Contribución para QoS en Redes Metropolitanas Ethernet

QoS Contribution in Metropolitan Ethernet Networks

Recibido 29 de Septiembre de 2006, aprobado 22 de junio de 2007.

Omar Álvarez

MSc. Estudiante doctoral, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Habana, Cuba. Profesor investigador, Facultad de Telemática, Universidad de Colima. Colima, México.

xe1aom@ucol.mx ✉

Margarita Mayoral

MSc. Profesor investigador, Facultad de Telemática, Universidad de Colima. Colima, México.

Carmen Moliner

MSc. Phd. Profesora titular, Departamento de Telemática, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba.

PALABRAS CLAVES

Retardo, MPLS, DiffServ, Ethernet, OPNET®, calidad de servicio.

KEY WORDS

Delay, MPLS, DiffServ, Ethernet, OPNET®, quality of service.

RESUMEN

Los sistemas de control de acceso (ACS) permiten apoyar las soluciones actuales de Calidad de Servicio. Éstos consideran entre sus variables el retardo, variación de retardo, pérdida de paquetes o una combinación para asegurar los requerimientos de calidad de servicio para sesiones de voz y video. Proponemos un ACS basado en la pérdida de paquetes de prueba extremo a extremo para la decisión de aceptar nuevas sesiones. La red de transporte será la familia Ethernet, la cual ha incursionado de manera importante en los ámbitos metropolitanos (802.3ae). El presente trabajo muestra la interoperatividad y ventajas de ME-ACS con MPLS.

ABSTRACT

The access control systems (ACS) are useful to improve the Quality of Service solutions. These systems are generally based on delay, jitter or packet loss, employing more of these criteria to maintain the required quality of service requiring for voice or video sessions. We propose an ACS that employs packet loss between probes that send an end-to-end test stream before accepting additional sessions. We used Ethernet as our transport network because the 803.3ae is widely used in metropolitan area networks. This paper presents how the ACS will interoperate with MPLS and describe the improvements related to its use in a metropolitan Ethernet network.

INTRODUCCIÓN

Los usuarios de Internet demandan nuevos servicios con requerimientos estrictos de Calidad de Servicio (QoS) para aplicaciones en tiempo real. Esto se debe a por la existencia de servicios de comunicaciones donde la QoS debe ser alta y previsible, comparada por la ofrecida en las redes de alto rendimiento [1]. Una sesión de estos servicios no es aceptable si la calidad es menor a la establecida por sus límites de desempeño [2]. Por mencionar un caso en concreto, el atraso de 150 mseg en las conversaciones de voz no es notable comparado con un retardo de 450 mseg, el cual para la percepción humana ya es molesto y poco útil (ITU-T Rec. G.114) [3].

Con la finalidad de garantizar QoS en las aplicaciones de voz y video, la primera solución a pensar sería incrementar el ancho de banda de nuestros enlaces [4]. La aprobación de 10 Gigabit Ethernet (802.3ae) viene a resolver el problema de más ancho de banda y brinda la posibilidad de contar con una red metropolitana capaz de soportar hasta 10 Gbps. Si a ello integramos las soluciones de QoS existentes, se podría llegar a satisfacer las necesidades requeridas por los servicios de voz y video para obtener la deseada convergencia de servicios basados en IP (Internet Protocol).

Considerando las necesidades de calidad de servicio, las tecnologías de transporte Ethernet y las soluciones de QoS, se describe un Esquema de Control de Acceso en Redes Metropolitanas Ethernet (ME-ACS) apoyado por la funciones de MPLS (Multiprotocol Label Switching). La intención es proporcionar una solución para ser analizada, simulada y comparada en el modelador de redes OPNET®; el objetivo es aportar una nueva solución viable a ser utilizada en las redes Metropolitanas Ethernet .

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

Se han desarrollado algoritmos para otorgar QoS en redes IP como Servicios Integrados (IntServ), Servicios Diferenciados (DiffServ) y MPLS. Estos últimos ofrecen características importantes para el aseguramiento de garantías de calidad de servicio en aplicaciones de voz y video primordialmente [5].

Con la finalidad de caracterizar QoS, numerosas iniciativas como IPPM (IP Performance Metrics) [6] definen un conjunto estandarizado de métricas que pueden ser aplicadas para lograr este objetivo, considerando el desempeño y la confiabilidad de los datos que transitan a través de una red IP. La definición de métricas aceptadas como estándares de Internet (Request For Comments, RFC) por la anteriores iniciativas son: conectividad [RFC 2330], retardo y pérdida unidireccional (one-way) [RFC 2679, 3357, 2680, 3763], retardo y pérdida de vuelta completa (round-trip) [RFC 2861], variación del retardo [RFC 3393], patrones de pérdidas de paquetes [RFC 3357], reordenamiento [RFC 4737], capacidad de transporte ante cargas altas de tráfico [RFC 3148] y capacidad del ancho de banda del enlace [7].

Para el esquema ME-ACS propuesto, consideramos el parámetro de retardo como objeto de estudio para fuentes de tráfico de voz y video que se indican en la Tabla 1.

VIDEOCONFERENCIA	
Número de cuadros	30 frames/sec
Tamaño del cuadro	128x250 pixels
Tipo de servicio	Flujo multimedia
Tipo de tráfico	Discreto
VOZ SOBRE IP (CALIDAD PCM)	
Codificador	G.711
Tipo de servicio	Voz interactiva
Tipo de tráfico	Discreto
Retardo de compresión	0.02 segundos
Retardo de des-compresión	0.02 segundos

Tabla 1. Tráfico de estudio.

DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA ME-ACS

El esquema propuesto incluye un control de acceso que considera la pérdida de paquetes para obtener un rechazo anticipado para nuevas sesiones. Otra característica importante es su simplicidad, en la que la complejidad recae en los nodos finales, lo cual permite que los enrutadores realicen sus funciones normales con un mínimo de soporte para el esquema propuesto [8]. En el algoritmo ME-ACS, los nodos finales de la red son los que toman una parte activa en el proceso de admisión o rechazo de nuevas sesio-

nes; por ello es posible asegurar niveles de QoS e2e (extremo a extremo) en cualquier arquitectura de red, incluyendo Internet.

El proceso inicia con el envío de un flujo de paquetes, todos de la misma longitud, transmitidos a intervalos constantes de tiempo. La velocidad de la prueba debe ser igual a la máxima velocidad de los bits que el emisor desea utilizar en la sesión para estimar la capacidad disponible. Cada paquete de prueba incluye especificaciones de su duración y velocidad de transmisión, así como el identificador de sesión. Contiene información de la sesión como especificaciones sobre la codificación del canal y la fuente, pero no datos del usuario.

El destino cuenta los paquetes recibidos hasta que el periodo de prueba expira, como lo muestra la Figura 1. Después de eso, manda un reporte de mediciones a la fuente que consiste del número de paquetes de prueba recibidos. El reporte de mediciones es llevado con alta prioridad para asegurar que será transmitido con menos pérdida.

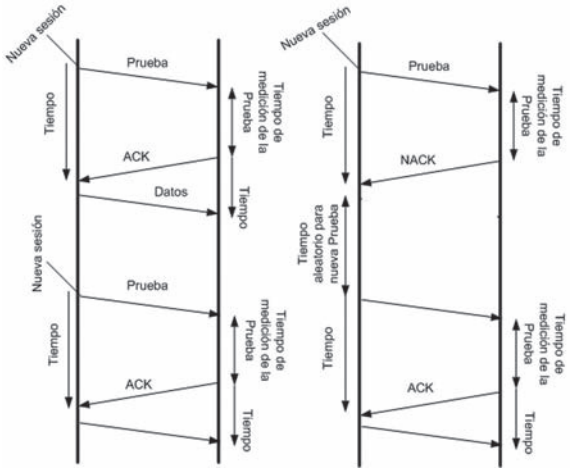

Figura 1. Establecimiento de sesiones.

De acuerdo a este reporte, el destino decide la admisión. Si la probabilidad de pérdida calculada está por debajo de un umbral deseado, el destino aceptará la sesión y la fuente comenzará a transmitir paquetes de audio o video. Se emplea una cola PQ de alta prioridad para los flujos aceptados, otra PQ (Cola de Prioridad) de baja prioridad para las pruebas y una FIFO (Primero en Entrar Primero en Salir) para las aplicaciones que dejaremos como Mejor Esfuerzo. Las pruebas son enviadas en la cola de baja prioridad para evitar obstruir los flujos aceptados en alta prioridad [8].

El nivel de umbral seleccionado se fija de acuerdo a la clase de servicio que requiere la aplicación, manteniéndolo fijo para todos los flujos. La razón de esto obedece a que la QoS asignada a un flujo de datos va a estar en función de la carga de flujos que ya han sido aceptados. Si las pruebas no cumplen con el nivel de umbral, las nuevas sesiones no se aceptarán, lo que permite a las actuales continuar con las garantías de QoS asignadas [9]. La determinación de aceptación o rechazo se realizará considerando la ecuación empírica para la pérdida de paquetes representada por la ecuación (1). Al finalizar el procedimiento del establecimiento de sesiones, los extremos finales serán los responsables de evaluar (1) para aceptar nuevos flujos de información. El análisis matemático para determinar los valores adecuados de esta ecuación se encuentran en [10].

$$P_{me} + Z_R\sqrt{\frac{P_{me}(1-P_{me})}{n_{pr}}} \leq T_b * n_{pr} \text{ para } T_b * n_{pr} > 10 \quad (1)$$

donde:

P_{me} es la probabilidad de aceptación.

Z_R es $(1-\frac{R}{2})$, equivalente a un percentil de la distribución normal con nivel de certeza R.

n_{pr} = número de paquetes de prueba enviados.

T_b = nivel de umbral deseado.

ME-ACS Y MPLS

El esquema de control de acceso basado en pruebas resulta ser una forma de asegurar la QoS ideal para los ambientes metropolitanos Ethernet. Considerando las bondades de simplicidad de la familia 802.3 y la hipótesis de no requerir de manera explícita QoS por los anchos de banda que permite 10 Gigabit Ethernet, se presenta la oportunidad de considerar un esquema

de Calidad de Servicio extremo a extremo basado en pruebas para evitar anexar complejos algoritmos que incrementen de manera significativa la variación del retardo en nuestras aplicaciones [11]. El único esfuerzo hasta la fecha para integrar un control de acceso basado en pruebas se reporta en el borrador de Internet: Framework of Priority Promotion Scheme [12]. Dicha propuesta considera la posibilidad de incluir el esquema PBAC (Probe Based Admission Control) como refuerzo al proceso de regulación del campo DSCP (DiffServ Code Point) en DiffServ.

El ME-ACS propuesto tiene un funcionamiento similar al E-LSP (Trayectoria de Conmutación de Etiquetas deducida del campo EXP) definido en el RFC 3270, y se enfoca primordialmente en privilegiar las aplicaciones sensibles a determinados valores de retardo. El resto de las aplicaciones son manejadas como Mejor Esfuerzo, de tal manera que sólo utilizaremos tres clases de servicio, equivalente a tres PHB si hacemos la comparación contra E-LSP. Estas clases de servicio, con su respectivo valor del campo ToS (Tipo de Servicio), serán relacionadas con las etiquetas de MPLS en la etapa del Clasificador Multicampo diseñado en OPNET® dentro de los LER (Enrutador de Etiquetas de Frontera). Con esta adecuación tendremos cuatro FEC (Clases Equivalentes de Reenvío), tres de Tráfico Controlado (video, voz y pruebas) y el último para aplicaciones consideradas Mejor Esfuerzo. Los cuatro elementos tendrán una correspondencia entre el campo ToS y EXP para recibir el tratamiento adecuado dentro del FEC una vez que ingresen al dominio MPLS.

El servicio de Tráfico Controlado será asignado a las colas PQ y el resto de las aplicaciones a un sistema FIFO. Una vez que el tráfico ingresa al dominio MPLS, los servicios de voz y video no recibirán políticas de descarte por el hecho de ser sesiones previamente aceptadas por el ACS. Para los procesos de pruebas (subcola PQ) se les asigna una prioridad de descarte baja con la finalidad de asegurar que el establecimiento de nuevas sesiones fue producto de una adecuada evaluación de (1) en el extremo final de la red. La relación de las clases de servicio empeladas para vinvular el campo ToS con el EXP de MPLS se muestran en la Tabla 2.

ME-ACS			MPLS
Aplicación	ToS	Servicio	EXP
Video	111111	Tráfico Controlado	111
Voz	111110		110
Mejor Esfuerzo	111000		100
		Mejor Esfuerzo	000

Tabla 2. Clases de Servicio empleadas.

Para la conectividad física entre las fuentes generadoras de tráfico (Tabla 1) y los LER se utilizaron enlaces de 100 Mbps. En la dorsal metropolitana se emplearon enrutadores Cisco® 7609, disponibles en el simulador de redes con enlaces Ethernet a 1 Gbps y 10 Gbps como se muestran en la Figura 3. La evaluación de (1) para determinar la aceptación de nuevas sesiones se realiza en el dispositivo estadísticas, al cual le llega el tráfico de las doce subredes generadoras de tráfico. Los escenarios simulados tuvieron una duración de 20 minutos con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

En la evaluación de (1), se realizaron varias simulaciones en MatLab® para encontrar los parámetros de certeza que nos permitan trabajar con el simulador de redes OPNET®. Primero consideramos las variaciones del tiempo de prueba y tasa de transmisión para obtener los valores P_{me} en la aceptación de las sesiones.

En todos los casos consideramos fijo el valor del intervalo de confianza a 95%, el cual equivale a un Z = 0.475 de una distribución normal. El valor $Z_R = 1.96$ se obtuvo buscando el percentil correspondiente en las tablas de probabilidad. Se consideró una tasa de transmisión a 100 Mbps para una red Ethernet. Los tamaños de los paquetes de prueba se realizaron con 34 Bytes y 64 Bytes. La duración se varió entre uno y diez segundos para una probabilidad de pérdida de paquetes de 10^{-3} y 10^{-6} (voz y video).

Con los valores alcanzados, se obtuvo que la cantidad de paquetes de prueba se comportaron de manera similar sin importar los tiempos de duración en las pruebas, para los casos de voz y video con paquetes de 34 Bytes. Sucediendo lo mismo cuando incrementamos el tamaño a 64 Bytes. Esto se debe a que en ambos casos la cantidad de paquetes no depende de

la variación de paquetes perdidos para voz y video. Los valores convenientes para nuestras sesiones y que además cumplen con (1), son aquellos donde la duración de la prueba es de un segundo con paquetes de 64 Bytes. Con estos valores, logramos una posible pérdida de paquetes de prueba de 4.6615^{-5}, lo cual generó un tráfico mínimo de 195 paquetes capaces de contener toda la información de control necesaria y campos libres para futura experimentación.

Haciendo uso de la herramienta OPNET® Modeler, se realizaron dos esquemas de simulación con enlaces Ethernet a 1 Gbps y 10 Gbps, para cada caso, se probaron soluciones MPLS-DiffServ y ME-ACS. Con la intención de encontrar beneficios del esquema propuesto, consideramos comparar el retardo en los servicios de voz y video con las especificaciones indicadas en la Tabla 1. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.

La Figura 2 muestra los valores en milisegundos obtenidos al manejar 100 fuentes de tráfico de voz y video con las características de la Tabla 1. Considerando periodos de prueba de un segundo y un tamaño de 64 Bytes logramos que la propuesta ME-ACS en videoconferencia tenga un retardo de 62.7 ms para un enlace de 1 Gbps y en el caso de la solución MPLS-DiffServ se obtuvo 80.58 ms. Utilizando conexiones 802.3ae tenemos una diferencia de 16.58 ms entre el esquema propuesto (70.49 ms) y MPLS-DiffServ (87.07 ms).

Los valores obtenidos muestran una disminución del retardo para las sesiones de video con el modelo ME-ACS, pero ambas soluciones se encuentran aún dentro de los límites de excelente desempeño para las aplicaciones de videoconferencia. Las sesiones de voz a 1 Gbps y 10 Gbps, ME-ACS presentaron una diferencia significativa a favor de 66.86 ms para el primer caso. Con enlaces 802.3ae la diferencia es de 66.72 ms, siendo 133.98 ms el retardo más alto encontrado en MPLS-DiffServ. No obstante ello, los valores resultantes aún se consideran satisfactorios; ha que recordar que el retardo adecuado para una conversación de voz es de 150 ms.

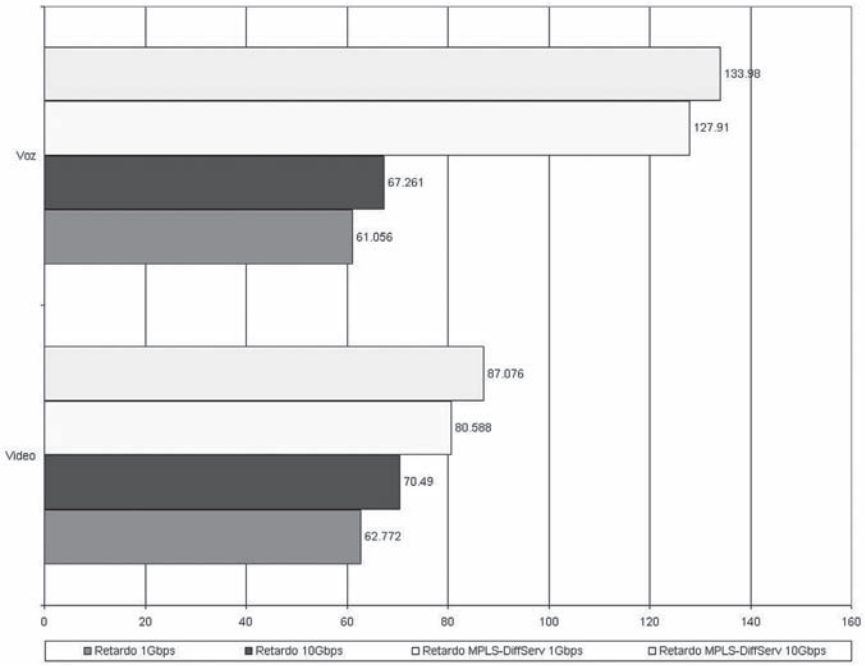

Figura 2. Retardos obtenidos

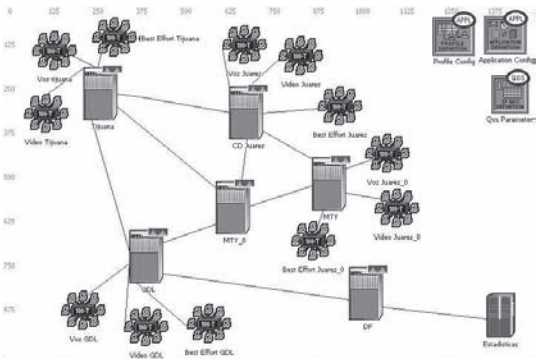

Figura 3. Red simulada

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos hasta la fecha permiten asegurar que la interoperatividad del Esquema de Control de Acceso basado en pruebas con MPLS puede lograrse mediante los FEC de los enrutadores de frontera. Para esta solución, el desarrollo mostrado tendrá la responsabilidad de limitar la pérdida de paquetes de las sesiones multimedia establecidas y por establecerse, sin adicionar una carga extra de trabajo en los enrutadores por tratarse de un algoritmo sencillo, donde la responsabilidad y decisiones de aceptación recaen en los extremos de la red.

El análisis encontrado para la ecuación de probabilidad de aceptación de nuevos flujos, permitió seleccionar los valores adecuados para ser manejados dentro de los esquemas de red programados en OPNET®.

Los retardos obtenidos para enlaces de 1 Gbps y 10 Gbps para sesiones de voz y video permiten garantizar los requerimientos de QoS extremo a extremo con valores por abajo de los ofrecidos por la solución MPLS-DiffServ. No obstante esta mejora, no se puede descartar el uso de esta solución por el esquema ME-ACS, debido a que ambos demostraron rendimiento satisfactorio para cubrir con las necesidades de los servicios multimedia que demandan los nuevos usuarios de redes, deseosos de llegar a la convergencia de redes y servicios basados en IP.

Con los avances actuales, se propone esta posible solución inicial para ser escalada de forma paulatina a redes de gran cobertura. Mientras tanto, continuaremos obteniendo más experiencia y desarrollo para en un futuro cercano incrementar los beneficios mostrados hasta la fecha.

REFERENCIAS

[1] E. Ossipov and G. Karlsson.

A simplified guaranteed service for the Internet, In Proceedings of Protocols for High-Speed Networks. Berlin, Germany, 2002.

[2] A. Gómez-Skarmeta, and O. Álvarez.

Convergencia de redes y servicios basados en IP. 3rd ed. Colima: México, 2003.

[3] Z. Wang .

Internet QoS: Architectures and Mechanisms for Quality of Service. Morgan Kaufman Publishers, 2001.

[4] O. Álvarez, J.M. Ramírez, C. Moliner, and M.G. Mayoral.

10 Gigabit Ethernet, Memorias del Congreso Nacional de Sistemas e Informática 2003. San Luis Potosí, 2003.

[5] J . Crowcroft, S. Hand, R. Mortier et al.

QoS´s Downfall: At the bottom, or not at all!. In Proceed ings of the ACM SIGCOMM, 2003.

[6] http://www.ietf.org/html.charters/ippm-charter.html, G., IP Performance Metrics, Febrero 2005.

[7] E. De la Cruz y F. Álvarez.

Evaluación de la Calidad de los Servicios en Redes E-MAN. Memoria electrónica del IEEE III Congreso Internacional en Innovación y Desarrollo Tecnológico. Cuernavaca, Morelos, 2005.

[8] I. Más, V. Fodorand and G. Karlsson.

PBAC: Probe-Based Admission Control. In Proc. of *RadioVetenskap och Kommunikation*. Stockholm, Sweden. June 2002.

[9] G. Bianchi, F. Borgonovo, A. Capone and C, Petrioli.

"Endpointadmissioncontrolwithdelayvariationmeasurements for QoS in IP networks". *Computer Communication Review of Association for Computing Machinery*, 2002.

[10] I. Más, V. Fodor and G. Karlsson.
"The Performance of Endpoint Admission Control Based on Packet Loss". QoFis, 2003.

[11] O. Álvarez, C. Moliner, M.G. Mayoral.
Retos de MPLS y DiffServ en Redes Metropolitanas Ethernet. En Memorias III Congreso Internacional de Telemática (CITEL 2004). Habana, Cuba. Noviembre 2004.

[12] N. Morita and G. Karlsson.
Framework of Priority Promotion Echeme, Internet Draft: draft-ietf-morita-pps-1.txt, October 2003.

BIBLIOGRAFÍA

R. Gutiérrez García y C. Moliner.
Soluciones para el empleo de Redes Ethernet es escenarios MAN y WAN. Tesis de Maestría, 2004.

M. Chávez López.
Análisis y Modelado de Mecanismos para la Interoperatividad entre MPLS y DiffServ. Tesis de Maestría. 2003.

I. Más Ivars.
Probe-Based Admission Control in IP Networks. Tesis doctoral, 2003.

Xiao Xipeng.
Providing Quality of Service in the Internet. Tesis doctoral, 2000.

OPNET® Modeler, www.opnet.com.