

QoS en redes de área local

Elennis Díaz Laurencio¹, Reinier Martínez Gómez², Marely del Rosario Cruz Felipe³, Pedro Manuel Puig Díaz⁴

1 Universidad de las Ciencias Informáticas, ediaz@uci.cu, Cuba, Calle 6ta, No. 4, Sagua de Tánamo, Holguín

2 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, reiniermg@uci.cu

3 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, marely@uci.cu

4 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, pmpuig@uci.cu

RESUMEN: En el presente artículo se realizará un estudio de los principales parámetros de calidad de servicios manejados en redes de área local. Se describen los estándares utilizados para la priorización de las tramas Ethernet en Redes de Área Local y muestra la utilidad del campo tipo de servicio ubicado en la cabecera del datagrama IP. Se hace referencia a los modelos para la implementación de la calidad y al análisis de los mecanismos de cola para el control de la congestión en las redes y se simula mediante el simulador OPNET IT GURU Edición Académica, el comportamiento de los mismos teniendo en cuenta los parámetros de QoS para una red en cuestión. Permite llegar a un conjunto de conclusiones sobre el empleo de la QoS en redes de área local.

Palabras Clave: Calidad de servicio, QoS, parámetros, redes de área local.

ABSTRACT: This paper will study the main quality parameters managed services in local area networks. It describes the standards used for prioritization of Ethernet frames in Local Area Networks and shows the usefulness of the service type field in the header of the IP datagram. Reference is made to the models for the implementation of quality and analysis of tail mechanisms for controlling congestion in the network and is simulated by the simulator OPNET IT Guru Academic Edition, behavior thereof taking into account the QoS parameters for a network in question. Allowing reach a set of conclusions on the use of QoS in LANs.

KeyWords: Quality of Service, QoS, parameters, local area networks.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la implementación de nuevos servicios en Redes de Área Local (*Local Area Network*, LAN) ha ganado vital importancia respondiendo a la exigencia de los usuarios y siendo posible gracias al desarrollo de las telemáticas, el cual ha sido propiciado por los avances obtenidos en el área de la informática, la electrónica y las redes de datos. En redes *Internet Protocol* (IP) convencionales todos los paquetes son tratados por los equipos de interconexión con el mismo nivel de prioridad en el proceso de encaminamiento, pero con el crecimiento de la red y la aparición de nuevos servicios ha aumentado considerablemente el tráfico que circula en el interior de la LAN, además el mismo será muy diverso y tendrá requerimientos específicos de acuerdo con los parámetros a establecer para un trato diferencial de la información correspondientes a los servicios ofrecidos; en dicho trato se tiene en cuenta que, por ejemplo, los servicios del tipo "real-time" (voz y video) que requieren una latencia mínima no se pueden tratar con la misma prioridad que el tráfico del Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP).

Para satisfacer los requerimientos de calidad se acude a la implementación de mecanismos para este fin en las principales capas del modelo *OSI* (*Open System Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos), en este sentido se pueden priorizar longitudes de onda a nivel físico, o una Red Virtual de Área Local (*Virtual Local Area Network*, VLAN) determinada en la capa de enlace, además se puede configurar los dispositivos de capa tres para el trato de las colas de paquetes, la reservación de ancho de banda y la gestión del tráfico.

De aquí la importancia de la Calidad de Servicio (*QoS, Quality of Service*) en redes en cuanto al tratamiento del tráfico generado en la misma, ya que brinda un nivel de servicio más eficiente al diferenciar el tráfico en el interior de una LAN ya sea web, correo, Voz IP o cualquier otro servicio, lo que proporciona un nivel mayor de eficiencia, para los usuarios a los cuales va dirigido [1].

La QoS se define según la Unión Internacional de Telecomunicaciones en UIT-T [E 800] como: El efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio [2].

El notable crecimiento de las redes de telecomunicaciones ha demandado cambios en la LAN, los cuales están dirigidos principalmente a la percepción por parte de los usuarios de los servicios ofrecidos y ha satisfacer las necesidades crecientes de acceder a nuevas aplicaciones, ejemplo de las cuales lo constituye la telefonía sobre IP, el video sobre IP, las video conferencias, aplicaciones de colaboración y aplicaciones en tiempo real entre otras. Estas aplicaciones requieren valores determinados de tiempo de retardo, pérdida de paquetes y ancho de banda.

2. PARAMETROS DE QOS MANEJADOS EN REDES LAN

Una red debe garantizar un nivel de QoS para un determinado tráfico que sigue un conjunto de parámetros los cuales se explicarán a continuación [3].

Latencia: Tiempo entre el envío de un mensaje por parte del equipo transmisor y la recepción del mensaje por parte del equipo receptor. Se tiene en cuenta además los retardos ocurridos durante el canal o en los dispositivos de interconexión por los cuales transita. Los factores que influyen en la latencia de una red son los siguientes: Retardo de propagación, velocidad de transmisión y el procesamiento en el equipamiento de interconexión. Esta puede variar dependiendo del volumen de otros datos en el sistema y de otras características de la carga del sistema.

Pérdida de paquetes: El porcentaje de paquetes que no llegan a su destino mide la pérdida de paquetes de la red. Esta pérdida puede producirse por errores en alguno de los equipos que permiten la conectividad de la red o por sobrepasar la capacidad de algún buffer de algún equipo o aplicación en momentos de congestión. Normalmente en aplicaciones que no funcionan en tiempo real pueden aprovecharse de la retransmisión de los paquetes, pero, por ejemplo, la telefonía IP funciona en tiempo real y sus paquetes no pueden ser retransmitidos.

Ancho de banda: Una medida de la capacidad de transmisión de datos, expresada generalmente en Kilobits por segundo (kbps) o en Megabits por segundo (Mbps). Indica la capacidad máxima teórica de una conexión, pero esta capacidad teórica se ve disminuida por factores negativos tales como el retardo de transmisión, que pueden causar un deterioro en la calidad. Aumentar el ancho de banda significa poder transmitir más datos, pero también implica un incremento económico y en ocasiones resulta imposible su ampliación sin cambiar de tecnología de red.

Estos parámetros no son los únicos mencionados en la bibliografía al tratar los términos de QoS, pero si son determinantes para analizar el comportamiento de la calidad en Redes de Área Local, en estas redes se debe de tener en cuenta la utilidad de los dispositivos de interconexión según las capas del modelo OSI y su relación con la QoS.

3. QOS EN LAS REDES DE AREA LOCAL

Los dispositivos de interconexión de redes juegan un papel fundamental en el tratamiento del tráfico que circula por la red, dichos dispositivos son enmarcados por capas según el modelo *OSI*, de ahí la importancia de abordar algunos aspectos considerables utilizados para la definición de la *QoS* en las diferentes capas de este modelo. Siendo las más importantes en redes LAN las capas de enlace y la capa de red.

3.1 QoS EN CAPA DE ENLACE.

En la capa de enlace se puede aplicar QoS en dependencia del tipo de tecnología utilizada, los tipos de capa de enlace más comunes son: Ethernet, ATM (*Asynchronous Transfer Mode*, Modo de Transferencia Asíncrona), PPP (*Point to Point Protocol*, Protocolo Punto a Punto), MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), *Frame Relay* y tecnologías inalámbricas móviles. En este sentido se abordará la configuración para redes Ethernet. En Ethernet se precisan dos mecanismos QoS que operan en la capa de enlace. El primero se realiza a través de VLANs definidas en el estándar 802.1q, en las cuales el tráfico debe ser separado, aislado y priorizado por la identificación de la VLAN. El segundo se realiza a través del estándar 802.1p, que ofrece ocho clases diferentes de servicio [4].

3.1.1 Estándar 802.1q

El estándar IEEE 802.1Q fue un proyecto del grupo de trabajo 802 de la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) para desarrollar un mecanismo que permita a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (*Trunking*).

Las VLANs permiten el agrupamiento lógico de usuarios o equipos que tengan requerimientos de QoS similares. Puede definir redes locales con computadoras ubicadas en diferentes redes locales físicas, es decir aunque estas están basadas en dos capas los usuarios que pertenecen a la misma VLAN no necesitan estar conectados físicamente a la misma subred de Ethernet, permite la separación de dominios de difusión, además usa la regla de una VLAN por subred IP, es decir, usar un enrutador para enrutar paquetes entre diferentes VLANs. En general, las VLANs permiten la separación y priorización del tráfico basándose en el *switch* port de Ethernet en particular al cual el usuario está conectado [5]. La estructura de la trama 802.1q se muestra en la figura siguiente:

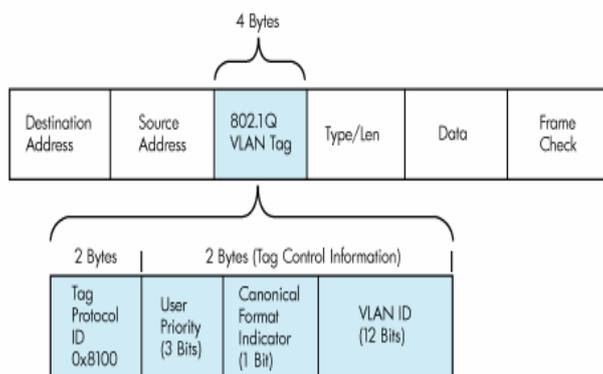


Figura.1: Formato de la trama según el estándar 802.1q.

En la figura 1 se muestra como el estándar de la IEEE 802.1q define el etiquetado para la trama Ethernet, como se observa introduce un encabezado de 4 bytes dentro del encabezado Ethernet después de la dirección MAC origen. Donde los primeros 12 bits del encabezado de etiqueta especifican el VLAN ID, permitiendo de esta manera 4095 VLANs individuales. El campo Canonical Format Indicator (CFI, Indicador de Formato Canónico) le corresponde 1 bit, este cuando está en off indica que el dispositivo debe leer la información de la trama en forma canónica (de derecha a izquierda), la razón de este bit es que 802.1q puede utilizar tramas *Token Ring* o Ethernet, un dispositivo siempre lee de forma canónica, pero los *Token Ring* no, por eso para una trama Ethernet este valor es "0". Para el campo *User Priority* se utilizan 3 Bits, y este se refiere a la prioridad de la trama por razón de calidad de servicio. Y por último el campo *Tag Protocol ID* (ID del protocolo de VLAN), a este campo se le asignan 2 bytes, especifica que es una trama etiquetada, señala el cambio en el formato de la trama.

3.1.2 Estándar 802.1p

IEEE 802.1p es un estándar que define niveles de prioridad diferentes para el campo User Priority de la figura 2. Cuando se envían los paquetes clasificados por prioridad según este estándar a la red, los dispositivos preparados para IEEE 802.1p transfieren los paquetes con mayor prioridad, además cuando se produce congestión de la red, los paquetes que se consideren de mayor prioridad recibirán un trato preferencial, mientras que los paquetes de baja prioridad se mantendrán en suspenso.

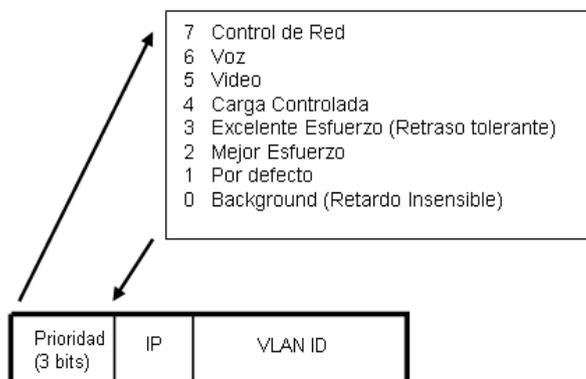


Figura.2: Primeros 2 Bytes del estándar 802.1 q.

La figura 2 muestra los primeros 2 bytes correspondiente al segmento de la trama Ethernet dedicado al estándar 802.1 q mostrado en la figura 2, el estándar 802.1 p permite asignar 8 niveles de prioridad en VLAN's, desde 0 (bajo) hasta 7 (elevado).

El etiquetado IEEE 802.1p aumenta el tamaño de los paquetes. Algunos concentradores y conmutadores no reconocen los paquetes muy grandes debido a que exceden el tamaño máximo de la trama estándar de los paquetes Ethernet y los desactivan. Es importante señalar que solo este estándar será efectivo si los dispositivos que enrutan los paquetes son compatibles con 802.1p.

Este protocolo aplica prioridad por puerto, es decir, en caso de tener que elegir que paquete se envía primero el Switch transmitirá el que tenga mayor prioridad. Esta prioridad se debe de configurar en cada puerto del Switch y aplica a cualquier paquete que provenga de ese puerto. Esto es muy conveniente cuando se tienen conectados servidores.

3.2 QoS EN CAPA DE RED

El protocolo de Internet IP original es no orientado a la conexión y ofrece servicios del mejor esfuerzo, es decir sin ninguna identificación de calidad de servicio. El servicio recibido por un usuario final depende de la carga de la red de comunicación. La administración de colas dentro de los enrutadores es esencialmente a través de FIFO (First In First Out). En relación a las herramientas para identificar el flujo de tráfico.

En esta capa se hace necesario marcar el tráfico para así diferenciar los paquetes y darle prioridad a los que lo requieran, para este propósito el datagrama IP cuenta con el campo ToS (Type of Service) el cual se muestra en la figura 3, el mismo que consta de 8 bits en la cabecera IPv4, este campo contiene, a su vez, dos informaciones: DSCP (Differentiated Services Code Point) y ECN (Explicit Congestion Notification) [4]. Los paquetes que se envían a través de la red con el mismo identificador DSCP necesitan ser tratados coherentemente por cada enrutador que conforman la red. Esta opción se visualiza en la figura 3:

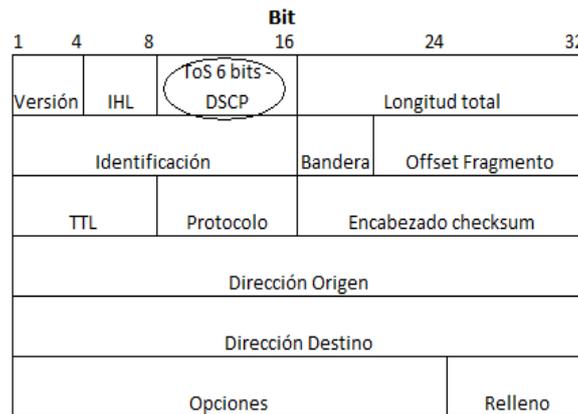


Figura.3: Cabecera de paquete IPv4 e identificador de grupo de flujos.

En el campo DSCP es posible codificar hasta $2^6 = 64$ posibles prioridades. De éstas, 32 están reservadas para usos experimentales y 32 pueden ser utilizadas, de las cuales, a su vez, 21 están estandarizadas por el IETF (Internet Engineering Task Force). Las prioridades estandarizadas se dividen en 3 grupos:

- DE (DEfault): Se asume el comportamiento por defecto, utilizando por tanto técnicas de encolamiento de “mejor esfuerzo”. El valor típico de DSCP para este tipo de tráfico es 000000.
- AF (Assured Forwarding): Estandarizado en el RFC 2597, donde se definen 4 clases de prioridades dentro de este tipo de priorización.
- EF (Expedited Forwarding): Estandarizado en el RFC 2598, establece las máximas prioridades para el tráfico marcado con este identificador. El valor típico de DSCP utilizado es 101110.

El campo ECN permite conocer el estado de congestión del destino. Es utilizado para que el destino pueda indicarle a la fuente, aún antes de perder paquetes, que existe cierto estado de congestión, de manera que la fuente pueda tomar los recaudos apropiados, por ejemplo, disminuyendo el ancho de banda utilizado. Un valor de ECN = 11 indica que existe congestión. Los valores 10 y 01 indican que no existe congestión. El valor 00 indica que el extremo distante no soporta la función de notificación de congestión.

MODELOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE QoS

Los modelos de QoS para Internet son estándares abiertos definidos por el IETF, existen dos modelos de calidad de servicio normalizados: IntServ y DiffServ. Estos dos modelos mejoran el servicio sobre las redes IP que siguen un sistema de mejor servicio o Best-Effort el cual se describe en el RFC 1812, Best-Effort presenta complicaciones para la prestación de servicios de red que requieran la transmisión de datos en tiempo real, puesto que la llegada de datos desordenados o la pérdida de información pueden ser críticas. El modelo IntServ, donde las aplicaciones cuyo tráfico requieren tratamiento diferencial señalizan la red para requerir y garantizar los recursos necesarios para el adecuado funcionamiento de la aplicación, y garantiza las condiciones de operación de cada una de las sesiones que se establecen. Y por último el modelo DiffServ, en el cual la infraestructura de la red es la que reconoce los diferentes tipos de tráfico y aplica políticas diferenciadas para cada clase de tráfico, este es más escalable y flexible en su implementación [6] [7].

Mecanismos de cola.

En las redes los diferentes dispositivos activos deben manejar grandes volúmenes de tráfico, los cuales utilizan algoritmos de cola para organizar el tráfico y después aplican un método de priorización para su expedición, dentro de los algoritmos de gestión de colas más utilizados se encuentran los siguientes [3]:

FIFO: En su forma más sencilla, el mecanismo de cola FIFO, se encarga de almacenar paquetes cuando hay

congestión en la red, y a enviarlos cuando tiene la posibilidad, manteniendo el orden de llegada, es decir, que no ofrece ninguna prioridad de unos paquetes sobre otros como se muestra en la figura 4.

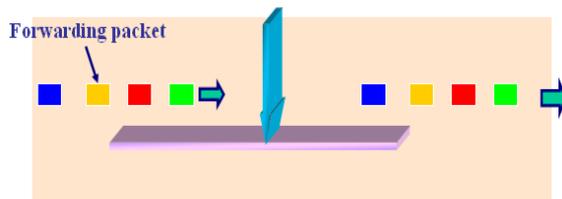


Figura.4: Mecanismo de cola FIFO.

Es el método más rápido. Cisco lo utiliza por defecto en enlaces superiores a 1.5 Mbps. Hoy en día se necesitan algoritmos más sofisticados, que permiten diferenciar entre distintos tipos de paquete, por lo que este método está cayendo en desuso.

PQ (*Priority Queuing*, Organización en colas por prioridad): Da prioridad estricta al tráfico importante, lo que asegura que el tráfico importante reciba un servicio rápido en cada punto de la red, donde este mecanismo esté presente.

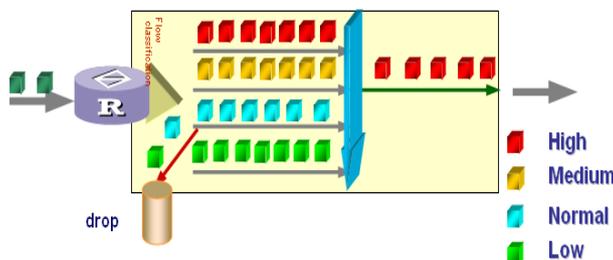


Figura.5: Mecanismo de cola PQ.

Como se muestra en la figura 5 en este mecanismo cada uno de los paquetes debe de ser colocado en una de las cuatro posibles colas (alta, media, normal, baja prioridad), servidas en riguroso orden de prioridad, ofrece garantías totales y las prioridades se definen por filtros en los routers. Este método tiene inconvenientes ya que por ser estático no se adapta a los requerimientos de la red, además puede crear inanición, es decir dejar fuera de servicio a tráfico menos prioritario.

CO (*Custom Queuing*, Organización en colas a la medida): Fue diseñado para permitir que varias aplicaciones compartieran la red, y que además tuvieran asignado un ancho de banda mínimo garantizado, y unas garantías aceptables en cuanto a los retrasos.

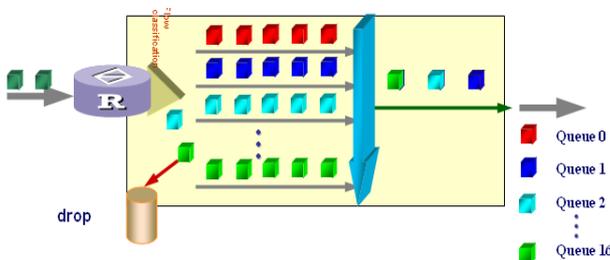


Figura.6: Mecanismo de cola WFQ.

Como se observa en la figura 6 WFQ es un algoritmo de cola basado en flujos o sesiones, que realiza dos tareas simultáneamente y de forma automática: Organiza el tráfico de tiempo real, poniéndolo al principio de la cola, reduciendo así el tiempo de respuesta. Y comparte equitativamente el resto del ancho de banda,

entre el resto de tráfico de alta prioridad. WFQ asegura que las diferentes colas no se queden privadas de un mínimo ancho de banda, de modo que el servicio proporcionado al tráfico es más predecible. Considera flujos de poco caudal con flujos sensibles al retardo, por ejemplo Voz sobre IP. No es escalable dentro de una gran red.

A continuación se realizará un análisis de los mecanismos de colas mostrados en el contexto de una red LAN mediante la simulación con el fin de mostrar cuál de ellos presenta mejor comportamiento en una LAN con estas características.

Se simuló el escenario mostrado en la figura 6 que se observa continuación:

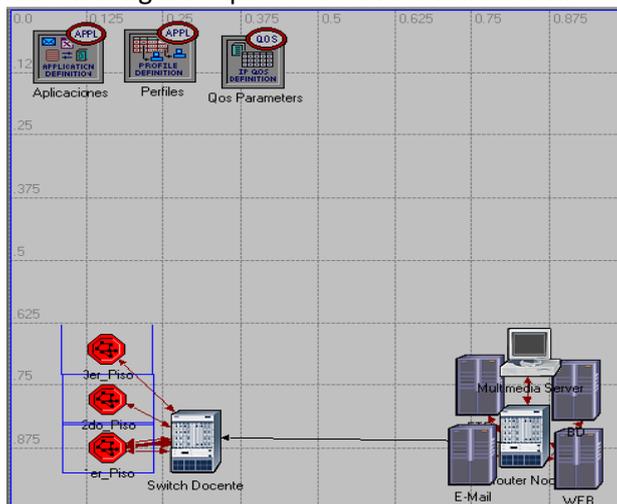


Figura.7: Escenario representando la infraestructura de la red.

En la figura 7 se representa el esquema de distribución de una red en un edificio de tres pisos y consta de 600 pc, que enlaza el switch capa 3 que se encuentra en el primer piso con el nodo central de los servicios a través de un enlace punto a punto con una capacidad de 1 Gb. El nodo central brinda los servicios de transferencia de ficheros, servicio Web, servidor multimedia, correo electrónico y base de datos.

A continuación se muestra en la figura 8 como se comporta la latencia de acuerdo a los distintos mecanismos de cola:

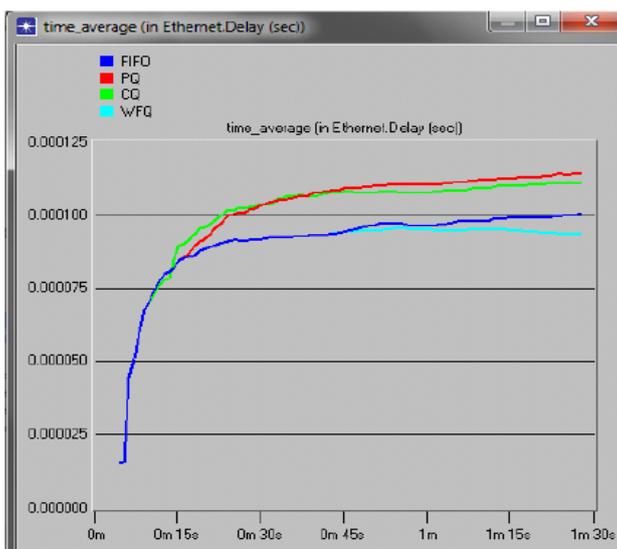


Figura.8: Latencia o Retardo del escenario mostrado en la Figura. 7.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para este caso, se observa que el mecanismo WFQ da muestra de mejor comportamiento respecto a los demás atendiendo a su capacidad de ser adaptativo en el proceso de asignación de salida de la interfaz a los paquetes y de acuerdo al tráfico generado por los servicios que en dicho escenario se prestan.

El análisis realizado en cuanto al caudal se muestra en la figura 9. Ver a continuación

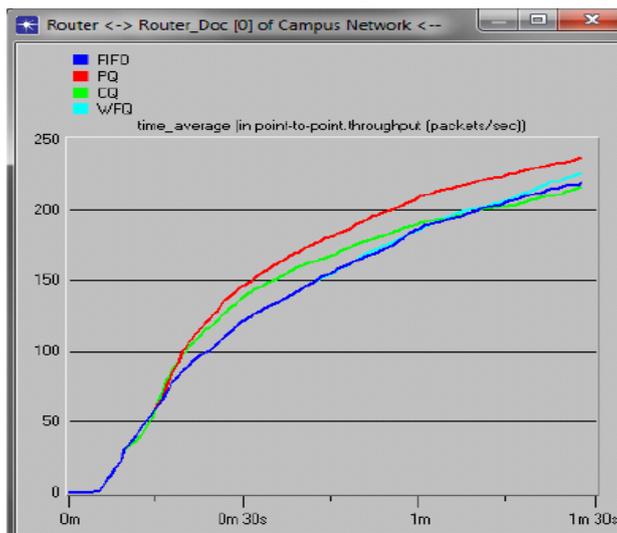


Figura.9: Caudal total del escenario mostrado en la Figura. 7.

Se observa que el comportamiento de FIFO en esta red tiende a comportarse peor en cuanto al caudal que los restantes algoritmos. La característica de que no emplea ningún mecanismo para la diferenciación de paquetes lo hace más rápido a la hora de enviar bits, los cuales salen de la interfaz en el mismo orden que llega de acuerdo a que emplea la técnica de almacenamiento y reenvío. Lo cual hace que en el análisis de la latencia, no se observe tan significativamente este mecanismo como el peor caso. Pero si se tiene en cuenta el parámetro caudal su comportamiento empeora.

Para obtener resultados en cuanto a los paquetes que se pierden en la red, se puede observar cómo se comporta este parámetro en la figura 10.

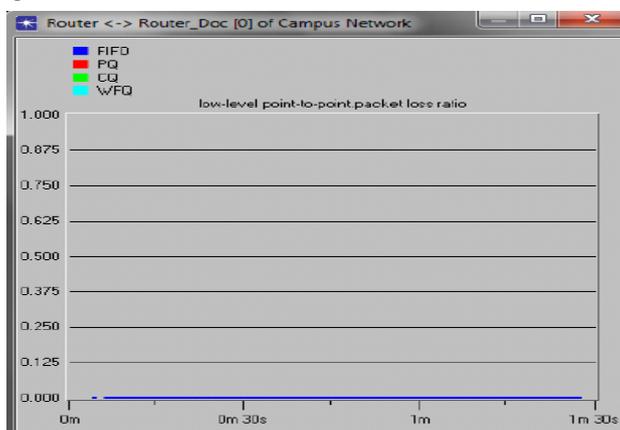


Figura.10: Pérdida de Paquetes del escenario mostrado en la Figura. 7.

En los resultados mostrados en la figura 11 se observa que la pérdida de paquetes tiende a cero, comportamiento que es muy aceptado debido a que en la red simulada se emplea el protocolo Ethernet el cual manifiesta una pérdida de paquetes muy pequeña debido al propio funcionamiento del protocolo que sí lo concibe.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Para el desarrollo de este trabajo se empleó como material diferentes recursos bibliográficos referidos a las redes inalámbricas tales como el estándar 802.11e, el estándar Wimax y sobre las redes Mesh. Además se

conto con la norma UIT-T [E 800], a partir de esta información y empleando el método de observación: Permitió valorar la necesidad del empleo de la QoS en las redes inalámbricas y el comportamiento de los parámetros de QoS. Además se empleó el método analítico sintético para realizar una valoración de conceptos básicos, así como análisis pormenorizado de todo lo relacionado con la QoS en cada una de las tecnologías inalámbrica analizadas. Además se utilizó el simulador OPNET IT GURU Edición Académica para la simulación de una red LAN y su comportamiento.

4. CONCLUSIONES

La QoS es una técnica empleada en las redes de telecomunicaciones para la satisfacción de un usuario al utilizar un servicio dado. Una red LAN proporciona QoS cuando se establecen determinados valores de ancho de banda, latencia y pérdidas de paquetes. En la capa de enlace los mecanismos implementados para la calidad de servicio están encaminados a la configuración de VLANs y el tratamiento diferenciado entre estas. Para la capa de red los modelos de QoS que actualmente se implementan son: la arquitectura IntServ que produce una reserva absoluta de los recursos de la red para un tráfico determinado, y la arquitectura Diff-Serv que divide el tráfico en un pequeño número de clases, y asigna recursos en función de cada clase.

Es importante señalar que la congestión en los equipamientos de interconexión puede afectar la QoS, por esta razón existen los mecanismos de cola FIFO, PQ, CO y WFQ. Se simuló una red LAN empleándose los mecanismos de cola y mostrando como mejor mecanismo WFQ al analizar el parámetro latencia, lo cual demuestra que la capacidad de WFQ al ser adaptativo lo hace mejor que el resto de los mecanismos. Se realizó una simulación para analizar el parámetro caudal, configurándose los mecanismos de cola FIFO, PQ, CQ y WFQ, mostrando a CQ como el mecanismo de mejor comportamiento sobre los restantes para la red en cuestión. En la simulación el parámetro pérdida de paquetes tiende a cero debido a que en la red simulada se emplea el protocolo Ethernet.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **RIVERO, Yeraldly C:** *"Análisis de tráfico de la red del servicio de la administración aduanera del estado Zulia"*, Zulia, Venezuela, 2006.
2. **TERNERO, María del Carmen Romero:** *"Calidad de servicio (QoS) en redes. Sevilla"*, España, 2009.
3. **SILVA, Carlos Alberto Cadena:** *"Control de tráfico en redes tcp/ip fundamentado en procedimientos y técnicas de calidad de servicio a lo largo de una infraestructura de telecomunicaciones"*. Sangolquí, Ecuador, 2010.
4. **JOSKOWICZ, José:** *"VOZ, VIDEO Y TELEFONIA SOBRE IP"*, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, pp. 48 – 52, 2011.
5. LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. 2006. *"Virtual Bridged Local Area Networks"*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA, ISBN 0-7381-4876-6, 2006.
6. **GEROMETTA, Oscar:** *"Modelos de implementación de QoS"*. 2010.
7. **RIVERO, Adrián Delfino Sebastián. Diffserv:** *"Servicios Diferenciados, Monografía de Evaluación de Performance en Redes de Telecomunicaciones"*, *"2008 de una infraestructura de telecomunicaciones"*. Sangolquí, Ecuador, 2010.

6. SÍNTESIS CURRICULARES DE LOS AUTORES

Elennis Díaz Laurencio, Fecha de nacimiento 11 de Enero de 1984 en Sagua de Tánamo, Holguín. Ingeniera en Ciencias Informáticas "Universidad de Ciencias Informáticas" 2007. Profesor en la universidad de las Ciencias Informáticas, Categoría Docente: Instructor, Jefa de colectivo de asignatura de gestión de Software. Pertenece al grupo de soporte del Centro DATEC.

SOCIEDAD DE LA INFORMACION

www.sociedadelainformacion.com

Edita:



Director: José Ángel Ruiz Felipe

Jefe de publicaciones: Antero Soria Luján

D.L.: AB 293-2001

ISSN: 1578-326x