

DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA DE RED PARA MEDICIÓN DEL ANCHO DE BANDA UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE

Vladimir Veniamin Cabañas Victoria¹, Luis Jesús Oliva Canché¹, Javier Vázquez Castillo¹, Margarita Glenda Mayoral Baldivia²

¹Departamento de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, México Blvd. Bahía S/N Esq. Ignacio Comonfort, Col. Del Bosque, Chetumal Quintana Roo. Tel 98350300 ext. 160 vdrakul@uqroo.mx

²Facultad de Telemática, Universidad de Colima, Colima, Colima. Av. Universidad #333, Colonia Las Víboras, C.P. 28040, Tel y Fax (312)316-1075 meglenda@uacol.mx

RESUMEN

La convergencia de los servicios de voz, datos y video se ha incrementado sustancialmente en las redes actuales y como consecuencia, existe una demanda mayor de ancho de banda por parte de los usuarios de dichos servicios. El ancho de banda es uno de los factores clave en tecnologías de red tales como VoIP, streaming de video y audio, aplicaciones en tiempo real entre otras. La medición del ancho de banda permite determinar los parámetros adecuados de las aplicaciones (tipo de tráfico, protocolos, puertos, niveles de seguridad) que soportan las tecnologías antes mencionadas asegurando calidad en el despliegue del servicio. El objetivo del presente trabajo es diseñar e implementar una arquitectura de red para evaluar el ancho de banda con diferentes herramientas basadas en software libre y medir la eficiencia y/o eficacia de cada una de ellas. Con esta arquitectura se dará mayor certeza a las mediciones realizadas e inyectar tráfico de manera controlada, lo que permitirá a futuro comparar diversas metodologías de medición.

Palabras clave— Ancho de banda, Arquitectura de red, Estimación, Métricas, Tráfico, calidad del servicio.

INTRODUCCIÓN

En el área de comunicaciones el término ancho de banda se encuentra asociado a la cantidad de componentes espectrales que conforman una señal, sin embargo en las redes de datos, este término se relaciona principalmente a la tasa de datos que puede transmitirse en un enlace de red.

El ancho de banda como uno de los recursos más importantes en las redes de computadoras debe permanecer bajo supervisión y monitoreo debido a que mediante su conocimiento se pueden determinar las cargas de tráfico y realizar acciones correctivas en caso de sobrecargas de tráfico, así como identificar puntos críticos dentro de la arquitectura de red. Lo anterior permite plantear estrategias de crecimiento por parte de los proveedores de servicio y administradores de red (Garay 2003 y Groth et al 2005).

Actualmente existen diversas herramientas de medición del ancho de banda en redes de datos. Sin embargo en muchas de ellas se desconoce la

metodología utilizada para realizar dicha medición, lo que no da certeza de los valores obtenidos en las mediciones. Una revisión completa sobre métricas, técnicas de medición y herramientas puede encontrarse en (Prasad 2003).

REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

A. Especificaciones de los dispositivos de red.

Para la implementación del ambiente de tráfico controlado se utilizaron dos routers y un switch ambos CISCO (C.S. 1999), como núcleo central de la arquitectura que simularán la comunicación entre diferentes departamentos de una organización en ciudades distantes. Las características de los equipos de red mencionados se describen en la tabla 1.

B. Diseño de la Arquitectura de tráfico controlado.

Los dispositivos de red especifican velocidades de 100 Mbps incluyendo a los hosts en la red. La arquitectura cuenta con 5 segmentos, de los

cuales 4 pertenecen a las VLANs 10, 20, 30 y 40, el quinto corresponde al segmento para la conectividad entre los dos routers.

Tabla 1. Características de los dispositivos del entorno de pruebas.

Switch CISCO 2960 de 24 puertos

Número y tipo de puertos	24 Puertos 10/100 BASETX
Velocidad mpps	10.1 Mpps
Capa del modelo OSI	Capa 2
Tipo de procesamiento:	Store and Forward

Router CISCO 1841

Número y tipo de puertos.	2 -10/100 Mbits, 2 AUX ports
Velocidad de procesamiento.	1.6 Gbps
Capa del modelo OSI.	Capa 3
Tecnología LAN soportada.	Ethernet, FDDI

En la Figura 1 se observan los puertos disponibles para cada red o VLAN, así como la dirección IP, máscara de subred y puerta de enlace. Para la VLAN 10 se tienen los puertos 2, 3, 4, 5 y 6 del switch, la dirección de red 10.10.10.0 con máscara de 24 bits y puerta de enlace 10.10.10.254

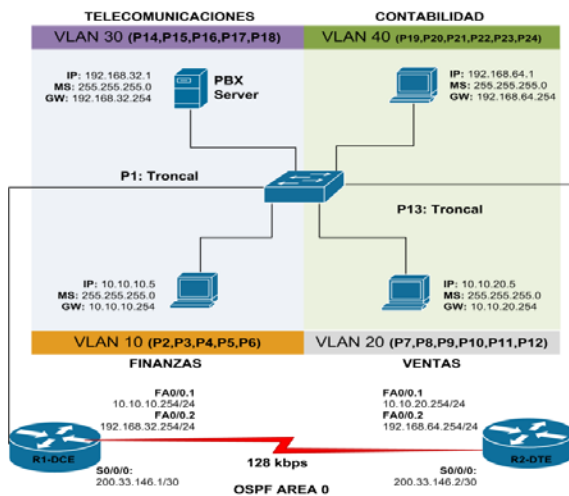


Figura 1. Arquitectura del entorno de pruebas.

Cada router está configurado para enrutar tráfico de dos VLAN's, de tal manera que R1-DCE tiene configuradas las VLAN's 10 y 30 por medio del protocolo de enlace troncal IEEE 802.1Q y el router R2-DTE las VLAN's 20 y 40. De esta forma, si algún anfitrión de la VLAN's 10 quiere enviar paquetes a la 40 sea necesario pasar por el enlace serial que comunica los 2 routers, como si estuvieran en ciudades distintas.

Una vez definida la arquitectura es necesario realizar algún tipo de prueba que permita comprobar su funcionalidad y sobre todo el rendimiento de la red y el ancho de banda. Inicialmente y para comprobar los valores configurados en cada dispositivo, se generará tráfico entre dos VLANs y se analizarán los resultados.

Para la pruebas de generación de tráfico se seleccionó la herramienta D-ITG (Botta 2007) disponible en línea en <http://www.grid.unina.it/software/ITG>. Se deberá descargar la versión comprimida de los binarios (ejecutables) para Windows y es una herramienta que se ejecuta bajo una interfaz de línea de comandos. El generador de tráfico está compuesto por cuatro aplicaciones que se describen a continuación.

ITGSend.exe. Permite enviar paquetes de diferente tipo (voz, datos, personalizado) a un determinado equipo. Adicionalmente podemos especificar el tiempo que durará el tráfico y el protocolo bajo el que se ejecutará como TCP, UDP, ICMP (Ver figura 2).

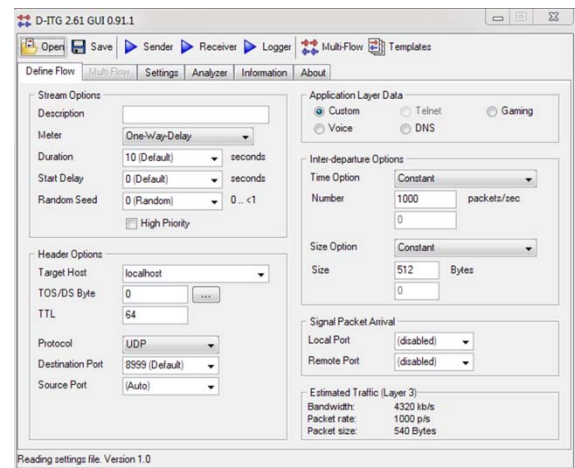


Figura 2. Interfaz gráfica del generador de tráfico.

ITGRecv.exe. Es la encargada de recibir los paquetes en el equipo en el otro extremo. Adicionalmente podemos especificar los parámetros para poder almacenar los datos recibidos en un archivo de texto sin formato (logFile).

ITGLog.exe. Se integra con ITGRecv.exe para generar el archivo log, durante el tiempo que dure la prueba de tráfico.

ITGDec.exe. Permite convertir los datos recibidos durante el tiempo de la prueba en un conjunto de valores numéricos que posteriormente pueden ser analizados y comparados de manera gráfica.

D-ITG posee una utilidad adicional disponible en el mismo sitio web la cual permite configurar los parámetros de las pruebas de manera gráfica. ITGGUI.jar es una de aplicación Java que permite mediante una interfaz gráfica, configurar las opciones de recepción y envío de paquetes haciendo uso de las cuatro aplicaciones del generador de tráfico antes mencionadas.

PRUEBAS REALIZADAS.

Para la primera prueba se conectaron dos computadoras al switch en diferentes VLAN's, de tal manera que cuando se genere el tráfico los paquetes tengan que pasar por ambos routers. Para identificarlas se hará referencia al equipo con la dirección IP 10.10.10.5 de la VLAN 10 como equipo A y al de la VLAN 40 como equipo B.

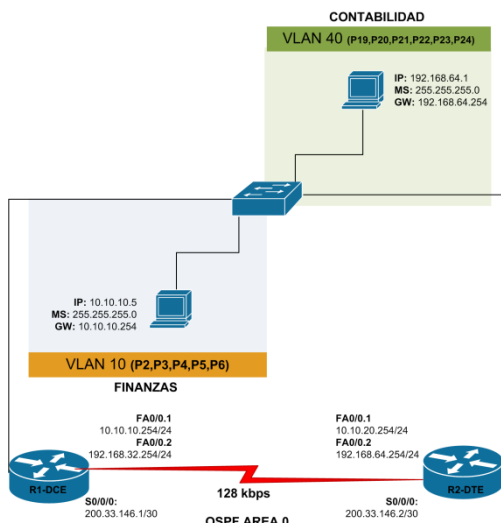


Figura 3. Configuración de la primera prueba.

Los parámetros que se configuraron para esta prueba en el equipo A (que es el que enviará los paquetes hacía B) se muestran en la Figura. 3. Sin embargo, en el equipo B es necesario especificar los parámetros para poner a la escucha a la aplicación ITGRecv haciendo uso de la interfaz de línea de comandos.

La instrucción ITGRecv.exe -l Recibido.log, permite a la aplicación escuchar el tráfico del equipo de pruebas A 10.10.10.5 en el puerto 8999 y lo almacena en el archivo Recibido.log. Este archivo contiene los datos de la transmisión, para la interpretación y visualización se hace uso de otra de las utilidades de esta herramienta, la cual permite generar valores numéricos a partir de todo este conjunto de datos almacenados en el archivo.

La herramienta que permite generar valores numéricos a partir de los datos recibido es ITGDec.exe. Esta aplicación recibe como parámetro el nombre del archivo log generado, en este caso "Recibido.log" con cuatro parámetros importantes: la opción -j para generar el archivo jitter.dat el cual contiene información sobre el retardo promedio, la opción -b para generar el archivo bitrate.dat que contiene la tasa de bits, la opción -d para generar el archivo delay.dat con información del retardo y finalmente la opción -p que genera el archivo packetloss.dat que contiene información sobre datos perdidos, cada uno de los archivos anteriores permite analizar y graficar los resultados de la prueba.

ITGDec.exe, genera un resumen con datos importantes tales como: tiempo total de la duración de la prueba, el total de paquetes, el jitter promedio y los retardos que se presentaron durante la transmisión. (Ver Figura 4)

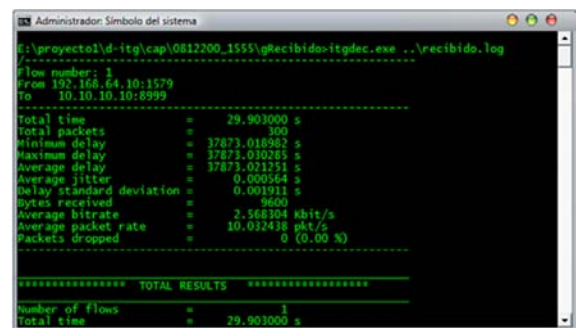


Figura 4. Detalles de la prueba de tráfico.

En la ejecución de la transmisión de prueba se enviaron 100 paquetes de 30 bytes durante un período de 30 segundos. La figura 5 contiene la gráfica generada por el valor del promedio de bits transmitidos (2.5kbps).

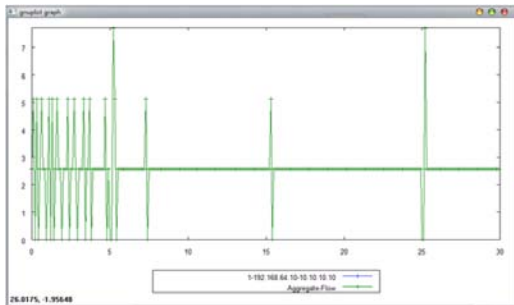


Figura 5. Tasa de bits promedio de la transferencia.

La Figura 6 representa el jitter o variación del retardo promedio en segundos que se mantuvo durante la transferencia, se puede observar que este valor fue de aproximadamente 0.0005seg.

El retardo promedio está elevado a una potencia negativa, ya que la herramienta D-ITG no proporciona algún método de sincronización entre el emisor y el receptor; por lo tanto es necesario utilizar métodos adicionales para la sincronización (como NTP Network Time Protocol) entre ambos puntos (Figura7).

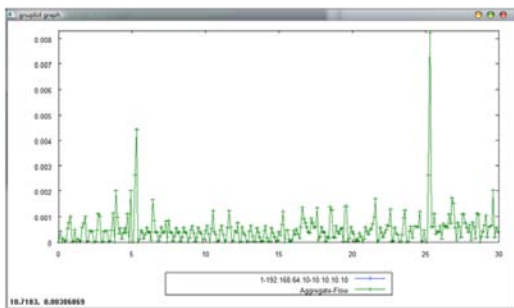


Figura 6. Jitter promedio del tráfico generado.

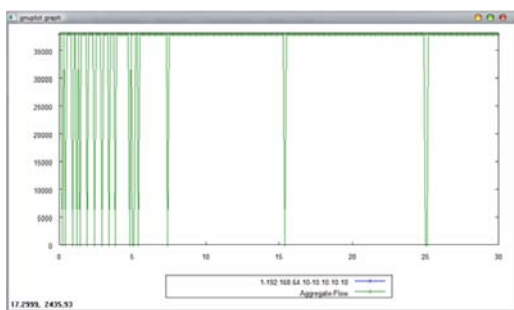


Figura 7. Gráfica del retardo promedio de la prueba.

La Figura 8 muestra una pérdida de 0.0 de paquetes enviados, lo cual significa que todos los paquetes fueron recibidos, lo que convierte a esta arquitectura un escenario ideal de pruebas.

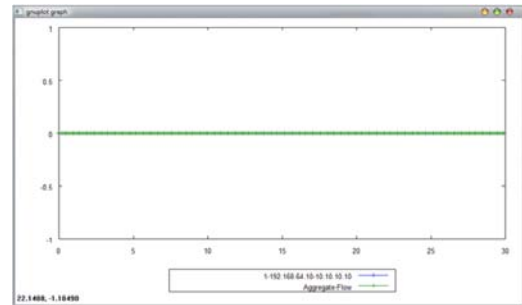


Figura 8. Gráfica de la pérdida promedio de paquetes.

ESTIMACIÓN DEL ANCHO DE BANDA DISPONIBLE.

Ahora que se ha probado la funcionalidad de la arquitectura base es posible realizar pruebas utilizando distintas herramientas para la estimación de ancho de banda que siguen un esquema de uso libre y código abierto. Muchas de éstas son desarrolladas por investigadores independientes o instituciones de investigación, la ventaja de ellas radica en que proporcionan el algoritmo o método que se sigue para la estimación del ancho de banda que se implementa en cada una de las aplicaciones o programas así como el código fuente que permite adecuarlo a las necesidades de cada usuario.

IGI-PTR

Esta herramienta (IGI/PTR 2008) permite estimar el ancho de banda disponible extremo a extremo, es decir entre dos elementos o puntos de la red. Define el ancho de banda disponible como el residual en la ruta (Algoritmo Initial Gap Increasing), el cual puede ser calculado como la diferencia entre la capacidad menos la carga actual. Está disponible para su uso directamente en <http://www.cs.cmu.edu/~hnn/igi/> en formato de código fuente para su descarga y compilación.

Para la primera prueba debe estar configurada en ambos equipos la dirección IP correspondiente e inicializar la aplicación servidor de la herramienta IGI-PTR. Ésta abrirá un puerto en el equipo A y se quedará a la escucha o espera de la petición de conexión de la aplicación cliente.

Una vez ejecutada la aplicación del servidor, se debe inicializar la propia en el cliente en el otro

equipo de la red (equipo B). La información TCP/IP es la dirección 10.10.10.10/24. Cuando la aplicación se conecte con el servidor, comenzará a desplegar información sobre los paquetes enviados y al final mostrará un resumen de la prueba y el ancho de banda disponible que fue calculado.

Al ejecutar la instrucción. `/ptr-client -n 60 -s 500 -f filedump -v 192.168.64.10` se comienza a generar el análisis de ancho de banda entre los dos puntos. La prueba se ejecuta sobre el protocolo UDP debido a que es el protocolo sobre el cual IGI/PTR opera.

Las opciones configuradas al cliente son:

- -n 60: Cantidad de paquetes de la prueba
- -s 500: Longitud o tamaño de los paquetes en bytes
- -f filedump: Guardar en un archivo de texto los resultados de la prueba
- -v: Desplegar en pantalla información sobre el proceso de prueba.
- 192.168.64.10: Dirección IP del equipo que ejecuta la aplicación servidor (ptr-server)

Terminada la prueba se aprecia un ancho de banda disponible de **0.116 Mbps**. Los equipos de prueba están conectados a cables de 100 Mbps, sin embargo dado que todo el tráfico tiene que pasar por los canales seriales de 128kbps de cada router (ver figura 1), la velocidad en este punto se limita a dicha velocidad.

PATHLOAD

Pathload (Pathload 2008) es una aplicación que permite estimar el ancho de banda disponible entre dos puntos. Se puede bajar el código fuente directamente del sitio <http://www.cc.gatech.edu/fac/> una vez descargado se procede a descomprimir y compilar para generar las aplicaciones cliente y servidor de la herramienta. Utiliza el algoritmo del enlace con la mínima capacidad sin uso para estimar el ancho de banda disponible.

Al realizar las pruebas de ancho de banda con Pathload se emplean las dos aplicaciones que la herramienta proporciona: el Pathload_rcv

(Solicitante) y el Pathload_snd (Servidor). Éstas funcionan de manera muy similar a las anteriores, siempre existe un equipo que funge como servidor, el cual se encarga de enviar datos hacia un solicitante o cliente; éste analizará los datos y generará información sobre el ancho de banda disponible que fue calculado. (Ver figura 9)

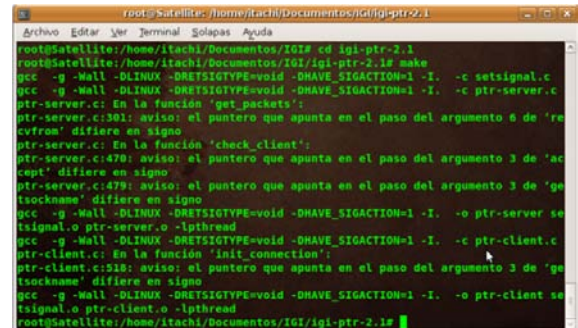


Figura 9. Ancho de banda disponible reportado por el pathload.

Las dos herramientas de estimación del ancho de banda disponibles utilizadas, no otorgan un resultado idéntico debido al algoritmo que emplean para su cálculo, sin embargo, la diferencia entre los dos valores de ocupación del enlace son muy cercanos y no llegan a la capacidad máxima de 128kbps de las líneas entre los dos enrutadores. La Tabla 2 resume las características y resultados de las dos aplicaciones utilizadas.

Tabla 2. Comparativa entre las dos herramientas para la estimación de ancho de banda.

IGI/PTR	
Tipo de prueba	Punto a Punto
Algoritmo	Initial Gap Increasing
Ancho de banda calculado	0.116 Mbps
PATHLOAD	
Tipo de prueba	Punto a Punto
Algoritmo	Minimum unused capacity
Ancho de banda calculado	0.120 Mbps

CONCLUSIONES

Los resultados generados a partir de la aplicación de diversas herramientas de medición se ancho de banda brindan una pauta para futuros estudios de estimación en el consumo y disponibilidad del ancho de banda

en las redes de paquetes, ya que al contar con una arquitectura de tráfico controlado, es posible ejecutar múltiples herramientas para la generación de tráfico y simular distintos esquemas de tráfico para determinar el desempeño de la red.

Uno de los puntos importantes es que la arquitectura diseñada para la generación de tráfico hace uso de dispositivos con gran presencia en el mercado de las telecomunicaciones lo cual significa que la arquitectura propuesta puede ser implementada ampliamente. Al utilizar protocolos como 802.11q para VLANs y OSPF para enrutamiento, se garantiza que la configuración e implementación pueda ser fácilmente difundida o migrada en equipos de otros proveedores.

La importancia del presente trabajo permite, sin necesidad de simuladores de redes, tener la posibilidad de crear una maqueta de red en la cual sea posible inyectar tráfico para determinar su desempeño bajo ciertas condiciones de tráfico y con el apoyo de herramientas de software libre, determinar su comportamiento independientemente de la marca de enrutadores, conmutadores o equipos de cómputo disponibles.

Con los resultados obtenidos, se deja abierta la posibilidad de probar y analizar diferentes características y comportamiento de las redes y no solamente la ocupación de los enlaces.

REFERENCIAS

Garay, Ó. R. (2003). enegi.org.mx. Recuperado el 2008 de Marzo de 3, de <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/tecnologia/dns03.pdf>

Groth, D., & Skandier, T. (2005). Guía del estudio de redes, cuarta edición. Sybex, Inc.

Prasad, R., & Dovrolis, C. (2003). Bandwidth Estimation: Metrics, Measurement Techniques, and Tools. *IEEE Network*, 27-29.

C. S. (1999). Cisco IOS 12.0 Quality of Service. Indianapolis: Cisco Press.

Alessio Botta, A. D. (2007). Multi-protocol and multi-platform traffic generation and measurement. Anchorage, Alaska: INFOCOM.

IGI/PTR site. www.cs.cmu.edu. Recuperado el 20 de noviembre de 2008, disponible en línea en:<http://www.cs.cmu.edu/~hnn/igi/#Document>

Pathload site. www.cc.gatech.edu. Recuperado el 23 de noviembre de 2008, disponible en línea en:http://www.cc.gatech.edu/fac/Constantinos.Dovrolis/bw-est/pathload_tutorial.html.