

Optimización del ancho de banda de internet, mediante algoritmos

OPTIMIZING INTERNET BANDWIDTH THROUGH ALGORITHMS

Ramiro Estigarribia Canese



Universidad
IBEROAMERICANA

251

RESUMEN

La presente investigación se propuso diseñar un algoritmo que permita mejorar la administración y el control del acceso a la red en tres organizaciones, dos de carácter público y una privada. Los objetivos específicos de la investigación fueron: identificar las estrategias utilizadas por las organizaciones para administrar el acceso a los recursos tecnológicos; documentar y comparar las soluciones comerciales disponibles actualmente en el mercado para administrar el acceso a la red, controlar el acceso a la red para todos los equipos: computadoras, celulares, tabletas, cámaras y otros, mediante el desarrollo de un portal cautivo y algoritmos de distribución de tráfico en la red en tiempo real; medir el nivel de aceptación de la solución por parte de los funcionarios del área informática de las tres organizaciones; medir las variaciones que presenta el tráfico en la red, en cada una de las tres organizaciones, antes y después de la implementación de la solución. Para lograr estos objetivos, se realizó una revisión de literatura, una comparación de las soluciones actualmente disponibles, y un trabajo de campo en tres organizaciones. La revisión y comparación de soluciones disponibles permitió determinar que, si bien existen productos en el mercado para administrar la red de una empresa, todos ellos se basan en permisos sobre usuarios, y no en un efectivo manejo del tráfico. La metodología de la investigación tuvo un diseño preexperimental, de tipo descriptivo y enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo. Fueron aplicadas entrevistas a los funcionarios del área de informática, a fin de contar con un diagnóstico de las necesidades de cada organización. Posteriormente fue diseñado el algoritmo e implementada la solución consistente en un portal cautivo, en las tres entidades participantes de esta investigación. Para medir el nivel de aceptación de la solución, se aplicó una encuesta a los funcionarios del área informática, y se midieron las variaciones que presenta el tráfico en la red antes y después de la implementación de la solución, mediante la aplicación Cacti. Los resultados obtenidos indican que la implementación de esta solución mejora de forma significativa la seguridad, el control y la velocidad en la red de los recursos críticos de la organización, en la percepción de los encuestados, y además disminuye el uso de ancho de banda. En conclusión, la solución diseñada en este estudio aporta una novedad tecnológica adecuada para las organizaciones, que permite priorizar y optimizar el tráfico en la red en tiempo real y facilitar la obtención de información instantánea acerca de su uso por parte de los usuarios.

Palabras clave: administración, algoritmo, comunicaciones, portal cautivo, organizaciones, red.

ABSTRACT

The present investigation aims to design an algorithm that will improve the management and control of network access in three organizations, two public and one private. The specific objectives of the research were to identify the strategies used by organizations to manage access to technology resources, to document and to compare commercial solutions currently available on the market to manage access to the network, to control access to the network for all computers: computers, phones, tablets, cameras and others, by developing a captive portal and distribution algorithms network traffic in real time; to measure the level of acceptance of the solution by computing area officials of three organizations presented measure variations in the network traffic, in each of the three organizations, before and after implementation of the solution. To achieve these objectives, we conducted a literature review, a comparison of the current solutions, and field work in three organizations. The review and comparison of available solutions allowed us to determine that while there are products on the market to manage an enterprise network, all of which are based on user permissions, and not in an effective traffic management. The research methodology had a preexperimental design, descriptive and mixed approach, qualitative and quantitative. Interviews were applied computing area officials, in order to have a diagnosis of the needs of each organization. Subsequently, the algorithm was designed and implemented the solution of a captive portal in the three institutions participating in this research. To measure the level of acceptance of the solution, were surveyed area officials to information technology, and measured the variations present in the network traffic before and after the implementation of the solution, by applying the Cacti software. The results indicate that the implementation of this solution significantly improves security and speed control on the network of the critical aspects of the organization, in the perception of respondents, and also reduces the use of bandwidth. In conclusion, the solution designed in this study provides adequate technological innovation for organizations, allowing prioritize and optimize the network traffic in real time and facilitate obtaining instant feedback about their use by users.

Keywords: management, algorithm, communications, captive portal, organizations network.



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos quince años, la red internet ha evolucionado de forma vertiginosa para convertirse en la actualidad, en un factor fundamental para el éxito de las grandes organizaciones. Se ha pasado de una etapa en donde los accesos a las informaciones y a las comunicaciones eran limitados y costosos, hasta la etapa presente, en donde las tecnologías de información han evolucionado, permitiendo establecer una conexión con cualquier parte del mundo, de forma instantánea y a un costo económico mínimo para dichas organizaciones. La cantidad de información disponible de forma inmediata es abrumadora.

Las facilidades tecnológicas orientadas a las comunicaciones, con las que hoy día contamos, han traído nuevos problemas a las organizaciones. En estos momentos, además de acceder a la información, es de vital importancia poder controlar, proteger y administrar el acceso a los datos. En la actualidad, los sistemas informáticos presentan bastante complejidad, ya no se trata de computadoras homogéneas accediendo a los mismos programas. Las organizaciones además pueden disponer de computadoras portátiles, celulares inteligentes, tabletas, cámaras conectadas a la red internet, sensores biométricos, dispositivos de localización, entre otros.

El presente trabajo investiga, proyecta y desarrolla un conjunto de algoritmos que permiten mejorar la administración y el control del acceso a la información, mediante la utilización de nuevas tecnologías orientadas a servidores de acceso a la red internet, incluyendo el portal cautivo y la priorización de tráfico en tiempo real.

Si bien existen productos en el mercado, para administrar las redes de datos de una empresa, todos ellos se basan en permisos sobre usuarios, y no en un efectivo manejo del tráfico, y tampoco disponen de una opción para generar un portal cautivo previo al acceso a la red. Todas estas cualidades citadas, deben funcionar bajo un entorno administrativo orientado a las tecnologías actuales de la red internet.

Más allá de bloquear y habilitar a los accesos en la red de una organización, es de vital importancia disponer de información instantánea acerca de la utilización por parte de los usuarios, de forma a permitir capturar, priorizar y dirigir a cierta información, con el objetivo de optimizar los recursos tecnológicos disponibles y minimizar el desperdicio de dichos recursos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación enfoca la problemática de las organizaciones en la aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), en la administración del acceso a la información y las comunicaciones en la red, de forma segura y controlada. La pregunta central que esta investigación buscó responder es la siguiente: ¿Es posible diseñar un algoritmo que permita a las organizaciones administrar y controlar el tráfico de cada equipo de la red: computadoras, celulares, tabletas, cámaras y otros, registrando la utilización de los recursos de la red de cada uno?

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué estrategias utilizan las tres organizaciones participantes de esta investigación para administrar el acceso a los recursos tecnológicos?
- ¿Cuáles son las soluciones comerciales disponibles actualmente en el mercado, para administrar el acceso a la red?
- ¿Es posible elaborar un algoritmo que permita controlar el acceso de todos los equipos de la red, sin tener en cuenta que tipos de equipos están accediendo?
- ¿Cuál es el nivel de aceptación por parte de los usuarios finales luego de la implementación de la solución las tres organizaciones?
- ¿Qué variaciones presenta el tráfico en la red, cada una de las tres organizaciones, luego de su implementación?

OBJETIVO GENERAL

La presente investigación se propone diseñar un algoritmo que permita mejorar la administración y el control del acceso a la red en tres organizaciones, dos de carácter público y una privada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las estrategias utilizadas por las organizaciones participantes del proyecto, para administrar el acceso a los recursos tecnológicos.
- Documentar y comparar las soluciones comerciales disponibles actualmente en el mercado, para administrar el acceso a las redes de datos.



ANTECEDENTES DE REDES DE COMUNICACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Las redes de comunicación de datos han supuesto una serie de cambios en las empresas y organizaciones. Gracias a la implementación de la red internet, se puede obtener e intercambiar información con mayor rapidez y facilidad. Además presenta un ahorro significativo, ya que se disminuye la necesidad de utilizar los sistemas anteriores de comunicación.

Entre los muchos ejemplos, se destacan la disminución de necesitar imprimir todos los documentos, guardarlos físicamente y enviarlos mediante medios de transporte tradicionales. Estas tareas pasan a ser exclusivas para contratos y documentos muy específicos de las empresas y organizaciones.

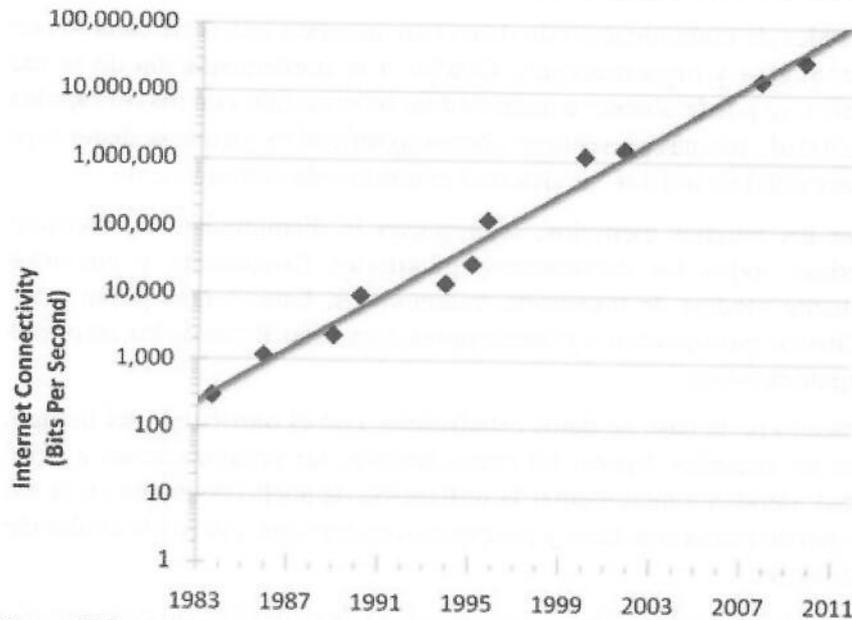
Partiendo de la base de datos estadísticos, con el transcurrir del tiempo, tanto los usuarios finales, así como también las organizaciones a nivel global, tienden a incrementar la utilización de ancho de banda en la red internet de forma constante y progresiva, en consonancia con la evolución tecnológica.

Según el autor Jakob Nielsen, la velocidad de conexión, de cada usuario perteneciente a la red internet crece aproximadamente en un 50% por año en promedio. (Nielsen, 2012, p. 1).

En el gráfico número uno, se despliega la evolución de las velocidades de los planes de acceso a la red internet en promedio, con respecto a los últimos treinta años a nivel mundial.



Gráfico 1: Evolución de la velocidad de los planes de internet



Fuente: Nielsen, 2012

OPTIMIZACIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Típicamente las organizaciones han utilizado la red de área local para brindar servicios tales como la impresión de documentos, acceso a sistemas, intercambio de archivos y correo electrónico, todo esto sin necesidad de un control de la velocidad. En la actualidad, la red internet juega un papel cada vez más protagónico, ya que no solamente es utilizado para acceder a la información y las comunicaciones, sino que además muchas aplicaciones importantes ya están alojadas en la gran nube de internet.

En los últimos años hemos visto una demanda insatisfecha de velocidad en el acceso a la red internet, no sólo en cuanto a ancho de banda, sino también a la importancia de disponer de una conectividad garantizada a los sistemas y con el menor tiempo de respuesta posible.

Hoy día muchas empresas utilizan prácticamente el 100% de sus programas en la red, tales como aplicaciones de ofimática, sistemas de negocio, comunicación con clientes y proveedores, etc. Todos estos programas están en una constante competencia por usufructuar la velocidad adquirida a uno o más proveedores de internet.

Ante estos problemas de competencia por la velocidad, la solución más simple (y más costosa), que emplean los directivos es contratar más ancho de banda. Esta solución, si bien ayuda a mejorar la percepción de velocidad en un principio, en la mayoría de los casos no es una solución, sino más bien apenas el comienzo de los problemas, ya que los usuarios y los programas no discriminan entre usos críticos y no críticos para la organización, y además en la medida en que aumenta la velocidad disponible también se incrementa la utilización.

El investigador Jon Latorre, se refiere así al problema de la distribución de la señal: “la manera de evitar que una sola conexión acapare todo el ancho de banda es que el sistema se asegure de ir repartiendo en ancho de banda entre todas las conexiones activas. Esto se logra eligiendo el tipo de cola que se encargará de mandar los paquetes a la tarjeta de red, de forma adecuada”. (Latorre, 2004, p.1).

En conclusión, la solución más efectiva para enfrentar el problema de escasez de velocidad en la red, es la implementación de algoritmos que permitan una distribución equitativa del ancho de banda, diferenciando entre los servicios críticos de los no críticos para la organización, que a su vez puedan ser modificados según las necesidades de un futuro que tecnológicamente es dinámico e incierto.

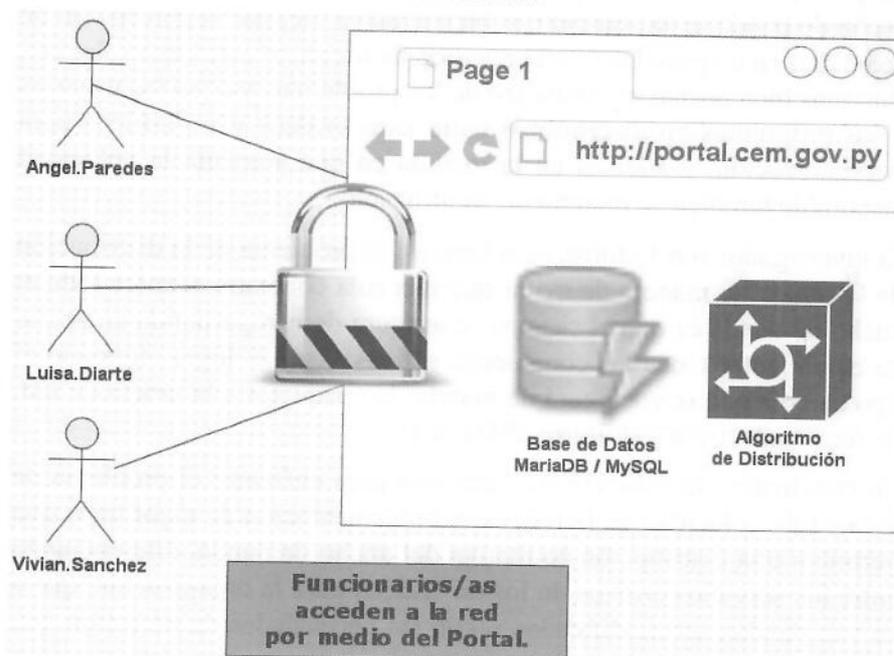
OBJETIVOS DE LA OPTIMIZACIÓN

A la hora de distribuir el ancho de banda, es indispensable conocer las necesidades de la organización. Por ejemplo, es diferente el caso de una empresa cuya principal función es transmitir audio y video por internet, de otra donde lo primordial es un sistema de venta de comidas. Una vez conocido los requerimientos de la empresa, podemos implementar la distribución equitativa del ancho de banda, por usuarios y servicios.

A continuación, en la figura número seis se despliega el esquema de administración de la red, en la cual se implementarán los algoritmos de distribución del ancho de banda para cada usuario activo en la red de la organización.



Figura 1: Diagrama de implementación de algoritmos de distribución



Fuente: elaboración propia

Existen ciertos parámetros que miden la efectividad de la red: número de enlaces disponibles, ancho de banda de subida y bajada, tiempo de respuesta o latencia, MTU (Unidad máxima de transmisión), entre otros.

Por ejemplo, existen numerosos casos de empresas en Paraguay, que tienen sucursales y sedes en distintos países como Brasil, Argentina, Uruguay, entre otros. En muchos casos, el sistema está centralizado en uno de los países, siendo este el lugar crítico a nivel de infraestructura informática. En estos casos, a fin de preservar el buen funcionamiento de los sistemas, es de vital importancia tener la mejor latencia hasta el sistema, reservando un pequeño porcentaje de la capacidad de la red, de forma a evitar cuellos de botella.

La estrategia recomendada por los investigadores Páez y Amaia, dictamina lo siguiente: “Debido a que las redes son sujetas a rápidas variaciones en la demanda, debe asegurarse un desempeño aceptable bajo condiciones de picos de tráfico”. (PÁEZ & AMAIA, 2011, p.3).

ALGORITMOS DE DISTRIBUCIÓN DEL ANCHO DE BANDA

En el nivel más interno perteneciente al kernel del sistema operativo Linux, existe un módulo de nombre Hierarchical Token Bucket (HTB), que permite la creación e implementación de algoritmos de distribución de ancho de banda.

En un estudio sobre el control del tráfico y la calidad del servicio de la red, los investigadores Sebastián Norberto Mussetta y Norberto Gaspar Cena describieron al módulo HTB de la siguiente manera: “HTB se caracteriza por garantizar el mínimo y alcanzar el máximo en el caso que exista ancho de banda disponible”. (MUSSETTA & CENA, 2010, p.4).

En los siguientes apartados, se discuten y analizan diversos algoritmos posibles, orientados a la distribución del ancho de banda de una red, y además se construyen algoritmos basados en el módulo HTB pertenecientes al kernel del sistema operativo Linux, con la ayuda de la suite HTB-Tools¹. Finalmente se analizan aspectos positivos y negativos, que determinan al mejor algoritmo que finalmente será implementado en las organizaciones pertenecientes al estudio.

ALGORITMO DE DISTRIBUCIÓN EQUITATIVA

La forma más elemental de evitar que una sola conexión sature todo el ancho de banda disponible, es distribuir la velocidad en forma equitativa para todos los usuarios que acceden a la red en la organización.

Para todos los algoritmos desarrollados se considera que los enlaces del proveedor de internet (ISP) están funcionando de forma correcta, brindando la velocidad final contratada, sin degradaciones importantes en la conexión.

Para realizar la repartición de la velocidad, se divide la velocidad final contratada entre la cantidad de usuarios activos en la red local.

Por ejemplo, teniendo disponibles 10240 kbps de velocidad contratada, y diez computadoras en la red interna, simplemente dividimos la velocidad entre la cantidad de usuarios:

¹ HTB-tools es software de gestión de ancho de banda que brinda un conjunto de herramientas para la elaboración de algoritmos y políticas, con el objetivo de simplificar el difícil proceso de asignación de ancho de banda, utilizando el kernel de Linux. <http://freecode.com/projects/htb-tools>

Velocidad disponible para cada usuario: velocidad máxima contratada / cantidad de usuarios.

Ejemplo: 10240 kbps / 10 usuarios = 1024 kbps

En el ejemplo, le corresponde como máximo 1024 kbps a cada usuario.

Si bien puede parecer justo y efectivo este sistema de distribuir el ancho de banda, en realidad se están desperdiciando los recursos ociosos, y no se está diferenciando entre tráfico crítico y no crítico. En este caso, no tomamos en cuenta que no siempre todos los usuarios estarán presentes y haciendo uso de la señal. En otras palabras, estamos desechando la velocidad ociosa, o no utilizada.

A continuación, en el cuadro número uno, se despliega íntegramente el algoritmo de repartición equitativa para una red comprendida por cuatro usuarios activos, y una velocidad contratada de 10240 kbps, utilizando la tecnología HTB, que pertenece al kernel del sistema operativo GNU/Linux.

Cuadro 1: Algoritmo de distribución equitativa en tecnología HTB

```
class Equitativo{
bandwidth 10240; limit 10240;
burst 0; priority 0;
client 1 {
bandwidth 2560; limit 2560;
burst 0; priority 0;
dst{192.168.0.101/32; };};
client 2 {
bandwidth 2560; limit 2560;
burst 0; priority 0;
dst{192.168.0.102/32; };};
client 3 {
bandwidth 2560; limit 2560;
burst 0; priority 0;
dst{192.168.0.103/32; };};
};
client 4 {
bandwidth 2560; limit 2560;
burst 0; priority 0;
dst{192.168.0.104/32; };};
};
class default { bandwidth 64; };
```

La red utiliza direcciones de basadas en el protocolo de internet versión cuatro, pertenecientes a la subred privada 192.168.0.0 con máscara de red de numeración 255.255.255.0.

Además de disponer del algoritmo de repartición de ancho de banda, en una red pueden añadirse nuevos equipos en todo momento, y además la velocidad contratada al ISP también puede variar.

Para evitar tener que reescribir las reglas y volver a realizar los cálculos matemáticos cada vez que un nuevo usuario ingresa a la red de la organización, se programó un algoritmo en lenguaje de programación Bash², que a partir de los datos provenientes de la utilización de la red, genera automáticamente el algoritmo que finalmente será ejecutado por el kernel del sistema operativo.

De esta manera, se permite que múltiples usuarios ingresen y egresen a la red de la organización, minimizando el tiempo y el esfuerzo necesario para actualizar los algoritmos. Dicho algoritmo debe ejecutarse cada un cierto periodo de tiempo, a fin de contar siempre con los datos actualizados acerca de las cantidad de usuarios accediendo a la red.

En las implementaciones realizadas se ha considerado un periodo de tiempo de diez minutos, y se ha automatizado la ejecución mediante el administrador de procesos (CRON) del sistema operativo. “CRON es el administrador procesos en segundo plano que ejecuta procesos a intervalos regulares (por ejemplo, cada minuto, día, semana o mes)”. (Reznick, 1993, p.29).

El algoritmo generador de las instrucciones que serán ejecutadas por el kernel del sistema operativo, se despliega en el cuadro número dos.

² Bash es un intérprete de lenguaje de comandos, para el sistema operativo GNU/Linux. El nombre es un acrónimo de la frase “Bourne-Again SHell”, un juego de palabras sobre Stephen Bourne, que fue el autor del intérprete de comandos del sistema operativo Unix. <http://www.gnu.org/software/bash/>



Cuadro 2: Implementación del generador del algoritmo en lenguaje Bash

```
#Variables Globales
velocidad=`cat /etc/velocidad.txt`
# Calculamos la cantidad de usuarios:
cantidad=`cat /etc/lista.txt | wc -l`
#Funciones Principales function clase
{
echo "class Equitativo {
bandwidth $velocidad; limit $velocidad;
burst 0; priority 0;"
}
function usuario
{
for direccion in `cat /var/www/htdocs/lista.txt`
do
echo "client usuario {"
echo "bandwidth (($velocidad/$cantidad));
limit (($velocidad/$cantidad)); burst 0; priority 0; dst{$direccion/32; };"
done
}
function cerrar
{ echo "};" }
function terminar
{ echo "class default { bandwidth 64; };" }
#Llamamos a las funciones y generamos el algoritmo:
clase
usuario
cerrar
terminar
```

Fuente: elaboración propia

ALGORITMO DE DISTRIBUCIÓN EQUITATIVA, QUE APROVECHA LA VELOCIDAD OCIOSA

Partiendo del algoritmo anterior, se intenta buscar una forma de sacar mejor provecho a la velocidad contratada. A partir de la velocidad adquirida, de por ejemplo 10240 kbps como máximo, y suponiendo que los enlaces del ISP están funcionando de forma correcta, podemos definir 2 momentos o estados: Estado "A" y de baja utilización de la señal: Sucede en todo momento en el cual estamos usando una velocidad mucho menor al máximo contratado. Por ejemplo, vamos a definir el estado "A", en todo momento en que el uso de la señal de internet fuese menor al 80% del máximo contratado.

Cuando estamos en este estado "A", vamos a liberar la velocidad, permitiendo a cada usuario alcanzar el máximo de velocidad contratada. En otras palabras, estaremos deshabilitando a cualquier sistema de repartición del ancho de banda, también conocido como mejor esfuerzo (best effort traffic).

Estado A: Velocidad disponible para cada usuario: velocidad máxima contratada.

Estado "B" y de alta utilización de la señal: Sucede en todo momento en el cual estamos utilizando cerca del máximo de velocidad contratada. Por ejemplo, vamos a definir el estado "B", en todo momento en que el uso de la señal de internet fuese mayor o igual al 80% del máximo contratado.



Una vez alcanzado el estado “B”, se aplicarán las políticas de división del ancho de banda de forma equitativa para cada usuario, representado por el mismo algoritmo del cuadro número uno, y la configuración en el cuadro número dos, del apartado anterior.

Estado B: Velocidad disponible para cada usuario: velocidad máxima contratada / cantidad de usuarios.

Como sabemos que una gran cantidad de velocidad se está utilizando, de esta manera se minimiza el desperdicio de velocidad.

Para conocer cómo se encuentra la red (en cual estado), y que método aplicar, es necesario conocer el tráfico correspondiente al último segundo de actividad.

Para este fin, a continuación en el cuadro número tres se despliega un programa escrito en lenguaje Bash que calcula y obtiene el tráfico de la tarjeta de red, en sistemas operativos basados en GNU/Linux y Unix, durante el último segundo. Mediante este cálculo, el sistema tendrá la posibilidad de decidir qué política aplicar en cada momento.

Cuadro 3: Programa para obtener el tráfico actual en lenguaje Bash

```
#Guardamos en la variable A, los datos del contador de bytes
A=`ifconfig eth0|grep 'RX bytes'|awk '{print $6}'|awk -F ':' '{print $2}`
#Esperar un tiempo de un segundo sleep 1
#Guardamos en la variable B, los datos del contador bytes
B=`ifconfig eth0|grep 'RX bytes'|awk '{print $6}'|awk -F ':' '{print $2}`
#Se restan las variables y finalmente se convierte de bytes a kbps dividiendo por 128.
echo $(((B-A)/128))
```

Fuente: elaboración propia

Finalmente este cálculo de obtención de la velocidad actual, debe realizarse en forma constante, al menos cada diez segundos, y a partir de allí levantar o deshabilitar el servicio de repartición de la velocidad. Según las pruebas de laboratorio realizadas, todo este proceso se realiza en un segundo y algunas milésimas.

Si bien el algoritmo desarrollado permite obtener mejor provecho al total de velocidad contratada, un problema que se presenta consiste en que las velocidades pueden variar del mínimo al máximo en forma brusca, en muchas ocasiones debido al abuso de los usuarios en la utilización de programas de alto consumo, como los programas de descargas de archivos.

Estos cambios bruscos pueden causar degradación en el rendimiento de la red, y sensación de inestabilidad en los sistemas críticos.

ALGORITMO DE DISTRIBUCIÓN EQUITATIVA, CON MÁXIMOS PARA CADA ESTADO

A partir del algoritmo anterior, podemos añadir una nueva variante: en lugar de definir solamente un valor máximo que es aplicado en momentos de alto tráfico, tendremos un nuevo valor máximo para el estado de bajo tráfico, a fin de evitar que en ningún momento un usuario pueda saturar la red.

Para este caso, nuevamente estamos suponiendo que los enlaces del ISP están funcionando de forma correcta, pudiendo alcanzar la velocidad contratada sin inconvenientes.

A continuación se detallan los estados y sus variables:

Estado “A” y de baja utilización de la señal: Cuando estemos en este estado, el usuario tendrá un valor máximo que multiplica por un factor, a la división equitativa de la señal.

Estado A: Velocidad disponible para cada usuario: velocidad máxima contratada / cantidad de usuarios * factor

Ejemplo: $10240 \text{ kbps} / 10 \text{ usuarios} \times 2 = 2048 \text{ kbps}$

Estado “B” y de alta utilización de la señal: Al alcanzar el estado de alto tráfico, se disminuirá la velocidad máxima de cada usuario, llegando de forma gradual a la división de la velocidad máxima, entre la cantidad de usuarios.

Estado B: Velocidad disponible para cada usuario: velocidad máxima contratada / cantidad de usuarios.

Ejemplo: $10240 \text{ kbps} / 10 \text{ usuarios} = 1024 \text{ kbps}$



De esta forma se consigue disponer de forma efectiva la velocidad contratada en todo momento, y además resguardando una velocidad mínima garantizada para los momentos de saturación.

Por otro lado, se minimizan los constantes cambios de estados, debido a posibles abusos por parte de los usuarios.

A nivel de implementación, el nuevo algoritmo posee el mismo código fuente, que los anteriores algoritmos desarrollados, añadiendo la variable 'factor' de multiplicación, a la función de nombre "usuario", tal como se presenta en el cuadro número cuatro.

Cuadro 4: Función usuario optimizada

```
function usuario
{
for direccion in `cat
/var/www/htdocs/lista.txt`
do
echo "client usuario {"
echo "bandwidth (($velocidad/$cantidad));
limit (($velocidad/$cantidad*$factor));
burst 0; priority 0;
dst{$direccion/32; };};"
done
}
```

Fuente: elaboración propia

De forma similar a los casos anteriores, el control de la velocidad utilizada (cuadro tres), debe estar en ejecución en todo momento de forma a conocer el tráfico actualizado de la organización, y a partir de los datos obtenidos seleccionar la política más adecuada.

CONCLUSIONES DE LOS ALGORITMOS E IMPLEMENTACIÓN

Tomando en consideración a los algoritmos desarrollados para la repartición del tráfico para el acceso a la red internet, y los cálculos realizados con el objetivo de conseguir la mayor fiabilidad, podemos afirmar que el Algoritmo de Distribución Equitativa, con máximos para cada estado permite el mayor desempeño de la red y maximiza el uso del ancho de banda para cada usuario principalmente en momentos de alta utilización de la señal en la organización.

Los resultados de la medición del tráfico en la red aportaron evidencias de una mejor utilización del ancho de banda en la red, principalmente en la bajada de datos (download). Esta mejor utilización les permitirá crecer de forma ordenada pudiendo realizar distintas tareas en simultáneo sin comprometer el buen desempeño de los sistemas críticos de cada organización.

Tabla 1: Comparación de evolución de ancho de banda. Fuente: elaboración propia

AVG Download	Max Download	AVG Upload	Max Upload
1484.8 kbps	4761.6 kbps	377.73 kbps	4239.36 kbps
1218.56 kbps	2201.6 kbps	280.13 kbps	796.72 kbps
Variación: -18%	Variación: -54%	Variación: -26%	Variación: -81%

La automatización de los procedimientos, tales como los algoritmos para calcular la utilización de la señal de internet y la cantidad de usuarios activos, garantizará que la velocidad de internet se mantenga estable inclusive cuando se agreguen nuevos equipos a la red local.

Con estos resultados, el objetivo general de esta investigación, que se propuso diseñar un algoritmo para la administración y el control del acceso a la red mediante la implementación de un portal cautivo, junto con la distribución equitativa del tráfico de la red, se ha alcanzado en las tres organizaciones que participaron en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Central de Inteligencia de los Estados Unidos de América (CIA) (2013). *The World Factbook*.

Potomac Books Incorporated. Disponible en <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/pa.html>; Fecha de acceso: 3 de Enero de 2013.

Berry, I., Roman, T., Adams, L., Pasnak, J. P., Conner, J., & Scheck, R. (2005). *The Cacti Manual*. Disponible en <http://www.cacti.net/downloads/docs/pdf/manual.pdf>. Fecha de acceso: 15 de Diciembre de 2012.

Castells, Manuel. (1996). *La sociedad en Red*. Alianza Editorial. Madrid.

Faloh, R. (2005). *Gestión de la Innovación. Una visión actualizada para el contexto iberoamericano*. Editorial Academia. La Habana.

Flavián, C. & Gurrea, R. (2003). *El empleo de Internet como nuevo canal de distribución: un análisis de sus principales ventajas e inconvenientes*. Universidad de Zaragoza. Disponible en: <http://www.comercio.uma.es/index.php/content/view/23/43/> Fecha de acceso: 15 de noviembre de 2012.

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. ; Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Editora. Perú.

Latorre, Jon (2004). *Introducción a Control del tráfico y a Calidad de servicio en GNU/Linux*.

Metabolik Bio Hacklab. Disponible en <http://www.etxea.net/docu/qos/qos.html> Fecha de acceso: 27 de noviembre de 2012.

Levy, Pierre. (1999). *¿Qué es lo virtual?* Editorial Paidós. Madrid. Disponible en [http://www.hechohistorico.com.ar/Levy Pierre Que es lo virtual.pdf](http://www.hechohistorico.com.ar/Levy%20Pierre%20Que%20es%20lo%20virtual.pdf) Fecha de acceso: 05/12/2012

Mussetta, S. & Cena, G. (2010). *Control de Tráfico y Calidad en el Servicio: Traffic Shaping with Hierarchical Token Bucket*. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal_frm/CyTAL_2010/CyTAL/ControldeTrafico.pdf. Fecha de acceso: 27 de noviembre de 2012.

Nielsen, Jakob. (2012). *Nielsen's Law of Internet Bandwidth*. Disponible en: <http://www.nngroup.com/articles/law-of-bandwidth>. Fecha de acceso: 17 de abril de 2013.

Oetiker, Tobias. (2013). *RRDtool Documentation*. Disponible en: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool/doc/rrdtool.en.html> Fecha de acceso: 7 de febrero de 2013.

Páez, G.K.S. & Amaia, J.C.G. (2011). *Algoritmos de gestión de tráfico: Leaky Bucket, Token Bucket y Virtual Scheduling*. Tecnura vol.15 no.29 Julio de 2011. Bogotá. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2011000200008&script=sci_arttext Fecha de acceso: 15 de diciembre de 2012.

Stiglitz, Joseph (2003). *Los felices 90*. Editorial Taurus, Buenos Aires.

Tamayo y Tamayo (1986) *El proceso de la investigación científica. Fundamentos de investigación*. Editorial Limusa. México.

Taylor, F.W. (1994). *Principios de la Administración Científica*. Ediciones El Ateneo. Buenos Aires.



