

Effects of IPv6-IPv4 Tunnel in Jitter of Voice over IPv6, Measured in Laboratory and over the National Research and Education Network of Colombia “RENATA”

J. Suarez, *Member, IEEE*, M. Salcedo, *Member, IEEE*, C. Carmona, *Member, IEEE*,
J. Ramirez and G. Serna

Abstract— This paper shows the result of a research process where a series of laboratory experiments are performed and also over the NATIONAL RESEARCH AND EDUCATION NETWORK OF COLOMBIA (NREN) "RENATA" to determine what the effects are in the Jitter of Voice over IPv6 when is used the IPv6-in-IPv4 tunnel.

Keywords— 6in4 Tunneling, VoIP, IPv6, Jitter, NREN

I. INTRODUCCIÓN

EL AGOTAMIENTO de las direcciones IPv4 es una realidad mundial que ha impactado a Latinoamérica. Según el RIR (Registro Regional de Internet) LACNIC (Registro Regional de Internet para América Latina y el Caribe), a Marzo de 2015 Latinoamérica se encuentra en la fase 2 del agotamiento de las direcciones IPv4 de la región, quedando alrededor de 3'147.776 IPv4 disponibles [1], esta cifra es desalentadora pues según la información de LACNIC el crecimiento de los usuarios de internet para la región en el 2015, está estimada en 100 millones de usuarios nuevos, totalizando 355 millones de usuarios en la región [2].

Dada esta situación, que se repite en el resto del mundo, se hace inevitable el proceso de cambio tecnológico de IPv4 a IPv6, lo que ha impulsado diferentes estudios de la aplicación de IPv6 [3], [4], [5]. Sin embargo, aunque se ha venido hablando del inminente cambio desde hace algunos años, si se revisan las estadísticas de 2014 la gran mayoría del tráfico que se mueve por internet sigue siendo IPv4, por lo que los entes estatales han concluido que cambiar de IPv4 a IPv6 no será un tema de migración, sino una convivencia y posterior transición entre IPv4 e IPv6 [6], pues un ISP (Proveedor de Servicios de Internet) no podría eliminar el direccionamiento IPv4 y reemplazarlo de inmediato por direccionamiento IPv6.

Otra problemática en la transición entre IPv4 a IPv6 es la compatibilidad de servicios nativos IPv4 sobre redes nuevas IPv6 o servicios nuevos en IPv6 sobre redes IPv4, pues no son totalmente compatibles

Con base en esto, este trabajo está enfocado en realizar el análisis del Jitter de un servicio multimedia de voz, nativo IPv6, el cual es transmitido sobre redes IPv4 usando como método de convivencia el túnel IPv6-to-IPv4, definido en la RFC 2893 [7], en tres escenarios diferentes: el primero será usando el simulador GNS3, el segundo utilizando routers físicos en entorno de laboratorio y el tercero utilizando la interconexión de laboratorios de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín, Colombia con la Universidad Santo Tomás Bogotá, Colombia por medio de la NREN (NATIONAL RESEARCH AND EDUCATION NETWORK) DE COLOMBIA “RENATA” (Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada). En la sección II se presenta el diseño experimental general; una vez definidos los parámetros fundamentales de los experimentos se procede a describir cada uno de los experimentos realizados en el sección III; posteriormente en la sección IV se muestra una descripción de la NREN de Colombia y más adelante en la sección V se describen los experimentos realizados por medio de RENATA. Finalmente en las últimas secciones se hace el análisis de resultados de experimentos y se exponen las conclusiones encontradas.

II. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para evaluar el efecto sobre el Jitter del servicio de voz sobre IPv6 usando el túnel IPv6-to-IPv4 [4], [7], se plantea un protocolo de pruebas teniendo en cuenta lo propuesto en [8], [9], [10] y [11], las cuales se repiten en diferentes escenarios y se dividirán en dos grupos: experimentos de control IPv4 y experimentos usando el túnel IPv6-to-IPv4. Los experimentos de control usando voz sobre IPv4 tendrán la topología mostrada en la Fig. 1.

J. Suarez, Universidad Santo Tomas, Colombia,
juliosuarez@usantotomas.edu.co
M. Salcedo, Universidad Santo Tomas, Colombia,
mayrasalcedo@usantotomas.edu.co
C. Carmona, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia
claudia.carmona@upb.edu.co
J. Ramirez, Universidad Santo Tomas, Colombia,
juanramirez@usantotomas.edu.co
G. Serna, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia,
gustavo.a.serna@gmail.com

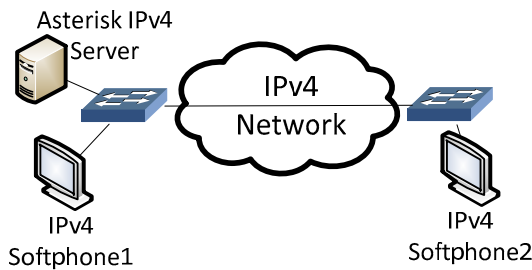


Figura 1. Topología experimentos de control.

Por otra parte, los experimentos en donde se evaluará el Jitter usando el túnel IPv6-to-IPv4 tendrán la topología enunciada en la Fig. 2.

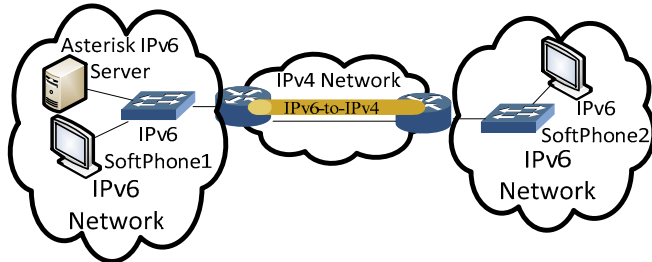


Figura 2. Topología experimentos túnel IPv6-to-IPv4.

Para todos los experimentos se realiza una llamada de voz idéntica usando servidores Asterisk [5] desde Softphone1 (SP1) hacia Softphone2 (SP2) en donde SP1 siempre transmite la misma señal de audio con una duración de 33 minutos y 28 segundos la cual es capturada en SP2 usando un proceso similar al usado en [12] por medio del analizador de protocolos Wireshark, el proceso se repite tres veces por experimento para obtener un Jitter promedio en cada prueba.

Una vez definidas las topologías de control (Fig. 1) y de pruebas (Fig. 2), se definen los parámetros fijos y las variables de los experimentos.

A. Parámetros Fijos de los Experimentos:

Con el fin de obtener resultados comparables en cada uno de los escenarios de evaluación, los siguientes parámetros se mantienen fijos:

- Códec de Voz: G.711.
- Protocolo de señalización: SIP.
- Protocolo de transporte de voz: RTP.
- Hardware del servidor Asterisk, SP1 y SP2.
- Sistema operativo del Servidor: Ubuntu Server 14.10.
- Sistema operativo de SP1 y SP2: Windows 7.

B. Parámetros Específicos para cada escenario:

Para evaluar un servicio multimedia IPv6 sobre un túnel IPv4, se configuraron tres escenarios, uno simulado (Fig. 3-A), otro en equipos reales en el laboratorio (Fig. 3-B) y por último uno sobre una red (Fig. 3-C) donde el tráfico multimedia debe competir por el ancho de banda, en este caso la red utilizada

será la NREN de Colombia, RENATA. A continuación se presentan elementos específicos en cada escenario:

- Simulador: GNS3 (solo en ambientes simulados).
- Routers: Huawei AR1220 y AR2200 (solo en ambiente de laboratorio).
- Topología utilizada NREN: RENATA (Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada).
- Redes universitarias regionales utilizadas: RUMBO (Red Universitaria Metropolitana de Bogotá) y RUANA (Red Universitaria Antioqueña).
- Operadores de Telecomunicaciones (ISP) de RENATA, RUANA y RUMBO:
 - RUMBO: Telmex Colombia S.A. E.S.P. (Claro Colombia soluciones fijas).
 - RENATA: Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P (Telefónica Colombia).
 - RUANA: UNE-EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P.

C. Variable a controlar:

La variable a controlar será el Jitter de los paquetes RTP con origen SP1 y destino SP2 capturados en SP2.

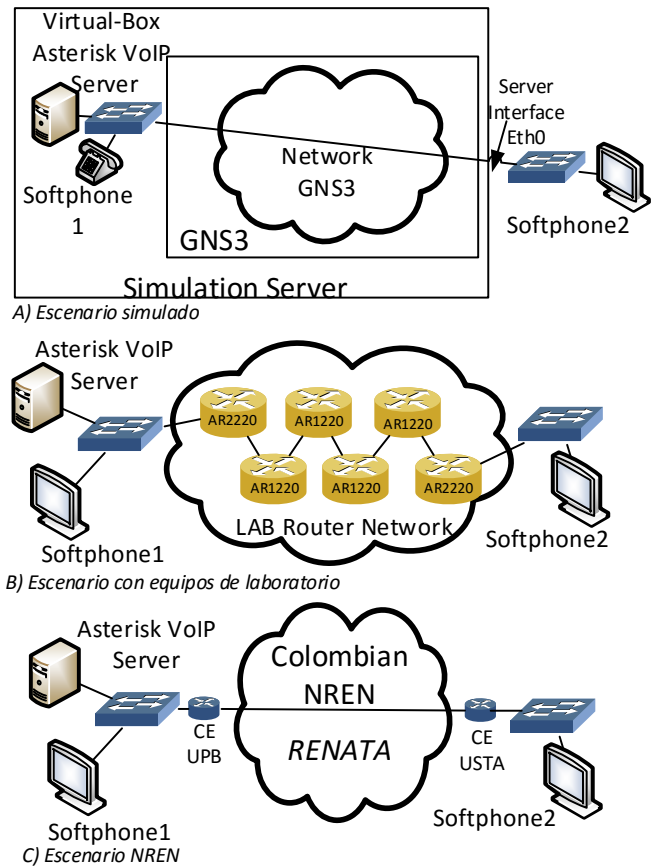


Figura 3. Escenarios generales de experimentación.

III. EXPERIMENTOS EN UN ENTORNO CONTROLADO

Con el objeto de determinar cuál es el efecto en el Jitter de la Voz sobre IPv6 usando el túnel IPv6-to-IPv4, se realizaron una serie de experimentos en condiciones exactas, en distintos ambientes de laboratorio con routers y el simulador GNS3,

estos experimentos usan los parámetros definidos en el título II.

A. Experimentos en Laboratorio (usando routers físicos):

- **Experimentos de control IPv4.**
 - **Experimento de control usando enrutamiento BGP (Xp1):** Se implementa una topología usando 6 routers Huawei con enrutamiento IPv4 BGP, según la Fig. 4 este experimento tiene por objeto tomar valores de referencia del Jitter usando los parámetros definidos en el título II.

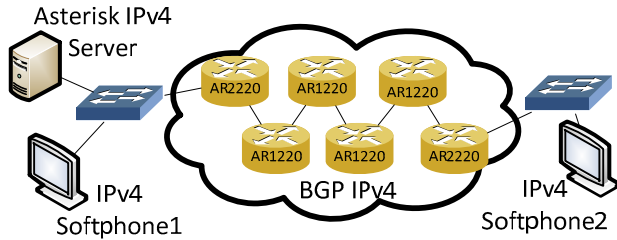


Figura 4. Experimento de control IPv4 sobre BGP con routers (Xp1).

- **Experimento de control con arquitectura MPLS, sobre una VPN capa 3 (Xp2):** Se implementa un sistema MPLS usando los mismos 6 routers del experimento Xp1, sobre estos equipos se aprovisiona una VPN capa 3 por medio de una *VPN-Instance* en los equipos Huawei, según la Fig. 5 este experimento tiene por objeto obtener datos de control del Jitter en este ambiente de red específico.

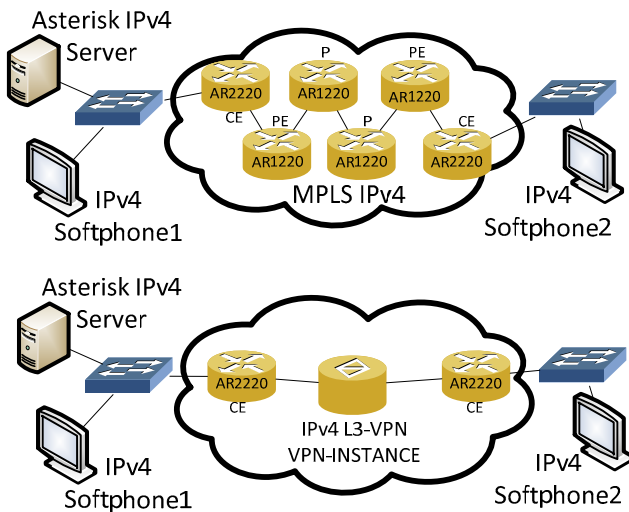


Figura 5. Experimento de control Ipv4 usando una VPN capa 3 sobre MPLS (Xp2).

- **Experimentos con túnel Ipv6-to-Ipv4**
Una vez realizados los experimentos de control usando los routers, se procede a realizar los experimentos que permiten identificar el efecto del túnel IPv6-to-IPv4 en el Jitter de la voz sobre IPv6 nativa, en ambiente de laboratorio usando routers y los parámetros definidos en el título II.

- **Experimento con enrutamiento BGP usando túnel (Xp3).**

En este experimento se usará el esquema de red mostrado en la Fig. 6 y tiene por objeto medir el Jitter en dicho escenario para posteriormente ser comparado con los datos de control obtenidos en el experimento de control (Xp1).

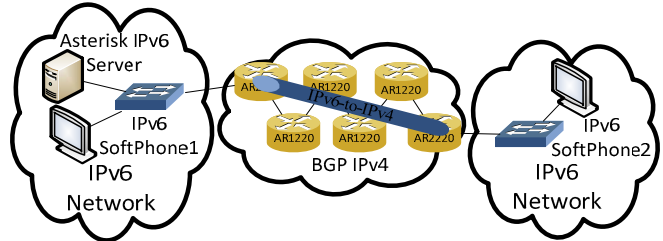


Figura 6. Experimento con routers usando enrutamiento BGP (Xp3).

- **Experimento con arquitectura MPLS, sobre una VPN capa 3 (Xp4):** En esta prueba se medirá el Jitter sobre un ambiente MPLS implementando el túnel en los routers CE de la arquitectura MPLS, según la Fig. 7 sus resultados se compararán con el experimento de control (Xp2).

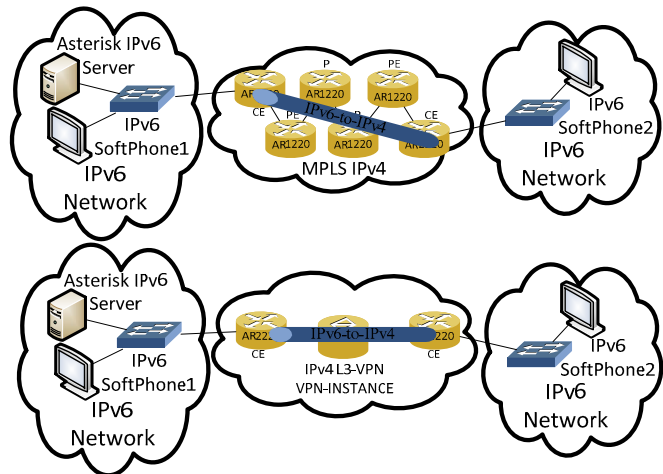


Figura 7. Experimento con routers usando una VPN capa 3 sobre MPLS (Xp4).

B. Experimentos simulados

Con el objeto de comprobar el comportamiento de los resultados obtenidos con router físicos, se realizan simulaciones de todos los experimentos anteriormente mencionados en GNS3 [12], utilizando el mismo protocolo de pruebas definido en el título II de la siguiente manera:

- **Experimentos de control IPv4 Simulados.**
 - **Enrutamiento BGP Simulado (Xp5):** Este experimento de control se realiza según la Fig. 8 y tiene los mismos objetivos del experimento Xp1.

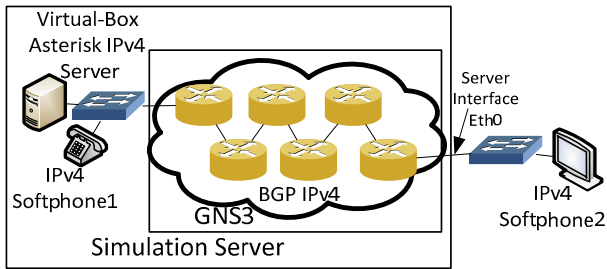


Figura 8. Experimento de control IPv4 sobre BGP (simulado) (Xp5).

- **Experimento de control MPLS implementando una VPN capa 3 (Xp6):** Este experimento de control se realiza según la Fig. 9 y es homólogo al experimento Xp2.

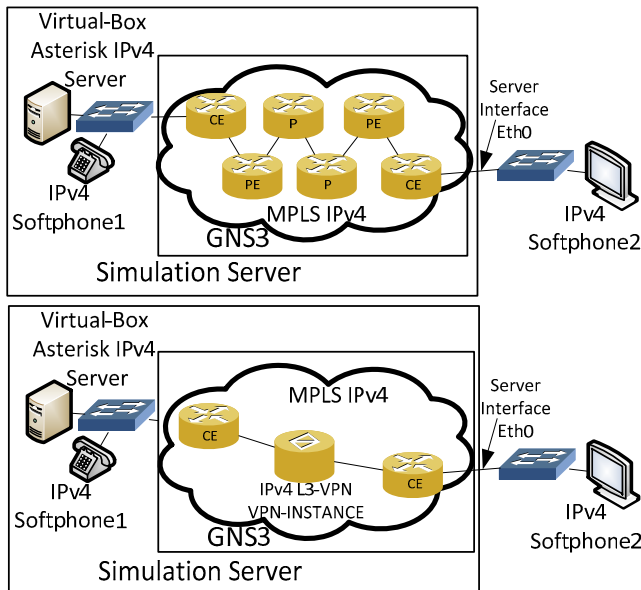


Figura 9. Experimento de control IPv4 usando una VPN capa 3 sobre MPLS (Simulado) (Xp6).

- **Experimentos con túnel IPv6-to-IPv4**
- **Experimento con enrutamiento BGP simulado (Xp7):** Este experimento de control se realiza según la Fig. 10 y tiene el mismo objeto que el experimento Xp3. Sus resultados serán comparados con las pruebas de control realizadas en Xp5.

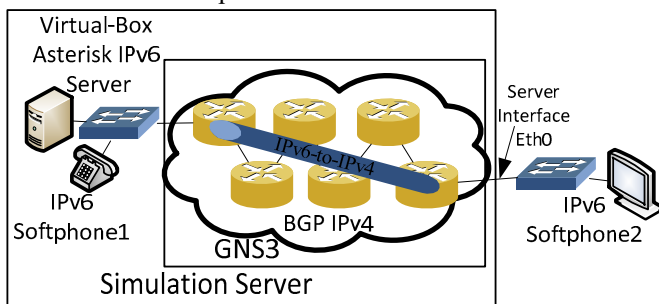


Figura 10. Experimento con routers usando enrutamiento BGP (simulado) (Xp7).

- **Experimento con arquitectura MPLS sobre una VPN capa 3 (Xp8).**

Este experimento es idéntico a su contraparte con routers (Xp4) como se muestra en la Fig. 11 y sus resultados se compararán con los experimentos de control Xp6.

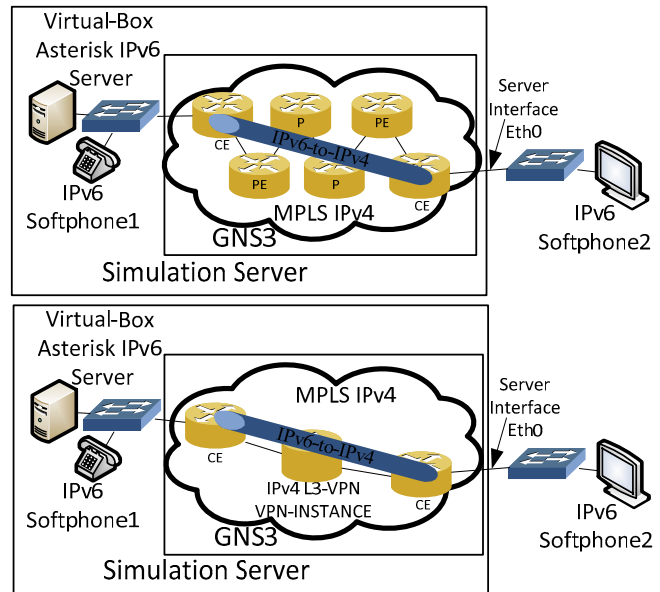


Figura 11. Experimento con routers usando una VPN capa 3 sobre MPLS (simulado) (Xp8).

IV. ARQUITECTURA DE LA NREN DE COLOMBIA “RENATA”

Una vez realizadas las pruebas en laboratorio se procede a realizar los experimentos y sus contrapartes de control sobre la arquitectura de la NREN de Colombia, pero antes de describir estos experimentos se debe describir el esquema de conexión de la Universidades participantes.

Las mediciones se realizaron entre las Universidades Colombianas: Santo Tomás Sede Bogotá D.C. y Pontificia Bolivariana Sede Medellín, las cuales se encuentran a una distancia aproximada de 444 km (alrededor 9 horas conduciendo), Fig. 12.



Figura 12. Ubicación geográfica Bogotá y Medellín en Colombia (mapa tomado de Google maps®, <https://maps.google.com>).

La interconexión se realiza a través de la NREN de Colombia RENATA [13] y sus redes regionales RUMBO [14] y RUANA [15] como se muestra en la Fig. 13.

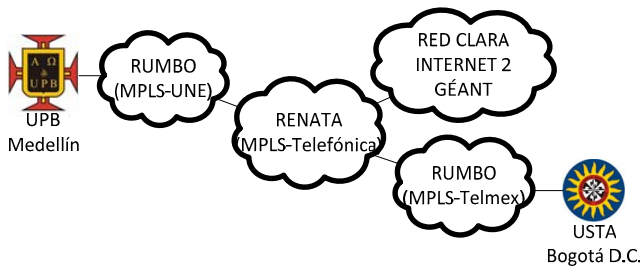


Figura 13. Esquema de interconexión entre las Universidades Pontificia Bolivariana, Medellín y Santo Tomás, Bogotá D.C.

Como se muestra en la Fig. 13 la interconexión se realizó usando la infraestructura de tres operadores de Telecomunicaciones presentes en Colombia los cuáles son:

- Telmex Colombia S.A. E.S.P., (Claro Colombia soluciones fijas) [16].
- Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P. (Telefónica Colombia o Movistar Colombia) [17].
- UNE-EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P. [18].

Para el caso específico de la NREN de Colombia, los operadores en mención configuran una VPN capa 3 en sus respectivas redes MPLS para cada una de las redes universitarias regionales (RUMBO y RUANA) y una adicional para RENATA, las cuales se interconectan e intercambian rutas entre sí por medio de BGP [13] como se muestra en la Fig. 14.

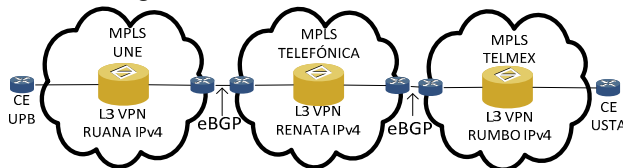


Figura 14. Configuración MPLS en los operadores para el funcionamiento de las NREN en Colombia.

V. EXPERIMENTOS A TRAVÉS DE LA NREN DE COLOMBIA “RENATA”

Una vez descrito el esquema de conexión de las Universidades a través de la NREN (RENATA), se realizan las pruebas que igualmente contendrán experimentos con túnel y experimentos de control.

- **Experimento de control Voz sobre IPv4 (Xp9):**
El experimento de control envía voz sobre IPv4 usando un esquema similar al propuesto en la Fig. 1, sin embargo, en esta oportunidad se utilizó direccionamiento IPv4 público entregado por RENATA, y el protocolo de pruebas es el mismo definido en título II, la topología implementada se puede ver en la Fig. 15 y Fig. 16.

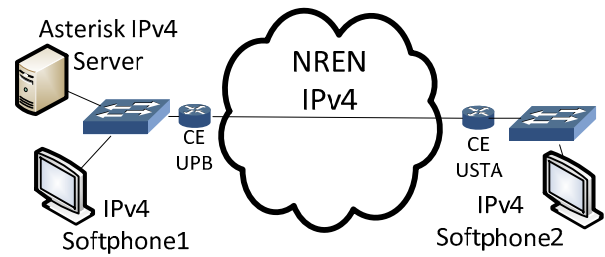


Figura 15. Topología de experimento de control sobre RENATA.

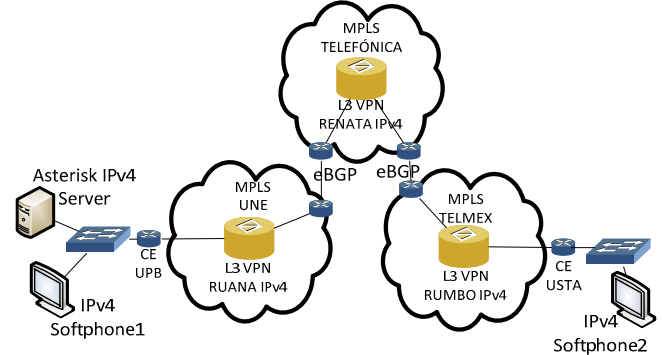


Figura 16. Topología detallada del experimento de control Xp9.

Este experimento tiene por objetivo realizar mediciones de control que muestren cómo se comporta el Jitter sobre la NREN de Colombia.

- **Experimento Voz sobre IPv6 usando la NREN (Xp10):**
Para evaluar el efecto sobre el Jitter del servicio de voz sobre IPv6 con el túnel IPv6-to-IPv4 [4], [7], se realiza un experimento final en el cual se transmite voz sobre IPv6 nativa usando un túnel IPv6-to-IPv4 sobre la red IPv4 de la NREN de Colombia como se muestra en la Fig. 17 y Fig. 18.

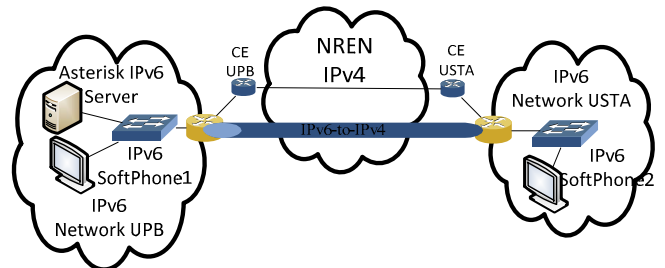


Figura 17. Topología del experimento túnel sobre la NREN.

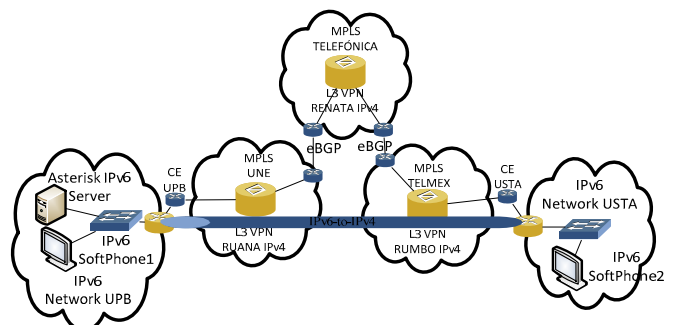


Figura 18. Topología detallada del experimento túnel sobre la NREN Xp10.

Es importante resaltar que el túnel no se implementó en los equipos CE de las instituciones, sino en los routers de los laboratorios de Ingeniería de Telecomunicaciones de las respectivas instituciones, pues los investigadores no tuvieron acceso a los routers de borde, sin embargo no se considera que esto tenga un impacto relevante en los datos obtenidos.

VI. RESULTADOS OBTENIDOS

Al analizar la información obtenida de los 30 experimentos realizados, promediada en 10 experimentos finales (cada experimento realizado 3 veces), se obtienen los valores de Jitter promedio de tres llamadas idénticas de 33 minutos y 28 segundos, medidos en SP2 del flujo RTP con origen SP1 y destino en SP2, en alrededor de 96500 paquetes RTP por prueba, valores contenidos en la Tabla I.

TABLA I. RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS.

Jitter promedio de tres llamadas idénticas de 33 minutos y 28 segundos, medido en SP2 del flujo RTP origen SP1 y destino SP2		
EXPERIMENTO	CONTROL IPv4	TÚNEL IPv4-IPv6
Router BGP	Xp1 6,29383764 ms	Xp3 20,0127247 ms
Router MPLS	Xp2 0,559320235 ms	Xp4 19,9318659 ms
Simulación BGP	Xp5 61,7153519 ms	Xp7 72,1560436 ms
Simulación MPLS	Xp6 46,3087496 ms	Xp8 70,5731066 ms
NREN	Xp9 1,81245 ms	Xp10 10,75666667 ms

Al analizar los datos obtenidos de los experimentos, se verifican supuestos teóricos sobre enrutamiento IPv4, por ejemplo que el Jitter en una red MPLS debe ser menor que en una red BGP, lo que se confirma tanto en los experimentos con routers físicos como en las simulaciones.

Con respecto al efecto del túnel en los valores medios de Jitter, se hace evidente el impacto negativo que tiene el uso de mismo en la transmisión de voz nativa IPv6 en redes IPv4, pues para todos los casos se tiene un incremento de Jitter medio que se puede observar en la Tabla II.

TABLA II. INCREMENTOS EN EL JITTER ATRIBUIBLES AL USO DEL TÚNEL.

EXPERIMENTOS COMPARADOS	Incremento del Jitter atribuible al uso del túnel IPv6-IPv4		
	Incremento en ms	Porcentaje de Incremento de Jitter	Incremento en veces
Router BGP Xp1 con Xp3	13,7189 ms	318 %	3,2
Router MPLS Xp2 con Xp4	19,3725 ms	3566,6 %	35,6
Simulación BGP Xp5 con Xp7	10,4407 ms	116,6 %	1,2
Simulación MPLS Xp6 con Xp8	24,2648 ms	152,4 %	1,5
NREN Xp9 con Xp10	8,9442 ms	593,5 %	5,9

Al revisar los datos se hace evidente que el uso del túnel incrementa el Jitter medio de la Voz sobre IPv6 con respecto a las pruebas de control, lo que indica claramente que tanto en

situaciones controladas de laboratorio, como en las pruebas con equipos físicos en el laboratorio y en la red no controlada (para este caso la NREN), el Jitter medio tiene el mismo comportamiento incremental, aunque según el caso se incrementa con mayor o menor proporción.

VII. CONCLUSIÓN

Al realizar el estudio experimental descrito en este trabajo, se encuentra que la utilización de túneles IPv6 sobre IPv4, tiene efectos negativos en el servicio de voz sobre IPv6 nativo, pues en los distintos escenarios planteados la utilización del túnel siempre aumenta el valor promedio del Jitter en el servicio de Voz sobre IPv6, teniendo aumentos entre 1,2 y 35,6 veces con respecto a las pruebas de control.

También se identificó que existen escenarios más susceptibles al incremento del Jitter, por ejemplo las implementaciones de túneles IPv6 sobre IPv4 sobre VPN de capa 3 en MPLS, muestran la mayor susceptibilidad al incremento del Jitter en todas las pruebas realizadas, en comparación con los escenarios implementados sobre BGP los cuales muestran un menor impacto en el incremento del Jitter.

Con respecto a los experimentos realizados sobre la NREN, estos muestran un comportamiento similar en incremento del Jitter medio en la voz sobre IPv6 al implementar el túnel, aunque no se muestra un crecimiento idéntico al de las demás pruebas. Es concluyente que existe un crecimiento promedio del Jitter de 593,5%, teniendo en cuenta que la NREN usa la infraestructura de 3 grandes operadores de Telecomunicaciones de Colombia, los cuales usan VPN de capa 3 sobre MPLS y para su interconexión usan BGP. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la distancia en fibra óptica recorrida es de más de 400 kilómetros y que la red no es controlada por los investigadores.

Por todo lo anterior, se concluye que la implementación de túneles IPv6 sobre IPv4 para servicios de voz sobre IPv6 nativos es negativa para el servicio, pues aumenta de manera significativa el Jitter lo que degrada el servicio en cuestión.

Finalmente, debido a las razones enunciadas los autores recomiendan a los operadores de Telecomunicaciones no usar túneles IPv6 sobre IPv4 como medio de convivencia IPv4-IPv6 para servicios multimedia sensibles a Jitter como la Voz sobre IP. En cambio se sugiere la implementación de Dual-Stack pues como se ve en [10], en el escenario planteado por estos autores, el Jitter medio para Voz sobre IPv4 e IPv6 es de alrededor de 9 ms, con variaciones cercanas a 1 ms, para todas las pruebas realizadas, lo que muestra que usando Dual-Stack el Jitter de la VoIP sobre IPv4 y sobre IPv6 es casi el mismo. De esta manera no se tendrían afectaciones negativas en el servicio, atribuibles al Jitter.

REFERENCIAS

- [1] LACNIC, «Fases de Agotamiento de IPv4,» Montevideo, Uruguay, 2015.
- [2] LACNIC, *Día Mundial de Internet: Lacnic destaca crecimiento de la red en la región*, Montevideo, 2013.

- [3] L. Becerra Sanchez y J. Padilla Aguilar, «Review of Approaches for the use of the Label Flow of IPv6 Header,» *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, vol. 12, n° 8, pp. 1602-1607, Dec. 2014.
- [4] P. Amr y N. Abdelbaki, «Convergence study of IPv6 tunneling techniques,» de *Communications (COMM), 2014 10th International Conference on*, Bucharest, 2014.
- [5] O. S. Mill, «Managing IPv4 / IPv6 VOIP Interoperability Using Server-to-Server Approach,» de *Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2012 IEEE*, Seattle, 2012.
- [6] Gobierno de Colombia, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, «¿Qué es la transición a IPv6?,» [En línea]. Available: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-5893.html>. [Último acceso: 11 02 2015].
- [7] The Internet Engineering Task Force (IETF), *Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers, RFC 2893*, 2000.
- [8] J. Shah y J. Parvez, «Performance evaluation of applications in manual 6in4 tunneling and native IPv6/IPv4 environments,» de *Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), 2014 International Conference on*, Kanyakumari, 2014.
- [9] O. Micolini y A. Herrera, «Traffic Analysis over a VoIP Server,» *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, vol. 11, n° 1, pp. 370 - 375, Feb 2013.
- [10] R. Yasinovskyy, A. Wijesinha, R. Karne y G. Khaksari, «A comparison of VoIP performance on IPv6 and IPv4 networks,» de *Computer Systems and Applications, 2009. AICCSA 2009. IEEE/ACS International Conference on*, 2009.
- [11] P. Amr y N. Abdelbaki, «VoIP performance evaluation over IPv4-6 and manually configured tunnels,» de *Measurements and Networking Proceedings (M&N), 2013 IEEE International Workshop on*, Naples, 2013.
- [12] S. Kalwar, N. Bohra y A. A. Memon, «A survey of transition mechanisms from IPv4 to IPv6 — Simulated test bed and analysis,» de *Digital Information, Networking, and Wireless Communications (DINWC), 2015 Third International Conference on*, Moscow, Russia, 2015.
- [13] RENATA, Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada, «Infraestructura de RENATA,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.renata.edu.co/index.php/quienes-somos>. [Último acceso: 11 03 2015].
- [14] Rumbo, Red Universitaria Metropolitana de Bogotá, «Rumbo, Red Universitaria Metropolitana de Bogotá,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.rumbo.edu.co/>. [Último acceso: 12 03 2015].
- [15] RUANA, Red Universitaria Antioqueña, «RUANA, Red Universitaria Antioqueña,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ruana.edu.co/Paginas/inicio.aspx>. [Último acceso: 1 03 2015].
- [16] Telmex Colombia S.A. E.S.P., «Claro Colombia,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.claro.com.co/wps/portal/co/pc/corporaciones>. [Último acceso: 11 03 2015].
- [17] Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P., «Movistar Colombia,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.movistar.co/web/empresas>. [Último acceso: 20 03 2015].
- [18] UNE-EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P., «UNE Telecomunicaciones,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.une.com.co/empresas>. [Último acceso: 2015 03 2015].



Julio Ernesto Suárez Páez nació en Bogotá D.C. (Colombia), obtuvo el título de Ingeniero de Telecomunicaciones en 2005, Especialista en Telecomunicaciones en 2008 y Magister en Ingeniería área Telecomunicaciones (2010) en la Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia) y estudiante de Doctorado en Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València (España). Docente Investigador en la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones de Universidad Santo Tomás - Colombia, sus temas de interés redes de datos y convergencia IPv4-IPv6 y sistemas de tiempo real distribuidos.



Mayra Liliana Salcedo González, Ingeniera de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C. (Colombia) 2004. Máster Oficial en Tecnologías, Sistemas y Redes de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Valencia (España) 2006-2007. Especialista Universitario en Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Valencia (España) 2005-2006. Máster Universitario en Redes Corporativas e Integración de Sistemas y estudiante de Doctorado en Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València (España). Docente Investigadora en la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones de Universidad Santo Tomás – Colombia.



Claudia Stella Carmona Rodríguez, Ingeniera Electrónica Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín (Colombia) 2001. Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad de Antioquia. 2012. Docente titular Facultad de Ingeniería en Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Pontificia Bolivariana. Miembro del grupo de investigación GIDATI de la misma universidad.



Juan Sebastián Ramírez, Ingeniero de Telecomunicaciones - Universidad Santo Tomás – Colombia (2014), Auxiliar de Investigación Grupo INVTEL, perteneciente al semillero de investigación de redes NGN y Redes académicas de tecnología avanzada Interesado en sistemas VoIP sobre MPLS y BGP tanto en IPv4 como IPv6.



Gustavo Adolfo Serna López, Ingeniero de Sistemas - Universidad Tecnológica de Bolívar 2010, Cartagena Colombia, Estudiante Maestría en TIC con línea de profundización en Inteligencia de Negocios -Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia, Pasante Proyecto Conexión NGN sobre IPv6 - Universidad Pontificia Bolivariana.