

# SISTEMA DE TELEFONÍA PARA ENTIDADES COOPERATIVAS DE LA REGIÓN

Lorena G. Franco – Analista Programador, Ingeniera en Sistemas  
francol@ing.unlpam.edu.ar

Aldo Abel Crespo - Ingeniero Electrónico, Máster en Ingeniería Electrónica  
crespoa@ing.unlpam.edu.ar

## Resumen

A partir del nacimiento y el posterior crecimiento de Internet, nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) han dado origen a la Sociedad del Conocimiento. Hoy en día, se converge hacia una Red de propósito general denominada *Red de Servicios Convergentes*. Ello significa que ya no se requerirá de una red para cada servicio y que la infraestructura de Internet soportará los servicios de televisión, telefonía e Internet.

En los sistemas telefónicos, VoIP (voz sobre el protocolo de Internet) intenta imponerse sobre los sistemas tradicionales de telefonía y en este sentido los sectores emergentes del software libre han trabajado intensamente para que ello sea posible.

En Argentina, a partir de la desregulación de los servicios de telefonía e Internet y del interés de diversos sectores vinculados a la prestación de servicios, se abrió un amplio abanico de oportunidades.

De acuerdo a lo expresado el objetivo de este trabajo es diseñar, desarrollar e implementar una central telefónica VoIP de bajo costo y alta calidad, basada en una plataforma de software Asterisk ejecutada sobre servidores basados en GNU Linux, a los efectos de mostrar las virtudes de la tecnología. Se configurarán algunas de las capacidades más relevantes provistas por la central basada en Asterisk y se utilizarán diferentes dispositivos para realizar escenarios.

**Palabras Clave:** VoIP, Asterisk, GNU Linux.

## Contexto

El proyecto “*Sistema de Telefonía para entidades cooperativas de la región*” corresponde al área de Arquitectura, Redes y Sistemas Operativos.

El mencionado proyecto se encuentra financiado por la Universidad Nacional de La Pampa y el gobierno de la provincia de La Pampa.

## 1. Introducción

Desde hace décadas el teléfono, los sistemas de telefonía no han cambiado substancialmente. Aunque la telefonía móvil ha causado una revolución para empresas y oficinas, la telefonía tradicional sigue vigente. Si bien se han desarrollado diversas mejoras tecnológicas y la funcionalidad básica es la misma, los servicios telefónicos tradicionales no serán completamente reemplazados en lo inmediato; se utilizarán conjuntamente con sistemas de voz sobre IP.

La principal ventaja que VoIP brinda con respecto al servicio tradicional telefonía, es un menor costo. La telefonía a larga distancia no difiere en valor con respecto a las llamadas locales. Las comunicaciones establecidas entre equipos de VoIP, no presentan costo alguno, excepto la contratación a un ISP de una conexión con los recursos de ancho de banda necesarios. La convergencia de datos y voz sobre una única infraestructura de red evita la utilización de redes especializadas para cada servicio. Otra forma de reducir gastos es la posibilidad de utilizar sistemas abiertos de distribución libre para la implementación de centrales VoIP, entre los cuales destacan OpenPBX, YATE, FreeSwitch y Asterisk, siendo esta última la tecnología predominante.

Asterisk implementa todas las funcionalidades de una central telefónica privada usando estándares abiertos y permite implementar una central telefónica en un servidor de aplicaciones. Si bien, este software fue desarrollado para ser ejecutado sobre múltiples plataformas, la elección más atractiva es utilizarlo sobre GNU/Linux. Por esta razón una pequeña o mediana empresa puede acceder al conjunto de beneficios antes mencionados sin la necesidad de utilizar una costosa central de telefonía propietaria. Asterisk tiene la ventaja de ser un sistema abierto, brindando la posibilidad de incorporar nuevas funcionalidades sin costos adicionales por nuevas licencias.

En función del objetivo planteado, en la sección 2 se tratará sobre los aspectos básicos de Asterisk. En la sección 3 se realizará el análisis de un caso de estudio.

En la sección 4 se presentarán las conclusiones. Y por último en la sección 5 se referenciarán algunos aspectos que se abordarán en el futuro dentro del marco de este proyecto.

## 2. Asterisk

Asterisk surgió como una consecuencia del desarrollo y posterior afianzamiento de los sistemas GNU/Linux y todo su esfuerzo se enfocó hacia el mundo de la telefonía basada en los protocolos de Internet.

El software *Open Source* permite entre otras cosas, evitar la dependencia de fabricantes, ahorrar dinero en tareas de soporte y actualización, utilizar estándares abiertos y permitir la modificación del código fuente para adecuarlo a las necesidades particulares. Un análisis de productos de empresas líderes en la producción de centrales PBX tradicionales, demuestra que la dependencia de los usuarios u organizaciones que adquieren sus productos es casi absoluta llegando a condicionar la capacidad de expansión al proveedor original. Además la organización se ve perjudicada por altas tarifas debido a tareas de soporte, y muy a menudo la PBX adquirida es una solución genérica con escasas opciones de personalización.

El software de Código Abierto puede reemplazar ese software exclusivo tan fácilmente como reemplaza a cualquier otro software.

Asterisk es una aplicación de software libre (bajo licencia GPL<sup>1</sup>) que proporciona funcionalidades de una PBX. Asterisk combina varias tecnologías de telefonía, tanto tradicionales como de VoIP, lo que lo convierte en una solución altamente flexible [1].

Asterisk soporta varios tipos de canales telefónicos tradicionales y a tal propósito utiliza hardware especializado junto a sus correspondientes drivers y módulos especiales. De esta manera existen placas de hardware que proveen diferentes interfaces de conexión. Las principales placas de hardware existentes y para las que Asterisk ofrece soporte nativo son las compatibles con los drivers Zaptel. Los driver Zaptel surgieron como resultado del proyecto Zapata Telephony dirigido por el ingeniero Jim Dixon, consultor y especialista en telecomunicaciones. Jim Dixon formuló el proyecto para crear el hardware y drivers necesarios para permitir a una PC conectarse a una línea telefónica analógica y una vez concluidos los objetivos del proyecto compartió los drivers en Internet (drivers compatibles con BSD). Posteriormente Mark Spencer reescribió los drivers para Linux junto a Dixon.

Luego Mark Spencer fundó la compañía Asterisk y a partir de allí agregó soporte para diversas plataformas de SO. Actualmente la empresa Digium se encarga de los desarrollos en tecnología de hardware y los drivers asociados. Digium se ha convertido en el principal referente en la fabricación de hardware en productos VOIP, aunque no es el único. Debido a problemas legales, los drivers tuvieron que ser renombrados como Interfaz de Dispositivo de Hardware Asterisk de Digium o por su acrónimo DAHDI.

Con respecto a los protocolos de VoIP, Asterisk soporta SIPv2 [2] [3], H.323, RTP/RTCP [4] [5] e IAX en sus diferentes versiones. En el ámbito del proyecto se utilizó la versión de Asterisk 1.4.24.

Finalmente una buena referencia bibliográfica sobre aspectos de configuración de Asterisk se puede encontrar en [6].

## 3. Implementación de un caso de estudio

A los efectos de estudiar los principales protocolos que involucran la telefonía VoIP; así como también para adquirir conocimientos sobre la instalación y configuración de Asterisk y los drivers asociados con el equipamiento disponible, se implementó un caso de estudio cuya topología simplificada se ilustra en la Fig.1.

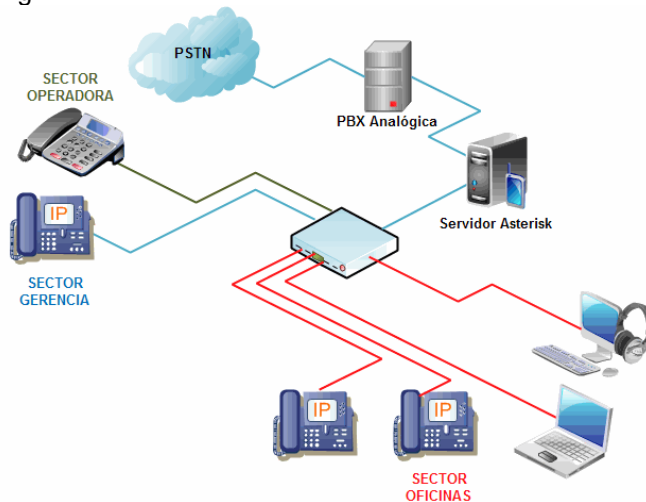


Figura 1: Escenario demostrativo

Sobre la topología considerada se diseñó y configuró una red telefónica interna basada en VoIP, soportada por los protocolos SIP/RTP/RTCP. La central Asterisk se conectó a la red telefónica convencional a través de una placa Openbox A400P01 con 4 interfaces que pueden operar como FXO o FXS.

<sup>1</sup> Licencia Pública General (General Public License o GPL) es la licencia principal de la Fundación de Software Libre (Free Software Foundation o FSF). Para obtener mayor información consultar en [www.gnu.org/copyleft/gpl.html](http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html)

Tal como se ilustra en la Fig. 1, el escenario planteado contempla tres sectores de una hipotética organización: operadora, gerencia e internos de oficinas. Cada uno de ellos posee sus propias características respecto de las posibilidades de comunicación. A continuación se describirá sintéticamente a cada sector.

El sector de operadora dispone de un teléfono analógico conectado a la red de datos interna a través de un dispositivo ATA (HT 502); el cual se conecta a un switch Ethernet tal como se ilustra en la Fig.1. A dicho teléfono se le asignó el número de interno (1001). La extensión dispone de su casilla de correo de voz, la cual es utilizada también para recibir los mensajes provenientes del exterior y dirigidos a "la organización". La operadora posee la capacidad para transferir llamadas entre la red de telefonía pública y los usuarios de la red de datos para telefonía privada.

En el sector de gerencia se dispone de un teléfono IP (GXP280) con interfaz Ethernet y por lo tanto conectado en forma directa al switch. A este dispositivo se le asignó el número telefónico 2001. Este sector cuenta con más privilegios que el resto de los sectores. La extensión dispone de su casilla de correo de voz y al igual que el sector de operadora posee la capacidad de transferir llamadas.

En el sector oficinas se dispone de dos teléfonos IP (GXP280) y dos PC con un softphone (X-Lite), conectados directamente al switch Ethernet. A los dispositivos mencionados se les asignó los números telefónicos 3001, 3002, 3003 y 3004 respectivamente. Los teléfonos IP fueron configurados con direcciones IP fijas al igual que las PC que ejecutan los softphone. Cada extensión dispone de su casilla de correo de voz. Posee la capacidad de transferir las llamadas recibidas.

Además de los números de internos mencionados se configuró una clave de acceso para realizar llamadas al exterior a través de la red PSTN. Se configuraron restricciones en lo que se refiere a capacidad de comunicación de los distintos sectores. Las restricciones serán tratadas con más detalle en la sección 3.3. Para el caso de llamadas entrantes (exterior) se configuró e implementó un menú de opciones o IVR.

Para la revisión de las casillas de correo de voz se configuró una clave de acceso cuyo número fue el 114. Además, se implementó un servicio de información de fecha y hora, accesible mediante el número 113.

Se configuraron dos salas de conferencia, accesibles con los números 201 y 202. La sala 201 es destinada a las reuniones importantes, en que las conversaciones requieren grabación y la existencia de un administrador.

En lo que respecta a la capacidad de realizar transferencia de llamadas entrantes se dispone de dos modos de operación: la transferencia ciega y la transferencia atendida. La activación de la transferencia ciega se realizará presionando las teclas " \*1 " durante la llamada. Mientras que para la transferencia atendida se deberá utilizar la combinación " \*2 ".

Asterisk fue instalado y configurado en un servidor ejecutando SO Linux bajo la distribución Debian 5.0.0.

### **3.1. Comunicación entre internos**

Cuando se trata de llamar a un número interno desde otro interno se pueden presentar tres situaciones: que el teléfono indique ocupado, que llame y el usuario remoto atienda, o que llame y se supere un time out de 30 s. En el último caso, se reproduce un mensaje indicando la no disponibilidad y a continuación se indican las teclas a ingresar (1#) para dejar un mensaje de voz si así se lo desea. En el caso de que se obtenga un tono de "ocupado" la situación se replica pero el primer mensaje reproducido indica la circunstancia actual. En ambos casos una vez reproducido el segundo mensaje se dispone de 10 s para presionar las teclas indicadas y activar así la casilla de voz; si esto no se realiza, la llamada finaliza inmediatamente.

### **3.2. Llamadas desde el exterior**

Cuando se recibe una llamada desde el exterior (llamada entrante desde la línea) se reproduce un mensaje en el que se presenta un menú (IVR) con diferentes opciones: llamar a un interno (opción 1), dejar un mensaje de voz (opción 2) o llamar a la operadora (opción 3). Una vez reproducido el mensaje se dispone de 20 s para presionar el número correspondiente a la opción deseada. Si el usuario no ingresa opción alguna, por defecto la llamada es transferida automáticamente a la operadora (ídem opción 3). En el caso de que se ingrese una opción incorrecta se reproduce un mensaje de advertencia y luego se regresa al menú principal.

Si se selecciona la opción 1 se reproduce un mensaje solicitando el número de interno, y luego el sistema brinda un lapso de 20 s a los efectos de que el usuario pueda marcar el número deseado. Los números de internos ingresados son tratados de manera diferente dependiendo si se solicita un servicio o si se desea

establecer una comunicación con el gerente o alguna oficina (no se permite ingresar el número de la operadora). En el primer caso simplemente se establece la llamada, mientras que en el segundo, el proceso coincide con una llamada entre internos (sección 3.1). Por otro lado, si se ingresa una extensión incorrecta se reproduce un mensaje de advertencia y luego se regresa al menú principal. El menú principal de opciones se repetirá cada 20 s cuando el usuario no genera ninguna opción de marcado.

Cuando se selecciona la opción 2 simplemente se activará la casilla de voz para dejar un mensaje al destinatario seleccionado por el usuario. Posteriormente el sistema procederá a liberar los recursos ocupados para la comunicación.

Si un usuario opta comunicarse vía operadora (opción 3 o esperar 20 s) se generará una llamada hacia ese destino. En caso de indisponibilidad de la operadora el sistema fue configurado para reproducir un mensaje de voz a los efectos de informar al usuario de la situación y luego de reproducido, la central Asterisk libera los recursos para la comunicación.

### 3.3. Llamadas al exterior

Esta sección refleja el proceso diseñado para establecer restricciones a usuarios internos respecto a sus posibilidades de acceso a llamadas de larga distancia. En este caso en particular, las restricciones se aplicaron a todos los usuarios internos excepto al nivel gerencial. Desde el sector gerencia al marcar una clave de acceso se accede a la red PSTN sin ningún tipo de control por parte de Asterisk. El resto de los usuarios sólo pueden comunicarse con los internos analógicos del edificio universitario y con usuarios locales de la red de telefonía fija o de telefonía celular. Cuando un usuario limitado marca la extensión 9 el sistema aguardará a que se ingrese un número telefónico (interno o local) por un periodo de 100 s. En el caso de una comunicación externa local, el usuario debe ingresar el código de acceso a la central PBX analógica de la institución (anteponer 90).

Si el número que se ingresa no cumple con los requisitos establecidos se reproduce un mensaje indicando que es inválido, y Asterisk inicia el proceso de finalización de la llamada. En el caso de que no se ingrese ningún número en un periodo de 100 s, el sistema libera los recursos reservados para la comunicación.

## 4. CONCLUSION

Se diseñó, desarrolló e implementó una central telefónica VoIP de bajo costo y alta calidad, basada en

una plataforma de software Asterisk ejecutada sobre servidores basados en GNU Linux, A los efectos de mostrar las virtudes de la tecnología se configuraron algunas de las capacidades más relevantes provistas por la central basada en Asterisk y se utilizaron diferentes dispositivos para VoIP en la implementación del escenario descrito en la Fig. 1. Este escenario, sirvió como base para obtener una visión general de las configuraciones que pueden ser de utilidad en una organización, resaltando algunos aspectos de importancia, tales como: las restricción de llamadas mediante el uso de patrones, la diferencia entre las clases de transferencias, la posibilidad de conferencias con o sin administrador, la creación de menús (IVR) y la presentación de algunas utilidades entre las que se destaca la configuración del correo de voz.

Mediante Asterisk se implementó una PBX a medida con una simple PC y sin tener que recurrir a equipamiento propietario (generalmente muy costoso y con pocas posibilidades de personalización).

El proyecto sirvió para estudiar los principales protocolos que involucran la telefonía VoIP, así como también para adquirir conocimientos sobre la instalación y configuración de Asterisk y los drivers asociados con el equipamiento disponible.

Desde el punto de vista económico, la utilización de VoIP en una organización de mediana o alta envergadura con sedes distribuidas geográficamente disminuye los costos asociados a las llamadas entre las subsedes. Del mismo modo se puede disminuir el costo de llamadas nacionales o internacionales contratando prestadores que ofrecen tarifas reducidas y en un ambiente de alta competitividad.

## 5. Trabajos Futuros

El diseño de la central telefónica debe poder ser escalable a una gran variedad de escenarios de aplicación respecto del número de abonados a servir. A tal efecto se debe trabajar en aspectos de dimensionamiento del número de llamadas concurrentes que el sistema puede atender. El sistema debe poder escalarse a grandes escenarios. Se asignaron temas de tesis de fin de carrera (Ingeniería en Sistemas) en el ámbito de este tópico.

Calidad de Servicio. El protocolo IP sirve para encapsular todo tipo de tráfico con diversos requerimientos respecto a sus características temporales. El tráfico de voz posee características de tiempo real y por ende es sensible a pérdidas, retardos y *jitter*. Por este motivo es imprescindible considerar

arquitecturas de red que soporten calidad de servicio (QoS) a los efectos de lograr calidad en el servicio a prestar. Se prevé asignar temas de tesis de fin de carrera (Ingeniería en Sistemas) en el ámbito de este tópico.

Debe preverse un esquema de redundancia en el funcionamiento de la central telefónica a los efectos de evitar interrupciones de servicio originadas por distintos factores.

### **Formación de Recursos Humanos**

El grupo de investigación tiene como responsables del proyecto al Ing. Aldo Abel Crespo y María de los ángeles Martín. Los colaboradores son Ing. Emmanuel Muller, Ing. Lorena Franco, A.P. Hernán Mora, A.P. Nahuel Mora, A.P. Marcos Fredes y A.P. Juan Carlos Hernández.

Es objetivo del proyecto formar una masa crítica de recursos humanos calificados y aptos para, asesorar, configurar e implementar sistemas de telefonía VoIP. Ello asegurará una transferencia de experiencias y conocimientos a las entidades que así lo requieran para contribuir eficazmente al desarrollo regional.

Tesis de grado desarrollada en el marco del presente proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE VoIP MEDIANTE ASTERISK. Tesis de grado Ingeniería en Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa: Lorena Gisela Franco, Emmanuel Muller.

### **Bibliografía**

[1] [www.asterisk.org](http://www.asterisk.org).

[2] RFC 2543. SIP: Session Initiation Protocol. [www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt)

[3] RFC 3261. SIP: Session Initiation Protocol (actualización). [www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt)

[4] RFC 1889. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. [www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt)

[5] RFC 3550. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications (actualización). [www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt)

[6] JIM VAN MEGGELEN, LEIF MADSEN y JARED SMITH. *Asterisk, The Future of Telephony* – 2da Ed 2007.

### **Reseña biográfica**

**Lorena G. Franco** es Analista Programador e Ingeniera en Sistemas. Actualmente se desempeña como Ayudante de Cátedra en asignaturas relacionadas a las Redes de Computadoras y es Administradora del Laboratorio de Redes de la Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional de La Pampa.

**Aldo Abel Crespo** es Ingeniero Electrónico y Máster en Ingeniería Electrónica de la UTFSM. Enseña asignaturas relacionadas a las Redes de Computadoras en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa (Argentina) y es autor de numerosas publicaciones en el área.