

Tecnología de voz sobre IP aplicada a la integración de plataformas de telefonía en instituciones académicas públicas de Argentina

^{a,b}Mariano Javier Martin, ^{a,c}Fernando Aversa

^aAsociación Redes de Interconexión Universitaria (A.R.I.U.), Maipú 545, CP 1006, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

^bUniversidad Nacional de Villa María (U.N.V.M.), Entre Ríos 1341, CP 5900 Villa María, Argentina

marianojm@unvm.edu.ar

^cUniversidad Nacional de San Luis (U.N.S.L.), Ejército de los Andes 950, CP 5700 San Luis, Argentina

aversa@unsl.edu.ar

Resumen. Las plataformas de telefonía existentes en las instituciones académicas públicas de Argentina emplean una amplia variedad de tecnologías. Pero en la mayoría de los casos dichas tecnologías son no convergentes hacia las TICs. Dado el actual escenario tecnológico se hace necesario revertir esta situación. El uso de tecnologías convencionales no permite la integración entre las diferentes plataformas de telefonía. Desde la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria se decidió trabajar en este sentido dando lugar a la creación de un Grupo de Trabajo en Voz sobre IP. Gracias a la amplia colaboración entre los equipos técnicos de las instituciones participantes se pudo lograr la implementación de un proyecto que tiene como objetivo simplificar y mejorar las comunicaciones entre los diferentes actores que integran la comunidad académica nacional. Esto se consigue a través de un servicio de encaminamiento de llamadas en base a prefijos de marcado predefinidos por cada institución. Los beneficiarios del proyecto son alumnos, docentes, investigadores y personal administrativo. Para ello se definió una arquitectura de red basada en el protocolo SIP (Session Initiation Protocol) con la presencia de un servidor Proxy SIP central situado en el Datacenter de RIU y varios servidores remotos en las instituciones miembros actuando como agentes de usuario de tipo back-to-back. (B2BUA) y la implementación de la seguridad se hizo a través de una red privada virtual basada en OpenVPN.

Palabras Clave: Universidades, Voz sobre IP, Redes Académicas, VoIP, telefonía IP, Videoconferencia, Teleconferencia, Seguridad, Calidad de Servicio, SIP, Asterisk, OpenSER.

1. Introducción

Este proyecto surge en respuesta a la problemática generada por la telefonía convencional. El objetivo del mismo es integrar las diferentes plataformas de telefonía existentes en las instituciones académicas públicas de Argentina empleando para ello la tecnología de voz sobre IP (VoIP) y protocolos de comunicación abiertos y escalables. Esto permite contar con un servicio de comunicación unificado, reducción de costos y mejoras en la calidad de la

comunicación; aportes de los cuales está exenta la red actual por sus limitaciones. Se propone como mecanismo de control de llamada, la utilización de SIP (Session Initiation Protocol).

El eje del proyecto está basado en la estructura de un servidor Proxy SIP que utiliza el software OpenSER Kamailio y Asterisk, con un mecanismo de marcación que emplea un prefijo de identificación de la institución antepuesto al número de extensión. Ello, en virtud de facilitar el acceso a través de teléfonos convencionales que cuentan solamente con doce (12) teclas. Para su despliegue se utilizará la infraestructura de la Red de Interconexión Universitaria. Se consideró como solución de seguridad el uso de una red privada virtual basada en OpenVPN. Se emplea un mecanismo de calidad de servicio (QoS) para asegurar los niveles de latencia, jitter y pérdida de paquetes óptimos para VoIP. Se implementaron herramientas de monitoreo y administración del sistema, como así también un mecanismo para establecer teleconferencias administradas y moderadas a través de la Web basado en el proyecto AppKonference para Asterisk.

2. Área de Cobertura de los servicios y topología de la red

El sistema universitario público argentino está conformado por: cuarenta y seis (46) Universidades Nacionales y siete (7) Institutos Universitarios Estatales. Según estadísticas del año 2009 se cuenta con un total aproximado de 1.300.000 alumnos y la planta de personal supera los 160.000 entre docentes, autoridades y administrativos.

La ARIU (Asociación Redes de Interconexión Universitaria) es un esfuerzo conjunto de las universidades nacionales e institutos universitarios integrantes del CIN (Consejo Interuniversitario Nacional) con el propósito de llevar adelante la gestión de redes para facilitar la comunicación informática a nivel nacional e internacional de estas instituciones, promoviendo la investigación informática, tecnológica, educativa y el desarrollo cultural en el área de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC).

Actualmente la RIU entrega el servicio de acceso de Internet a sus miembros y sus costos son financiados por las instituciones asociadas y el Ministerio de Educación de la Nación. La topología de la red es de malla completa (full-mesh) con un sitio central en dependencias del Data Center de Telecom Argentina. Allí se encuentra instalado un router con administración de la RIU y conexión a la Internet mediante Telecom Argentina y conexión a Redes Avanzadas Internacionales a través de InnoVaRed y CLARA (Cooperación Latino Americana de Redes Avanzadas).

En la siguiente figura se muestra la distribución geográfica de las instituciones que actualmente integran el proyecto de voz sobre IP de A.R.I.U. sobre el territorio de la República Argentina:



Fig. 1 Distribución geográfica de las instituciones, que conforman el proyecto de Voz sobre IP de ARIU.

3. Protocolo de señalización

3.1 Elección del Protocolo de señalización

SIP (Session Initiation Protocol), surge en principio como un protocolo sencillo a la hora de su definición, pero complicado desde el punto de vista del despliegue, por lo cual es necesario tener en cuenta sus aspectos esenciales. SIP es un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force) y su RFC (Request for comments) es el número 3261. Debido a que SIP es un protocolo simple en su constitución, requiere menos código en su implementación lo cual reduce los requerimientos de procesamiento y memoria de los equipos involucrados. Con SIP es posible procesar más llamadas para una determinada capacidad del sistema o emplear menor capacidad del sistema para un determinado número de llamadas procesadas. Esto permite reducir costos en cuanto al desarrollo de aplicaciones de usuario y también de los equipos a emplear por parte de los operadores de servicios de VoIP. Además, SIP contempla funciones diseñadas específicamente para su ampliación, permitiendo realizarla de manera más simple que con otros protocolos.

3.2 Características del Protocolo SIP

SIP es un protocolo de capa de aplicación, cuyo diseño permite una fácil implementación y una buena escalabilidad y flexibilidad. El inicio de la sesión, cambio o término de la misma, son independientes del tipo de medio o aplicación que establece la llamada; una sesión puede incluir varios tipos de datos, incluyendo audio, video en diversos formatos.

SIP se complementa con otros protocolos tales como SDP (Session Description Protocol) y RTP/RTCP (Real Time Protocol) para completar la comunicación. RTP/RTCP se emplea para transportar los datos multimedia en tiempo real mientras que SDP se utiliza para describir las características de los participantes de la sesión multimedia. Es un protocolo orientado a conexiones End-to-End. Toda lógica se encuentra almacenada en los dispositivos finales (salvo el ruteo de mensajes).

Una red basada en el protocolo SIP está compuesta por dos o más de las siguientes entidades: Agentes de Usuario (User Agent), Servidor Registrar, Servidor Redirect o Servidor Proxy. No es el objeto de este trabajo describirlas pero si mencionar que el eje central del proyecto se basa en un Servidor Proxy SIP. Los servidores Proxy SIP son aplicaciones que reciben los pedidos de los clientes SIP e inician nuevas peticiones hacia los agentes de usuario de destino o hacia otros servidores Proxy. Es decir, actúan enrutando los mensajes SIP, en base a reglas predefinidas. Este proyecto plantea emplear una entidad de este tipo para realizar el encaminamiento de llamadas entre instituciones académicas.

3.3 Problemática de NAT (network address translation) empleando SIP y RTP

El uso de NAT, ampliamente extendido en nuestras redes IPv4, acarrea numerosas dificultades para las comunicaciones VoIP empleando el protocolo de señalización SIP. En este sentido, se analizaron diversas soluciones tanto del lado del cliente como del lado del servidor.

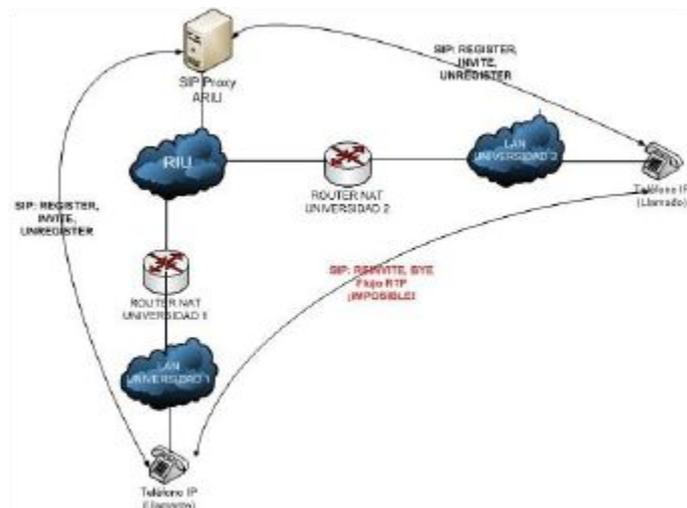


Fig. 2 Problemática de NAT con SIP / RTP

Existen diversas soluciones al problema del NAT del lado del cliente: STUN (Simple Transversal of UDP through NAT), TURN (Transversal Using Relay NAT), ICE (Interactive Connectivity Establishment), ALG (Application Layer Gateway) y la redirección de puertos.

Teniendo en cuenta la compleja problemática que involucra a las soluciones anteriores y su difícil puesta en marcha en la práctica, se concluye que sería conveniente optar por una solución del lado del servidor. Esto aporta transparencia desde el punto de vista del cliente. Una implementación de este tipo se lleva a cabo empleando en forma conjunta un servidor proxy SIP y un servidor proxy RTP actuando como pasarela (Gateway) del tráfico o flujo multimedia.

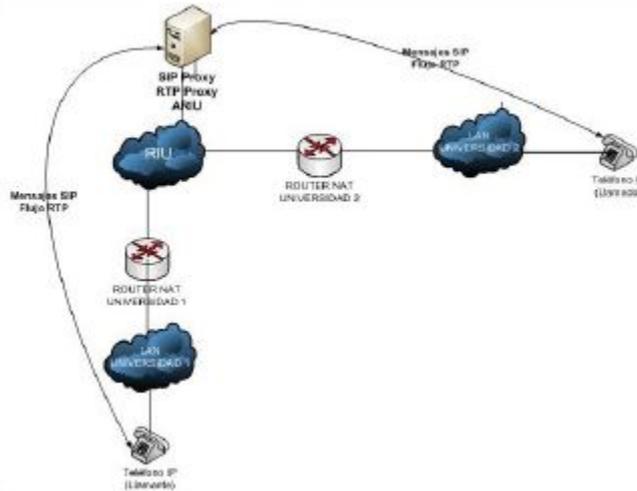


Fig. 3 Solución del lado del Servidor a la problemática de NAT con SIP / RTP

4. Arquitectura de la Red VoIP

Se buscó definir la arquitectura de red en función de minimizar el impacto de costos y recursos humanos destinados a poner el proyecto en marcha; También fueron relevantes otros aspectos como la elección del software a utilizar. En todo momento se buscó una solución abierta y escalable. En este sentido se consideró que una solución basada en OpenSER (Sip Express Router) y Asterisk era la más apropiada.

De acuerdo a lo expuesto en el punto anterior, se podría haber planteado para nuestra red como solución al problema de SIP detrás de NAT el uso de un servidor proxy SIP en forma conjunta con un servidor proxy RTP en el nodo central de RIU. De esta manera aseguraríamos no solo una correcta señalización SIP sino también permitiríamos la llegada del flujo de audio vía RTP en los dos sentidos. Pero este esquema requiere un adecuado dimensionamiento de hardware en el servidor y ancho de banda de la red. Este hecho escapa de alguna manera a uno de los principales objetivos del proyecto ya que se hace necesaria una mayor inversión.

En lugar de la solución anterior, se define el empleo de un Servidor Proxy SIP Central y varios Servidores B2BUA distribuidos. Las aplicaciones "back-end user" pueden actuar como punto intermedio ("middle man") para los mensajes SIP, para el audio vía RTP, o ambos a la vez. Cada UA entonces dialogará con este punto intermedio ("middle man") y nada conocerá del UA remoto. Los servidores que corren este tipo de aplicaciones reciben el nombre de "B2BUA". Teniendo en cuenta esto, se plantea como arquitectura de nuestra red la existencia de un único servidor proxy SIP ubicado en el nodo central o Data Center de RIU, el cual dispondrá en su configuración de las rutas adecuadas basadas en prefijos predefinidos a los fines de poder redireccionar la señalización SIP hacia los destinos que correspondan en las

diferentes instituciones y por otro lado la existencia en cada lugar remoto de su propio servidor actuando como B2BUA. El esquema de red sería el siguiente:

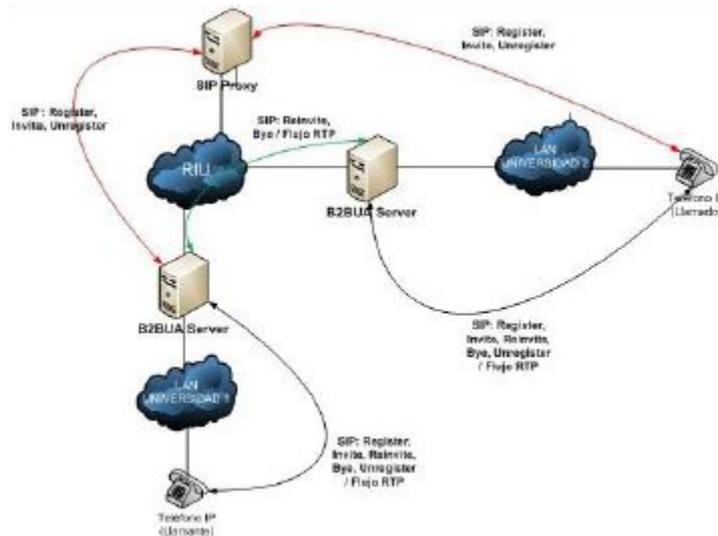


Fig. 4 Arquitectura definida para la Red de Voz sobre IP de ARIU

En la figura anterior se puede apreciar claramente la separación de la comunicación en tres estadios. El primero (marcado con negro) es inherente a cada Universidad y está definido libremente de acuerdo a sus propias necesidades. El mismo consiste en establecer la comunicación entre un cliente (UAC) y su servidor B2BUA local. Tendrá también a su cargo la autenticación y el registro de dicho cliente. Este mismo servidor será el encargado de validarse en el proxy SIP de ARIU y encontrar la ruta adecuada que le permitirá llegar al servidor destino de la comunicación en otra Universidad. Una vez ubicado el servidor destino, se establece otra etapa en la comunicación hacia su propio cliente, el cual es el verdadero destinatario de la llamada. Finalmente se puede ver que existe una etapa intermedia de señalización SIP y flujo de audio RTP entre los servidores locales de cada Universidad donde nada tienen que ver los clientes.

5. Plataformas de telefonía existentes en las instituciones

Este proyecto pretende lograr la integración de las diversas plataformas de telefonía existentes. Para ello fue necesario evaluar los posibles escenarios y definir una estrategia para su integración. Al respecto podemos resumir los siguientes tipos de plataforma disponibles:

- Plataforma de VoIP Centralizada (central telefónica única)
- Plataforma VoIP descentralizada (más de una central telefónica IP)
- Plataforma VoIP con protocolos diferentes a SIP (IAX, SCCP de Cisco, etc)
- Sin plataforma de VoIP o con plataforma mixta (VoIP y telefonía tradicional)

Para todos los casos se buscaron alternativas de inclusión a la red a través del empleo de dispositivos que actúan como puerta de enlace a la red analógica (gateways), la creación de troncales SIP entre servidores, etc.

Tabla 1. Listado de Prefijos correspondientes a las Universidades Nacionales

Institución	Prefijo de Marcado
A.R.I.U.	800
U.N. Buenos Aires	806
U.N. Catamarca	807
U.N. Centro	808
U.N. Comahue	809
U.N. Córdoba	810
U.N. Cuyo	811
U.N. Entre Ríos	812
U.N. Formosa	813
U.N. General San Martín	814
U.N. General Sarmiento	815
U.N. Jujuy	816
U.N. La Matanza	817
U.N. La Pampa	818
U.N. La Patagonia San Juan Bosco	826
U.N. La Plata	819
U.N. La Rioja	837
U.N. Litoral	820
U.N. Lomas De Zamora	821
U.N. Lujan	822
U.N. Mar Del Plata	823
U.N. Misiones	824
U.N. Nordeste	825
U.N. Quilmes	827
U.N. Río Cuarto	828
U.N. Rosario	829
U.N. Salta	830
U.N. San Juan	831
U.N. San Luis	832
U.N. Santiago Del Estero	833
U.N. del Sur	834
Universidad Tecnológica Nacional	835
U.N. Tucumán	836
U.N. La Patagonia Austral	842
U.N. Lanús	839
U.N. Tres De Febrero	840
U.N. Villa María	841
Instituto Universitario del Arte	843
U.N. Chilecito	845
U.N. Noroeste Provincia Buenos Aires	846
U.N. Rio Negro	847
U.N. Chaco Austral	855
CONICET	891
Consortio S.I.U.	892

6. Servidor Proxy SIP

En el marco del proyecto, se han estudiado las posibles soluciones de código abierto basadas en SER (Sip Express Router). SER es un desarrollo con licencia GNU GPL (Generic Public License). Se trata de una aplicación que implementa un servidor proxy SIP. Su implantación es muy versátil, permitiendo su instalación tanto en sistemas que posean recursos limitados como también en grandes servidores. Está escrito completamente en C y orientado principalmente a equipos Linux/Unix.

La solución elegida está basada en OpenSER Kamailio y consiste en la implementación de un servidor proxy SIP en el nodo central del Data Center de RIU configurado de manera tal que brinde las siguientes funcionalidades: autenticar las llamadas realizadas por los servidores B2BUA de las instituciones, encaminar las llamadas de acuerdo a prefijos de marcado únicos por institución, mantener un registro de llamadas realizadas y obtener los datos necesarios para la autenticación a través de un servidor de base de datos (DB) basado en MySQL.

7. Implementación de Seguridad en la Red de Voz sobre IP

Durante el proceso de señalización de la llamada, el protocolo SIP emplea mensajes en texto plano y durante la transmisión de la voz en tiempo real (RTP), se transmiten tramas UDP conteniendo el audio codificado bajo alguna técnica conocida (G711, GSM, G729, etc) pero sin encriptación alguna. Atento a este hecho, y considerando que el aseguramiento de dichos protocolos es posible mediante el uso de algunas técnicas específicas, se consideró que la solución más adecuada es el uso de una red privadas virtuales, para lo cual se analizaron diferentes alternativas y se decidió optar por una basada en SSL (Secure Socket Layer) como es OpenVPN. Una VPN basada en SSL garantiza la privacidad e integridad de datos entre las dos partes.

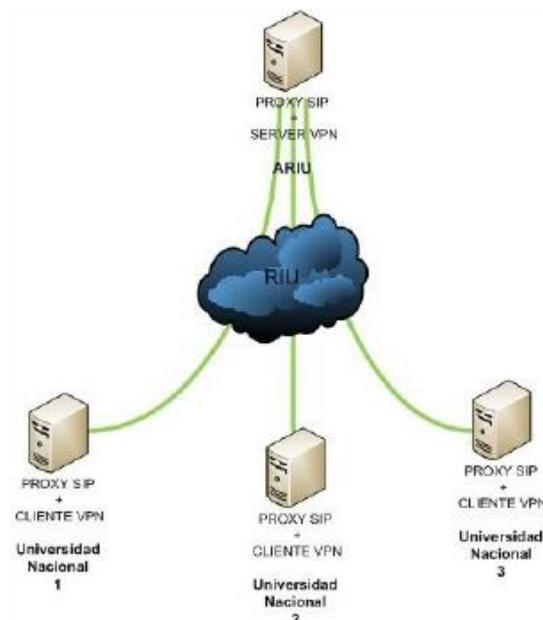


Fig. 7 Esquema de Seguridad de la Red VoIP de ARIU basado en OpenVPN.

Existen varios estudios (ver referencias) que determinan que usando tecnología de VoIP a través de Redes Privadas Virtuales (VPN) basadas en Secure Sockets Layers (SSL) es posible mejorar la calidad de la comunicación (medido a través del índice MOS - Mean Opinion Score). La mejora proviene del tipo de encapsulamiento de los paquetes (UDP) sobre IP. Se ha determinado experimentalmente que una VPN basada en SSL no tiene influencia negativa sobre la latencia, la varianza (jitter) y la pérdida de paquetes. Por ejemplo, para el caso de emplear codec G711 y redes VPN comprimidas es posible ganar hasta un 10% de ancho de banda. El códec empleado y las características de la VPN (encapsulado, compresión, etc) influyen en mayor o menor medida en este aspecto.

El empleo de protocolo SRTP para transportar el flujo multimedia encriptado y el uso SIP sobre TLS para la señalización permite establecer otro esquema de seguridad de la red prescindiendo del uso de VPNs basadas en SSL. En el futuro se planea migrar el esquema de seguridad actual a uno que soporte estos los mecanismos anteriores. (A partir de la versión 1.8 de Asterisk se incluye soporte para estos protocolos de manera nativa). Esto permitiría evitar el intercambio de tráfico a través de del nodo central de la VPN ubicado en el Datacenter de ARIU. También contribuirá a disminuir la carga del servidor central.

8. Implementación de Seguridad en la Red de Voz sobre IP

A los fines de enriquecer este proyecto, se han estudiado los lineamientos básicos de los proyectos SIP.edu y ClaraTel. Se encuentran puntos en común en sus objetivos y en las conclusiones y trabajos realizados hasta el momento. Se arribaron a las siguientes conclusiones:

8.1 Proyecto SIP.edu

El proyecto SIP.edu tiene como objetivo la convergencia las identidades de voz con las identidades de correo electrónico, así como la promoción de los servicios de voz sobre IP que emplean SIP como protocolo dentro del marco de las Universidades. Este proyecto presenta un grado de avance significativo y se encuentra implementado totalmente en numerosas Instituciones educativas a nivel mundial. De cualquier manera, el mismo no resuelve algunos planteos realizados por el proyecto RIU como por ejemplo el acceso desde un terminal telefónico fijo hacia otro dentro de la red. Conociendo la dirección de e-mail (corporativa) de la persona a contactar, a través del propio servidor de nombres de dominio (DNS) se localiza el servicio de traducción de direcciones SIP que inmediatamente procede a localizar la extensión (user-agent) dentro de una base de datos de e-mail y extensiones procediendo a enrutar la llamada al servidor correspondiente donde se encuentra registrado el destinatario de la misma. En una próxima etapa sería interesante incorporar la Red de Interconexión Universitaria (RIU) al proyecto SIP.edu.

8.2 Proyecto fone@rnp (Brasil)

Este proyecto es llevado a cabo por el Grupo de Trabajo en VoIP de la Red Nacional de Enseñanza e Investigación de Brasil (R.N.P.) y es el que más se aproxima en cuanto a objetivos y arquitectura de red ya que utiliza los mismos elementos de software pero con una dimensión mucho menor. Nuestra red es muy limitada en capacidad de los enlaces (40 enlaces de 2 Mbps con QoS formando una red fullmesh). La realidad de cada institución es muy diferente por lo tanto queremos dejar libertad de arquitectura VoIP dentro de cada una. El proyecto fone@rnp plantea una estructura más compleja con presencia de varios servidores Proxy SIP con base de datos distribuida a nivel nacional. El balanceamiento centralizado de llamadas, el empleo de doble plataforma (SIP/H323), el intercambio de tráfico entre otras redes nacionales e internacionales dando tratamiento diferenciado a cada red con base a un acuerdo de servicio son situaciones muy interesantes para ser evaluadas a futuro. En nuestro caso cada prefijo se corresponde con una única institución y se referencia a regiones, el ambiente utilizado para señalización es único y se eligió SIP como protocolo a diferencia de fone@rnp que comenzó con H323 y posteriormente se fue adaptando a SIP.

8.3 Grupo de Trabajo en VoIP de Red Clara

El proyecto de la red Clara, llevado a cabo por el Grupo de Trabajo en VoIP (ClaraTec) tiene en sus objetivos puntos en común con el proyecto RIU, los mismos se refieren a: Elaborar un plano de integración entre las redes que ya operan un servicio de VoIP dentro del ámbito de CLARA; Elaborar una recomendación de plataforma básica para el uso de VoIP integrado con Clara y llevar a cabo capacitación para nivelación de conocimientos en VoIP para preparar las NRENS a integrarse a la red VoIP. Este grupo de trabajo a realizado avances en el estudio de alternativas de software libre disponibles pero aún no posee un grado significativo de avance en cuanto a la implementación definitiva de alguna solución en este aspecto. Aprovechando que ARIU tiene sus representantes ante la Red Clara y más específicamente en lo que respecta al grupo de trabajo en VoIP de ClaraTec sería interesante establecer con ellos un mayor intercambio de experiencias a los fines realizar la convergencia de alguno de nuestros proyectos como se sugiere a través de la siguiente figura:

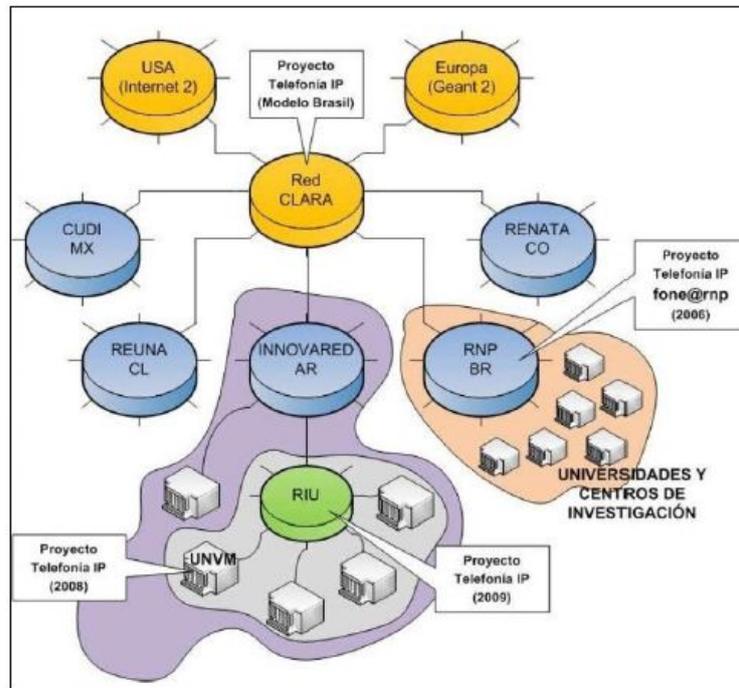


Fig 8. Red de Voz Sobre IP en Redes Avanzadas de Latinoamérica

9. Estadísticas

El Grupo de Trabajo en Voz sobre IP de ARIU a través de sus coordinadores: Mariano Javier Martin por parte de la Universidad Nacional de Villa María y Fernando Aversa de la Universidad Nacional de San Luis fue el responsable de la implementación del proyecto. Se comenzó con la creación de distintos ámbitos de discusión a través de listas de correo y la creación de un foro específico para técnicos responsables de cada institución. Una vez definida la línea de trabajo a seguir se comenzaron a incorporar aquellas instituciones con mayor grado de despliegue de voz sobre IP y experiencia en el tema. La cantidad de participantes fue aumentando paulatinamente. En la actualidad la red está integrada por veinticinco (25) instituciones; veintidós (22) Universidades Nacionales, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), el Consorcio de Sistemas de Información Universitaria (SIU) y el Centro de Operación de la Red de Interconexión Universitaria (NOC de ARIU). Todas ellas aportan al sistema un total aproximado de dos mil ochocientos (2800) internos o extensiones telefónicas. La evolución en la incorporación de dichas instituciones a lo largo del tiempo se representa en la siguiente figura:

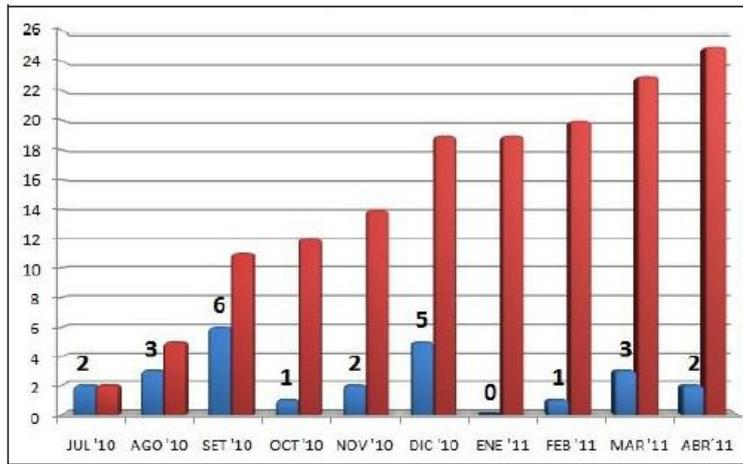


Fig 9. Evolución de las incorporaciones a la red de voz sobre IP de ARIU (Período Julio 2010 – Abril 2011)

Actualmente, de estas veinticinco (25) instituciones quince (15) se conectan a través de los enlaces provistos por la Red de Interconexión Universitaria y diez (10) a través de otros proveedores de Internet (I.S.P.).

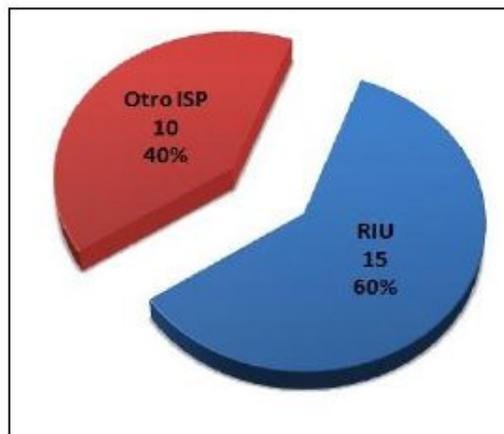


Fig 10. Tipos de enlaces a la Red de Voz sobre IP de ARIU (A través de RIU o un I.S.P. - Abril 2011)

El grado de integración de dichas instituciones varía y actualmente se trabaja en cada una de ellas para incorporar la totalidad de sus usuarios cuya cifra asciende a más de diez mil (10000) de acuerdo a relevamientos preliminares. (Ver figura siguiente)

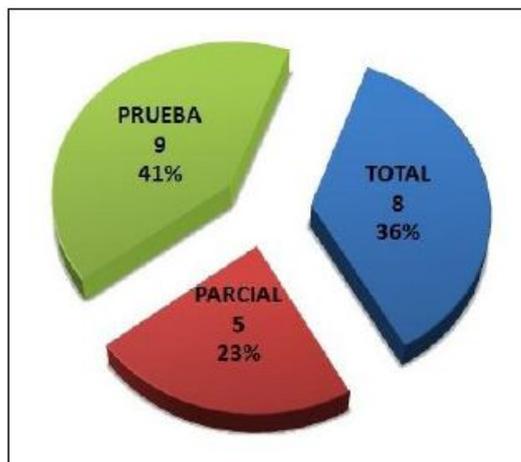


Fig 11. Grado de Integración a la Red de voz sobre IP de ARIU. (Abril 2011)

El ancho de banda de cada enlace de datos que provee la ARIU es de 2 Mbps. Ese ancho de banda se encuentra reservado hasta un 40% (819 Kbps) empleando encolamiento de alta prioridad y baja latencia (LLQ: Low-latency Queuing). Con esto y el empleo de codecs si compresión (G711) es posible establecer hasta diez (10) comunicaciones simultáneas por institución con elevado índice de calidad. Empleando codec G729A se llega a alcanzar hasta veinticinco (25) canales de audio simultáneos. Para el caso de comunicaciones que emplean video con una tasa de 384 Kbps (bitrate) la capacidad aproximada es de dos canales de video simultáneos y la calidad depende del codec a emplear (H261/H263/H263+ o H264) y la tasa de fotogramas (framerate).

10. Conclusiones

Este proyecto brinda la libertad para el crecimiento autónomo de cada institución en cuanto al grado de despliegue de su red de voz sobre IP como a la cantidad de internos o extensiones integradas ya que no hay restricciones de ruteo. El éxito del mismo se fundamenta en conseguir un trabajo mancomunado a través de la coordinación de los equipos técnicos de las instituciones miembros. Los coordinadores del grupo han participado activamente en diversos eventos de capacitación de los equipos técnicos y concientización de las autoridades sobre la importancia del tema. Otro punto importante es la generación de incentivos de participación mediante la realización de teleconferencias mensuales a través de la misma red. (Con un promedio de participación de 22 personas por conferencia). Actualmente se trabaja en mejorar la plataforma de administración de usuarios y moderación de las conferencias vía Web.

Como se expresó en un comienzo, el actual escenario tecnológico de las comunicaciones converge cada vez más hacia las TICs. Aunque actualmente en nuestras instituciones la telefonía puede no ser tema de competencia de las TICs, lo será a corto o mediano plazo. Por lo tanto, para evitar problemas futuros en la gestión de estos recursos, es necesario anticiparse a los cambios con suficiente antelación. Debemos asumir el compromiso y trabajar colaborativamente en pro de una red de telefonía eficiente, viable y sostenible con el paso del tiempo.

11. Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto presentado por el Ing. Mariano Javier Martín en el marco de la aplicación de una beca para participar del evento LACNIC XII realizado en el año 2009 y puesto a consideración de los miembros del Comité Directivo de la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria de Argentina (ARIU). El mismo resultó ganador y durante el período 2009-2010 se concretó su implementación en veinticinco (25) instituciones.

Los coordinadores del Grupo de Trabajo en Voz sobre IP de ARIU y autores de este trabajo, desean expresar su agradecimiento a los representantes técnicos de las Universidades Nacionales ante la Asociación Redes de Interconexión Universitaria (ARIU) que trabajaron en forma coordinada para conseguir la integración de sus redes de telefonía siguiendo los lineamientos de este proyecto.

12. Referencias

1. Martín, Mariano Javier, “Servicio de encaminamiento de llamadas de voz sobre IP bajo protocolo SIP entre Universidades Nacionales a través de RIU” (2009), http://www.dirinfo.unvm.edu.ar/archivo/SER_LACNICXII.pdf
2. Martín, Mariano Javier, “Red de Voz sobre IP para el N.O.C. de A.R.I.U. con integración y soporte para videoconferencia” (2010) http://www.dirinfo.unvm.edu.ar/archivo/BECA_LACNICXIII-UNVM-RIU.pdf
3. Martín, Mariano Javier, “Proyecto VoIP de la Universidad Nacional de Villa María (Argentina)” (2008), <http://www.dirinfo.unvm.edu.ar/archivo/VOIPUNVM.pdf>
4. ELASTIX: Casos de Exito, <http://www.elastix.org/es/component/kunena/48-historias-de-38494-universidad-argentina-2-servers200-ext48-trunks.html>
5. OpenSER Kamailio, <http://www.kamailio.org/>
6. RFC2663: IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations
7. RFC3489: STUN - Simple Traversal of User Datagram Protocol (UDP)
8. <http://www.voip-info.org/wiki/view/VOIP+and+VPN>
9. Voznak, Miroslav, “CESNET Technical Report 13/2008 - Impact of Network Security on Speech Quality”, (2008) <http://www.cesnet.cz/doc/techzpravy/2008/impact-of-network-security-on-speech-quality/impact-of-network-security-on-speech-quality.pdf>
10. Gast, Matthew, “Strangely, SSL VPNs can help VoIP call quality” (2006) http://www.oreillynet.com/etel/blog/2006/03/strangely_ssl_vpns_can_help_voip.html
11. Snyder, Joel, “Test shows VoIP call quality can improve with SSL VPN links” <http://www.networkworld.com/reviews/2006/022006-ssl-voip-test.html>
12. A.R.I.U., <http://www.ariu.edu.ar>
13. Sitio Web para Administradores del Proyecto VoIP de ARIU, <http://vt4.riu.edu.ar>
14. Foro de Voz sobre IP de ARIU, <http://forovoip.unvm.edu.ar>
15. Proyecto Asterisk AppKonference, <http://sourceforge.net/projects/appkonference/>
16. Proyecto SIP.edu, <http://www.internet2.edu/sip.edu>
17. Proyecto fone@mp, <http://www.mnp.br/voip/>