAL

Básicamente existen dos opciones de líneas telefónicas hoy en nuestro país. Las líneas analógicas, que son las más comunes y son entregadas usando un par metálico de hilos de cobre y las líneas digitales, que son utilizadas cuando son necesarias muchas líneas analógicas.

El termino FX (Intercambio Foráneo) es aplicado para troncos con acceso a la PSTN. Las interfaces FXO (Oficinas de Intercambio Foráneo), se utilizan básicamente para la comunicación de un puerto de Asterisk con la PSTN, esta comunicación requiere tono de marcado, indicación de timbre, indicadores de llamada en progreso y otros. Interfaces FXO conectan Asterisk a otro conmutador PBX (Central Telefónica Privada), a la PSTN o a una pasarela de VoIP. Las interfaces FXS (Estaciones de Intercambio Foráneo) pueden ser utilizadas para conectar dispositivos básicos tales como: teléfonos, módems y faxes. Debe proveer voltaje, generar tono de timbre, detección de descolgado e indicar llamadas en progreso [6].

Es necesario el uso de hardware adicional para que Asterisk pueda funcionar como una pasarela de Entronques, tales como las tarjetas analógicas o digitales de Digium.

Las tarjetas analógicas son como módems especialmente dedicadas a gestionar el tráfico de voz. Estas son necesarias para la conexión de líneas troncales y teléfonos analógicos, a través del empleo de módulos FXS o FXO, los cuales se distribuyen con o separados de la tarjeta. Para cada tarjeta es preciso editar el archivo zaptel.conf y zapata.conf que son los encargados de la configuración del dispositivo La empresa Digium las distribuye con 4, 8 y 24 puertos que pueden ser: FXS, FXO o una combinación de estos [5].

Hasta el 2007 las más utilizadas fueron las del modelo TDM400P, las cuales no están siendo comercializadas actualmente, debido a que fueron reemplazadas por la serie TDM410P (Ver figura. 1) que presenta una serie de ventajas frente a esta. A este grupo de tarjetas se le proporcionó la nomenclatura TDMXYZ de la siguiente forma:

- X: número de interfaces FXS que posee.
- Y: número de interfaces FXO que posee.
- Z: puede tomar dos valores: E para indicar que se incluirá en la tarjeta un módulo de cancelación de eco, o B que no se incluirá.

Es importante tener en cuenta la forma en que se colocan los módulos, ya que si por error se conectara un puerto FXS a la PSTN esto podría causar daños en el módulo y a la tarjeta. El primer puerto siempre se encuentra en el lado más alejado del bus PCI de la PC y los módulos se insertan en orden como se puede observar en la figura 1.

Las tarjetas digitales implementadas por Digium, permiten la conexión de troncos digitales E1 (32 canales), T1 (24 canales) y flujos primarios RDSI. Hay que prestar atención a la hora de escoger una tarjeta, ya que algunos modelos como la TE405P utilizan un puerto PCI de 5v, este tipo de puerto es raramente encontrado en las PC comunes, mientras que la TE410P y la TE212P funcionan con puertos PCI de 3.3v, disponibles habitualmente en la mayoría de las placas base modernas y en arquitecturas de puertos de 64 bits.

## CÁLCULO DE TRÁFICO TELEFÓNICO

Aunque es teóricamente posible suministrar servicios de telefonía para que todos los usuarios configurados en Asterisk puedan comunicarse simultáneamente con la PSTN, la probabilidad de que esta situación ocurra es muy baja. De manera que el enorme gasto que satisface esta condición no es justificable.

En la práctica, aún durante los periodos más ocupados del día, sólo una pequeña porción de los abonados demandará servicio telefónico. Por lo tanto en estos casos es útil realizar un exhaustivo análisis estadístico para conocer la cantidad máxima de llamadas hacia la PSTN que procesará nuestro sistema en la hora más activa del día, y obtener un promedio de duración de estas llamadas, con estos datos y fijando un buen grado de servicio se aplica la ecuación (1) y se obtiene el tráfico telefónico en Erlang, con este dato utilizando las tablas o una calculadora de Erlang B se puede obtener cuantas líneas troncales serán necesarias para satisfacer dicho tráfico telefónico.

$$A = \frac{C * tr}{T} = \frac{15 * 4}{60} = 1Erl \quad 1)$$

donde: A es Intensidad de tráfico,  
C es número promedio de llamadas,  
tr es tiempo promedio de duración de llamada  
T es Tiempo de observación.

En este punto en dependencia de la cantidad de líneas que sean necesarias, sería útil repasar nuevamente la selección del servidor, recordando siempre que al utilizar servidores en una arquitectura distribuida el sistema se desempeña de una manera más eficiente y se distribuyen las tareas, mejorando la calidad del servicio.

## CONFIGURANDO ZAPTEL PARA LAS TARJETAS ANALÓGICAS

Para cada tarjeta es preciso configurar el archivo zaptel.conf que al contrario de los demás archivos de configuración se encuentra en el directorio /etc. A continuación se muestra un segmento de este archivo donde se agregan dos puertos FXS con señalización FXO y un puerto FXO con señalización FXS.

```
# fxoks= 1
```

```
# fxoks= 2
```

```
# fxsks= 4
# Loadzone=cu
```

El “loadzone” define el set de indicaciones a usar por el canal y se configura en el archivo zonedata.c. Este contiene información acerca de todos los sonidos que un sistema telefónico hace en un país particular, entre ellos: el tono de marcar, ciclos de timbre, la señal de ocupado y otros. Los parámetros “fxsks” y “fxoks” especifican el protocolo de señalización que van a utilizar las interfaces FX, existen tres opciones [5]:

- Loop start (ls)
- Ground start (gs)
- Kool start (ks)

La diferencia entre los protocolos de señalización Loop start y Ground start viene dada por la forma en que el equipo solicita el tono de marcado. Un circuito Ground start hace señales momentáneamente al extremo que requiere tono de marcado, poniendo en tierra una de las líneas. Un circuito Loop start utiliza un cortocircuito para solicitar tono de marcado. Kool start es de hecho lo mismo que Loop start, sólo que tiene más habilidad para descubrir cuando hay cortocircuito o desconexión en el extremo. Para configurar un método de señalización aparte de Kool start, se reemplaza los “ks” con “ls” o “gs” (para Loop start o Ground start, respectivamente. Luego se debe verificar el estado de los canales creados utilizando el comando “ztcfg”, el cual irá a examinar la configuración en el archivo zaptel.conf. Se puede verificar que el hardware y puertos se cargaron y configuraron correctamente con el uso de la línea de comando:

```
# /sbin/ztcfg -vv
```

Para la configuración del hardware se debe editar el archivo de canales zapata.conf, el cual especifica la configuración del dispositivo instalado y controla varias características y funcionalidades asociadas a los canales físicos, tales como: identificador de llamadas, llamada en espera, cancelación de eco y otras. A través de este archivo se crean los canales lógicos TDM que serán utilizados en el plan de marcado. A continuación se muestra una parte del archivo zapata.conf:

```
# Signalling= fxo_ks
# Context= teléfonos
# Channel=>1
# Channel=>2
# Signalling=Fxs_ks
# Context= PSTN-entrante
```

Como se muestra en el segmento del archivo de configuración mostrado anteriormente, al canal 1 le corresponde la señalización de los módulos FXS, definida por el parámetro “signalling”, esta opción se configuró utilizando el protocolo Kool start y señalización FXO. La configuración del módulo FXO se realizó con características similares.

## CONFIGURANDO UN PLAN DE

## MARCADO FLEXIBLE Y PODEROSO

En el archivo de configuración extensions.conf se define el plan de marcado de Asterisk, permitiéndonos: realizar y recibir llamadas provenientes de la PSTN, definir teléfonos internos, ya sean de VoIP o teléfonos analógicos conectados a los puertos FXS, especificar las extensiones y para conectar entre sí, cada uno de los sistemas especificados. El plan de marcado de Asterisk se utiliza para lograr la interconexión entre los distintos protocolos a través de las aplicaciones. Se debe definir para cada canal VoIP un contexto particular y a través de la inclusión de contextos, se puede crear un plan de marcado en donde todos los usuarios se puedan comunicar entre sí, sin importar el estándar que implementen. A continuación se muestra un ejemplo de cómo quedaría el contexto de un estándar específico:

```
# [SIP]
# exten => _100x,1,Answer()
# exten => _100x,n,Dial(SIP/${EXTEN},10)
# exten => _100x,n,Hangup
# include => default
# include=> PSTN-saliente
```

El comando “exten =>” es seguido por un número de extensión, una coma, la prioridad, otra coma y finalmente la aplicación. La mayor parte de las funcionalidades de Asterisk son creadas en forma de aplicaciones tales como: el buzón de voz, conferencia y el marcado entre otras.

Las aplicaciones son parte fundamental en el sistema, ellas tratan al canal de voz, reproduciendo archivos de música, aceptando dígitos o terminando una llamada. Las aplicaciones disponibles en Asterisk se pueden ver usando el comando “core show applications” en el CLI.

Para lograr la comunicación entre todos los estándares, recibir y realizar llamadas hacia la PSTN se propone la creación de los siguientes contextos:

```
# PSTN-entrante
```

Este contexto se encargará de encaminar las llamadas provenientes de la PSTN, según sea necesario.

Debido a que el puerto FXO sólo puede ser comunicado con un sólo número, y una red VoIP puede tener una infinidad de estos, es necesario efectuar un IVR (Respuesta de Voz Interactiva) que le pregunte al llamante a que extensión quiere comunicar, logrando así que comunique con el usuario deseado. La configuración del contexto PSTN-entrante se muestra a continuación:

```
# [PSTN-entrante]
# exten=>s,1,Answer()
# exten =>s,2,Background(vm-enter-num)
# include => default
```

Como se puede apreciar en el segmento anterior se tuvo que hacer uso de la extensión especial “s”, debido a que cuando el módulo FXO detecta una llamada entrante es imposible saber hacia que extensión se dirige; por tanto debe iniciar este contexto automáticamente.

# PSTN-saliente

Este contexto se encargará de las llamadas salientes de Asterisk en este ejemplo se utiliza el canal 4 (Zap/4) de la tarjeta analógica.

En caso de que el puerto FXO esté conectado directamente a una PBX es necesario lograr que Asterisk no confunda un número externo con uno interno, al igual que en las PBX tradicionales, por tanto es conveniente definir un número de salida hacia ruta externa que usualmente es el número 9; por lo que se definió la extensión estándar “\_9.”, que indica que todo número marcado que empiece con un 9 y después tenga uno o más caracteres, será dirigido al contexto [PSTN-saliente] como se muestra en el siguiente segmento:

```
# [PSTN-saliente]
# exten => _9.,n,Dial(Zap/4/${EXTEN},10)
# exten => _9.,n,Hangup
# include => default
```

## SERVICIOS AVANZADOS DEL PLAN DE MARCADO

Con los recursos avanzados del plan de marcado de Asterisk, se pueden proveer servicios de valor agregado a los usuarios, formando un sistema sencillo y poderoso que permita: transferencia de llamadas, conferencia, interfaz Web para el administrador del sistema, grabación de llamadas, buzón de voz, entre otras facilidades. Para esto es necesaria una configuración más compleja, donde se deben editar los archivos manager.conf, http.conf, features.conf, meetme.conf, voicemail.conf, entre otros.

Para que los mensajes de voz puedan ser archivados en cada buzón de voz de los usuarios, es necesario el uso de una base de datos que pueda manejar esta información. Asterisk utiliza un módulo intermediario entre la comunicación de este con la base de datos, llamado ODBC. El conector ODBC es una capa de abstracción que hace posible la comunicación de Asterisk con una amplia gama de base de datos, entre las que se encuentran MySQL, PostgreSQL, entre otras. Las conexiones a las bases de datos se configuran en el archivo res\_odbc.conf.

## PONIENDO EN MARCHA EL SISTEMA

Para iniciar Asterisk basta con poner el código “Asterisk -vvvc” accediendo al CLI de Asterisk, en la cual se pueden ejecutar algunos comandos para la gestión, administración y control del sistema. Mediante el comando “Asterisk -h” se puede explorar el rango completo de opciones.

## ESCENARIOS DE USO

Es bastante común en estos días el uso de Softswitch o PBX, pero la forma de comercialización de estos equipos se hace de forma independiente para cada función del sistema, los componentes son hechos de forma separada y muchas veces de diferentes fabricantes. Los costos de adquisición de cada uno

de estos componentes es elevado y la integración muchas veces es difícil. Asterisk realiza todas estas funciones de forma integrada, el licenciamiento es gratuito y puede ser hecho en un único o en varios servidores de acuerdo con un dimensionamiento apropiado. En la figura 2 se muestra el escenario más común para pequeñas o medianas empresa; Además se pudiera conectar Asterisk a una PBX en vez de hacerlo directamente hacia la Red de Telefonía Pública Conmutada. Asterisk como pasarela puede convertir las señales analógicas (FXS, FXO) o digitales (RDSI) viniendo de la central telefónica, o de los teléfonos de clientes en voz sobre IP y transmitirlos por la red de datos. La convergencia, propicia la reducción del número de circuitos y un mejor aprovechamiento de los recursos.

## REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA UBICACIÓN DEL SERVIDOR ASTERISK:

La ubicación del servidor dependerá de los factores externos que influyen en su funcionamiento, tales como la humedad, el polvo, interferencia, temperatura y muy importante las consideraciones de seguridad. Por tanto se recomienda alejar el servidor de áreas con humedad, limpiando el local regularmente y ubicarlo en un lugar con una temperatura adecuada.

La seguridad del servidor se deberá realizar contra intrusiones en la red utilizando detectores de intrusos locales o de red tales como el SNORT o el OSSEC. Además de tener en consideración la seguridad física del equipo, protegiéndolo del acceso del personal no autorizado en áreas restringidas.

Uno de los grandes retos al implementar VoIP, especialmente en regiones en desarrollo, es garantizar que exista un ancho de banda constante para las conversaciones. Para ofrecer una buena calidad en la conversación, el ancho de banda que necesitan los dos flujos de tráfico se debe garantizar con independencia del estado del resto de las conexiones. Cuando se diseña una red de VoIP se debe intentar optimizar el ancho de banda, controlar las fluctuaciones de la red (jitter), y minimizar la latencia.

A esta altura del documento ya usted debe ser capaz de poder crear, con un conocimiento básico de Asterisk, sistemas de telefonía así como PBX IP o pasarelas basadas en este poderoso software. Además de poder crear medios capaces de lograr la interoperabilidad entre los distintos estándares de señalización de llamada existentes de una forma transparente y eficiente. También se debe ser capaz de poder crear conexiones con líneas de acceso analógicas hacia la PSTN, a través de las tarjetas analógicas de la compañía Digium.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar el cumplimiento del objetivo principal de este trabajo, se realizó el diseño de un escenario de prueba, en el cual se experimenta con un conjunto de clientes evaluando codecs, alternativas de configuración y funciones. En cuanto a los protocolos de señalización, las pruebas se realizan

utilizando los protocolos SIP, IAX2, H323 y SCCP. Las pruebas abarcan: evaluación de la instalación y configuración, características del sistema, facilidad en el uso de las interfaces de usuario y protocolos de señalización soportados por el sistema para la función de pasarela.

Durante las llamadas realizadas se chequea la calidad percibida, la capacidad de conexión y cualquier problema en el manejo de las mismas. Con el objetivo de comprobar la interoperabilidad entre los protocolos se realizaron llamadas entre los softphones X-Lite (SIP), ZoIPer (IAX2), SJphone (H.323) y VTGO-PC (SCCP). Además se probaron los servicios de conferencia, menú IVR, buzón de voz, música en espera, transferencia y grabación de llamadas, demostrando el buen funcionamiento de Asterisk como una PBX IP de servicios avanzados. También, se comprobaron los diferentes contextos y extensiones especiales, demostrando ser un sistema con una gran variedad de posibilidades y configuraciones.

En el departamento de telecomunicaciones y telemática en la CUJAE, se realizaron un conjunto de pruebas para comprobar la funcionalidad de Asterisk como Pasarela entre la PSTN y una red VoIP. Se utilizaron 5 PC, una como servidor, el cual llevará instalado en su bus PCI una tarjeta del tipo TDM22B y en las otras los diferentes softphones sobre Windows XP.

El servidor correrá bajo el SO Debian en una Intel Celeron a 1.2 GHz con 512 MB de RAM, tarjeta de red a 100 Mbit/s y conexión a la LAN de la CUJAE.

Un puerto FXO de la tarjeta se conectó directamente a la PSTN y en los puertos FXS se conectaron 2 teléfonos analógicos LG Electronics Inc. modelo GS-5140 de ETECSA como se pudo apreciar en la figura 2.

Como resultado se obtuvo que la configuración de Asterisk como Pasarela de Entronques es bastante adaptable y poderosa; aunque es necesario tener extremo cuidado con la manipulación de los módulos y la tarjeta. En las pruebas realizadas se obtuvo una calidad de voz bastante aceptable, aunque en la comunicación entre los teléfonos analógicos conectados a los puertos FXS se escuchó un poco de eco.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha propuesto una metodología para el diseño de pasarelas de VoIP con acceso a la PSTN, además se analizaron los conceptos básicos de la telefonía IP, haciendo énfasis en las pasarelas de medios como elementos imprescindibles en la migración hacia las Redes de Nueva Generación. Mediante esta investigación se presentan soluciones y herramientas para el desarrollo de PBX IP y pasarelas basadas en sistemas abiertos que puedan reducir sus elevados costos y mejorar la capacidad de introducción de nuevas prestaciones, en cuanto a todas las pruebas realizadas se pudo concluir que:

Asterisk es un software de configuración compleja; sin embargo tiende a volverse de fácil manejo gracias a la diversidad de documentación y aplicaciones que se despliegan sobre él en Internet. Es una aplicación de excelente calidad que puede ejecutarse en servidores de bajas prestaciones,

siendo esta, una alternativa real para soluciones de alto nivel en nuestras universidades, las FAR (Fuerzas Armadas Revolucionarias) y empresas de nuestro país que necesiten una solución óptima de telecomunicaciones. Esto logrará elevar los niveles de seguridad y estabilidad de nuestros sistemas, permitiendo de esta forma que nuestro país tienda indiscutiblemente hacia la necesaria independencia tecnológica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **LENAHAN, F.**, Una visión práctica de la evolución de las Redes del Futuro. Telcordia, 2005.
- [2] **LENAHAN, F.**, Una visión del futuro: impactos radicales en el negocio de comunicaciones. Telcordia, 2005.
- [3] **ITU-T**, "T-REC H.248-1 Protocolo de control de las pasarelas: Versión 3," ITU-T, 2006.
- [4] **ESCUADERO, A. Y BERTHILSON, L.**, VoIP para el desarrollo: Una guía para crear una infraestructura de voz en regiones en desarrollo. Creative Commons, 2006.
- [5] **VAN MEGGELEN, J. Y MADSEN, L.**, Asterisk: The Future of Telephony. O'Reilly, 2007.
- [6] **GONCALVEZ, F.**, Asterisk PBX Guía de la configuración. V. Office Networks, 2007.
- [7] **CAPOTE, J. A. Y CAPOTE, A. M.**, "Implementación de una pasarela multiprotocolo utilizando la plataforma telefónica código abierto Asterisk™" Tesis de Diploma, Dept. de Telecomunicaciones. Facultad de Eléctrica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana, Cuba, 2008.

## AUTORES

**J. Alain Capote-Alvarez**, graduado de nivel superior con el título de ingeniero en telecomunicaciones y electrónica en la CUJAE en el año 2008,. En estos momentos labora en el Instituto Técnico Militar "José Martí" como Profesor Instructor de la Cátedra de Comunicaciones, , y sus investigaciones se orientan a las Redes de Próxima Generación, la seguridad en las redes de comunicaciones, la Telefonía IP y los estándares de señalización de llamada, principalmente empleando herramientas de software libre y estándares abiertos.

**Alian M.Capote-Alvarez**: graduado de nivel superior con el título de ingeniero en telecomunicaciones y electrónica en la CUJAE en el año 2008,. En estos momentos labora en el Instituto Técnico Militar "José Martí" como Profesor Instructor de la Cátedra de Comunicaciones, , y sus investigaciones se orientan a las Redes de Próxima Generación, la seguridad en las redes de comunicaciones, la Telefonía IP y los estándares de señalización de llamada, principalmente empleando herramientas de software libre y estándares abiertos.

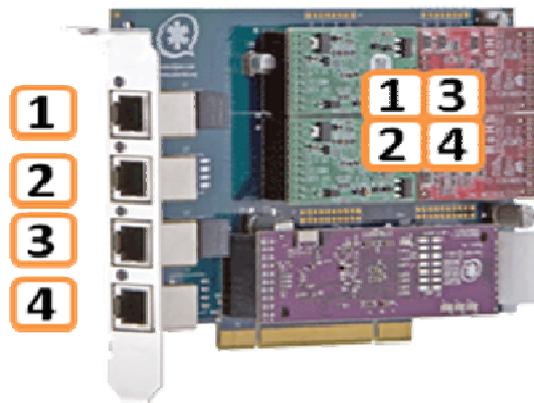


Fig. 1: Tarjeta analógica TDM410P de Digium

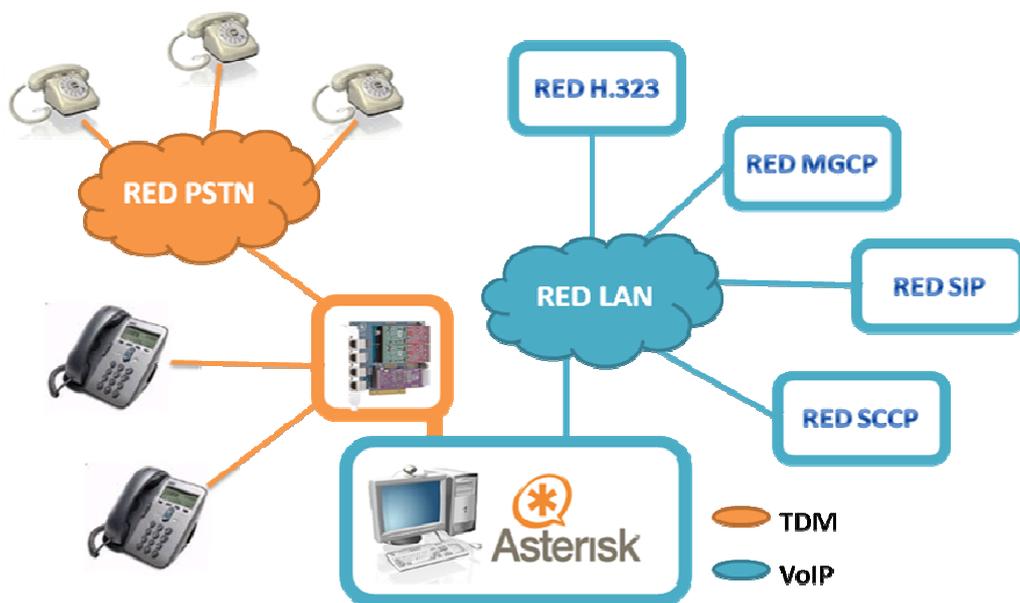


Fig. 2: Escenarios de uso de Asterisk.

Tabla I: Requerimientos mínimos recomendados para el servidor

Propósito	Llamadas simultaneas	Hardware mínimo recomendado
Sistemas de prueba	no más de 5	400 MHz 256 MB RAM
Pequeñas empresas	de 5 a 10	900 MHz 256 MB RAM
Medianas empresas	hasta 25	3 GHz 512 MB RAM
Sistema a gran escala	de 25 en adelante	procesadores dual core o servidores en una arquitectura distribuida

\* Empleando La versión 1.4.17 de Asterisk