CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO CONVERGENTE DE DATOS, VOZ SOBRE IP (VOIP) Y VIDEO EN REDES NGN, MEDIANTE SIMULACIÓN DESARROLLADA CON EL SOFTWARE OPNET MODELER.

RICHARD ALEXANDER HERAZO FERNANDEZ
JORGE ALBERTO VELASQUEZ DIAZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA INGENIERIA Y ADMINISTRACION
PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010

CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO CONVERGENTE DE DATOS, VOZ SOBRE IP (VOIP) Y VIDEO EN REDES NGN, MEDIANTE SIMULACIÓN DESARROLLADA CON EL SOFTWARE OPNET MODELER.

RICHARD ALEXANDER HERAZO FERNANDEZ
JORGE ALBERTO VELASQUEZ DIAZ

Monografía de grado presentado como requisito para optar por el titulo de Especialista en Telecomunicaciones

Director de tesis
PhD JHON JAIRO PADILLA AGUILAR
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA INGENIERIA Y ADMINISTRACION
PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

Firma del Jurado

_____

Firma del Jurado

Bucaramanga, Abril del 2010

DEDICATORIA

A mis padres principalmente pues les debo todo lo que soy por haberme dado una buena formación moral y por el apoyo brindado cuando los obstáculos no dejaban continuar mi camino.

A mi prima que desde el cielo me envía toda su ayuda para que cumpla mis objetivos y a toda mi familia ya que ellos siempre han estado allí para verme crecer como una persona de bien, también le agradezco a DIOS por darme salud, sabiduría y fuerza para superar los obstáculos que se han impuesto para lograr mis metas, también a ELIANA SALAS por estar conmigo y darme fuerzas para desarrollar mis anhelos.

Richard Alexander Herazo Fernández

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, hermanos, mi familia y a Diana Isabel Botero de quienes he recibido su apoyo incondicional y fortaleza en cada momento de mi vida.

Jorge Alberto Velásquez Díaz

AGRADECIMIENTOS

A Jhon Jairo Padilla Aguilar director del proyecto por brindarnos su apoyo y guiarnos de la mejor manera para la puesta en marcha del desarrollo del tema propuesto.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por brindarnos el espacio y las herramientas necesarias para llevar a cabo la finalización exitosa del tema propuesto.

.

A los amigos, compañeros de clases con los cuales pudimos compartir conocimientos y experiencias valiosas que fueron tenidas en cuenta en el trabajo propuesto.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO CONVERGENTE DE DATOS, VOZ SOBRE IP (VOIP) Y VIDEO EN REDES NGN, MEDIANTE SIMULACIÓN DESARROLLADA CON EL SOFTWARE OPNET MODELER.

AUTORES: RICHARD ALEXANDER HERAZO FERNANDEZ
JORGE ALBERTO VELASQUEZ DIAZ

FACULTAD: ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES

DIRECTOR: JHON JAIRO PADILLA AGUILAR

RESUMEN

Actualmente se cuenta con estudios enfocados a la aplicación de conceptos y utilización de herramientas para la Ingeniería de Trafico en determinadas arquitecturas de red, analizando el comportamiento del tráfico de tipo de Datos y trafico de tipo de VoIP, pero estos estudios son realizados de manera individual.

Por tanto, se realizó el planteamiento del presente trabajo, comprendiendo la simulación del comportamiento del tráfico convergente de Datos, VoIP y Video de manera simultánea en la arquitectura de red propuesta, con el fin de establecer un parámetro de referencia para hacer óptimo el funcionamiento de la red con estos tipos de tráficos implementados.
Mediante este trabajo se llevo a cabo el desarrollo teórico práctico de simulación de una arquitectura de Red de Nueva Generación (NGN) compuesta por un nodo de red y varias fuentes de información representadas por variables aleatorias.

En el desarrollo del proceso de simulación se utilizó la herramienta software OPNET Modeler mediante la cual se llevó a cabo la recolección de los datos y determinación de las variables que permitirían realizar el estudio y validación de su comportamiento dentro del modelo propuesto.
Finalmente se pudo observar el comportamiento del trafico convergente de Datos, Voz y Video mediante la arquitectura de una red NGN, concluyendo, con base en el análisis grafico, que este tipo de trafico convergente puede ser considerado como trafico autosimilar dado que en este acercamiento gráfico cumple la primera condición.

Palabras Claves: OPNET, Redes NGN, Trafico Convergente, Trafico Autosimilar, VOIP.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: CHARACTERIZATION OF THE CONVERGED TRAFFIC, DATA, VOICE OVER IP AND VIDEO, ON NGN NETWORKS, THROUGH SIMULATION DEVELOPED WITH OPNET MODELER.

AUTHORS: RICHARD ALEXANDER HERAZO FERNANDEZ
JORGE ALBERTO VELASQUEZ DIAZ
FACULTY: ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
DIRECTOR: JHON JAIRO PADILLA AGUILAR

ABSTRACT

Currently, most studies are focused on the application of concepts and use of tools for traffic engineering in some network architectures, with the traffic differentiated by types such as data traffic and VoIP traffic. However, these studies are carried out individually.

We present our work, comprising the simulation of traffic of converged data, VoIP and video simultaneously in the proposed network architecture, in order to establish a benchmark on the traffic behavior that support a typical Local Area Network with these types of flows.

In this work, a simulation for a Next Generation Network (NGN) was carried out, which is composed by a network node and several traffic sources consisting of random variables.

Simulation process was done using the OPNET Modeler software tool, which allowed data collection and identification of variables.

Finally it was possible to observe the behavior of converged data traffic, voice and video through the NGN network architecture. Based on a graph analysis, this type of traffic can be considered converged self-similar traffic.

Key Words: OPNET, Next Generation Network (NGN), converged traffic, self-similar traffic, VOIP.

INTRODUCCION

El continuo crecimiento de las tecnologías y el surgimiento de arquitecturas de redes tendientes hacia la convergencia de servicios sobre una misma plataforma, han dado como fruto las hoy en día denominadas redes de nueva generación (NGN) y junto a ello un sin número de estudios realizados en cuanto a la descripción de dichas redes, tanto en su etapa de migración hacia la implementación de este tipo de arquitectura, como también su estudio y análisis mediante técnicas de Ingeniería de Trafico para analizar su comportamiento.

Con esta propuesta se propone llevar a cabo el planteamiento mediante la metodología de simulación, para desarrollar el estudio de una red de nueva generación NGN, obteniendo las respectivas conclusiones en las cuales se dará a conocer el comportamiento gráfico del tráfico de Datos, VoIP y Video, para lo cual el desarrollo de la propuesta se basa en el uso de la herramienta de software llamado OPNET MODELER 16.0.

El OPNET MODELER 16.0 es un lenguaje de simulación que está orientado a las comunicaciones, es uno de los programas que actualmente es utilizado por grandes empresas y compañías para la creación de proyectos de diferentes usos, entre ellos los militares. Este software será utilizado en el desarrollo del presente proyecto, caracterizando los tipos de tráfico de Datos y VoIP en una arquitectura de red NGN.

1. TEMA OBJETO DE ESTUDIO

Caracterización del tráfico convergente de datos, voz sobre IP (VOIP) y video en redes NGN, mediante simulación desarrollada con el software OPNET MODELER.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios antes realizados ofrecen la presentación de resultados de manera individual según el tipo de tráfico analizado en cada propuesta o en cada fase de ejecución del desarrollo de la investigación dado que en algunos de los trabajos desarrollados se referencia los dos tipos de tráfico, pero son estudiados de manera separada en una serie de etapas del trabajo desarrollado, por ello se desarrollara esta propuesta para estudiar el tráfico de Datos y de Voz pero en un ambiente normal en el cual se encuentran mezclados en los canales de la información.

Se realizara una simulación del comportamiento del tráfico convergente de Datos, VoIP y Video de manera simultánea en la arquitectura de red propuesta, con el fin de establecer un parámetro de referencia acerca de los recursos requeridos para un óptimo funcionamiento de la red con estos tipos de tráficos implementados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Analizar el tráfico convergente de VOIP, datos y video utilizando el simulador OPNET MODELER 16.0 sobre un canal de transporte de una red NGN.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar diferentes modelos de tráfico para aplicaciones de datos, VoIP y video.

- Realizar simulaciones de diferentes mezclas de tráfico sobre un enlace de una red NGN.

- Analizar los parámetros estadísticos para hacer un estudio preliminar sobre las posibles distribuciones estadísticas que se pudiesen usar para describir las mezclas de tráfico simuladas.

1.3 JUSTIFICACION

Con esta propuesta se propone mediante la metodología de simulación, el estudio de una red de nueva generación NGN, obteniendo las respectivas conclusiones en las cuales se dará a conocer el comportamiento gráfico del tráfico de Datos, VoIP y Video para lo cual el desarrollo de la propuesta se basa en el uso de la herramienta de software llamado OPNET MODELER 16.0, el cual nos mostrara el verdadero comportamiento y desempeño de una red de estas características.

Es importante el previo conocimiento de la herramienta de simulación para el mejor aprovechamiento de ella, es de gran facilidad de adquisición por ser software gratuito, el cual posee diversas herramientas para la elaboración de redes de cualquier tipo, con ella se pueden realizar diferentes simulaciones equivalentes a redes reales con las características particulares que se deseen implementar en ellas.

2. MARCO TEORICO

En este capítulo se presentan los elementos fundamentales para que el lector comprenda el desarrollo y alcances del proyecto. Entre otros, se presentan los conceptos de VOIP, redes NGN y la descripción de algunas de las herramientas utilizadas en el software OPNET MODELER 16.0[1].

2.1 VOIP[2]

El termino VOIP se deriva de las palabras Voice Over Internet Protocol, lo que se intenta es permitir que la voz se traslade en paquetes IP por Internet, la telefonía IP mezcla 2 tráficos que a través de la historia han estado separados que son la transmisión de voz y datos.

La tecnología VOIP lleva a la convergencia de las redes ya que por una sola red se transportara tanto voz como datos, permite encapsular la voz en paquetes para poder transportarlos sobre las redes de datos sin verse en la necesidad de implementar circuitos conmutados convencionales (PSTN).

Con esto se ve reflejado que son muy evidentes las ventajas que ofrece esta tecnología puesto que no es necesario implementar infraestructura porque se puede usar la utilizada convencionalmente, aclarando que se pueden prestar más servicios y además tanto la calidad del servicio como la velocidad se incrementaran.

Para la transferencia de voz durante las conversaciones VOIP utiliza el Protocolo de Transferencia en tiempo real (RTP).

[1] Home Page Opnet. www.opnet.com
[2] IESPANA. Descripción técnica detallada sobre Voz sobre IP (VOIP). [en linea]. 2001. Disponible en internet URL: http://specialsystem.iespana.es/voip.pdf

2.1.1 Protocolos

VOIP emplea diferentes protocolos para la configuración de las llamadas, paquetes de seguimiento y crea una conversación en Internet. Son utilizados dos protocolos que son el H323 y SIP.

El protocolo H323 es basado en los estándares ITU siendo más eficiente ya que la codificación de sus mensajes es binaria.

VOIP tiene como principal objetivo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como la supresión de silencios, codificación de la voz y direccionamiento, y estableciendo nuevos elementos para permitir la conectividad con la infraestructura telefónica tradicional.

2.1.2 Requerimientos de una red VOIP

Es necesario tener en cuenta lo siguiente para el montaje de una red VOIP:

- Manejar peticiones RSVP que es un protocolo de reservación de recursos.
- El costo de servicio debe estar basado en el enrutamiento para las redes IP.
- Donde se conecta con la red pública conmutada un interruptor de telefonía IP debe soportar el protocolo del Sistema de Señalización 7 (SS7). SS7 se usa eficazmente para fijar llamadas inalámbricas y con línea en la PSTN y para acceder a los servidores de bases de datos de la PSTN. El apoyo de SS7 en interruptores de telefonía IP representa un paso importante en la integración de las PSTN y las redes de datos IP.
- Se debe trabajar con un comprensivo grupo de estándares de telefonía (SS7, Recomendación H.323) para que los ambientes de telefonía IP y PBX/PSTN/ATM vídeo y Gateway telefónica puedan operar en conjunto en todas sus características.

2.1.3 Códec para VOIP[3]

Un codec es el encargado de convertir una señal de audio analógico en un formato de audio digital para luego ser transmitido y convertirlo nuevamente a un formato descomprimido de señal de audio para poder reproducirlo. Esta es la esencia del VoIP, la conversión de señales entre analógico-digital.

Los codecs realizan esta tarea de conversión tomando muestras de la señal de audio miles de veces por segundo. Por ejemplo, el codec G.711 que será el empleado para nuestro caso en el desarrollo de este proyecto toma 64,000 muestras por segundo. Convierte cada pequeña muestra en información digital y lo comprime para su transmisión. Cuando las 64,000 muestras son reconstruidas, los pedacitos de audio que se pierden entre medio de estas son tan pequeños que es imposible para el oído humano notar esta perdida, esta suena como una sucesión continua de audio. Existen diferentes frecuencias de muestre de la señal en VOIP, esto depende del codec que se este usando.

2.1.4 Transmisión de voz[4]

- UDP: La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.
- RTP (Real Time Protocol): Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

[3] TELEFONIA VOZIP. Codecs en la Telefonia IP, Codecs VoIP [en línea], Disponible en internet URL: http:// www.telefoniavozip.com/voip/codecs-voip.htm
[4] Ibit

FIGURA 1. Red VOIP

Fuente:www.educa.madrid.org/web/ies.arquitectoventurarodriguez.boadilla/departamentos/informatica/imagenes/proyectos_voip.jpg

2.2 REDES NGN[5]

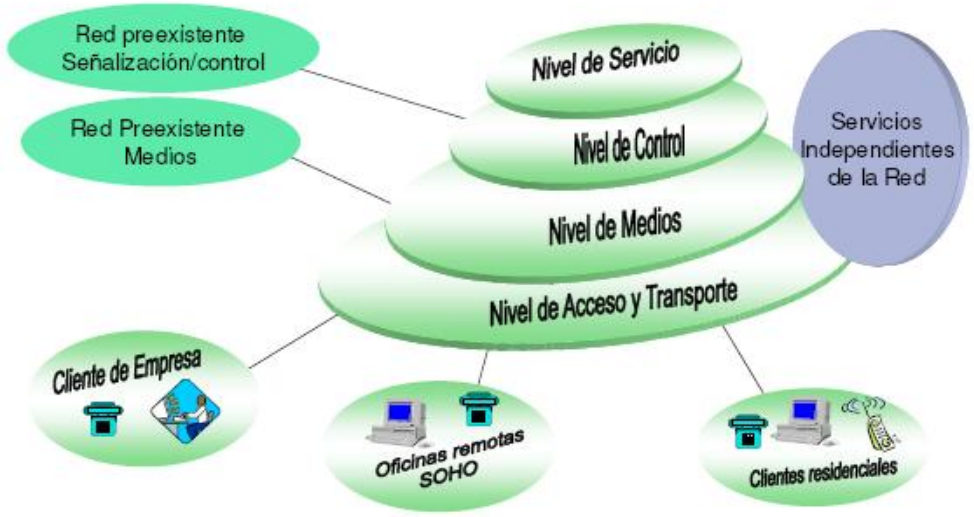
Las redes NGN son las nuevas redes convergentes, basadas en tecnología IP que transportan información y servicios, pueden ser desplegadas tanto por operadores como por las empresas, permiten que en una misma red se integren servicios de datos, telefonía y multimedia, con los consiguientes ahorros tanto operativos como de inversión además de su capacidad superior ante las de las redes tradicionales.

Ofrecen a los operadores la posibilidad de desarrollar nuevos servicios y hacerlo de una manera más rápida, servicios, que son los que actualmente demanda cualquier empresa que quiera mejorar su productividad, independientemente de su tamaño y sus recursos.

[5]REDESTELECOM. Las NGN llegan para quedarse. [en línea],12 Sep 2008. Disponible en internet URL: http://www.redestelecom.es/Reportajes/200809120013/Las-NGN-llegan-para-quedarse.aspx

Para los clientes finales, ya sean empresas, organismos o particulares, se les abre todo un mundo de nuevos servicios y posibilidades. Ejemplo de ello sería el teletrabajo, en donde gracias a estas nuevas redes que convierten el PC de los usuarios en una oficina móvil, integrando la telefonía y los datos es más fácil. De esta forma se posibilita que desde un sitio remoto se tengan los servicios de nueva generación, accediendo a la misma información que desde la oficina y todo ello en una única plataforma.

FIGURA 2: Red NGN



Fuente: ITU. Concepto y Arquitectura de las redes NGN. [en línea], Mayo 2006. Disponible en intenet URL: http://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/events/tariff-seminars/rio_de_janeiro-06/gonzalez-1-sp.pdf

El nivel de penetración es casi total, todos los operadores cuentan con estas nuevas redes, lo que no significa que hayan abandonado el uso de las anteriores o que estén aprovechando por el momento todas las posibilidades que ofrecen. Las operadoras deben proteger las inversiones realizadas con anterioridad y rentabilizar al máximo lo que tienen todavía desplegado de las antiguas redes.

Por otro lado, las nuevas operadoras han podido desplegar ya estas redes desde su nacimiento y hacerlo de manera más rápida al carecer de infraestructura tradicional.

La evolución de las NGN se dirige a conseguir que el usuario pueda tener un acceso a la información independientemente de dónde y cómo acceda a ella, indistintamente ya sea mediante accesos fijos o móviles, cualquiera que sea el tipo de dispositivos, etc.

La hiperconectividad nos está acercando a un mundo donde todo lo que pueda estar conectado lo estará. Además, la tendencia del mercado de NGN va hacia la adopción del protocolo SIP como el estándar de comunicaciones de voz y multimedia, de igual manera que el protocolo IP es el estándar para el transporte de datos de las redes públicas y privadas.

En cuanto a la flexibilidad de la red, implica que la adición de nuevas aplicaciones a una red de tipo NGN se haga de manera mucho más rápida y eficiente en tiempo y costos que en las redes tradicionales, por el lado de la transparencia se refiere a los servicios, en donde se supone que el usuario no tiene porqué conocer de qué forma se han implementado o cómo los recibe. Sino que, estos funcionan de la misma manera que si estuvieran implementados sobre cualquier otro tipo de arquitectura.

Actualmente, gran parte de los servicios de voz de larga distancia ya se transportan sobre tecnología IP. En casos como el despliegue de infraestructuras de fibra hasta el hogar, se están viendo ya grandes despliegues en países como Francia, Japón o Estados Unidos, y los primeros en España, en donde es de forma paulatina y se acelerará cuando la regulación permita un entorno estable y facilite las inversiones necesarias.

El principal reto al que se enfrentan tanto los proveedores de servicios y soluciones de red como las operadoras, es conseguir transitar con éxito de una red tradicional a una NGN. Esta transición involucra procesos complejos y profundos, lo cual implica cambios en el tipo de servicios que prestan las operadoras, en los modos de operación y en la arquitectura de sistemas.

2.2.1 Modelo de una red NGN[6]

De forma clara el desarrollo de los conceptos NGN debería permitir pasar de un modelo de redes verticalizadas, específicas por gama de servicios, a un modelo horizontal de red unificada soporte de toda la gama de servicios multimedia imaginable. Debería permitir el desarrollo de un modelo convergente de redes y servicios en torno al cual se consoliden los modelos de negocio de los Operadores Únicos Integrados.

- Arquitectura de red horizontal basada en una división diáfana de los planos de transporte, control y aplicación
- El plano de transporte estará basado en tecnología de conmutación de paquetes IP/MPLS
- Interfaces abiertos y protocolos estándares
- Migración de las redes actuales a NGN
- Definición, provisión y acceso a los servicios independiente de la tecnología de la red (Decoupling Access and Services)
- Soporte de servicios de diferente naturaleza: real time/ non real time, streaming, servicios multimedia (voz, video, texto)
- Calidad de servicios garantizada extremo a extremo
- Seguridad
- Movilidad generalizada

Viendo desde un punto de vista más práctico, las NGN suponen tres cambios fundamentales en la arquitectura de red tradicional que han de ser evaluados de forma independiente.

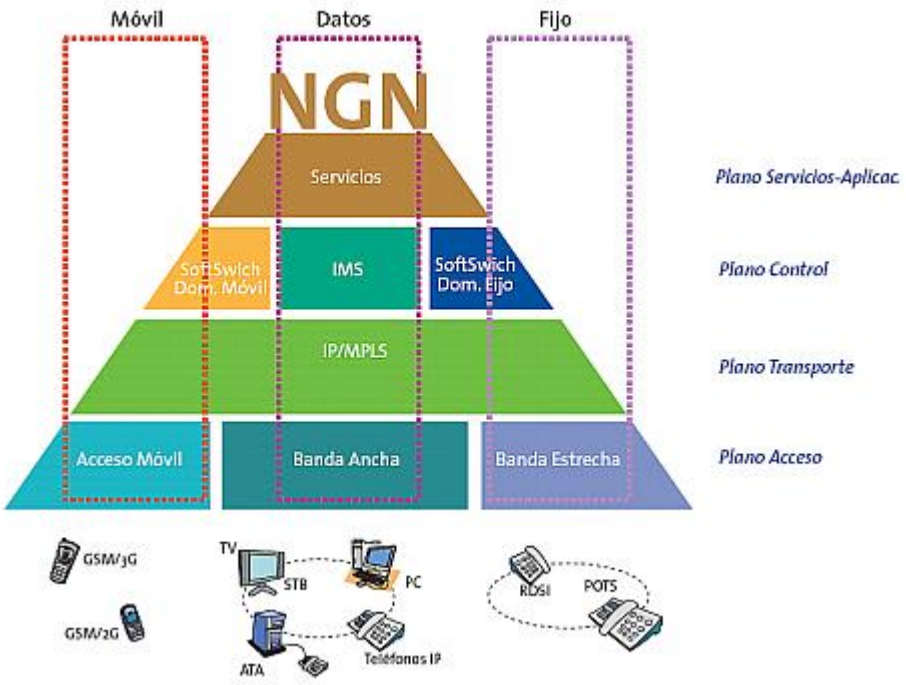
- NÚCLEO DE RED: NGN supone la consolidación de varias redes de transporte construidas históricamente a partir de diferentes servicios individuales basados en protocolos IP y Ethernet, esto también implica, entre otras muchas cosas, la migración del servicio de voz desde la tradicional arquitectura conmutada (PSTN) a la nueva VoIP además de la

[6]UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA. NGN. [en línea], 2001. Disponible en internet URL: http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Redes_de_Banda_Ancha/Tarea_1/Milton_Arias_-_NGN_(Trabajo_Escrito).pdf

sustitución de las redes tradicionales como la X.25 o la Frame Relay. Esto supone incluso una migración para el usuario tradicional hacia un nuevo servicio como es el IP VPN o la transformación técnica de las redes tradicionales.

- REDES DE ACCESO: NGN supone la migración del canal tradicional dual de voz y datos asociado a las redes xDSL hacia instalaciones convergentes en las que las DSLAMs integren puertos de voz o VoIP, permitiendo de esta forma dejar atrás las actuales redes conmutadas que multiplexan voz y datos por diferentes canales.
- REDES CABLEADAS: La convergencia NGN implica la migración de la tasa constante de flujo de bits a estándares CableLabs PacketCable que suministren servicios VoIP y SIP. Ambos servicios funcionan sobre DOCSIS como estándar para el cableado.

FIGURA 3: Arquitectura NGN



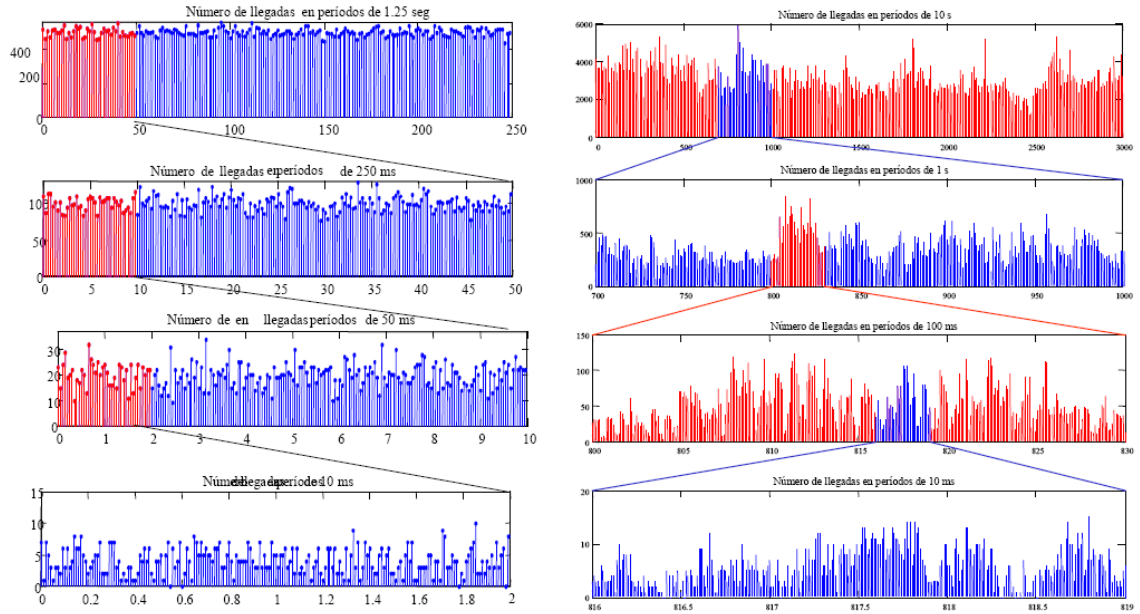
Fuente: UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA. NGN. [en línea], 2001. Disponible en internet URL: http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Redes_de_Banda_Ancha/Tarea_1/Milton_Arias_-_NGN_(Trabajo_Escrito).pdf

2.3 TRAFICO AUTOSIMILAR[7]

Se define como ciertas figuras que mantienen su apariencia vistas desde diferentes escalas.

Se dice que una estructura es autosimilar, si la misma, puede ser cortada arbitrariamente en trozos pequeños, cada uno de los cuales es una réplica de la estructura en sí mismo, o que pueden mantener su apariencia bajo distintos grados de magnificación.

FIGURA 4: Análisis gráfico tráfico Autosimilar



Fuente: UNIVERSIDAD DISTRITAL. Congestión en Redes. [en línea], 1973. Disponible en internet URL: http://www.udistrital.edu.co/comunidad/eventos/jornadatelematica/articulos/3j/CONGESTION.pdf

La autosimilaridad de un proceso, se halla a través del parámetro H, que se denomina habitualmente como parámetro Hurst. También se le conoce como parámetro de autosimilaridad o autosemejanza.[8]

[7]Crovella Mark ; Bestavros Azer. Self-Similarity in World Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes. [en linea], 6 Diciembre de 1997. Disponible en internet URL: http://www.cs.bu.edu/fac/best/res/papers/ton97.pdf

El mismo es una medida de la persistencia de las propiedades estadísticas y de la longitud de la dependencia a largo plazo de un proceso estocástico, se dice un proceso X_t continuo en el tiempo, es autosimilar**,** con parámetro de autosimilaridad (H) si satisface la condición:

Donde **a** es la escala temporal

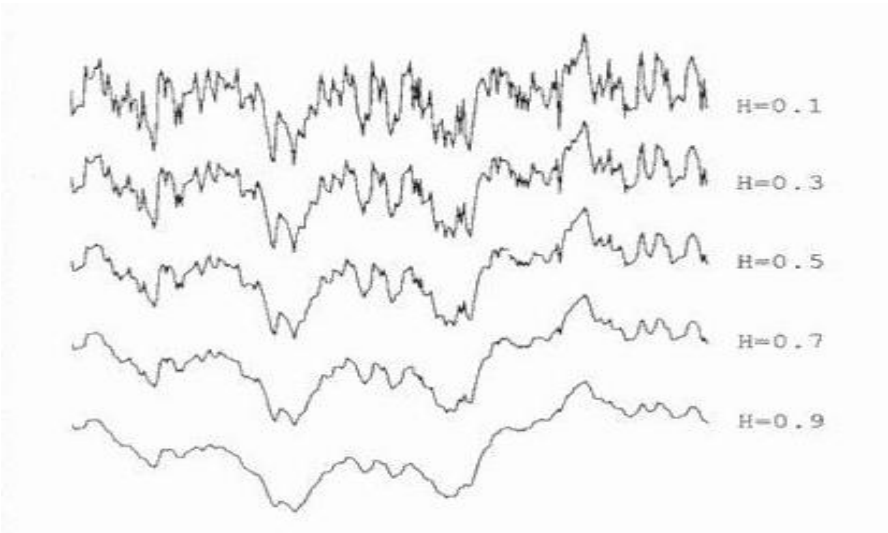
$$X_{at} = a^{H} X_t \qquad \forall\, a > 0$$

0,5 < H < 1 para todo a > 0 real

Dado el parámetro H mediante el análisis del tráfico de la red, este puede ser clasificado dentro de los siguientes rangos:

- H>1: Para el caso en que se pierde la estacionariedad del proceso.
- H=1: Para procesos completamente autosimilares.
- H=0.5: Para procesos completamente aleatorios, ejemplo de ellos el ruido blanco gaussiano donde la autosemejanza es nulo (Comportamientos completamente aleatorios).
- H<0.5: Estos valores reflejan la antipersistencia en el sistema.

FIGURA 5: Autosimilaridad en función del tiempo



Fuente: UNIVERSIDAD DISTRITAL. Congestión en Redes. [en línea], 1973. Disponible en internet URL: http://www.udistrital.edu.co/comunidad/eventos/jornadatelematica/articulos/3j/CONGESTION.pdf

2.3.1 Métodos estimación parámetro de HURST[9]

2.3.1.1 Método R/S

Si se define un proceso estocástico $X_{(t)}$ en los instantes t=0, 1, 2,...t_n, el rango de rescalado de dicho proceso, sobre un intervalo N se define como a continuación:

$$\frac{R}{S} = \frac{\max_{1\le j\le N}\left[\sum_{k=1}^{j}(x_k - \mu_{(N)})\right] - \min_{1\le j\le}\left[\sum_{k=1}^{j}(x_k - \mu_{(N)})\right]}{\sqrt{1/N\sum_{j=1}^{N}(x_k - \mu_{(N)})^2}}$$

donde $\mu_{(N)}$ es la media del proceso, medida sobre el período N de forma tal que:

$$\mu_N = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} X_k$$

Para un proceso autosimilar, el rango de rescalado R/S tiene el siguiente comportamiento, para un intervalo N lo suficientemente grande.

$$R_{(\tau)} / S_{(\tau)} \cong \left(\frac{N}{2}\right)^H$$

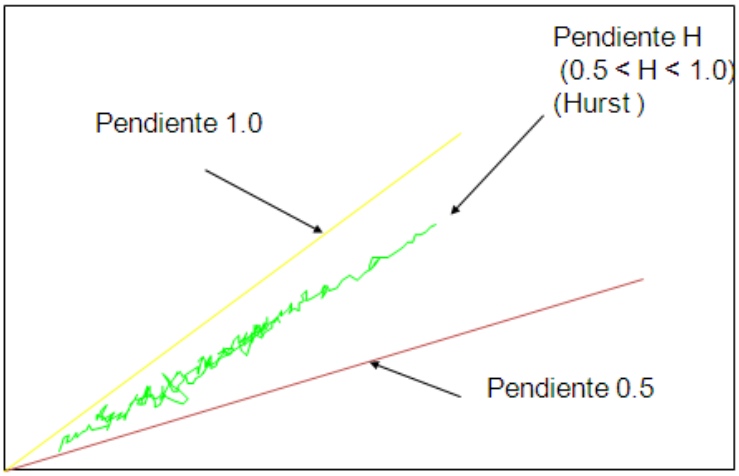
Hallando el logaritmo en ambos miembros, se obtiene:

$$\log\left[\frac{R}{S}\right] \cong H\left(\log[N] - \log[2]\right)$$

Graficando de esta forma R/S vs N en un gráfico log-log se obtiene una recta con pendiente H.

[9] Pérez Juan Andrés ; Romero Jorge Mauricio. Trafico Autosemejante. [en linea]. Disponible en internet URL: http://www.usta.edu.co/otras_pag/revistas/hallazgos/documentos/hallazgos_3/produccion_conocimiento/8.pdf

FIGURA 6: Método R/S

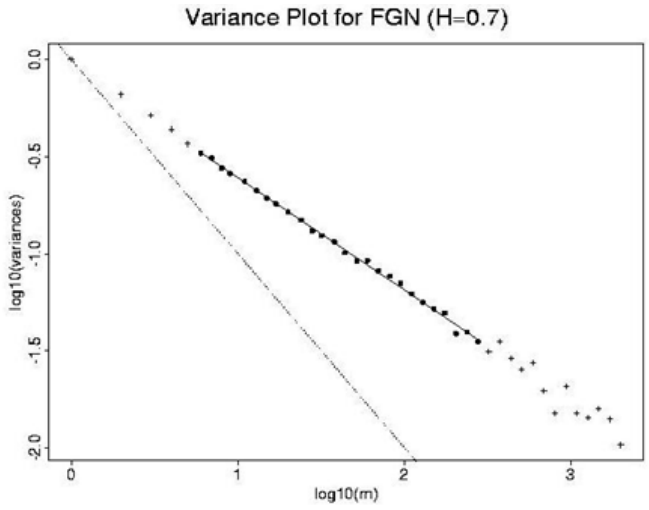


Fuente: Crovella Mark ; Bestavros Azer. Self-Similarity in World Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes. [en linea], 6 Diciembre de 1997. Disponible en internet URL: http://www.cs.bu.edu/fac/best/res/papers/ton97.pdf

2.3.1.2 Método Varianza-Tiempo

Este método además de ser modesto en cuanto a consumo de recursos computacionales posee una principal desventaja ya que necesita que el tamaño de la serie a analizar sea bastante largo y el tamaño de los bloques m no debe ser muy pequeño ya que esto puede afectar los efectos de la estructura de la correlación a corto plazo.

FIGURA 7: Método Varianza-Tiempo



Fuente: Crovella Mark ; Bestavros Azer. Self-Similarity in World Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes. [en linea], 6 Diciembre de 1997. Disponible en internet URL: http://www.cs.bu.edu/fac/best/res/papers/ton97.pdf

Tampoco deben usarse bloques m altos ya que los mismos pueden afectar la estimación de la varianza, se afirma que para m desde el 0.1 hasta el 1% de la muestra da buenos resultados.

2.3.1.3 Método Estimador Whittle FBM

Dentro de los procesos estadísticamente autosimilares uno de los más utilizados es el FBM Movimiento Browniano Fraccionario $B_H(t)$.

El mismo es considerado como un proceso aleatorio donde $B_H(0)=0$, por otra parte el mismo posee incrementos estacionarios normalmente distribuidos, con media cero.

De esta forma se puede entender el movimiento browniano ordinario como un caso especial del FBM con H=0.5.

2.3.1.4 Método Estimador Whittle FGN

Los movimientos brownianos fraccionarios, no son estacionarios, pero sí lo son sus incrementos o versión diferenciada. De forma tal, los procesos resultantes de considerar incrementos FBM, se denominan Ruido Gaussiano Fraccionario (FGN).

Por tanto, sí X(t), es un proceso FBM, entonces la secuencia de incrementos de X_t viene dada por $X_t = B_H(t) - B_H(t-1)$, los procesos FGN, son procesos gaussianos estacionarios, exactamente autosimilares.

2.3.1.5 Método Estimador Whittle ARIMA

Los Procesos Integrados Autorregresivos de Medias Móviles (ARIMA) han sido ampliamente aplicados en la modelación estocástica debido a su flexibilidad para modelar estructuras de correlación, sobre todo a corto plazo. Incluyen tres tipos de procesos diferentes:

- Los procesos autorregresivos de medias móviles (ARMA). La particularidad de estos procesos es que en ellos el valor de la muestra

actual X[n] se obtiene a partir de Na valores anteriores de X[n] y Nb valores de un ruido blanco aleatorio W[n] denominado proceso de innovación.

- Los procesos Autorregresivos (AR). Se pueden ver como un filtro todo polos.
- Los procesos de Medias Móviles (MA). Se pueden ver como un filtro todo ceros.

2.4 DISTRIBUCIONES CONTINUAS[10]

Las distribuciones de probabilidad de variable continua se definen mediante una función y=f(x) llamada función de probabilidad o función de densidad.

Así como en el histograma la frecuencia viene dada por el área, en la función de densidad la probabilidad viene dada por el área bajo la curva, por lo que:

- El área encerrada bajo la totalidad de la curva es 1.
- Para obtener la probabilidad p(a ≤ X ≤ b) obtenemos la proporción de área que hay bajo la curva desde a hasta b.
- La probabilidad de sucesos puntuales es 0, p(X=a)=0.

2.4.1 Distribución Exponencial

- Es una distribución continua de probabilidad que se aplica para determinar las probabilidades de ocurrencias de un evento en el tiempo y espacio
- La función de densidad de esta distribución es:

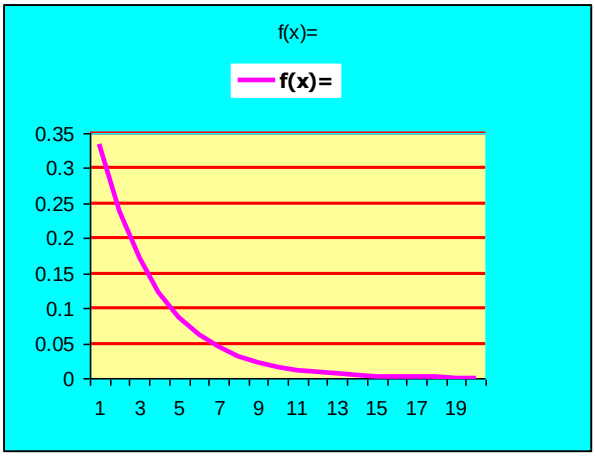
$$f(x) = \frac{1}{\mu} e^{-x/\mu} \qquad x \geq 0, \mu \geq 0$$

- De acuerdo a ésta la distribución exponencial de probabilidad (área bajo la curva) corresponde a:

[10] DESCARTES. Distribuciones Continuas. [en linea], 2001. Disponible en internet URL: http://descartes.cnice.mec.es/materiales_didacticos/distribuciones_probabilidad/dis_continuas.htm

$$P(x \leq x_o) = 1 - e^{-x_o / \mu}$$

FIGURA 8: Distribución Exponencial



Fuente: DESCARTES. Distribuciones Continuas. [en linea], 2001. Disponible en internet URL: http://descartes.cnice.mec.es/materiales_didacticos/distribuciones_probabilidad/dis_continuas.htm

2.4.2 Distribución Uniforme

En estadística la distribución uniforme es una distribución de probabilidad cuyos valores tienen la misma probabilidad.

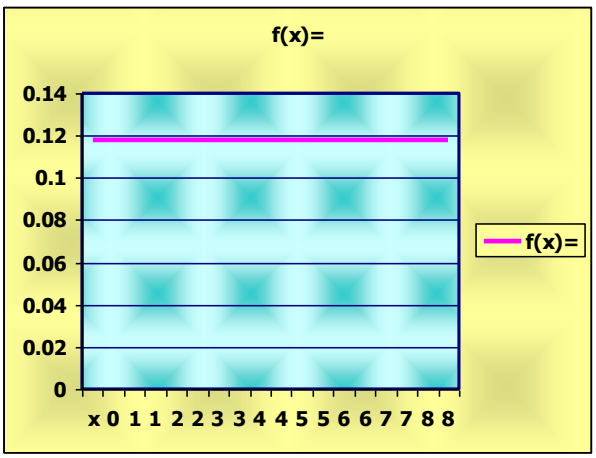
Se dice que una variable aleatoria X continua tiene una distribución uniforme en el intervalo [a, b] si la función de densidad de probabilidad (FDP) es

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases}$$

La función de distribución en el caso continuo entre a y b es

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{para } a \leq x < b \\ 1 & \text{para } x \geq b \end{cases}$$

FIGURA 9: Distribución Uniforme



Fuente: DESCARTES. Distribuciones Continuas. [en linea], 2001. Disponible en internet URL: http://descartes.cnice.mec.es/materiales_didacticos/distribuciones_probabilidad/dis_continuas.htm

2.5 OPNET[11]

Lenguaje de simulación orientado a las comunicaciones, utilizado por grandes empresas de telecomunicaciones. Siendo capaz de simular una gran variedad de redes, flujos de datos, paquetes perdidos, mensajes de control, caídas de los enlaces; entre otras opciones.

Opnet Modeler es capaz de simular una gran variedad de redes. El flujo de mensajes de datos, paquetes perdidos, mensajes de flujo de control, caídas de los enlaces, son algunas de las opciones que nos permite estudiar este simulador; proporcionando a las universidades e ingenieros la forma más efectiva para demostrar los diferentes tipos de redes y protocolos.[12]

OPNET proporciona librerías y gracias a ellas se consigue la formación de redes de comunicaciones y se facilita el estudio del desarrollo de los modelos mediante la conexión de diferentes tipos de nodos, utilizando diferentes tipos de enlaces, etc.

[11] UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA. Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET. [en linea], 2009. Disponible en internet URL: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7834/1/memoria.pdf

[12] OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

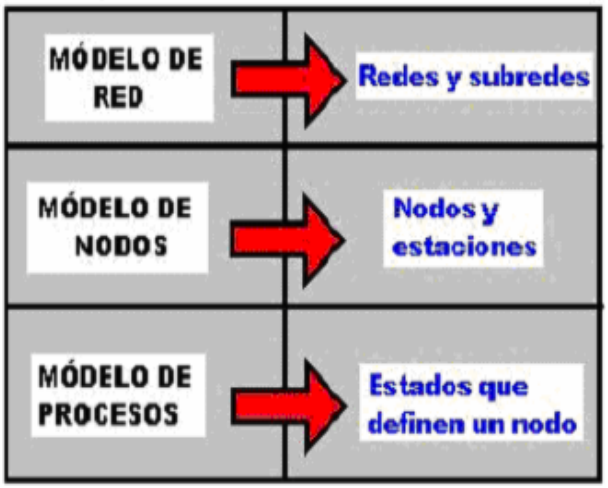
Por ello OPNET proporciona a las universidades e ingenieros la forma más efectiva para demostrar los diferentes tipos de redes y protocolos; a través del uso de librerías, facilitando el estudio del desarrollo de los modelos mediante la conexión de diferentes tipos de nodos.

2.5.1 Funcionamiento del OPNET[13]

OPNET es un simulador que posee una interfaz muy seductora para los usuarios. Esto es debido a que incluye varias librerías de modelos. El código fuente de estas librerías es accesible si se dispone de la versión OPNET Modeler y esto consigue que el programador se pueda familiarizar más rápidamente con toda la jerarquía interna del programa.

Para ser utilizado, primero el usuario tiene que comprender la jerarquía que se utiliza para poder plantear las simulaciones.

FIGURA 10: Jerarquía OPNET



Fuente: OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

Se tiene un modelo de red donde esta definidas las redes y subredes de la simulación. Seguidamente disponemos de un modelo de nodos donde se

[13]OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

define la estructura interna de éstos y por último tenemos el modelo de procesos donde se definen los estados que definen un nodo.

2.5.2 Partes de OPNET[14]

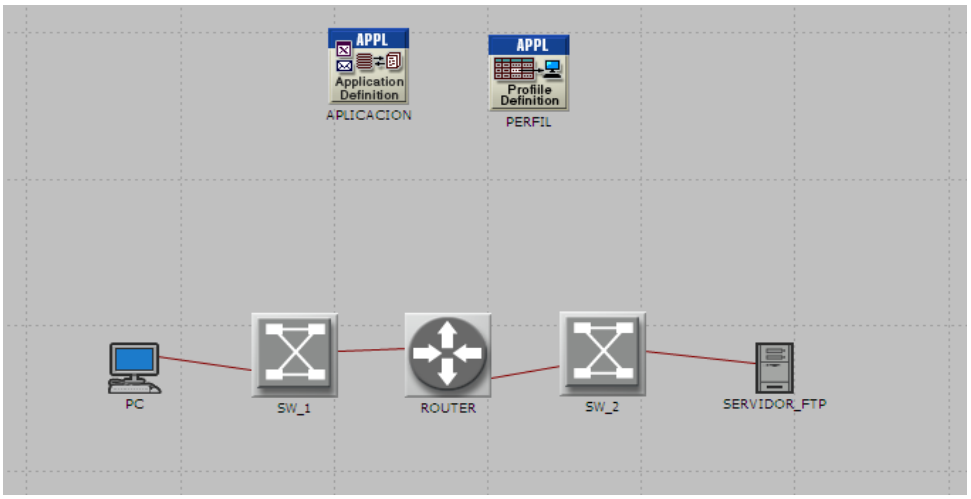
Se describirán las partes del OPNET que. Los editores incluidos proporcionan las herramientas necesarias para la creación de topologías de red. Cada editor se encarga de una tarea distinta, inmediatamente explicaremos cada uno de ellos.

2.5.2.1 Project Editor

El Project Editor es el área principal del simulador en la que podemos crear una simulación de red. Además, nos permite construir el modelo de la red utilizando librerías estándar incorporadas, ttambién podemos crear nodos, construir formatos de paquetes, etc. Este editor contiene tres tipos básicos de objetos: subredes, nodos y enlaces.

En este editor como hemos mencionado podemos observar los resultados obtenidos.

FIGURA 11: Project Editor



Fuente: Autores del Proyecto

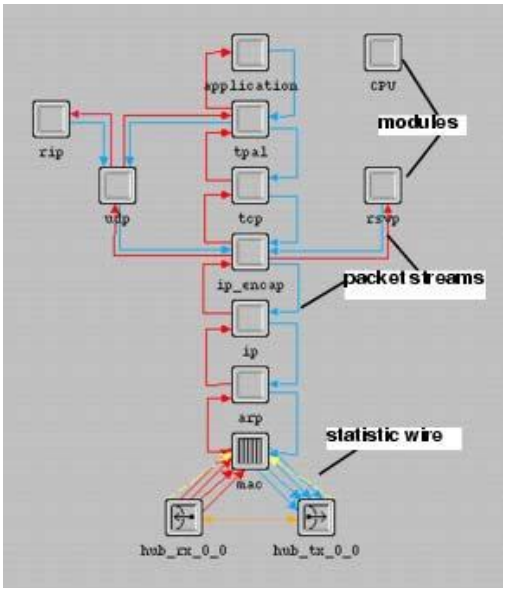
[14] OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

2.5.2.2 Node Editor

El Node Editor es un editor que es usado para crear modelos de nodos especificando su estructura interna. Estos modelos son usados para crear nodos en el interior de la red en el Project Editor.

Internamente, los modelos de nodos tienen una estructura modular, al ser definido un nodo como la conexión entre varios módulos con paquetes de streams y cables. Esta conexión permite intercambiar información y paquetes entre ellos. Cada módulo tiene una función específica dentro del nodo, tal como: generar paquetes, encolar los, procesarlos o transmitirlos y recibirlos.

FIGURA 12: Node Editor



Fuente: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA. Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET. [en linea], 2009. Disponible en internet URL: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7834/1/memoria.pdf

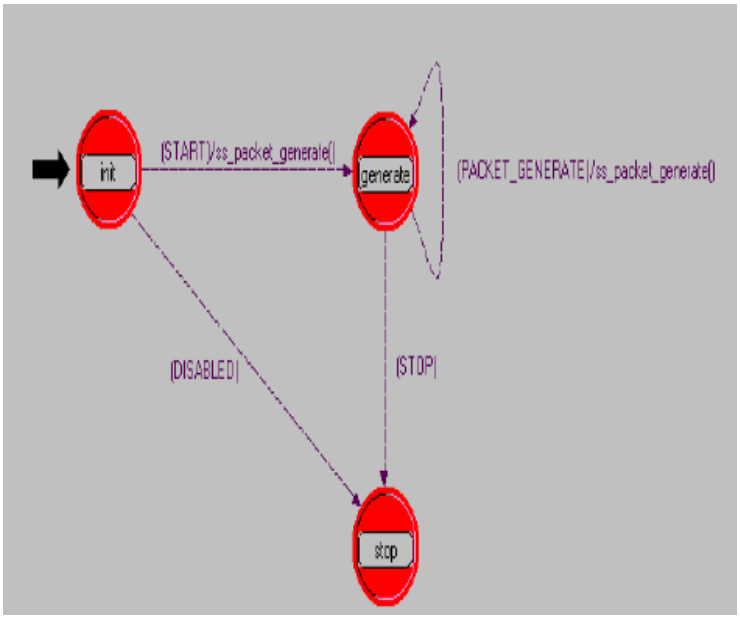
2.5.2.3 Process Model Editor

Se utiliza en la creación de modelos de procesos, que a su vez controlan los modelos de nodo creados en el Node Editor.

Los Process Model son representados por estados (FSM), y son creados por iconos que representan estos estados y por líneas que representan las transiciones entre ellos.

Las operaciones que realizan cada estado o cada transición se escriben en lenguaje C++. A este tipo de simulación se le denomina simulación DES (Discrete event simulation). Más adelante explicaremos en qué consiste la ésta.

FIGURA 13: Process Model Editor



Fuente: OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

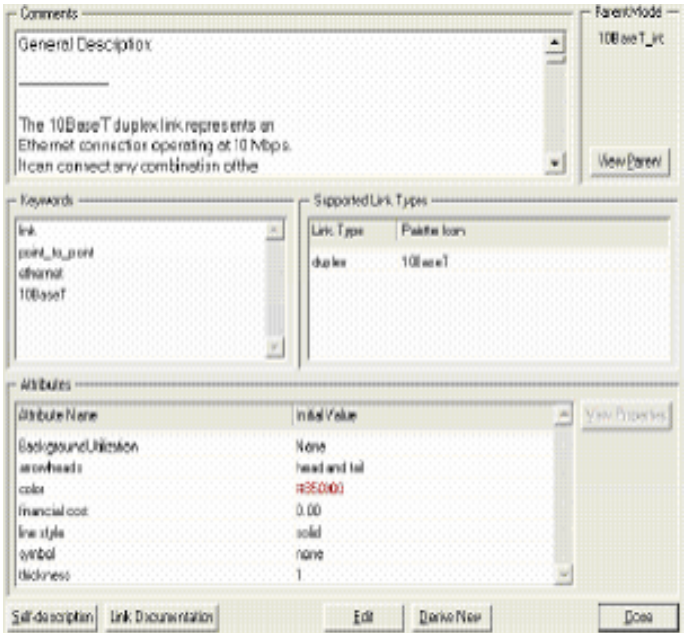
2.5.2.4 Link Model Editor

Este editor nos ofrece la posibilidad de crear nuevos tipos de objetos link. Cada nuevo tipo de link puede tener diferentes atributos y representaciones. En el están presentes los siguientes elementos.

- Tipo de enlace soportado: Todos los enlaces que creemos pueden soportar uno o los cuatro s tolerados por el simulador. Estos enlaces son los siguientes: punto a punto duplex, punto a punto simple, bus y taps links.
- Keyword: Sirve para simplificar la paleta del project editor y así facilitar el trabajo al programador.

- Comentarios: Este apartado nos permite añadir comentarios a nuestros enlaces. Es muy útil a la hora de utilizar la versión de evaluación ya que no podremos acceder al editor y poder ver lo que hace. Aquí se pueden comentar la capacidad del enlace, las características, etc…
- Especificación de atributos: Podemos cambiar los valores de los atributos puestos por defecto.

FIGURA 14: Link Model Editor



Fuente: OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

2.5.2.5 Probe Editor

Permite especificar las estadísticas a recoger durante la simulación, las cuales pueden ser de: enlace, nodo, atributos; además de estadísticas globales y tipos de animación.

FIGURA 15: Probe Editor

Fuente: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA. Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET. [en linea], 2009. Disponible en internet URL: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7834/1/memoria.pdf

2.5.3 Configuración de Aplicaciones

En este simulador se dispone de dos elementos para la configuración de determinada tarea, son la Configuración de Aplicación y el Perfil de Configuración.

2.5.3.1 Configuración de Aplicación

Permite configurar una aplicación en común a un grupo de estaciones. Existen 8 aplicaciones definidas por defecto.

FIGURA 16: Configuración de Aplicación

Fuente: Autores del Proyecto

Se presiona click derecho sobre el para configurarlo y seleccionando en Edit Attributes se tienen las siguientes opciones:

- Name**:** podemos elegir entre las 8 aplicaciones estándar.
- Start Time Offset: tiempo de inicio de simulación.
- Duration: duración en segundos de la simulación.

2.5.3.2 Perfil de Configuración

Configura una determinada estación o servidor, de tal forma que especifica las aplicaciones usadas para un grupo de usuarios, en ella se definen los tiempos de inicio de la simulación.

FIGURA 17: Perfil de Configuración

Fuente: Autores del Proyecto

Presionando click derecho sobre el para configurarlo y seleccionando en Edit Attributes se tienen las siguientes opciones:

- Application: podemos seleccionar una de las aplicaciones antes definidas en la Configuración de Aplicación.
- Operation Mode: Simultaneous o Serial
- Start Time: Definir el inicio de la simulación

3. DISEÑO METODOLOGICO

Para llevar a cabo la realización de este estudio fue necesario el análisis de los diferentes tipos de tráfico por separado, los cuales son FTP, HTTP, VIDEOCONFERENCIA Y VOIP.

Para realizar cualquier tipo de trafico se procede a dejar los parámetros por defecto que posee el software OPNET MODELER 16.0 en el elemento de configuración de aplicaciones, ya que en el se encuentran los diferentes tipos de tráficos que se pueden generar en una red, esto se aplica para todas las aplicaciones de los diferentes tipos de tráficos en estudio.

Para la configuración de cada trafico es necesario ubicarse en el elemento de Configuración de Aplicaciones y con click derecho en ella y en la opción Edit Attribute, luego en Aplications Definitions se insertan las aplicaciones necesarias o las que se desean simular, y escogiendo la aplicación requerida se escogen de ella sus parámetros por defecto, por ejemplo para cada trafico se configuro lo siguiente:

- Trafico FTP: High Load
- Trafico HTTP: Heavy Browsing
- Trafico VOIP: PCM Quality Speech
- Trafico VIDEOCONFERENCIA: Low Resolution Video

Para mirar el procedimiento de forma grafica referirse a la figura 19 en la que se da un ejemplo de configuración para trafico FTP, este mismo procedimiento se repite para los tipos de tráficos en estudio.

3.1 TRAFICO FTP

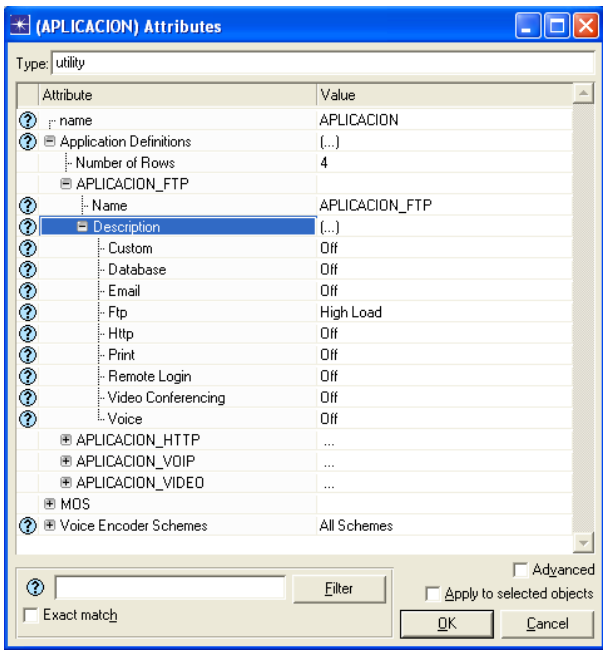
Se realizo una prueba desde una estación con un servidor Ftp con tráfico normal, como resultado de este análisis se puede observar el comportamiento de este tipo de tráfico en la figura 20.

FIGURA 18: Escenario Trafico Ftp con un solo Pc

Fuente: Autores del Proyecto

La configuración del trafico FTP se realizara siguiendo los pasos de la figura 19, en ella se muestra como debe estar configurada esta aplicación.

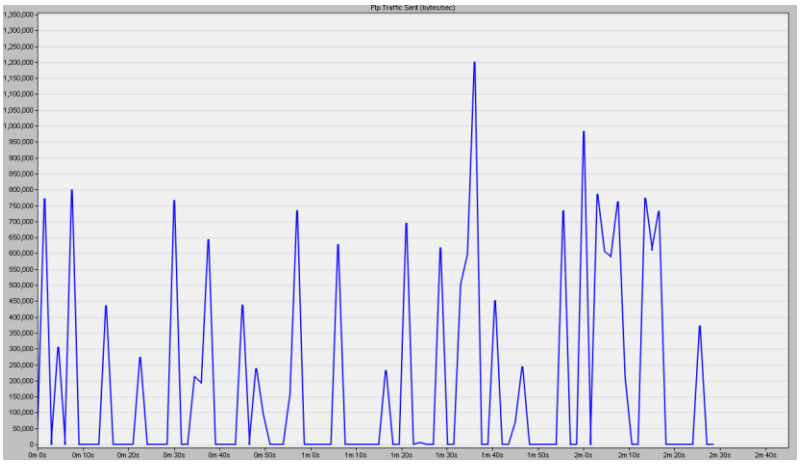
FIGURA 19: Configuración de trafico FTP



Fuente: Autores del Proyecto

Se puede observar que es posee un comportamiento totalmente aleatorio, lo que nos acerca a decir que posee una distribución exponencial, ya que presenta un mínimo valor o tendencia a cero al terminarse la simulación figura 20.

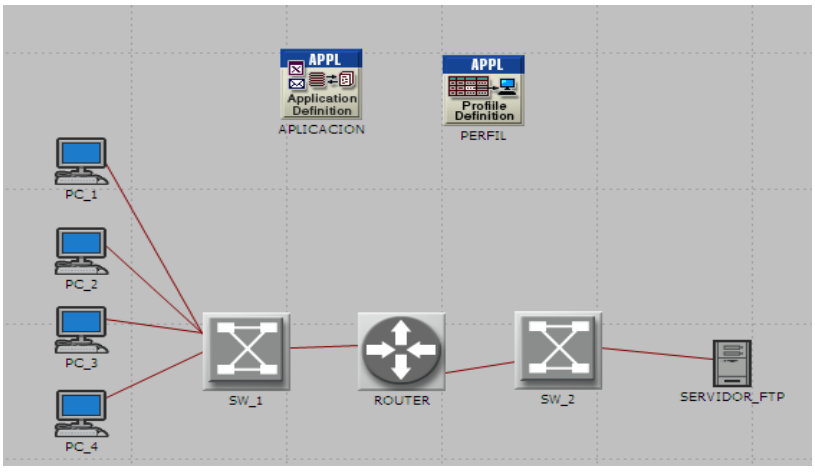
FIGURA 20: Simulación Ftp con un solo un Pc



Fuente: Autores del Proyecto

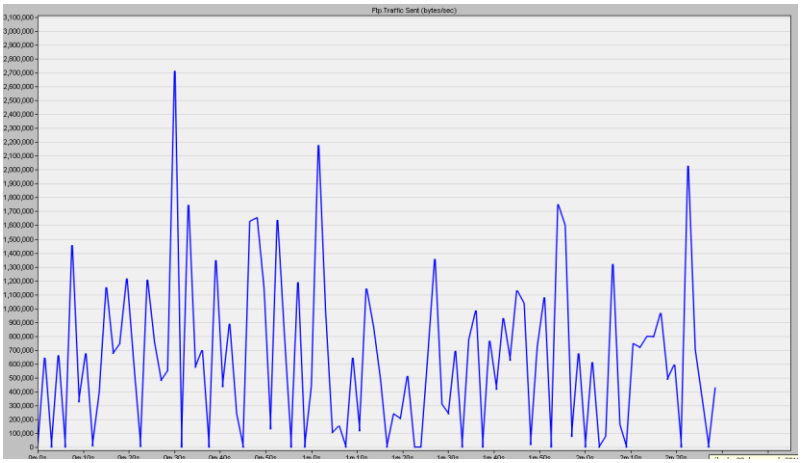
Posterior a este análisis se realizo la prueba con varios equipos enviando trafico Ftp figura 20, y se realizo su respectiva simulación lo cual nos acerca a un comportamiento similar al realizado con un solo Pc figura 22.

FIGURA 21: Escenario Trafico Ftp con varios Pc



Fuente: Autores del Proyecto

FIGURA 22: Simulación Ftp con varios Pc

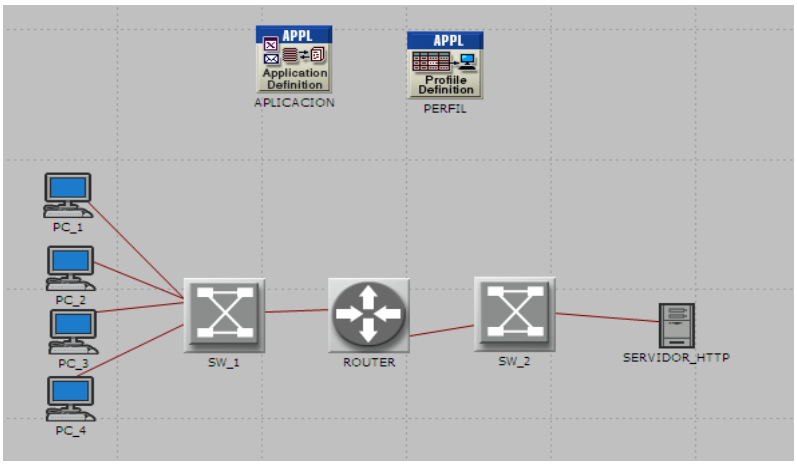


Fuente: Autores del Proyecto

3.2 TRAFICO HTTP

Al igual que con el traico FTP se realizaron las pruebas necesarias para indicar el comportamiento de trafico HTTP, pero esta vez se hizo el analisis con varios Pcs.

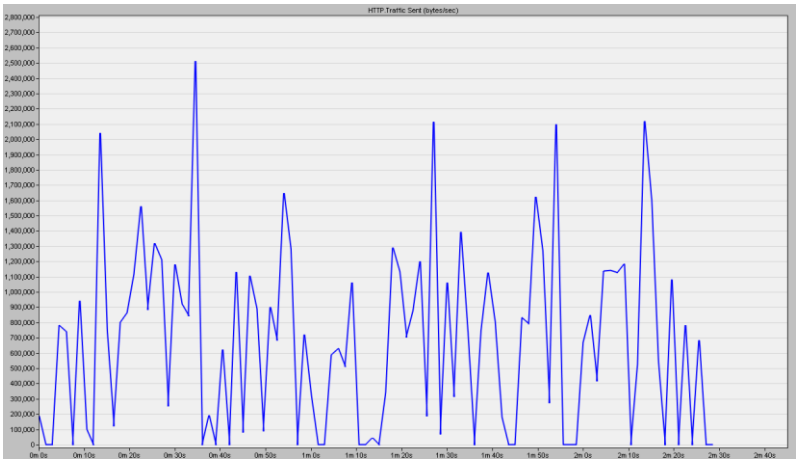
FIGURA 23: Escenario Trafico HTTP



Fuente: Autores del Proyecto

Al observar la simulacion nos muestra como resultado una grafica con comportamiento similar al de FTP, esto se debe ya que estos tipos de trafico poseen comportamiento totalmente aleatorios.

FIGURA 24: Simulación HTTP



Fuente: Autores del Proyecto

3.3 TRAFICO VOIP Y VIDEOCONFERENCIA

Para el caso del comportamiento descrito por las aplicaciones de VOIP y de Videoconferencia, se describe un comportamiento diferente, el cual puede ser considerado similar a una Distribución ON-OFF[15], el cual puede ser observado en la figura 26, puesto que son valores que están variando entre dos posiciones.

FIGURA 25: Escenario trafico VOIP con una y varias llamadas desde Telefonos IP

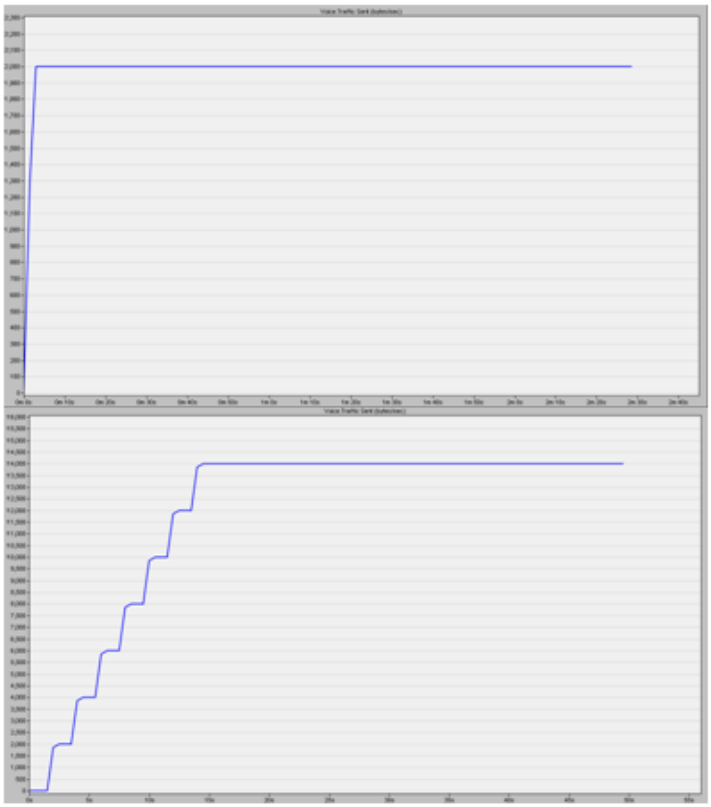
Fuente: Autores del Proyecto

[15] V. Paxson, S. Floyd, *Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling, IEEE/ACM* TON, 1995.

Al observar el comportamiento de la figura 26, se pude observar el comportamiento cuando se realiza una llamada en el cual se concluye que pasa de un estado de reposo (off) a un estado alto (on), en este momento es donde se realiza y sostiene la llamada.

Al aumentar el número de llamadas se extendiendo con ellos el ancho de banda, análisis relacionado con la investigación de Luis Santamaría, quien en su tesis desarrolla unas pruebas en las cuales utiliza los diferentes Codecs para la realización de una llamada y como resultado obtiene que a mayor número de llamadas es mayor el ancho de banda del canal.[16]

FIGURA 26: Simulación VOIP con Teléfonos IP, con una y varias llamadas

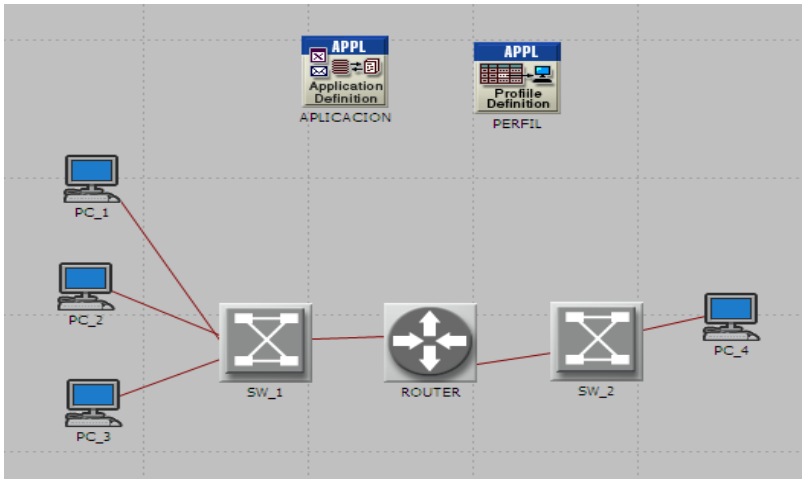


Fuente: Autores del Proyecto

Se implemento un escenario para describir el comportamiento del trafico de VOIP y VIDEOCONFERENCIA generado desde computadores.

[16] Contreras Yamid; Sanatamaria Luis. Montaje de un laboratorio de voz sobre ip y calidad de servicio para la universidad pontificia bolivariana. Tesis de grado. Pág 40. 2009.

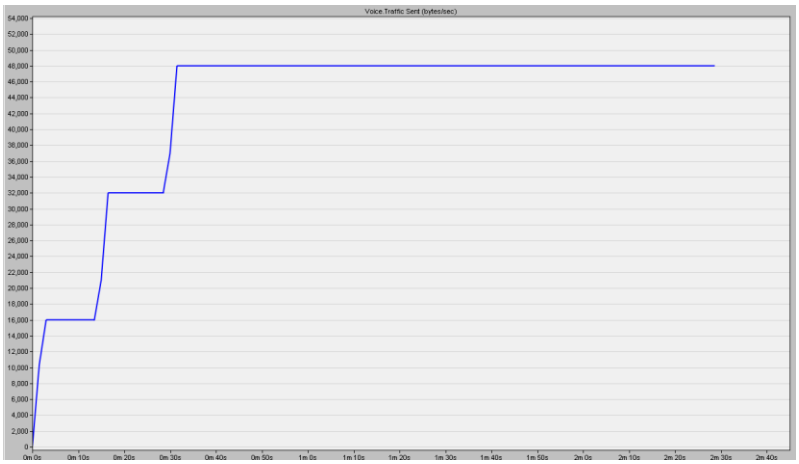
FIGURA 27: Escenario trafico VOIP y Videoconferencia



Fuente: Autores del Proyecto

Al observar la simulación se describe que posee características semejantes al tráfico generado desde un teléfono IP.

FIGURA 28: Simulacion trafico VOIP con PCs

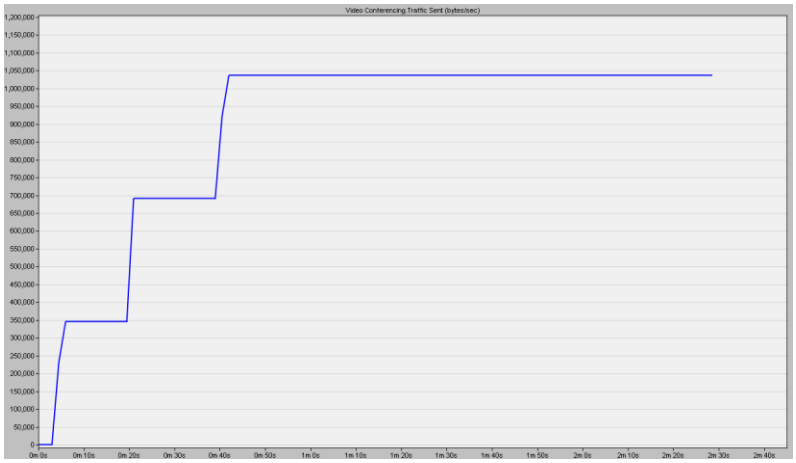


Fuente: Autores del Proyecto

Al realizar la simulación correspondiente al tráfico de Videoconferencia nos damos cuenta que es un comportamiento totalmente similar al de VOIP, este tipo de tráfico posee características tales como:

- Paquetes con tamaño variable.
- A mayor tasa, mayor la densidad de paquetes largos.
- Mezcla de flujos de tasa variable y de tasa constante.
- Flujos inelásticos.

FIGURA 29: Simulacion trafico Videoconferencia



Fuente: Autores del Proyecto

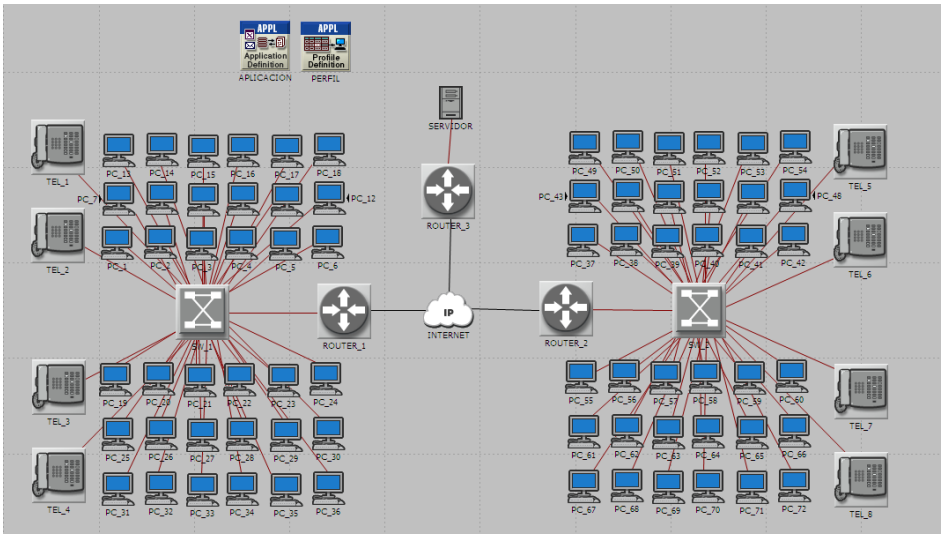
Este análisis individual del comportamiento de las aplicaciones nos permite indagar sobre el comportamiento de cada una de las diferentes distribuciones que caracterizan los tráficos FTP, HTTP, VOIP y VIDEOCONFERENCIA, las cuales son la Distribución Exponencial y ON-OFF, de las cuales la primera de ellas describe un comportamiento autosimilar, mientras que la segunda distribución mencionada no tiene características de tener un comportamiento autosimilar, dado que es un tráfico que no es continuo en el tiempo y como su nombre lo indica, presenta dos estados ON (transmisión de datos) y OFF (tiempo en espera).

Esto es de gran importancia para efectuar un trabajo posterior realizado, en el cual al obtener la herramienta licenciada para uso de todas sus funciones, se pueda realizar un estudio al comportamiento del escenario en un mayor intervalo de tiempo muy similar a las mediciones y análisis realizados en las redes Ethernet por un rango de tiempo con unidades en horas, permitiendo así de esta manera generar peticiones de llamadas VOIP con un comportamiento aleatorio, y de este mismo trafico pueda ser analizado de forma convergente con el trafico FTP y HTT, alternando en sus dos estados característicos y activando de manera aleatoria las llamadas desde los diferentes teléfonos IP descritos en el diseño.

3.4 ANALISIS DE RED EMPRESARIAL

Se realizo el diseño del escenario compuesto por varios elementos, entre ellos 2 Switches, 3 Gateways, 8 Teléfonos Ip, 62 Estaciones de Trabajo, 1 Servidor de Servicios, 1 elemento de configuración de aplicaciones, 1 elemento de Perfil de Configuración tal como se observa en la figura 30.

FIGURA 30: Escenario transferencia de datos convergentes red NGN



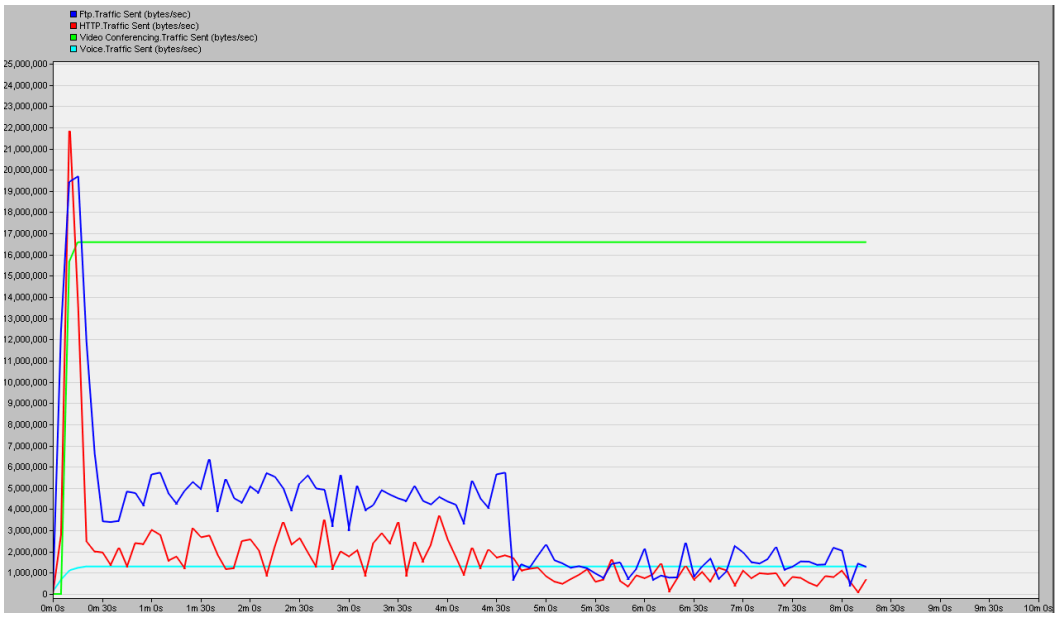
Fuente: Autores del Proyecto

Finalizado el tiempo de simulación, se procede a observar las graficas de los resultados obtenidos, para lo cual se observa la figura 31 en cuanto a la tasa de bytes /segundos transmitida por cada uno de los servicios disponibles en el escenario simulado.

La red diseñada nos muestra una semejanza con la red de una empresa, en la cual están presenten diferentes tipos de tráficos, para esta red serán analizados los tráficos FTP, HTTP, VIDEOCONFERENCIA y VOIP desde los Teléfonos IP y los PCs.

En esta red todos los dispositivos están interactuando de forma aleatoria lo cual nos acerca al comportamiento de una red real.

FIGURA 31: Resultados de la Simulación



Fuente: Autores del Proyecto

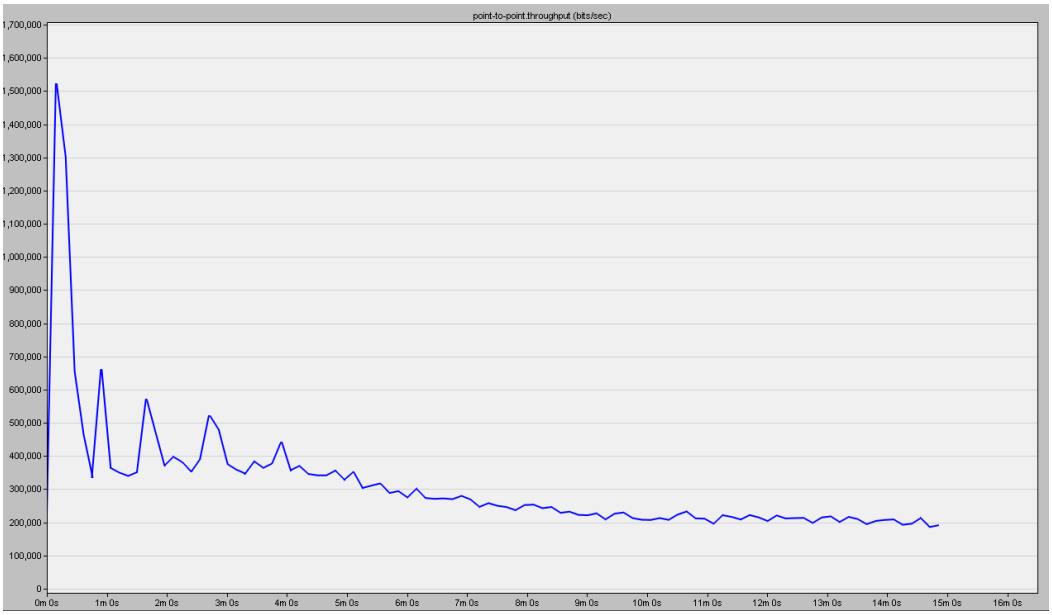
El análisis del tráfico fue realizado en horario de mucho tráfico como lo es la hora de salida del personal de empresa, ya que nos muestra todos los elementos funcionando a su máxima capacidad.

Se puede observar que el trafico fue tomado de forma individual para observar el comportamiento de cada aplicación por separado, observando así en color azul el trafico enviado por las aplicaciones de FTP, de igual manera se puede observar en color rojo el trafico generado por las aplicaciones HTTP, así mismo se observa en color verde el trafico de video conferencia y por último se puede observar en color celeste el trafico VOIP.

En la simulación se obtuvo el resultado grafico del trafico total de la red figura 32, donde se demuestra que el trafico posee comportamiento de tipo exponencial puesto que al iniciar la simulación como están operando todos los dispositivos a la vez se genera un trafico mayor, y a medida que corre el tiempo se dejen de enviar y recibir trafico, la señal decae hasta un nivel casi constante y ahí se mantiene hasta que los elementos no envíen nada de trafico y la señal sea cero.

Por ello visualmente se ve que la señal de comportamiento total de red con la convergencia de los tráficos de Voz, Datos y Video posee un comportamiento de densidad de distribución exponencial, ya que los datos no son constantes y se generan de manera aleatoria.

FIGURA 32. Trafico total de la red



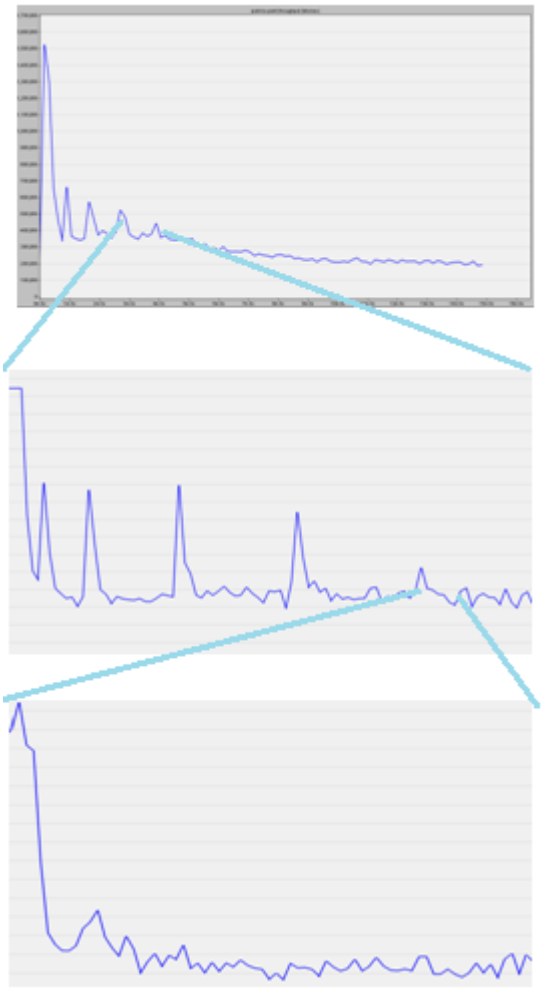
Fuente: Autores del Proyecto

Realizando un análisis de autosimilaridad se pudo demostrar que este tráfico total posee en comportamiento de autosimilaridad ya que al sacar pequeñas muestras de la grafica original se obtuvieron comportamientos semejantes.

Es decir, en la figura 33 se muestra una estructura autosimilar, si la misma, puede ser cortada en pequeñas fracciones y cada una de estas replicas mantienen su misma apariencia.

En el ejercicio en primera instancia visual de observar esta caracterización de un tráfico autosimilar, se observa el siguiente fragmento de tráfico en un intervalo de tiempo promedio del total generado, y se puede decir que tiende a mantener ciertas características de comportamiento autosimilar basado exclusivamente en el aspecto visual descrito.

FIGURA 33: Autosimilaridad de Simulación

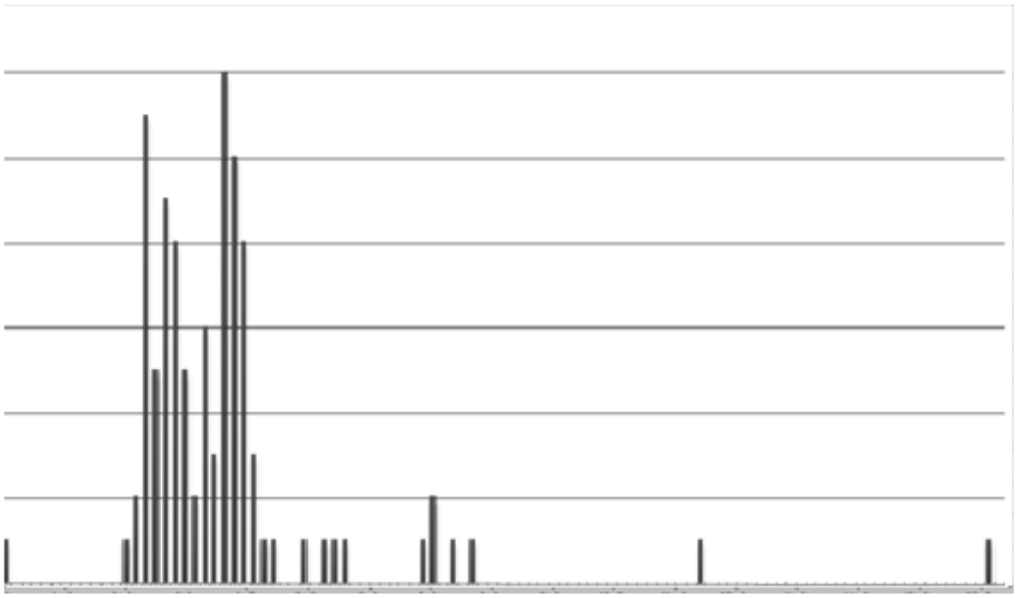


Fuente: Autores del Proyecto

Analizando los resultados de manera matemática se observo que al trafico total de la red es autosimilar, para ello se exportaron los datos obtenidos en la simulación, ya que ella cuenta con varios modos de realizar las graficas entre ellas la creación de histogramas, mostrado en la figura 34, y con esta se obtuvieron los datos para la realización del cálculo de manera matemática, teniendo en cuanta las formulas necesarias para ello.

Se realizo en Excel luego de exportar los datos antes mencionados el cálculo de la distribución de pareto y corroborar que posee comportamiento autosimilar, para la demostración del comportamiento de todo el trafico analizado en esta red.

FIGURA 34. Histograma de simulación total del trafico



Fuente: Autores del Proyecto

$$n0 = \frac{\log\left(1 + \left|\frac{f(Xn-1)}{f(Xn)}\right|\right)}{\log\left(\left|\frac{Xn-1}{Xn}\right|\right)}$$

Donde:

f(X n-1) es la penúltima frecuencia del rango

f(Xn) es la ultima frecuencia del rango

X n-1 es el penúltimo limite del rango

Xn es el ultimo limite del rango

Obteniendo según la ecuación que el índice de pareto n0= 1,92000431.

Realizando la ecuación para el cálculo de pareto.

$$P(x) = n0 * K^{n0} * X^{-(n0+1)}$$

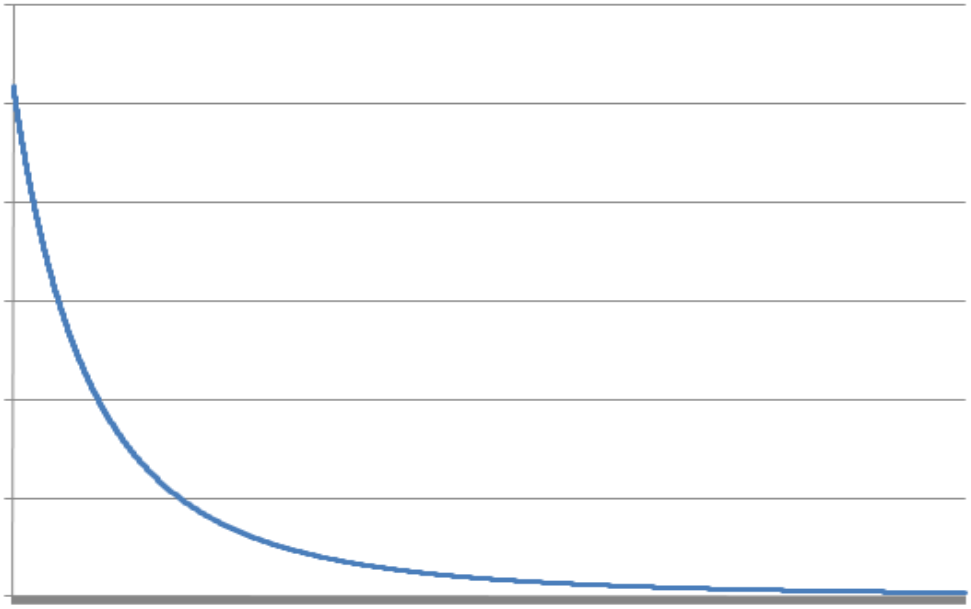
Donde:

K = valor mínimo de rango

X = rango de valores de entrada

Se obtuvo una grafica en la cual se observa un comportamiento de que empieza en un nivel alto y luego desciende muy despacio para estabilizarse semejante al modelo de pareto figura 35.

FIGURA 35: Análisis de pareto



Fuente: Autores del Proyecto

Al realizar el análisis del parámetro de Hurst se comprobó la autosimilaridad en el tráfico obtenido de toda la red, obteniendo como resultado H= 0,53999784, ya que se encuentra entre los valores necesarios para cumplir esta condición.

$$H = \frac{3 - n0}{2}$$

Sin embargo, debe ser tenido en cuenta que el trafico de VOIP ha sido simulado de tal manera en que se mantengan establecidas por el periodo de tiempo las llamadas entre los diferentes teléfonos IP y PCs, siendo esto un aspecto a tener en cuenta, puesto de lo contrario si se desea realizar un estudio a futuro se debería tener en cuenta el comportamiento real de este tráfico convergente en la red.

Asi mismo, es graficado el comportamiento individual de cada uno de los tráficos enviados, visualizado el comportamiento del trafico generado desde una y varias estaciones de trabajo para cada uno de los tipos de trafico que fueron objeto de estudio en esta propuesta.

En este análisis individual del comportamiento de cada uno de los tráficos generados, se puede observar que los tráficos FTP y HTTP en la figura 31, en la cual se describe un comportamiento muy similar a una Distribución de tipo exponencial.

CONCLUSIONES

- Se implemento el diseño de una red con características similares a una red NGN, la cual integra varios servicios como lo son FTP, HTTP, VOIP y VIDEOCONFERENCIA y se realizaron simulaciones correspondientes a estos tráficos generados desde esta red.

- Las simulaciones correspondientes a los tráficos FTP y HTTP son similares a la distribución de probabilidad exponencial ya que sus características son semejantes al comportamiento de esta distribución puesto que son valores generados aleatoriamente en el tiempo. Mientras que las aplicación de trafico VOIP y VIDEOLLAMADAS son comportamientos semejantes a distribuciones ON/OFF.

- Se dedujo que al mirar los comportamientos de las simulaciones de los diferentes tipos de tráfico son de carácter autosimilar puesto que al mirar las graficas en diferentes escalas y conservan su comportamiento original.

BIBLIOGRAFIA

[1] Home Page Opnet. www.opnet.com

[2] IESPANA. Descripción técnica detallada sobre Voz sobre IP (VOIP). [en linea]. 2001. Disponible en internet URL: http://specialsystem.iespana.es/voip.pdf

[3] TELEFONIA VOZIP. Codecs en la Telefonía IP, Codecs VoIP [en línea], Disponible en internet URL: http:// www.telefoniavozip.com/voip/codecs-voip.htm

[4] REDESTELECOM. Las NGN llegan para quedarse. [en línea],12 Sep 2008. Disponible en internet URL: http://www.redestelecom.es/Reportajes/200809120013/Las-NGN-llegan-para-quedarse.aspx

[5] EDUCAMADRID. Red VOIP. [en linea]. Disponible en internet URL: http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,32860035&_dad=portal&_schema=PORTAL

[6] ITU. Concepto y Arquitectura de las redes NGN. [en línea], Mayo 2006. Disponible en internet URL: http://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/events/tariff-seminars/rio_de_janeiro-06/gonzalez-1-sp.pdf

[7] UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA. NGN. [en línea], 2001. Disponible en internet URL: http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Redes_de_Banda_Ancha/Tarea_1/Milton_Arias_-_NGN_(Trabajo_Escrito).pdf

[8] UNIVERSIDAD DISTRITAL. Congestión en Redes. [en línea], 1973. Disponible en internet URL: http://www.udistrital.edu.co/comunidad/eventos/jornadatelematica/articulos/3j/CONGESTION.pdf

[9] Crovella Mark ; Bestavros Azer. Self-Similarity in World Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes. [en linea], 6 Diciembre de 1997. Disponible en internet URL: http://www.cs.bu.edu/fac/best/res/papers/ton97.pdf

[10] Pérez Juan Andrés ; Romero Jorge Mauricio. Trafico Autosemejante. [en linea]. Disponible en internet URL: http://www.usta.edu.co/otras_pag/revistas/hallazgos/documentos/hallazgos_3/produccion_conocimiento/8.pdf

[11] DESCARTES. Distribuciones Continuas. [en linea], 2001. Disponible en internet URL: http://descartes.cnice.mec.es/materiales_didacticos/distribuciones_probabilidad/dis_continuas.htm

[12] UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA. Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET. [en linea], 2009. Disponible en internet URL: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7834/1/memoria.pdf

[13] OPNET. Manual de usuario. [en linea], 2004. Disponible en internet URL: http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf

[14] V. Paxson, S. Floyd. Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling, IEEE/ACM TON, 1995.

[15] Contreras Yamid; Santamaría Luis. Montaje de un laboratorio de voz sobre ip y calidad de servicio para la universidad pontificia bolivariana. Tesis de grado. Pág 40. 2009.