

# Parámetros de Calidad de Servicio en Redes IP

Flavio Nireo Carrillo Gobero, Anderson Calderón Alva

*Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*

**Resumen**— En el presente artículo se presenta algunos parámetros de QoS para la Red Telemática de San Marcos, conectada a Internet. Para obtener dichos parámetros se ha considerado los factores técnicos y económicos. Primero presentamos un modelo aproximado de un proveedor de servicios de red de nuestro medio y como entregan sus servicios a los usuarios. Luego se presenta un modelo de red LAN Ethernet y el análisis de las causas de los problemas vinculados con la calidad de servicio, para lo cual se ha tomado como referencia de estudio y aplicación la Topología de la Red Telemática de San Marcos. Esta red ha sido desarrollada sobre tecnologías de medio físico con cable UTP y fibra óptica, como medio de enlace Ethernet y protocolos de red IP. Finalmente proponemos los parámetros de QoS, observando que la mejora será posible si se mantiene y controla el crecimiento adecuadamente para la realidad de la organización y que ella incluya servicio diferenciado, protección de tráfico, ingeniería de tráfico y técnicas de administración de tráfico.

**Abstract**— This article presents some QoS parameters for San Marcos Telematic Network, who connected to Internet. To obtain these parameters, we have considered both technical and economic factors. We first present a approximated model about to network provider our city and how they give their services to users. Then, we present a LAN Ethernet model, and analysis of problems associated with the quality of service, which we had taken as a reference for study and application, the topology of San Marcos Telematic Network. This network has been developed with UTP and fiber optic technologies as physical layer, Ethernet technologies and IP network protocols. Finally we propose QoS parameters so that it will be possible to keep growing properly for the organization and that it includes diffServ, traffic engineering and management techniques traffic.

**Palabras Claves**— QoS, Ethernet, Switch, IP.

## I. INTRODUCCIÓN

El servicio del “*mejor esfuerzo*” para la entrega de datos dentro de Internet no puede ser utilizado para las nuevas aplicaciones multimedia. En consecuencia es necesario nuevas tecnologías y estándares para ofrecer calidad de servicio (QoS) para estas aplicaciones.

El problema de proporcionar QoS en Internet ha sido un tema ampliamente investigado en forma activa por muchos años. Desde el estudio de la arquitectura de Servicios Integrados (*Integrated Service - IntServ*) hasta la más reciente arquitectura de Servicios Diferenciados (*Differentiated Services - DiffServ*) [1] [5], ha permitido que se propongan muchos mecanismos de control del QoS, en especial los algoritmos de administración de las colas, teorías sobre diseño de redes, ancho de banda efectivo, disponibilidad, seguridad, entre otros.

En el presente artículo se propone los parámetros de QoS para la Red Telemática de San Marcos conectada a Internet.

## II. REDES ETHERNET

Las redes de *switches* son mecanismos tecnológicos eficientes para el transporte de datos, comparado con las formas de acceso al medio como son las de forma compartida, por competencia o por múltiple división de tiempo. Estas redes proporcionan una fuerte privacidad a los datos del usuario y una escalabilidad mucho más simplificada, evidenciando que una solución de acceso de esta naturaleza es ideal proporcionando un servicio simétrico de alta velocidad a bajo costo. En esas condiciones la tecnología Ethernet satisface estos requerimientos. En el mercado actualmente están disponibles y ofertados por diferentes fabricantes los

*switches* de *core* y de *borde* Ethernet de bajo costo y alta velocidad, así como ruteadores de borde con interfaces de 10Mbps /100Mbps / 1Gbps / 10Gbps. Esta tecnología también ofrece otros beneficios, como por ejemplo migración a niveles superiores, bajo costo de adquisición y operación, adaptable a nuevas aplicaciones y datos, flexible en el diseño de redes y disponibilidad de un soporte técnico calificado. En ese sentido Ethernet se ha convertido en una gran tecnología para redes LAN por el momento, tal es que en proyectos de redes ha expandido su alcance hasta redes WAN. Por otro lado el grupo del comité de trabajo del IEEE 802, en el 2004 concluyó un estándar para el acceso a red Ethernet en la Primera Milla (EFM) denominado IEEE 802.3ah.

En una red LAN la utilización de Gigabit Ethernet es para la distribución de alta velocidad desde el terminal de un ruteador hasta los *switches* de borde. La estructuración bien planificada de las instalaciones de fibra óptica que se utilicen, permitirá expansiones futuras de la disponibilidad de acceso a más ancho de banda.

Por otro lado si bien es cierto que el diseño de redes con tecnología Gigabit Ethernet es de bajo costo, también es posible utilizar cuando el caso amerite enlaces cortos de microondas (IEEE 802.11). Actualmente, las tecnologías de microondas permiten el uso de pequeñas antenas poco visibles y en el espectro disponible en el sector de las altas frecuencias la utilización de estructuras sencillas de modulación y baja complejidad de los receptores. La adición de enlaces inalámbricos a las redes de acceso de banda ancha permite satisfacer el servicio de conectividad a usuarios móviles bajo la forma de *Hot Spots*.

En la Figura 1 se muestra la topología de una red LAN, donde se observa la utilización de la tecnología Ethernet en forma jerarquizada desde Ethernet hasta GigabitEthernet, permitiendo el acceso a los servicios, así como la conectividad hacia los usuarios remotos a través de un proveedor de servicios de red (PSR).

En resumen, esto comprende a los nodos con *switches Ethernet* conectados por medio de enlaces punto – punto operando a 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps, donde cualquier tecnología de fibra óptica, cable coaxial, cable UTP o inalámbrico puedan ser utilizados para otorgar un medio físico confiable para estos enlaces. Por ejemplo, se puede desplegar fibra óptica donde el gasto ha sido justificado con anticipación debido al incremento de la demanda de los servicios actuales o la implementación de nuevos servicios (por ejemplo telefonía IP, videoconferencia, radio y otros).

Transportar los paquetes dentro de una LAN Ethernet, como en el caso mostrado en la Fig. 1, implica transmisiones conmutadas desde una interfaz de banda ancha (*Interfaz de Acceso del Usuario - IAU*) instalada en el usuario terminal sobre el *Switch de Distribución al Usuario (SDU)*. En un SDU, los paquetes de datos que recibe son desde uno o más IAU, así como también de otros SDU segmentados, quienes son conmutados luego a los puertos de un *Switch de Distribución Secundario (SDS)*. Siguiendo la jerarquía de la conmutación, los grupos de SDS se conmutan a un *Switch de Distribución Principal (SDP)*.

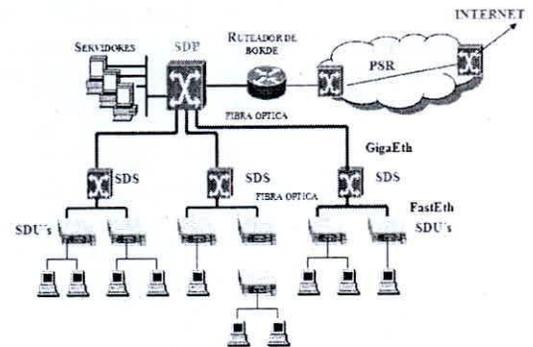


Fig. 1.- Red LAN Ethernet con protocolo TCP/IP

El SDP ubicado en la raíz de la LAN, se conecta a la WAN del ruteador. El enlace entre la raíz del SDP y la WAN del ruteador es especial, puesto que este ve la máxima cantidad de agregados y juega un rol en el control de admisión a la LAN. Nos referimos a este enlace como la troncal principal. En el proceso de envío directo de los paquetes de datos de cada uno de los SDU, SDS o SDP, estos son conmutados a los puertos apropiados en su camino al IAU del usuario destino. Así como se ha comentado, cada enlace troncal/PC o de derivación son seleccionados para ser un enlace ya sea con cable UTP, fibra óptica, o inalámbrico dependiendo solamente de consideraciones de la aplicación así como de los alcances económicos.

### III. ADMINISTRACION DEL QOS EN UNA RED LAN

En las redes LAN los *switches* de transporte Ethernet están basados esencialmente en datagramas y sobre ellas las tradicionales redes IP, donde no existen conexiones preestablecidas y todo el tráfico se opera con el mejor esfuerzo y como consecuencia, el *throughput*, el *retardo*, el *jitter* y la *pérdida de paquetes* producida como

consecuencia de las conexiones, están sujetas a la naturaleza estadística del tráfico en la red, por lo tanto administrar QoS en estas condiciones tiene sus dificultades. Sin embargo, como las aplicaciones requieren QoS garantizado, entonces en estas circunstancias adquiere importancia tal como lo es hoy en día en las redes IP que han incorporado características que permita administrar QoS de una manera efectiva [2][6].

El esquema de administración de QoS para una red LAN se puede obtener combinando los criterios de *IntServ* y *DiffServ* para proveer una plataforma flexible y escalable que pueda ser utilizado para llevar al nivel deseado para una amplia variedad de aplicaciones. En [2] se menciona que se ha definido cuatro clases de prioridades, las que también pueden ser aplicables a las redes LAN Ethernet, siendo estas prioridades:

- *Velocidad de bit constante*, esta es la prioridad más alta diseñada para aplicaciones de tiempo real, tales como voz sobre IP. Aquí el retardo objetivo es 5 mseg.
- *Velocidad de bit variable en tiempo real*, esta es la segunda clase de alta prioridad diseñada para los servicios en tiempo real, tales como video en demanda. El retardo objetivo para este caso es de 15 mseg.
- *Velocidad de bit variable en tiempo no real*, esta clase de servicio está orientado para aplicaciones tales como conexiones entre oficinas para la transferencia de grandes volúmenes de datos y descarga de videos. En este caso el *throughput* es garantizado cuando se ha medido sobre un periodo de tiempo largo deseable.
- *Velocidad de bit no especificado*, este servicio es similar al servicio del mejor esfuerzo disponible para usuarios típicos de Internet de hoy en día. Aquí no hay *retardo* o *throughput* garantizados.

La administración del QoS para redes LAN Ethernet se puede fundamentar en los siguientes principios:

- *Control de aceptación explícito* para conexiones que requieran QoS garantizado.
- *Eliminación de los paquetes perdidos* debido a la saturación del buffer.
- *Eliminación de la inactividad forzada* de los recursos de la red.
- *Equidad* en la asignación del ancho de banda restante para el tráfico con el mejor esfuerzo.

- *Operación de los paquetes sin estado* en los nodos intermedios.

#### A. Características de administración del QoS en el flujo de datos de entrada y salida.

Para el *flujo de salida*, cada SUD, SDS y SDP representa un punto adicional donde la velocidad se ve incrementada y las siguientes características hacen que la red entregue explícitamente paquetes con *retardo*, *jitter* y *sin garantía*, mientras logre una máxima ganancia del multiplexaje estadístico:

- Clasificación y políticas de tráfico con las premisas fijadas por el cliente para asegurar que solamente ingresen tráfico autorizado a la red.
- Establecimiento de prioridad en cada *switch* adicionado, para obtener bajo retardo garantizado.
- Control del flujo de enlace a enlace para asegurar que el tráfico aceptado no sea eliminado dentro de la red LAN.
- Control de admisión centralizado para asegurar que solamente un porcentaje del ancho de banda administrable sea asignado al tráfico con bajo retardo.

Ahora, para el caso del *flujo de entrada*, debido a la topología del *backbone* y sus derivaciones dentro de una red LAN Ethernet, el hecho de no adicionar tráfico sobre el flujo de entrada, hace que esta fluya suavemente sin posibilidad de que el buffer de los *switches* se llene. La adaptación de velocidad ocurrirá en el SDS sobre el cual, el flujo de entrada para el usuario al estar conectado en la red, será de 10 o 100 Mbps. Temporalmente el exceso de velocidad se acondiciona en el SDS por medio de un buffer para limitar el flujo de entrada.

Es evidente que, la adición de tráfico en los puertos de la WAN puede resultar en una considerable ráfaga de datos repentina con relación a los flujos individuales que lleguen al ruteador de borde, que alimenta a la red LAN. Este es esencialmente el problema de las WAN cuyo tráfico no puede ser direccionado vía el esquema de control de tráfico ordenado por el *lado de la salida* de acceso a la red. Para proteger la alta prioridad de tráfico de los efectos de ráfagas repentinas, una alternativa es la de adicionar buffer y manejar el tráfico teniendo como base la prioridad establecida en el ruteador de borde o en el SDP. El uso del campo ToS en IP para diferenciar los paquetes pertenecientes a diferentes clases de prioridad podría ser consistente de forma aproximada para el manejo de los paquetes en la red LAN.

#### IV. CLASIFICACION DEL FLUJO DE SALIDA Y POLÍTICAS DE ACCESO

La unidad interfaz de usuario (IAU) es el dispositivo que representa el punto de entrada hacia la red LAN para todo el tráfico de salida. Como se mencionó anteriormente, el transporte de datos basado en DiffServ dentro de una LAN no puede ser enviado con QoS garantizado en forma absoluta a menos que este sea acompañado por un control ajustado del tráfico que esté permitido de ingresar a la red. El control de acceso asegura que el tráfico "ofrecido" será llevado en cada nivel con QoS que se encuentre dentro de la capacidad de la red. Esta es la responsabilidad del IAU para asegurar que los paquetes permitidos ingresen a la red dentro de los límites proyectados a nivel del servicio ofrecido.

Una IAU deberá manejar el flujo del tráfico de salida originado desde una simple estación de usuario. Esto permitirá una fácil escalabilidad para políticas de flujo por cada usuario.

Las tareas de administración del QoS desarrollados por los IAU sobre el tráfico de salida son como sigue:

La *clasificación de los paquetes* son para identificar los flujos de datos sobre la base del control de la dirección de acceso al medio (MAC), la dirección fuente o destino IP, número de puerto y combinación de ellos. Como consecuencia cada paquete es marcado con la clase de QoS asociado al flujo.

Los *buffers* de salida para cada clase de QoS, se seleccionan de acuerdo al retardo asignado en la IAU. Si el buffer no dispone de suficiente espacio para acomodar un paquete admitido, este es retirado.

En la transmisión planificada, el paquete planificado es almacenado en el buffer de salida teniendo como base la clase de QoS y no es contabilizado para el flujo. La disciplina de la planificación está basada sobre una estricta prioridad de no estar vacío y obedecer el control de flujo por cada clase de QoS desde los dispositivos de salida.

#### V. MODELO DE TARIFA Y FORMA DE ENTREGA DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE LOS PSR

Luego de haber descrito una red LAN Ethernet y los problemas de QoS; ahora se describen los modelos de tarifa de los *proveedores de servicios de red* (PSR).

##### A. Modelo de tarifas de los PSR

Para comprender el problema de QoS de nuestra sociedad, es evidente que debemos comprender cual es el modelo de pago de los servicios de Internet [1].

En nuestro medio, existen tres modelos de tarifas empleados por los PSR:

- Tarifa plana,
- Tarifa basada en el ancho de banda asignado.
- Tarifa basada en el tiempo de uso del circuito.

Con el modelo de tarifa plana, el usuario paga un monto fijo cada mes, el cual corresponde a una cantidad de ancho de banda que el usuario tiene asignado para utilizarlo. Este modelo es usualmente aplicado a usuarios domésticos o residenciales y a algunos usuarios corporativos quienes son propietarios de cabinas públicas que utilizan enlaces de baja velocidad (por ejemplo accesos de 128 Kbps / 256 Kbps ), sin embargo estas velocidades solo corresponden al transporte desde el terminal de usuario hasta la red de transporte del proveedor de servicio, donde se mezcla con el tráfico de los demás usuarios.

Con el modelo de tarifa basado en el ancho de banda, el usuario paga mensualmente por una cantidad de ancho de banda contratado. En este caso el servicio usualmente corresponde al ancho de banda contratado desde el terminal del usuario hasta el punto de salida nacional y/o internacional. En este caso se pueden disponer de enlace Ethernet hacia el PSR u otras técnicas. Este modelo de tarifa es elegido por los usuarios institucionales como es el caso de las universidades del Perú cuyo tráfico es mayor a 1 Mbps.

Por otro lado los valores del ancho de banda en un instante determinado de un enlace en este modelo de tarifa varía en el tiempo, sin embargo el pago es por el ancho de banda contratado.

Para el modelo de tarifa basado en el tiempo de utilización del circuito, a los usuarios se les carga de acuerdo al tiempo de utilización del circuito. El ancho de banda asignado es bajo (por ejemplo 56 Kbps). Este modelo es utilizado por usuarios de acceso a Internet a través del servicio conmutado de telefonía pública.

En consecuencia un PSR puede utilizar estos tres modelos de tarifa, para diferentes usuarios y diferentes formas de pago. En resumen, el modelo de tarifa de conexión a Internet es generalmente insensible al destino del tráfico.

### B. Formas de servicio de transporte de red de los PSR

Muchos PSR reclaman que ellos sobre dimensionan sus redes, pero a los usuarios con frecuencia se les escucha decir que los servicios de transporte a través de la red de los PSR son "lentas". ¿Cuál es la realidad?. Este es un factor que depende del modelo de tarifa utilizado.

Con el modelo de tarifa plana, los PSR no logran más ganancias por el envío/recibo de más tráfico generado por los usuarios. Por lo tanto, los proveedores de servicio tienden a suscribir más usuarios de lo que pueda soportar sus enlaces.

Con el modelo de tarifa basado en el ancho de banda o el basado en el tiempo de uso del circuito, los PSR logran más ganancias por recibir/enviar el tráfico de los usuarios. En consecuencia, ellos tienden a sobre dimensionar los enlaces para acomodar el crecimiento del tráfico de los usuarios. La coexistencia de suscripciones en exceso y sobre dimensionamiento es ilustrado en el diagrama de la Fig. 2 donde 10 usuarios son conectados a un switch. Cada usuario posee su propio enlace. Teóricamente el tráfico total de los usuarios puede ser tan alto como  $10 \times 10 \text{ Mbps} = 100 \text{ Mbps}$ . Entonces al menos el PSR requiere  $100 \text{ Mbps}$  de capacidad en su enlace desde el switch hasta el ruteador. Sin embargo en la Fig. 2, se observa que el proveedor PSR otorga una capacidad de  $20 \text{ Mbps}$ , esto es una relación de 5:1 para los suscritos. Sin embargo, ningún usuario usará los  $10 \text{ Mbps}$  al mismo tiempo que los demás. Así, si el usuario contrata por ejemplo solo  $1 \text{ Mbps}$ , por que es esa su capacidad económica de pago y necesidad de ancho de banda, no obstante que tiene disponibilidad de utilizar hasta  $10 \text{ Mbps}$ , entonces el tráfico total actual puede ser de solamente de  $10 \text{ Mbps}$ . Sobre esta base, el PSR utilizará enlaces de  $10 \text{ Mbps}$  para conectarse del switch al ruteador y mantener la utilización de cada enlace alrededor del 50%. Por lo tanto, el PSR teóricamente ofrece una relación de conectividad de 5:1 a los usuarios y en términos prácticos hay una relación de 2:1 sobredimensionado.

### C. Problemas con el QoS

Dado los conceptos anteriores, ahora analizará las causas de los problemas con el QoS en una red LAN Ethernet. Para ello se ha dividido en dos categorías: las causas no relacionadas a las redes y las causas relacionadas a las redes [1].

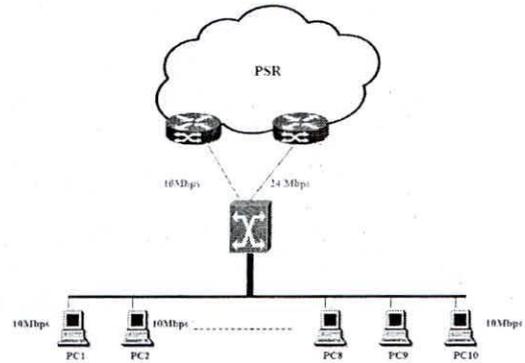


Fig. 2.- Red de usuarios conectados al PSR

Las causas no relacionadas a las redes incluye:

- *Servidores sobrecargados* (ejemplo: servidor web o correo) hacia donde los usuario tratan de acceder. En este caso, el camino más común para mejorar el QoS es el mantenimiento y actualización de los servidores o adicionar servidores utilizando un esquema de balanceo de carga entre ellos.
- *Errores en la operación de la red*, Configurar los ruteadores y/o switches son procesos muy complejos y por lo tanto propensos a errores. Por ejemplo, al duplicar las direcciones IP puede ser equivocadamente configurado el cual provocará problemas de ruteo.
- *Implementación informal de conectividad de estaciones de trabajo a red*, la sencillez con que se realiza el proceso de conectividad de una estación de trabajo a la red LAN institucional en mucho de los casos es realizado por personal no autorizado, creando configuraciones impropias, sobrecarga hacia los switches sin conocimiento del administrador de red lo cual provoca desbalance de carga sobre los equipos de comunicaciones.

Las causas relacionadas a las redes incluyen:

- *Problemas de equipamiento de redes LAN*, Los ruteadores y switches son sistemas complejos con software y hardware sofisticado que son requerimientos necesarios para procesar millones de paquetes por segundo. En este caso los fabricantes de estos equipos están en la obligación de entregar a través de sus proveedores sus productos tan pronto como sea posible. En consecuencia, no debe ser común que los ruteadores y switches tengan problemas

de hardware y software de ser soportados por los fabricantes.

- *Falta de capacidad de acceso*, por razones económicas, siempre hay usuarios con enlaces de baja velocidad de acceso (por ejemplo el acceso con módems) tal es el caso de los usuarios remotos que acceden por el servicio telefónico a la red institucional o a Internet. La solución técnica para esta clase de problema es clara: aumentar la capacidad (utilizar ADSL), clasificar el tráfico y marcarlos para un tratamiento diferenciado usando políticas. Sin embargo, se debe puntualizar que al proporcionar QoS no se puede hacer sensible desde el punto de vista económico hacia los usuarios que no tienen capacidad de pago.
- *La distribución de tráfico en forma desbalanceada provoca que algunos enlaces se congestionen*, esta es la causa más común de los problemas en las redes LAN institucionales relacionadas con el QoS. Aún cuando el promedio de utilización de los enlaces de una red puede ser bajo, es decir 30% durante las horas pico, sin embargo si un pequeño número de enlaces tienen aún muy alta utilización (cerca al 100%). Tales enlaces cargados provocarán retardo, jitter o pérdida de paquetes. Las causas de tal comportamiento en la red LAN pueden ser: (a) Por eventos no esperados tales como ruptura de la fibra óptica o fallas de los equipos de comunicaciones; (b) Por desplazamiento del patrón de tráfico mientras la topología de la red y la capacidad de la misma no puede ser cambiada rápidamente. En el backbone, la nueva capacidad puede no siempre estar disponible en el tiempo y lugar apropiado. Por ejemplo, los sucesos repentinos de una web o la difusión no planificada del tráfico multimedia pueden provocar que algunos enlaces se congestionen.

## VI. MODELO APROXIMADO PRÁCTICO PARA PROPORCIONAR QOS

En esta sección se presenta un modelo aproximado de solución a los problemas descritos previamente. Esta estimación es expuesta paso a paso, listado en forma decreciente de acuerdo a su importancia.

### A. Limpieza de la red.

Las redes son generalmente diseñadas y acondicionadas con suficientes recursos desde el inicio de su operación. Pero en el tiempo, los problemas provocados por la rápida acumulación de la suciedad sobre los equipos hacen que su rendimiento sea afectado. Por lo tanto, se debe contar con un plan de mantenimiento preventivo anual y periódico. Así mismo los puntos más vulnerables a fallos y causantes de cuellos de botella deberán ser reemplazados. Por otro lado la capacidad deberá ser incrementada en los lugares que lo requieran tal que aún las fallas más críticas de los ruteadores no provoquen congestión de tráfico en la LAN. Los *logs* deberán ser examinados permanentemente, chequear y analizar las mediciones obtenidas, esto implica que es necesaria una auditoria para corregir los errores de configuración. Finalmente, se debe también educar a los usuarios tanto locales como remotos y así completar la seguridad.

### B. Dividir el tráfico en múltiples clases

En este modelo aproximado se propone tres clases de servicios:

- Servicio de primera,
- Servicio asegurado,
- Servicio del mejor esfuerzo.

*El servicio de primera* deberá ofrecer en forma real, un servicio con bajo retardo y bajo jitter. El tráfico en tiempo real (por ejemplo videoconferencia) y el tráfico de misión crítica (por ejemplo finanzas o control de tráfico en redes) pueden ser los beneficiarios con este servicio. *El servicio asegurado* ofrece un servicio confiable y predecible. El tráfico en una red virtual privada (VPN) pueden ser beneficiarios de esta clase de servicio. Finalmente, *el servicio del mejor esfuerzo*, es tradicional en los servicios sobre Internet.

En caso de que se requiera más de una tercera clase de servicio, el diseñador deberá responder a preguntas que puedan ser utilizadas para ayudar a decidir cuantas clases más son necesarias. Primero, ¿Cuál es el objetivo de la aplicación para cada tipo de tráfico? Si no hay objetivo de la aplicación, esa clase de servicio deberá ser eliminada. Segundo, ¿Cómo se debe diferenciar las diferentes clases de tráfico para los usuarios? Si el tráfico de clase A es más caro que el de B, pero un PSR no puede demostrar claramente que la clase A tiene mejor servicio que B, entonces A deberá ser eliminada (eventualmente) debido a que nadie pagaría por este servicio. Esta segunda pregunta es particularmente

importante dado que la respuesta a la primera pregunta puede ser un poco arbitraria.

### C. Ingeniería de Tráfico.

Debido a que la topología y capacidad de la red no pueden ser cambiadas rápidamente, la distribución desigual del tráfico puede provocar congestión en algunas partes de la red LAN, aún cuando la capacidad total de la red sea mayor que la demanda total.

En el modelo se propone que el ruteador de entrada deberá disponer de dos servicios. Uno de ellos será para el tráfico de primera y el otro compartido para tráfico asegurado y tráfico del mejor esfuerzo.

Para evitar la concentración del tráfico de primera en algún enlace, se fija un límite superior para cada enlace con respecto a la cantidad de ancho de banda que puede ser reservado. Cuando esa porción de ancho de banda no es usada, ésta puede ser utilizada por otra clase de tráfico si fuera necesario. El porcentaje de tráfico de primera debe ser determinado por las políticas del PSR. La ingeniería de tráfico con DiffServ conservador puede ser realizada por los dos servicios del ruteador de entrada para evitar la congestión en cada enlace de la LAN.

En el modelo, lo que corresponde a ingeniería de tráfico, es para dos propósitos:

- Prevenir la congestión provocada por la desigual distribución del tráfico en caso de ocurrir.
- Relevar rápidamente el enlace, si la congestión ocurre.

Por otro lado, al aplicar ingeniería de tráfico en una forma de DiffServ, se genera un tercer propósito:

- Hacer que el porcentaje del tráfico de primera sea razonablemente bajo en cada enlace tal que el retardo y el jitter sean bajos.

Comparado con políticas y administración de buffers, en el esquema de administración de tráfico se puede controlar el tráfico y el comportamiento de la red a gran escala.

### D. Colas basado en las clases

En este paso, se utiliza la prioridad sobre las colas para el caso del tráfico de primera. Esto significa que siempre se enviará antes que cualquier otro tráfico. Sin embargo, debemos tener cuidado de asegurar que el tráfico de primera no modifique a otro.

En este modelo, las colas son mecanismos para

asegurar que el tráfico de alta prioridad sea tratado prioritariamente. Esta acción es importante para prevenir la congestión del tráfico de baja prioridad, siendo esto útil cuando la capacidad de la red viene a ser insuficiente en conocer la demanda, ya sea debido a la ruptura de la fibra óptica u otra falla de los equipos.

### E. Otros esquemas de administración de tráfico

En esta sección se expone la aplicabilidad de las políticas, formas de administración y detección aleatoria de los fallos.

#### 1) Políticas y formas de administración

Cuando un usuario firma un acuerdo por un servicio que la red le va a otorgar, este será un nivel de servicio acordado (NSA) con su PSR. El NSA especificará la cantidad de tráfico que el usuario puede enviar/recibir.

En las redes de acceso donde se aplica el modelo de tarifa plana, la red es generalmente suscrita de usuarios. En consecuencia, las políticas y formas de administración son útiles para asegurar que los usuarios no puedan consumir más ancho de banda que la que se ha acordado. En tales casos los parámetros de las políticas y formas de administración son usualmente estáticos. Sin embargo, estas pueden afectar el comportamiento de los dispositivos de acceso.

#### 2) Efectividad del modelo propuesto

Para evaluar la efectividad del modelo debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Diferenciar las diferentes clases de tráfico.
- Conocer el retardo y jitter requerido por la aplicación.

#### 3) Diferenciar las diferentes clases de tráfico

Cuando un enlace o ruteador falla, este toma desde segundos a minutos para recomponerse. Durante ese periodo, los paquetes estarán afectados por grandes retardos y/o pérdidas. En este caso el ruteo rápido puede proteger el tráfico de primera durante el periodo de recomposición. En consecuencia, la disponibilidad de la red es importante para el tráfico de primera que para tráfico asegurado.

Debido a que el tráfico asegurado puede usar más recursos que el tráfico del mejor esfuerzo, especialmente cuando hay falla y la utilización del enlace viene a ser alta, prácticamente, el PSR que planifica ofrecer QoS

puede empezar con servicios de primera y servicio del mejor esfuerzo. El servicio asegurado puede ser adicionado posteriormente cuando la necesidad aparezca.

#### 4) Conociendo los requerimientos de retardo y jitter de las aplicaciones

El modelo descrito se basa en la arquitectura de la Red Telemática de San Marcos la que dispone de un backbone con redundancia de tecnología Gigabit. Los usuarios están conectados ya sea con accesos a 10 Mbps o 100 Mbps según las facilidades de hardware que disponen. En tal sentido el retardo está debajo de los 10 mseg y un jitter debajo de 1 mseg. Esta es una buena performance de la red que excede lejos a las recomendaciones de la ITU G.114 relacionado con el retardo para aplicaciones mostrada en la Tabla 1.

TABLA 1  
ITU.G.114: RECOMENDACIONES DE RETARDO

Retardo en un solo sentido	Característica de calidad
0 – 150 mseg	Aceptable para muchas aplicaciones de usuario.
150 – 400 mseg	Puede impactar a algunas aplicaciones.
Mayor a 400 mseg	Inaceptable para propósitos de planeamiento de redes en general.

En caso de un nodo o enlace con falla, aplicar las consideraciones de ingeniería de tráfico, automáticamente el tráfico se reenruta y evita cualquier congestión. Esto puede provocar un pequeño incremento de retardo adicional para algún tráfico debido a que en estos casos el camino puede ser más largo, pero prevendrá la pérdida de paquetes y mantendrá un bajo jitter después que la red se recomponga.

## VII. CONCLUSIONES

Para el modelo de administración de QoS propuesto para redes LAN Ethernet esta deberá utilizar política distribuida, planeamiento y control de flujo, proporcionando así una arquitectura escalable y flexible. Cuando no se adicionan más puertos dentro de una red LAN suficientemente dimensionada, los paquetes fluyen suavemente, con pequeños retardos. Sin embargo, cuando el tamaño de la red se incrementa, entonces es

necesario un esquema de administración de QoS para el control de salida/entrada.

El esquema propuesto para el tráfico de entrada/salida es una combinación aproximada de IntServ y DiffServ; aquí IntServ utiliza conexiones preestablecidas para asegurar los recursos críticos de la red y mantengan una adecuada capacidad, mientras que la metodología de DiffServ es evidente para el transporte de paquetes. En un enlace el control del flujo prácticamente elimina los paquetes perdidos dentro del acceso a la red aún con buffers en los puntos de conmutación.

Por otro lado, hoy en día el Internet no es percibido con demasiada confianza para misiones críticas. Pero este no es debido a la carencia de mecanismos avanzados tales como configuración por flujo y/o políticas, si no por el reto de como mantener una red limpia y hacer el correcto intercambio entre simplicidad y mayor control.

La clave para proveer QoS en el backbone de la red LAN, es diseñar bien la red, en forma simple, con alta disponibilidad y protección. El buen diseño de la red con un cierto grado de holgura en su capacidad lo hará más robusta en contra de las fallas y también prevendrá de muchos problemas relacionados con el QoS. Las tres clases de tráfico propuesto son suficientes para conocer y cubrir la necesidad probable del usuario. Las diferentes clases de tráfico deben ser manejadas de diferente modo, especialmente bajo condiciones de operación de red adversas. El modelo de rápido reenrutamiento u otras protecciones deben ser utilizados para proteger el tráfico *de primera* durante la falla de algún enlace o del ruteador. Cuando la falla ocurre en alguna parte de la red, se deberá usar ingeniería de tráfico para desplazar el tráfico a otra parte de la red. Si la red LAN dispone de Diffserv en unión con ingeniería de tráfico se puede prevenir la concentración de tráfico de alta prioridad en algún enlace tal que este tráfico de alta prioridad tenga bajo retardo y jitter y sea tratado prioritariamente a expensas de las otras clases de tráfico si es necesario. En el backbone de la LAN, el modelo de administración de tráfico con políticas y formas de control debe ser utilizado para el acceso a la red del circuito de los usuarios.

## REFERENCIAS

- [1] XiPeng Xiao, Thomas Telkamp, Victoria Fineberg, heng Chen, Lionel M. Ni, *A Practical Approach For Providing Qos In The Internet Backbone*, IEEE Communications, Dec 2002

- [2] Kiran Rege. Et Al, *Qos Managment In Trunks-And-Branch Switched Ethernet Networks*, Narad Networks, IEEE Communications, Dec 2002.
- [3] Bartek Wydrowski and Moshe Zukerman, *Qos In Best-Effort Networks*, The University of Melbourne.
- [4] D.Awduche et al., *Overview And Principles Of Internet Traffic Engineering*, RFC 3272, May 2002.
- [5] X. Xiao and L. Ni, *INTERNET QoS: A BIG Picture*, IEEE Network, April 1999.
- [6] X. Xiao, *Providing QoS In The INTERNET*, Dept. Of Computer Science, Michigan State Univ., May 2000, <http://www.cse.msu.edu/~xiaoxipe/>

#### GLOSARIO DE TÉRMINOS

EFM	: Ethernet en la Primera Milla.
PSR	: Proveedor de Servicios de Red.
Hot Spo	: Puerto de acceso a red.
QoS	: Calidad de Servicio.
ToS	: Tipo de Servicio.
LAN	: Red de Área Local.
WAN	: Red de Área Amplia.
IntServ	: Servicios Integrados.
DiffServ	: Servicios Diferenciados.
UTP	: Par de Cobre Torcido.
PSR	: Proveedor de Servicios de Red.
IAU	: Interfaz de Acceso del Usuario.
SDU	: Switch de Distribución a Usuario.
SDS	: Switch de Distribución Secundario.
SDP	: Switch de Distribución Principal.
Throughput	: Rendimiento de transporte de datos.
Backbone	: Enlace troncal de una red LAN.
MAC	: Control de Acceso al Medio.
Logs	: Registro de usuario en una red.
NSA	: Nivel de Servicio Acordado.