

Impacto Científico

Revista arbitrada venezolana
del Núcleo LUZ-Costa Oriental del Lago

ISSN: 1836-5042 ~ Depósito legal pp 200602ZU2811

Vol. 5 N° 1, 2010, pp. 59 - 86

Calidad de servicio en redes WAN con extremos inalámbricos locales y el uso de IPv6

*Alfredo Acurero¹, Liliana Castro², David Bracho¹,
Carlos Rincón¹ y Juan Jakymec¹*

*¹Departamento de Computación,
Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia.
aacurero@fec.luz.edu.ve*

²Departamento de Desarrollo. Ingeniería, Datos y Tecnología, C.A.

Resumen

El objetivo principal de este proyecto se basó en determinar la influencia del protocolo IPv6 con el uso de calidad de servicio en una red de área amplia que conecta redes locales basadas en tecnología inalámbrica. Por consiguiente, se determinó la influencia de IPv6 respecto al rendimiento que ofrece en los extremos de una red de área amplia. Se utilizó una metodología propia basada en los lineamientos de Bisquerra (2000), contemplando cuatro (4) fases las cuales se dividen en: recopilación de información, diseño de topologías y/o ambientes de pruebas, pruebas de medición y recopilación de información de las pruebas anteriores y el tratamiento y análisis estadístico de los datos obtenidos. Los resultados obtenidos en el análisis comparativo entre los protocolos IPv6 e IPv4 y la calidad de servicio que cada uno ofrece, determinaron que IPv4 tiene un desempeño ligeramente superior a IPv6, pero por tratarse de diferencias no significativas, la implementación de la nueva versión IP no influye en el rendimiento de una red con las características estudiadas.

Palabras clave: IPv6, QoS, WAN, WLAN.

Service Quality in WAN Networks with Local Wireless Connections and the Use of Internet Protocol Version 6

Abstract

The main objective of this research was to determine the influence of the IPv6 protocol with the use of service quality in a wide area network (WAN) that connects local networks based on wireless technology. The influence of IPv6 was determined according to the throughput offered at both ends of the WAN link. A methodology based on Bisquerra's (2000) guidelines was used, composed of four (4) phases: information collection, design of topologies and test environments, measuring tests and information collection from previous tests, and statistical treatment and analysis of obtained data. Results obtained in comparative analysis between the IPv6 and IPv4 protocols and the quality of service offered by each, determined that IPv4 had a slightly better performance than IPv6; however, since the differences were not significant, implementation of the new IP version does not influence the performance of a network with the characteristics studied.

Key words: IPv6, QoS, WAN, WLAN.

Introducción

Cuando fue creado el protocolo de Internet IPv4, no se pronosticó en el momento, el gran impacto que éste iba a tener en una gran multitud de campos, no solamente científicos y de educación, sino en las distintas circunstancias de la vida diaria. El éxito de este protocolo se ha visto opacado debido al reducido espacio de direcciones que ofrece, y al hecho de la falta de coordinación para su asignación, sin ningún tipo de optimización en la década de los 80 (RAU, 2005).

Para esto se creó IPv6 (Protocolo de Internet Versión 6) también conocido como IP Next Generation (IPng), que es la nueva versión del protocolo IP, diseñado para suplantar en forma gradual a la versión actual IPv4. Debido a la multitud de nuevas aplicaciones que existen hoy en día, ha sido necesario agregar nuevas funcionalidades al protocolo IPv4, aspectos que no fueron contemplados en el análisis inicial cuando fue creado. Entre las más destacadas se puede mencionar permitir la Calidad de Servicio (QoS), definida como la capacidad que tiene un sistema de asegurar, con un grado de fiabilidad preestablecido, que se cumplan los

requisitos de tráfico, en términos de perfil y ancho de banda, para un flujo de información dado (Sendazo C, 2002).

El IPv6 se ha implementado en muchas academias de países Latinoamericanos, mientras que Estados Unidos, Japón y Corea de Sur también están trabajando en tecnologías IPv6, que empezarán a implantarse en 2010. En el caso de Asia el espacio disponible de direcciones IPv4 ya ha sido agotado; esta es la razón por la cual muchos proveedores de Internet asiáticos han comenzado a trabajar con IPv6 comercialmente (CO-DAREC, 2005).

Otro paso adelante para la implementación de IPv6 ha sido la decisión adoptada por la comunidad inalámbrica europea de adoptar IPv6 en su iniciativa 3GPP (3rd Generation Partnership Project). "La adopción de IPv6 por 3GPP es el primer caso de negocio real y el más importante del nuevo protocolo", asegura Latif Ladid (1999), presidente del IPv6 Forum, consorcio que agrupa a 60 compañías y entidades de investigación en tecnologías de la información. En su opinión, "IPv6 ofrece justo lo que necesitan las aplicaciones inalámbricas, ya que proporciona una verdadera seguridad y voz sobre IP de extremo a extremo. Y esto impulsará su entrada también en las redes fijas". Las comunicaciones inalámbricas potenciarán la implantación de IPv6 (IPv6 Forum, 2007).

Una red WLAN (Wireless Local Area Network) o Red de Área Local Inalámbrica, es un sistema de comunicaciones de datos flexible que se incorpora como una extensión o una alternativa a la red LAN con cable. Utilizan ondas de radio de alta frecuencia en lugar de cables para la transmisión y recepción de datos, minimizando la necesidad de conexiones con cable, de esta forma las redes WLAN combinan la conectividad de datos con la movilidad del usuario (ATICA, 2007).

Se puede decir que las WLAN tienen que presentar la misma capacidad y calidad de servicio al usuario que sus homólogas cableadas o, por lo menos, si no la misma, comparable (UNINCA, 2003). Las WLANs constituyen en la actualidad una solución tecnológica de gran interés en el sector de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha (ADSL Zone, 2004).

Por otra parte, hoy en día ciertos tipos de tráfico circulan por las redes, por ejemplo, tráfico con requerimientos de tiempo real (voz o video), y es deseable que no ocurra pérdida de información, que exista un

gran ancho de banda disponible, y que los retrasos en los envíos de estos paquetes de datos sean mínimos (150-200 ms para voz y 4 a 5 segundos para video). Es por ello, que surge la necesidad de aplicar Calidad de Servicio (QoS) en el nivel de transporte de datos, con métodos de diferenciación de tráfico particulares con el fin de otorgar preferencia a estos datos sensibles (Álvarez, 2005).

De este modo, se hizo conveniente determinar la influencia de IPv6 en los extremos inalámbricos de una red WAN, para evaluar la calidad de servicio y compararla con la de IPv4, dado que el nuevo protocolo cumple con nuevas características y mejoras. De igual manera, la estructura del protocolo permite que sea escalado según las necesidades, aplicaciones y servicios que lo vayan precisando. Precisamente la escalabilidad es uno de los logros más importante de IPv6 frente a IPv4 (Martínez, 2007).

Actualmente, la Universidad del Zulia no ha implementado el protocolo IPv6, y esta investigación pretende coadyuvar en el desarrollo e investigación de aplicaciones basadas en el mismo. La influencia de IPv6 en la calidad de servicio (QoS) de una WAN que conecta redes locales de tecnología inalámbrica, se constituye en un aporte para la investigación e implementación del protocolo IPv6 a toda escala. Demostrar la viabilidad de la implementación de redes inalámbricas futuras en un entorno IPv6 en los extremos de una WAN, sería uno de los conceptos claves que se pretenden corroborar, junto a su integración con mecanismos de QoS en la red de extremo a extremo, que serán evaluados a través de algunos parámetros que se tomarán en cuenta, como: Bitrate, Jitter, Latencia y Paquetes Perdidos. Asimismo, se busca lograr la comparación del nuevo protocolo IPv6 con el antiguo IPv4 y determinar si realmente IPv6 garantiza mejores funcionalidades y características que IPv4.

También surge la necesidad de estudiar e implementar esquemas de calidad de servicio que permitan otorgar una distinción en la manipulación de flujos, dado que existen flujos de tráfico sobre diferentes redes que son críticos y deben ser tratados de forma especial en momentos de congestión.

Esta investigación dará un aporte de mucha importancia a administradores de red que quieran aplicar o implementar un mejor servicio a su red, basándose en la sugerencia de la implementación del nuevo protocolo en redes inalámbricas, junto a una mejor administración del ancho

de banda por medio de la priorización de los diferentes tipos de tráfico que pueden ser enviados por una red.

Metodología

Se utilizó una metodología modificada de la propuesta de Bisquerra (2000). Esta investigación se llevó a cabo, a través de las siguientes fases:

Fase I: Recopilación de Información

Se revisó información referente a los mecanismos, estructuras y configuración de calidad de servicio para cada protocolo IP, redes de área local inalámbrica, comandos de configuración de enrutadores utilizando los dos protocolos en comparación, IPv6 e IPv4, configuración de puntos de acceso y las características del protocolo IPv6. Adicionalmente, se analizaron distintos software de monitoreo de red a fin de escoger el que mejor se adaptaba a la investigación. Así, entonces, la recopilación de información se logró por medio de búsquedas en Internet, consultas de tesis, guías, revistas, libros, entre otras.

Fase II: Diseño y desarrollo de topologías y/o ambientes de pruebas de la red WAN con tecnologías inalámbricas en sus extremos

En esta fase se conectaron los equipos pasivos y activos a través del diseño de una red WAN con extremos LAN inalámbricos, en la cual se realizaron configuraciones de las direcciones IPv6 e IPv4 en las interfaces de los dos enrutadores que conformaban la WAN, junto con la configuración del protocolo de enrutamiento RIP para ambos enrutadores y así lograr la conexión de los extremos con redes WLAN a través de dos enrutadores inalámbricos. Por otra parte, cada equipo perteneciente a la subred local fue configurado con direcciones tanto IPv4 como IPv6.

Fase III: Pruebas de medición y recopilación de información de las mismas

Para conseguir un análisis representativo de la QoS en cada protocolo, fue necesario disponer de un número óptimo de pruebas realizadas; por este motivo se hicieron 3 repeticiones de cada prueba para ga-

rantizar datos más confiables (Montgomery, 2004). Asimismo, los valores reflejados en las tablas de los parámetros estudiados se refieren a su valor promedio.

Dichas pruebas fueron establecidas en base a la variación del porcentaje de prioridad del ancho de banda que le fue asignado a cada uno de los tres tipos de tráfico (Video, Tráfico generado y ICMP) a ser enviados, junto con una variación de congestiónamiento de tráfico de la red, para evaluar cómo se comportaba QoS en ambos protocolos y con distintos niveles de congestiónamiento y estableciendo varios puntos de comparación entre los mismos.

Los datos fueron recopilados mediante el software DITG, tanto para IPv4 como para IPv6. Se recopilaron los parámetros de medición para establecer el comportamiento de una red, basándose en el tráfico generado; por consiguiente, estos datos fueron almacenados, clasificados y ordenados de manera adecuada, distinguiendo entre cada prueba definida.

Fase IV: Análisis comparativo, tratamiento y análisis estadístico.

En esta Fase se trabajó con el software estadístico SPSS versión 15, donde se aplicaron la prueba de Tukey, y el coeficiente de correlación para calcular el valor F (Tukey) y el valor p (Correlación) para medir el nivel de significancia de los resultados, con el fin de constatar estadísticamente los resultados obtenidos a través de las distintas pruebas.

Para poder realizar la investigación se requirieron los siguientes recursos de hardware y software:

- Hardware: 3 computadores con procesador Dual Core Intel de 2.0 Ghz, con 1 GB de memoria RAM y 80 GB de disco duro, Tres tarjetas de red inalámbricas D-Link DWL-G510 de 54 Mbps, dos enrutadores marca Cisco 1721 equipados con IOS 12.3 (24a) como sistema operativo del enrutador (este IOS cumple con los requerimientos de configuración necesarios para la investigación), dos Cables RJ45 de consola para enrutadores cisco, un cable serial v35 DCE y uno DTE, para emular un enlace WAN E1 (2048 Kbps), dos enrutadores inalámbricos LINKSYS WRT300N v1.1 de 2.4 Ghz para la conexión con las redes locales en los extremos de la WAN.

- Software: Sistema Operativo Windows XP y la Distribución de Ubuntu 8.04, el programa GTKterm, para acceder al puerto de consola del enrutador, el programa DITG v 2.6.1d, tanto para IPv4 como IPv6 para generar tráfico y el paquete estadístico SPSS v15.

Para el diseño del experimento, en primer lugar, se hicieron las conexiones físicas entre las interfaces (serial 0) de ambos enrutadores Cisco, por medio del cable v35 E1, que permitió la simulación de la red WAN. Luego, se configuraron los dos AP, funcionando bajo estándar 802.11g, para así poder conectar cada uno con cada extremo de la WAN formando dos (2) WLAN en Modo Infraestructura, una en cada uno de los extremos. Seguidamente, se configuraron las interfaces de los enrutadores asignándoles direcciones IPv6 e IPv4 como se muestra en la figura 1. También fue configurado el protocolo de enrutamiento RIPv2 para IPv4 y RIPng para IPv6, para que ambas redes WLAN se pudieran comunicar de extremo a extremo como se muestra en la figura 2.

Interfaces	
Router A	Router B
Interface FastEthernet0 ip address 192.168.58.1 255.255.255.0 speed auto ipv6 address 2001:DB8:2222:1::1/64 ipv6 enable ipv6 rip RUTA enable Interface Serial0 ip address 192.168.56.1 255.255.255.0 ipv6 address 2002:20:800::1/96 ipv6 enable ipv6 rip RUTA enable clock rate 2000000	Interface FastEthernet0 ip address 192.168.57.1 255.255.255.0 speed auto ipv6 address 2001:DB8:0:1::1/64 ipv6 enable ipv6 rip RUTA enable Interface Serial0 ip address 192.168.56.2 255.255.255.0 ipv6 address 2002:20:800::200/96 ipv6 enable ipv6 rip RUTA enable

Fuente: Acuro (2009).

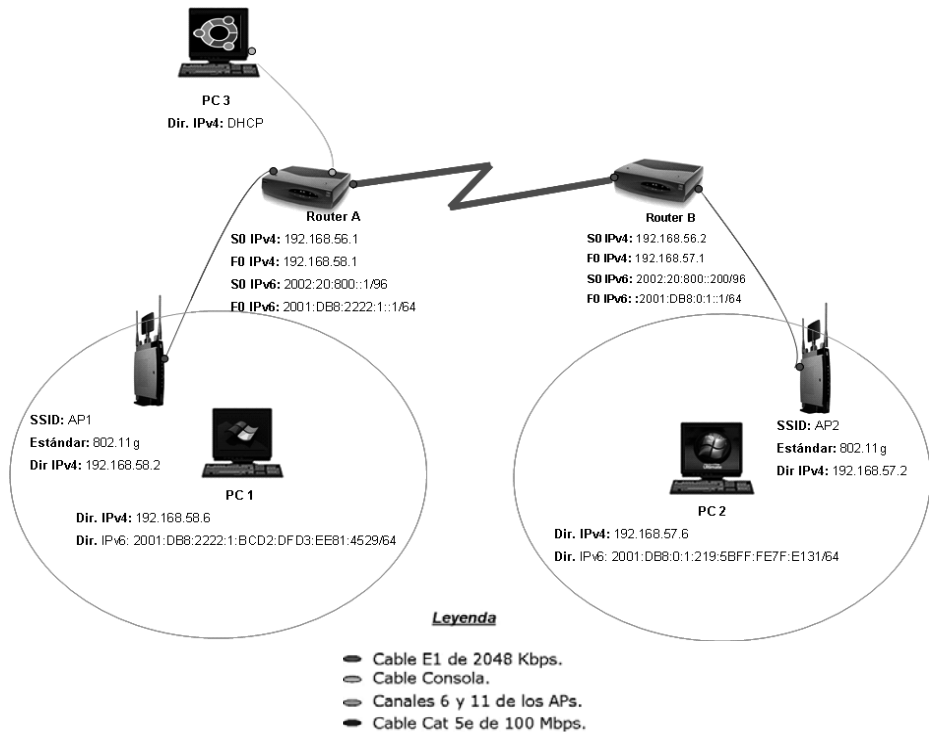
Figura 1. Interfaces de enrutadores.

Protocolo de enrutamiento Rip	
Router A	Router B
router rip version 2 network 192.168.56.0 network 192.168.58.0 ! ipv6 router rip RUTA	router rip version 2 network 192.168.56.0 network 192.168.57.0 ! ipv6 router rip RUTA

Fuente: Acuro (2009).

Figura 2. Configuración del protocolo de enrutamiento RIP.

Para terminar de conformar el ambiente de prueba se conectó un PC a cada enrutador inalámbrico, asignándoles direcciones para IPv4 e IPv6. Ambas PCs tenían una velocidad de 56 Mbps o cerca de 24.7 Mbps de velocidad real de transferencia. Luego, se probó la conexión de la PC1 a la PC2 mediante el envío de paquetes ICMP e ICMPv6 y finalmente lograr el objetivo para la realización de las pruebas. El ambiente de pruebas y el direccionamiento de la red quedaron como se muestra en la figura 3.



Fuente: Acurero (2009).

Figura 3. Topología del ambiente de prueba.

Una vez comprobado el ambiente de pruebas, se definieron 3 tipos de tráfico:

- Tráfico DITG: Este flujo de tráfico simula un flujo de tráfico UDP, en las cuales se enviaron 200 paquetes por segundo, con tamaños de paquetes entre 64 y 1518 bytes, para un total de 12000 paquetes.

- Tráfico Video: este flujo de tráfico también fue UDP, en la cual se enviaban 1378 y 1358 bytes por segundo para IPv6 y para IPv4 respectivamente.
- Tráfico ICMP: sólo se enviaban mensajes del protocolo ICMPv6 de 149 bytes por segundo y el protocolo ICMPv4 eran de 170 bytes.

Para las pruebas se seleccionaron 4 tipos de combinaciones de los tráficos descritos anteriormente, quedando de la siguiente manera: Tipo A (DITG solamente), Tipo B (DITG-ICMP), Tipo C (DITG-VIDEO) y Tipo D (DITG-VIDEO-ICMP)

Fueron cuatro los ambientes de prueba contemplados en esta investigación. Dichos ambientes contemplaron el uso de IPv4 e IPv6 por separado, con y sin QoS, quedando establecidos de la siguiente manera:

1. Condiciones de la red en IPv4/ IPv6 sin QoS enviando paquetes tipo A, B, C y D.
2. Condiciones de la red en IPv4/IPv6, con la QoS establecida en un 55 % del ancho de banda para DITG, 10 % para el Video y 10 % para ICMP, con envío de paquetes tipo A, B, C y D.
3. Condiciones de la red en IPv4/IPv6, con la QoS establecida en un 10 % del ancho de banda para DITG, 55% para el Video y 10 % para ICMP, con envío de paquetes tipo A, B, C y D.
4. Condiciones de la red en IPv4/IPv6, la QoS establecida en un 10 % del ancho de banda para DITG, 10% para Video y 55 % para ICMP, con envío de paquetes tipo A, B, C y D

Para la realización de las pruebas B, C y D, fue necesaria la configuración de QoS en base en la arquitectura de servicios diferenciados, lo cual implicó las siguientes actividades:

- Definición de clases de tráfico: Para aplicar QoS primero se clasificaron los distintos tipos de tráfico existentes en la red. Dicha clasificación se realizó mediante listas de acceso, como se muestra en la figura 4, seleccionando el tráfico según el protocolo, dirección de origen o destino y puerto de origen o destino. Cada tipo de tráfico fue asociado con una clase (ver figura 5).

Listas de acceso	
IPv4	IPv6
<pre>access-list 101 permit icmp any any echo access-list 106 permit udp any any eq 9031 access-list 114 permit udp any any eq 1234</pre>	<pre>ipv6 access-list Video permit udp any any eq 1234 ipv6 access-list ICMP permit icmp any any echo-reply permit icmp any any echo-request ipv6 access-list Trafico permit udp any any eq 9031</pre>

Fuente: Acurero (2009).

Figura 4. Configuración de listas de acceso para IPv4 e IPv6.

Clases de Tráficos	
IPv4	IPv6
<pre>class-map match-all VideoIpv4 match protocol ipv4 match access-group 114 class-map match-all TraficoIpv4 match protocol ipv4 match access-group 106 class-map match-all ICMPIpv4 match protocol ipv4 match access-group 101</pre>	<pre>class-map match-all VideoIpv6 match protocol ipv6 match access-group name Video class-map match-all TraficoIpv6 match protocol ipv6 match access-group name Trafico class-map match-all ICMPIpv6 match protocol ipv6 match access-group name ICMP</pre>

Fuente: Acurero (2009).

Figura 5. Configuración de las clases de tráfico para IPv4 e IPv6.

- Manejo de Congestión mediante Técnicas de Colas: la técnica empleada fue CBWFQ (Class Based Weighted Fair Queue, o cola de peso justo basada en clases en español) en la que se crearon las 3 clases descritas en la figura 5.
- Políticas de tráfico: Por medio del marcaje del paquete basado en el valor DSCP de la cabecera IP (este valor determina la importancia del paquete) la política de tráfico asigna ciertas prioridades a los tráficos. Asimismo, también se asigna un porcentaje de ancho de banda a cada clase creada con anterioridad. Cabe destacar que se puede repartir hasta un 75% del ancho de banda de la interfaz a las distintas clases, porque el enrutador se reserva un 25% para su tráfico de señalización y control. Las políticas de tráfico fueron asignadas a la interfaz serial 0 del enrutador A, con los comandos que se muestran en la figura 6.

Marcado y Políticas de tráficos	
IPv4	IPv6
policy-map PoliticaQoSIPv4	policy-map PoliticaQoSIPv6
class VideoIPv4	class VideoIPv6
set dscp ef	set dscp ef
bandwidth percent 10	bandwidth percent 10
class TraficoIPv4	class TraficoIPv6
set dscp af21	set dscp af21
bandwidth percent 10	bandwidth percent 10
class ICMPIPv4	class ICMPIPv6
bandwidth percent 55	bandwidth percent 55

Fuente: Acurero (2009).

Figura 6. Configuración de marcado y políticas para IPv4 e IPv6.

Luego de realizar la configuración de QoS, se comprobó que las listas de acceso realizaran el filtrado apropiadamente. Esto se hizo enviando los tipos de tráfico uno por uno y mostrando, según el reporte del enrutador, los valores de la política aplicada a cada clase la cual estaba asociada con el tipo de tráfico, observando que todo funcionó correctamente.

Una vez terminada y probada la configuración de la QoS en los enrutadores, se dio inicio a las pruebas antes definidas, comenzando a enviar los tipos de tráficos (DITG, Video, ICMP) simultáneamente según el tipo de parámetro de prueba, con una duración de un minuto cada uno, desde PC 1 hasta PC 2; este último donde se mostraban los resultados que arrojaba DITG. Adicionalmente, existía un tercer PC que arrojaba los valores derivados del reporte del enrutador A. En las figuras 7 y 8 se muestran ejemplos de los resultados emitidos por el DITG y por el enrutador, respectivamente.

Para finalizar, se llevó a cabo la realización de la fase IV donde se comparó la QoS de IPv4 e IPv6 a través de los resultados obtenidos de las pruebas antes establecidas. Se realizó un análisis estadístico a través del software SPSS versión 15, en el que se hizo un análisis de varianza de un factor (ANOVA) donde los resultados que arrojaba se referían a si las varianzas de ambos protocolos en las distintas pruebas tenían diferencias significativas, y si existía entre ellos diferencias de medias.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Flow number: 1
From 2001:db8:2222:1:54f6:5583:bbeb:c28a:63271
To 2001:db8:0:1:219:5bff:fe7f:ae131:9031

-----
Total time           = 59.998000 s
Total packets        = 11551
Minimum delay        = 4.525000 s
Maximum delay        = 6.112000 s
Average delay        = 4.544475 s
Average jitter       = 0.003318 s
Delay standard deviation = 0.079721 s
Bytes received       = 9162790
Average bitrate      = 1221.746058 Kbit/s
Average packet rate  = 192.523084 pkt/s
Packets dropped      = 449 (3.74 %)
-----

***** TOTAL RESULTS *****
Number of flows      = 1
Total time           = 59.998000 s
Total packets        = 11551
Minimum delay        = 4.525000 s
Maximum delay        = 6.112000 s
Average delay        = 4.544475 s
Average jitter       = 0.003318 s
Delay standard deviation = 0.079721 s
Bytes received       = 9162790
Average bitrate      = 1221.746058 Kbit/s
Average packet rate  = 192.523084 pkt/s
Packets dropped      = 449 (3.74 %)
Error lines          = 0
-----

C:\ND-ITG-2.6.1d-WINbinaryIPo6>

```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 7. Ejemplo de la Interfaz del DITG.

```

G80Term
File Configuration Control signals View

(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0

Class-map: TraficoIpv6 (match-any)
 11988 packets, 10062084 bytes
 5 minute offered rate 256000 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group name Trafico
 11988 packets, 10062084 bytes

 5 minute rate 256000 bps
 QoS Set
 dscp af21
  Packets marked 11988
 Queueing
 Output Queue: Conversation 266
 Bandwidth 10 (%)
 Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)

 (pkts matched/bytes matched) 11988/10062084
 (depth/total drops/no-buffer drops) 0/241/0

Class-map: ICMPIpv6 (match-any)
 0 packets, 0 bytes
 5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group name ICMP

```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 8. Ejemplo de la Interfaz del Enrutador.

Resultados y discusión

A continuación se describen y analizan los resultados obtenidos a partir de los ambientes y las pruebas descritas en el capítulo anterior:

Condiciones de la red en IPv4/IPv6 sin QoS

En estas pruebas se enviaron los cuatro (4) tipos de parámetros de prueba de tráfico, y no existía ningún control sobre el ancho de banda de la red. Los resultados se presentan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de IPv4 e IPv6 sin calidad de servicio

Fuente: Acurero (2009).

En el ambiente donde sólo se envió un tipo de tráfico (Tipo A), se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 50 paquetes (un 0.43%) más que IPv4, perdiendo un 10,91% menos que IPv4, pero IPv6 tuvo una latencia mayor a la de IPv4 (5,9%) y, aunque obtuvo un jitter más alto y un bitrate más bajo que IPv4, la diferencia entre ambos en esos parámetros de medición son prácticamente despreciables (un 0,07% de diferencia). En líneas generales, ambos protocolos se comportaron bastante parecidos.

En el ambiente Tipo B, en donde se envió el tráfico DITG y tráfico ICMP, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 36 paquetes (un 0.03%) más que IPv4, perdiendo un 9,35% menos que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (6,47%) y jitter (15,19%) menores a los obtenidos por IPv4 y, aunque tuvo un bitrate más alto que IPv4, la diferencia entre ambos en esos parámetros de medición son prácticamente despreciables

(un 0,02% de diferencia). En líneas generales, IPv6 fue superior a IPv4 en todos los parámetros medidos.

En el ambiente Tipo C, en donde se envió el tráfico DITG y tráfico de video, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 271 paquetes (un 3.02%) menos que IPv4, perdiendo un 8,37% más que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (6,79%) y jitter (73,67%) mayores a los obtenidos por IPv4 y, tuvo un bitrate 4,27% menor al de IPv4. En líneas generales, en este ambiente IPv4 siempre fue superior a IPv6 en todos los parámetros medidos.

En el último ambiente (Tipo D), en donde se enviaron los 3 tipos de tráfico definidos, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 578 paquetes (un 6.44%) menos que IPv4, perdiendo un 13,43% mas que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (6,79%) y jitter (73,81%) mayores a los obtenidos por IPv4 y, tuvo un bitrate 6,26% menor al de IPv4. En líneas generales, en este ambiente IPv4 siempre fue superior a IPv6 en todos los parámetros medidos.

Como conclusión de los tipos de prueba realizados en un ambiente sin QoS, se destacan los siguientes lineamientos:

- A medida que fue creciendo el tráfico, el rendimiento de IPv6 se fue degradando.
- La latencia siempre fue menor en IPv4 que en IPv6 salvo en el tipo B.
- El Jitter siempre fue menor en IPv4 que en IPv6 salvo en el tipo B.
- El bitrate siempre fue apreciablemente mejor en los tipos C y D para IPv4 con respecto a IPv6, mientras que en los tipos A y B no son significativas estas diferencias

Condiciones de la red en IPv4/IPv6, con calidad de servicio de un 55 % DITG, 10 % Video y 10 % ICMP

Estas pruebas se realizaron tomando en cuenta los cuatro parámetros de prueba de tráfico y una QoS aplicada en el enrutador de un 55 % de ancho de banda para el tráfico generado por DITG, y 10 % para cada uno de los otros tipos de tráficos. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2. Comportamiento de IPv4 e IPv6 con calidad de servicio
DITG (55%), Video (10%) e ICMP (10%)

Fuente: Acuroero (2009).

En el ambiente Tipo A, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 35 paquetes (un 0.3%) más que IPv4, perdiendo 8,66% menos paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (27,43%) y jitter (6,73%) más bajos que en IPv4. También tuvo un bitrate más alto que IPv4, aunque la diferencia se considera significativa (un 0,16% de diferencia). En líneas generales, IPv6 se comportó mejor que IPv4.

En el ambiente Tipo B, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 92 paquetes (un 0.79%) más que IPv4, perdiendo un 22,46% menos paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia y jitter más bajos que en IPv4 (25,52% y 7,6% menor, respectivamente). También, IPv6 obtuvo un bitrate más alto que IPv4 (0,52% de diferencia). En líneas generales IPv6 fue superior que IPv4 en todos los aspectos evaluados.

En el ambiente Tipo C, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 18 paquetes (un 0,16%) más que IPv4, perdiendo un 2,4% menos paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (17,51% superior) y jitter (38,52% superior) más altos que en IPv4. También tuvo un bitrate más bajo que IPv4 (0,37% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6, porque a pesar de haber perdido 18 paquetes más que IPv6, los paquetes llegaron antes a su destino, con un jitter menor.

En el ambiente Tipo D, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 27 paquetes (un 0,24%) más que IPv4, perdiendo un

3,33% menos paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia más alta que IPv4 (28,86% y 66,04% superior, respectivamente). También IPv6 obtuvo un bitrate más bajo que IPv4 (0,37% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6, porque a pesar de haber perdido 27 paquetes más que IPv6, los paquetes llegaron antes a su destino, es decir, con un jitter mucho menor.

Como elemento adicional para el análisis se presentan, en las figuras 9 y 10 los paquetes perdidos en el ambiente Tipo D mostrados por el enrutador.

```

Class-map: VideoIPv4 (match-any)
 7946 packets, 10189125 bytes
 5 minute offered rate 209000 bps, drop rate 89000 bps
 Match: access-group 114
   7946 packets, 10189125 bytes
   5 minute rate 209000 bps
 Queuing
  Output Queue: Conversation 265
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 7501/9589265
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/3677/0
 QoS Set
  dscp ef
   Packets marked 7946

Class-map: TraficoIPv4 (match-any)
 11962 packets, 9902202 bytes
 5 minute offered rate 202000 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group 106
   11962 packets, 9902202 bytes
   5 minute rate 202000 bps

 Queuing
  Output Queue: Conversation 266
  Bandwidth 55 (%)
  Bandwidth 849 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 11958/9898292
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/240/0
 QoS Set
  dscp af21
   Packets marked 11962

lass-map: ICMPIPv4 (match-any)
 66 packets, 10560 bytes
 5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group 101
   66 packets, 10560 bytes
   5 minute rate 0 bps
 Queuing
  Output Queue: Conversation 267
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 61/9760

```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 9. Resultados arrojados por el enrutador de las clases creadas cuando la prueba era tipo D bajo ambiente IPv4.


```
Class-map: VideoIpv6 (match-any)
  7712 packets, 9864576 bytes
  5 minute offered rate 180000 bps, drop rate 86000 bps
Match: access-group name Video
  7712 packets, 9864576 bytes
  5 minute rate 180000 bps
QoS Set
  dscp ef
  Packets marked 7712
Queueing
  Output Queue: Conversation 265
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 7712/9864576
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/3880/0

Class-map: TraficoIpv6 (match-any)
  11984 packets, 10067744 bytes
  5 minute offered rate 184000 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name Trafico
  11984 packets, 10067744 bytes

  5 minute rate 184000 bps
QoS Set
  dscp af21
  Packets marked 11984
Queueing
  Output Queue: Conversation 266
  Bandwidth 55 (%)
  Bandwidth 849 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 11984/10067744
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/233/0

Class-map: ICMPIpv6 (match-any)
  58 packets, 10440 bytes

  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name ICMP
  58 packets, 10440 bytes
  5 minute rate 0 bps
Queueing
  Output Queue: Conversation 267

  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 58/10440

  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 10. Resultados arrojados por el enrutador de las clases creadas cuando la prueba era tipo D bajo ambiente IPv6.

Con respecto a los paquetes marcados y perdidos pasados por el enrutador, se observa que el tráfico de video fue marcado 7946 veces en IPv4 y 7712 veces en IPv6, de los cuales se perdieron 3677 (46,27%) para IPv4 y 3880 (50,31 %) para IPv6. El tráfico DITG fue marcado 11962 veces en IPv4 y 11984 veces en IPv6, de los cuales se perdieron 240 (0,02%) para IPv4 y 233 (0,02%) para IPv6. El tráfico ICMP fue marcado 66 veces en IPv4 y 58 veces en IPv6, de los cuales no se perdió ningún paquete en

ambos casos. Esta tendencia indica que los tráficos ICMP y DITG se comportaron parecidos, y tuvieron un desempeño ligeramente superior para IPv4 en la clase de video.

De los tipos de prueba realizados con QoS, aplicando una prioridad de ancho de banda de 55% para DITG, 10% para el tráfico de Video y 10% para el tráfico ICMP, se derivan los siguientes lineamientos:

- IPv6 recibió más paquetes que IPv4 en todos los casos estudiados, aunque sus diferencias no son significativas.
- Hay resultados divididos en cuanto a la latencia y al jitter: En los ambientes A y B fueron menores en IPv6, pero en los C y D (tiempo real) los menores fueron para IPv4.
- Con el bitrate pasa algo similar que con la latencia y el jitter: En los ambientes A y B, el bitrate fue mayor en IPv6, pero en los ambientes C y D (tiempo real) el mejor fue IPv4, aunque en ninguno de los casos la diferencia fue significativa.

Condiciones de la red en IPv4/IPv6, con calidad de servicio de un 10 % DITG, 55% Video y, 10 % ICMP

Estas pruebas se realizaron tomando en cuenta los cuatro parámetros de prueba de tráfico y una QoS aplicada en el enrutador de un 55 % de ancho de banda para el tráfico de video, y 10 % para cada uno de los otros tipos de tráficos. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Comportamiento de IP4 e IPV6 con calidad de servicio DITG (10%), Video (55%) e ICMP (10%)

En el ambiente Tipo A, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 14 paquetes (un 0.08%) más que IPv4, perdiendo un 3,38% menos paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (24,42% superior) y jitter (26,15% superior) más altos que en IPv4. IPv6 tuvo un bitrate más bajo que IPv4 (0,49% de diferencia). En términos generales, se comportó mejor IPv4 que IPv6, porque aunque hayan llegado más paquetes con IPv6, el bitrate, la latencia y el jitter fueron mejores para IPv4.

En el ambiente Tipo B, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 10 paquetes (un 0.09%) más que IPv4, perdiendo un 5.08% menos paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (22% superior) y jitter (2,72% superior) más altos que en IPv4. IPv6 obtuvo un bitrate más bajo que IPv4 (0,49% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6, debido a que el bitrate, la latencia y el jitter fueron mejores para IPv4.

En el ambiente Tipo C, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 309 paquetes (un 5.18%) menos que IPv4, perdiendo un 4.89% más paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (23,65% superior) y jitter (2,34% superior) más altos que en IPv4. IPv6 tuvo un bitrate más bajo que IPv4 (2,99% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6 en todos los aspectos evaluados

En el ambiente Tipo D, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 370 paquetes (un 6.25%) menos que IPv4, perdiendo un 5.74% mas paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (23,03% superior) y jitter (4,56% superior) más altos que en IPv4. IPv6 tuvo un bitrate más bajo que IPv4 (4,88% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6 en todos los aspectos evaluados

Como referencia adicional para el análisis, se presentan en las figuras 11 y 12 los paquetes perdidos en el ambiente Tipo D mostrados por el enrutador.

Con respecto a los paquetes marcados y perdidos pasados por el enrutador, se observa que el tráfico de video fue marcado 7653 veces en IPv4 y 7883 veces en IPv6, y donde no hubo pérdida paquetes en ninguno de los casos. El tráfico DITG fue marcado 11946 veces en IPv4 y 11976 veces en IPv6, de los cuales se perdieron 5915 (49.51%) para IPv4 y 6400 (53.44%) para IPv6. El tráfico ICMP fue marcado 63 veces en IPv4 y 55 ve-

```

Class-map: VideoIpv4 (match-any)
 7653 packets, 9855750 bytes
 5 minute offered rate 138000 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group 114
   7653 packets, 9855750 bytes
   5 minute rate 138000 bps

QoS Set
 dscp ef

  Packets marked 7653
Queueing
 Output Queue: Conversation 265

  Bandwidth 55 (%)
  Bandwidth 849 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 7419/9540318
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/97/0

Class-map: TraficoIpv4 (match-any)
11946 packets, 9859736 bytes

 5 minute offered rate 139000 bps, drop rate 60000 bps
 Match: access-group 106

 11946 packets, 9859736 bytes
 5 minute rate 139000 bps

  QoS Set
   dscp af21
   Packets marked 11946
Queueing
 Output Queue: Conversation 266

  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 11943/9856460
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/5915/0

Class-map: ICMPIpv4 (match-any)
 63 packets, 10080 bytes
 5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group 101
   63 packets, 10080 bytes
   5 minute rate 0 bps

Queueing
 Output Queue: Conversation 267

  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 61/9760

```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 11. Resultados arrojados por el enrutador de las clases creadas cuando la prueba era tipo D bajo ambiente IPv4.

ces en IPv6, no perdiéndose ningún paquete en ambos casos. Esta tendencia indica que los tráficos ICMP y Video se comportaron de manera similar, con un desempeño ligeramente superior para IPv4 en la clase de tráfico DITG.

Luego de realizadas las pruebas con QoS, aplicando una prioridad de ancho de banda de 55% para Video, 10% para el tráfico de DITG y 10% para el tráfico ICMP, se derivan los siguientes lineamientos:

```
Class-map: VideoIpv6 (match-any)
  7883 packets, 10092830 bytes
  5 minute offered rate 188000 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name Video
  7883 packets, 10092830 bytes
  5 minute rate 188000 bps
QoS Set
  dscp ef
  Packets marked 7883

Queueing
  Output Queue: Conversation 265
  Bandwidth 55 (%)
  Bandwidth 849 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 7883/10092830
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/131/0

Class-map: TraficoIpv6 (match-any)
  11976 packets, 10062147 bytes
  5 minute offered rate 188000 bps, drop rate 100000 bps
Match: access-group name Trafico
  11976 packets, 10062147 bytes
  5 minute rate 188000 bps
QoS Set
  dscp af21
  Packets marked 11976
Queueing
  Output Queue: Conversation 266
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 11976/10062147
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/6400/0

Class-map: ICMPIpv6 (match-any)
  55 packets, 9900 bytes
  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name ICMP
  55 packets, 9900 bytes
  5 minute rate 0 bps
Queueing
  Output Queue: Conversation 267
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 55/9900
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0

Class-map: class-default (match-any)
  46 packets, 3500 bytes
```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 12. Resultados arrojados por el enrutador de las clases creadas cuando la prueba era tipo D bajo ambiente IPv6.

- A medida que fue creciendo el tráfico, el rendimiento de IPv6 se fue degradando.
- La latencia siempre fue menor en IPv4 que en IPv6.
- El Jitter siempre fue menor en IPv4 que en IPv6.
- El bitrate fue siempre superior en IPv4 que en IPv6, con mayor diferencia en los ambientes tipo C y D, y no significativo en los ambientes A y B.

Condiciones de la red en IPv4/IPv6, con calidad de servicio de un 10 % DITG, 10% Video e, 55 % ICMP

Estas pruebas se realizaron tomando en cuenta los cuatro parámetros de prueba de tráfico y una QoS aplicada en el enrutador de un 55 % de ancho de banda para el tráfico de ICMP, y 10 % para cada uno de los otros tipos de tráficos. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4. Comportamiento de IPv4 e IPv6 con calidad de servicio DITG (10%), Video (10%) e ICMP (55%)

Fuente: Acurero (2009).

En el ambiente Tipo A, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 12 paquetes (un 0.1%) menos que IPv4, perdiendo un 2,85% más paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (23,30% superior) y jitter (1,52% superior) más altos que en IPv4. IPv6 generó un bitrate más bajo que IPv4 (un 0,73% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6 en todos los eventos estudiados.

En el ambiente Tipo B, se pueden apreciar los siguientes resultados: IPv6 recibió 41 paquetes (un 0.35%) menos que IPv4, perdiendo un 8.97% más paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (4,4% inferior) y jitter (9,74% inferior) más bajos que en IPv4. IPv6 tuvo un bitrate más alto que IPv4 (0,36% de diferencia). En líneas generales, se comportó IPv6 mejor que IPv4, debido a que el bitrate, la latencia y el jitter fueron mejores para IPv6.

En el ambiente Tipo C, se pueden apreciar las siguientes características: IPv6 recibió 208 paquetes (un 2.45%) menos que IPv4, perdiendo un 5.67% más paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (6,84% superior) y jitter (43,68% superior) más altos que en IPv4. IPv6 tuvo un bitrate más bajo que IPv4 (1,56% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6 en todos los aspectos evaluados

En el ambiente Tipo D, se pueden apreciar los siguientes resultados: IPv6 recibió 98 paquetes (un 1.17%) menos que IPv4, perdiendo un 2.65% más paquetes que IPv4. IPv6 tuvo una latencia (7,02% superior) y jitter (39,35% superior) más altos que en IPv4. IPv6 tuvo un bitrate más bajo que IPv4 (1,38% de diferencia). En líneas generales, IPv4 se comportó mejor que IPv6 en todos los aspectos evaluados.

Como consideración adicional para el análisis se presentan, en las figuras 13 y 14 los paquetes perdidos en el ambiente Tipo D mostrados por el enrutador.

Con respecto a los paquetes marcados y perdidos pasados por el enrutador, se observa que el tráfico de video fue marcado 7905 veces en IPv4 y 7778 veces en IPv6, de los cuales se perdieron 1884 (23.83%) en IPv4 y 1845 (23,72%) en IPv6. El tráfico DITG fue marcado 11915 veces en IPv4 y 11919 veces en IPv6, de los cuales se perdieron 3297 (27,67%) para IPv4 y 3470 (29.11%) para IPv6, respectivamente. El tráfico ICMP fue marcado 64 veces en IPv4 y 60 veces en IPv6, donde no se perdieron paquetes en ninguno de los casos. Esta tendencia indica que los 3 tráficos se comportaron parecidos, sin diferencias significativas.

Luego de realizadas las pruebas con QoS, aplicando una prioridad de ancho de banda de 55% para ICMP, 10% para el tráfico de DITG y 10% para el tráfico Video, se derivan los siguientes lineamientos:

- IPv4 recibió siempre más paquetes que IPv6
- La latencia siempre fue menor en IPv4 que en IPv6, salvo en el ambiente B.
- El Jitter siempre fue menor en IPv4 que en IPv6, salvo en el ambiente B.
- El bitrate fue siempre superior en IPv4 que en IPv6, salvo en el ambiente B.

```

Class-map: VideoIpv4 (match-any)
 7905 packets, 10190568 bytes
 5 minute offered rate 434000 bps, drop rate 84000 bps
Match: access-group 114
 7905 packets, 10190568 bytes
 5 minute rate 434000 bps
QoS Set
 dscp ef
  Packets marked 7905
Queueing
 Output Queue: Conversation 265
  Bandwidth 10 (%)

  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 7580/9753749
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/1884/0

Class-map: TraficoIpv4 (match-any)
11915 packets, 9841139 bytes

 5 minute offered rate 372000 bps, drop rate 94000 bps
Match: access-group 106

 11915 packets, 9841139 bytes
 5 minute rate 372000 bps

QoS Set
 dscp af21
  Packets marked 11915
Queueing
 Output Queue: Conversation 266
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 11887/9816781
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/3297/0

Class-map: ICMPIpv4 (match-any)
 64 packets, 10240 bytes
 5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group 101
 64 packets, 10240 bytes
 5 minute rate 0 bps
Queueing
 Output Queue: Conversation 267

  Bandwidth 55 (%)
  Bandwidth 849 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 60/9600
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0

```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 13. Resultados arrojados por el enrutador de las clases creadas cuando la prueba era tipo D bajo ambiente IPv4.

En líneas generales, para estas pruebas, se evidencia que IPv4 tuvo un mejor comportamiento que IPv6, aún cuando las diferencias no fueron significativas. Asimismo, la relación entre los cuatro indicadores medidos no muestra tendencias con comportamiento anormales. Es decir, se demuestra que mientras mayor es la latencia, el jitter, y el número de paquetes perdidos, menor es el bitrate (situación mayormente notable con la transmisión de video o congestión); tal y como lo especifica García


```
Class-map: VideoIpv6 (match-any)
  7778 packets, 9976449 bytes
  5 minute offered rate 235000 bps, drop rate 46000 bps
Match: access-group name Video
  7778 packets, 9976449 bytes
  5 minute rate 235000 bps
QoS Set
  dscp ef
  Packets marked 7778
Queueing
  Output Queue: Conversation 265
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 7778/9976449
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/1845/0

Class-map: TraficoIpv6 (match-any)
  11919 packets, 10054114 bytes
  5 minute offered rate 235000 bps, drop rate 58000 bps
Match: access-group name Trafico
  11919 packets, 10054114 bytes

  5 minute rate 235000 bps
QoS Set
  dscp af21
  Packets marked 11919
Queueing
  Output Queue: Conversation 266
  Bandwidth 10 (%)
  Bandwidth 154 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 11919/10054114
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/3470/0

Class-map: ICMPIpv6 (match-any)
  60 packets, 10800 bytes
  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name ICMP
  60 packets, 10800 bytes
  5 minute rate 0 bps

Queueing
  Output Queue: Conversation 267
  Bandwidth 55 (%)
  Bandwidth 849 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 60/10800
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
```

Fuente: Acurero (2009).

Figura 14. Resultados arrojados por el enrutador de las clases creadas cuando la prueba era tipo D bajo ambiente IPV6.

(2002), cuando describe que al ir aumentando la congestión de una red, se activan mecanismos de anticongestión que generan disminución en el bitrate.

En el mismo orden de ideas, se comprueba que “a medida que aumenta el tráfico de la red, aumentará la latencia, una red que opere cercano al 100% de su capacidad experimentará una latencia severa” (Comer, 2001).

Con respecto al número de paquetes perdidos, y debido a que las transmisiones realizadas estuvieron basadas en el protocolo UDP, el cual no está orientado a conexión, la pérdida de paquetes se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor, permitiendo una degradación de la comunicación (menor bitrate) ya que supera en todos los casos el 1% (Cisco, 2007).

Por otra parte, en vista de que se enviaron tamaños de paquetes aleatorios, la disminución del bitrate y el aumento de la latencia, hizo más notable la diferencia entre IPv4 e IPv6, debido a la diferencia de 20 bytes en el tamaño de la cabecera: 20 bytes en IPv4 y 40 bytes en IPv6 (Martínez, 2007). Además, dichos retardos son provocados como ya se mencionó, con flujo variable de tamaño de paquetes (pequeños, medianos y grandes), evidenciándose aún más, cuando el porcentaje de utilización de la red era cercano al 100%, y donde los paquetes fueron descartados por la falta de espacio en los búfferes (UniNet, 2007). Cabe destacar que el tamaño de los paquetes usados para transportar el flujo de video en IPv4 medían 1358 bytes y en IPv6 1378 bytes. Igualmente, en IPv6 el protocolo ICMPv6 enviaba mensajes de 149 bytes por segundo, mientras que en IPv4 los mensajes del ICMPv4 eran de 170 bytes, lo cual se constituye en una razón por la que IPv6 se comportó mejor, principalmente con Tipo B (DITG e ICMP).

Por último, es importante resaltar que las mediciones realizadas tomando en cuenta el tipo de estructura implementada en la calidad de servicio (Servicios Diferenciados), concuerda con lo propuesto por García M y otros (2003), donde se demuestra que el rendimiento puede mejorar sustancialmente, según la prioridad que se le da al tráfico y al aislar las diferentes clases, con lo que se da un manejo más eficiente al servicio móvil.

Conclusiones y trabajo futuro

Se puede concluir que para ambientes de tráfico elevado (requerimientos de tiempo real), IPv4 tiende a comportarse mejor (aunque no de manera significativa) que IPv6. Cuando se establecen políticas de calidad de servicio donde la mayor prioridad es para tráficos bajos, IPv6 tiende a comportarse mejor que IPv4 (no significativo). La utilización de IPv6 in-

fluye favorablemente cuando se aplica en ambiente con QoS, ya que se pudo apreciar que bajo las pruebas sin QoS, IPv6 desmejora más que IPv4 en tráficos altos, pero al aplicar políticas y clases de tráficos (QoS) la diferencia entre el comportamiento de ambos protocolo disminuye un poco, contribuyendo a que la diferencia no se haga significativa.

Por otra parte, la utilización del protocolo IPv6 en ambientes de producción con QoS similares a los usados en esta investigación, no influye significativamente en el desempeño de la red. El uso de enlaces netamente inalámbricos en los extremos de una WAN, tiende a provocar que la pérdida de paquetes sea mayor, independientemente del protocolo que use.

Se sugiere implementar otros tipos de QoS, tal como la utilización de la estructura de servicios integrados, o continuar indagando en la manera de clasificar diferentes tipos de tráficos, utilizando otras estrategias como NBAR o la utilización de otros parámetros que permitan aplicar prioridades a los distintos tráficos. Asimismo, se debe incrementar el número de clientes inalámbricos y enrutadores del core para investigaciones con topologías similares para medir sus efectos, además de implementar nuevos estándares inalámbricos en investigaciones sobre QoS.

Referencias bibliográficas

- ADSL Zone (2004). Portal y Foro sobre ADSL ADSL2, Redes WLAN (Wireless LAN). [En línea]. Dirección URL: <http://www.adslzone.net/>.
- Álvarez S (2005). Estudio y configuración de calidad de servicio para protocolos IPv4 e IPv6 en una red de fibra óptica WDM. Universidad Politécnica Federico Santa María, Chile. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v13n3/art15.pdf>.
- ATICA: Preguntas de uso frecuente, (2007), [En línea]. Dirección URL: <http://www.um.es/atica/icarum/informacion>.
- Bisquerra, R. (2000). **Manual de orientación y tutoría**. Barcelona: Praxis. p. 271-293.
- Cisco (2007). Cisco Networking Academy. [En línea]. Disponible en: <http://cisco.netacad.net/cnams/course/CourseMaterial.jsp?>
- CODAREC (2005). Departamento de Electrónica, UTN-FRM, Grupo de Investigación y Desarrollo. Mendoza, Argentina (2005), [En Línea]: <http://elserver.forknet-ar.org/harpo/codarec/cidi-2005//IPv6-codarec-cidi-2005.doc>.
- Comer D (2001). **Computer Networks and Internets with Internet**. 3era edición. Prentice Hall. pp-240-244.

- Espina L (2007). Transmisión en redes ethernet bajo condiciones de interferencias generadas por campos electromagnéticos radiados. Proyecto de trabajo presentado como requisito para optar al título de Licenciado en Computación, Universidad del Zulia, Venezuela.
- García J (2002). **Redes de Comunicación: conceptos fundamentales y arquitecturas**. Madrid: MC Graw Hill-Madrid (p. 443).
- García M, J. A, Rousseau, F., Berger-Sabbatel, G., Toumi, L., and Duda, A. (2003). Quality of service and mobility for the wireless internet. *Wirel. Netw.* 9, 4 (Jul. 2003), 341-352. DOI= <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023647311052>.
- IPv6 Forum (Mayo, 2007). The new Internet, [En Línea]. Dirección URL: <http://www.IPv6forum.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid>
- Martínez P. J. (2007). Documento electrónico: Tutorial de IPv6, [En Línea]. <http://www.consulintel.es/Html/ForoIPv6/Documentos/Tutorial%20de%20IPv6.pdf>
- Massart D.L., B.M.G. Vandeginste, L.M.C. Buydens, S. de Jong, P.J. Lewi, J. Smeyers-Verbeke (1997). **Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A**. Amsterdam: Elsevier.
- RAU (2005). Internet Protocol versión 6: IPv6. Red Académica Uruguay. Noviembre 2005. [En línea], <http://www.rau.edu.uy/IPv6/queesIPv6.htm#03>.
- Sendazo C (2002). QoS y mecanismos de transición IPv4/IPv6. Área de Ingeniería Telemática Universidad CARLOS III de Madrid. Disponible en: http://www.it.uc3m.es/~fvalera/int_red/trabajos/.
- UniNet (2007). Metodología para la Medición de Latencia y Pérdida en la Red IP. En línea: http://200.33.150.85:8080/idx_metodologia.php.