

UN MODELO EDUCATIVO VIRTUAL PARA SIMULAR ENTORNOS DE RED MÓVIL

Ing. Guillermina Torreblanca Ferrer¹, Dr. Eduardo de la Cruz Gámez²,
MTI. Jorge Carranza Gómez³ y MC. Francisco Javier Gutiérrez Mata⁴

Resumen— Este artículo pretende demostrar que es posible mejorar la experiencia educativa utilizando laboratorios virtuales que se sustentan en modelos matemáticos que simulan escenarios de movilidad en redes de datos inalámbricas. Es posible simular el comportamiento de un determinado sistema que se desea estudiar haciendo uso de modelos matemáticos, y aunque no se interactúa con los procesos o sistemas reales, la experimentación con modelos simulados es comparable con los modelos físicos, siempre que dichos modelos sean realistas y representen detalles importantes del sistema de red a analizar. Se desarrolló una serie de experimentos comparando dos escenarios virtuales: el primero en un ambiente de red Ethernet y el segundo en un escenario de red inalámbrica (móvil). Los resultados obtenidos en función de métricas de desempeño (rendimiento, retardo, jitter), permitieron validar el sistema virtual. Por lo anterior se concluye que la experiencia obtenida al utilizar el modelo virtual es comparable con la real.

Palabras clave— Redes, laboratorios virtuales, simulador, tecnologías móviles

Introducción

Aunque la tecnología Wifi ha experimentado un gran crecimiento y está ayudando a facilitar el acceso a Internet a millones de personas en todo el mundo, las últimas versiones del estándar no han ayudado precisamente a que los usuarios de las redes Wifi tengan claro cuál es el rendimiento real de las mismas en términos de QoS (Calidad de Servicio).

Los dispositivos móviles inteligentes se están volviendo omnipresentes y los hábitos de los usuarios han cambiado. Con mayores velocidades y mejores opciones para expandir el cubrimiento, Wifi es una herramienta no solamente para el acceso a la Internet pública sino también para habilitar una gama amplia de servicios urbanos y mejorar la administración de estos.

En la actualidad existe una gran cantidad de investigaciones en redes y protocolos de comunicaciones las cuales son probadas en simuladores de redes como NS-2, NS-3, Riverbed entre otros, con el fin de obtener una aproximación inicial al comportamiento de las redes y así poder tomar una decisión sobre su implementación, lo que hace de gran importancia conocer con certeza que tan cercanos a la realidad son los resultados que arrojan estos simuladores y bajo qué condiciones pueden ser aceptados como una fiel representación del mundo real.

Descripción del Método

Estándares de las redes Inalámbricas (IEEE 802.11)

La tecnología Wifi está basada en la utilización de un estándar desarrollado por el organismo IEEE dedicado al desarrollo de estándares en el ámbito de las ciencias y la tecnología. La primera versión oficial del estándar se publicó en 1997 y recibió el nombre de IEEE 802.11. (González, 2014)

¹Ing. Guillermina Torreblanca Ferrer es Alumna de la Maestría en Sistemas Computacionales en *el Instituto Tecnológico de Acapulco*, Acapulco, Gro. Guilty_tofe_14@hotmail.com

²Dr. Eduardo de la Cruz Gámez es Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Acapulco, Acapulco, Gro. México.

³MTI. Jorge Carranza Gómez es Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Acapulco, Acapulco, Gro. México.

⁴MC. Francisco Javier Gutiérrez Mata es Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Acapulco, Acapulco, Gro. México.

802.11	Estándar original
802.11a	54 Mbps en la banda 5Ghz
802.11b	Mejora en el 802.11, para la banda de 2.4 Ghz soporta 5.5 Mbps y 11 Mbps
802.11d	Extensiones internacionales para roaming, configura dispositivos automáticamente para cumplir las regulaciones RT locales
802.11e	Introduce mejoras de calidad de servicio
802.11f	Protocolo Inter-access Point Protocol(IAPP), define comunicaciones del punto de acceso interno para facilitar WLAN múltiples
802.11g	54 Mbps en la banda de 2.4 Ghz
802.11h	Define la gestión del espectro de la banda 5Ghz
802.11i	Mejora en la seguridad
802.11j	Adaptación para Japón
802.11k	Medidas de recursos radio
802.11n	Mejoras de rendimiento "throughput".
802.11p	WAVE: wireless access for vehicular environment
802.11r	Roaming rápido
802.11s	Redes ad-hoc wireless
802.11t	Predicción de rendimiento wireless(WPP)
802.11u	Interworking con otras redes
802.11v	Gestión de redes Wireless

Tabla 1. Resumen de los estándares 802.11 (Herrera Ramirez, Díaz Ramirez, & Calafate, 2012)

En la actualidad Wifi tiene un papel muy destacado en las comunicaciones. Se prevé que en los próximos años más de la mitad del tráfico de datos mundial se originará desde accesos Wifi. Esta demanda impacta principalmente en el negocio de los operadores, que ven saturadas sus redes 3G. Por esta razón el acceso Wifi es una buena estrategia para reducir la carga de tráfico de las redes 3G/4G, principalmente en interiores y de alta densidad de clientes, como centros comerciales, estadios e incluso hogares.

Las redes Wifi poseen una serie de ventajas, entre las cuales podemos destacar:

- La comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un rango suficientemente amplio de espacio.
- Una vez configuradas, las redes Wifi permiten el acceso de múltiples computadoras sin ningún problema ni gasto en infraestructura, no así en la tecnología por cable.
- La Wifi Alliance asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wifi es total, con lo que en cualquier parte del mundo es posible utilizar la tecnología Wifi con una compatibilidad total.

Pero como red inalámbrica, la tecnología Wifi presenta los problemas intrínsecos de cualquier tecnología inalámbrica. Algunos de ellos son:

- Una de las desventajas que tiene el sistema Wifi, es una menor velocidad en comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- La desventaja fundamental de estas redes existe en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su tarjeta Wifi en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red, y de esta forma acceder a ella. Las claves de tipo WEP son relativamente fáciles de conseguir con este sistema. (Idict, 2017)

Simuladores de red

Las herramientas para simulación de redes se usan para probar configuraciones, módulos, topologías, etc. En cuanto a rendimiento y operación, antes de ser implementadas en una red real.

En la actualidad, existe una gran variedad de simuladores de red disponibles, estos van desde los más básicos a los más complejos, desde los más elaborados a los más sencillos y desde los licenciados a los de uso libre.

La gran diferencia entre la mayoría de los simuladores que se pueden encontrar para el análisis de sistemas radica en el método que se utiliza para la simulación los dos tipos de simuladores más comunes son:

- Simuladores de eventos discretos.
- Simuladores de tiempo continuo.

Los primeros funcionan modelando los sistemas de manera cronológica como una secuencia de eventos, donde cada suceso tiene un lugar y un instante en el tiempo que además genera una marca de cambio en el estado del sistema. Esta clase de simulador es particularmente útil para el análisis de sistemas secuenciales o que se usen colas, los cuales son muy comunes en el ambiente de las comunicaciones. (Rodríguez Barriosa, Serrano, Monleón, & Caro, 2008)

Los segundos funcionan utilizando modelos matemáticos y ecuaciones diferenciales que describen la evolución del sistema de manera continua. Este tipo de simuladores es usado cuando el proceso que se desea analizar cambia de manera muy sutil y continua. Adicionalmente, los simuladores continuos también pueden usarse para modelar sistemas formados por valores discretos si el número de datos es lo suficientemente grande como para interpretarlo como un flujo continuo.

Las telecomunicaciones son un área de aplicación de las simulaciones, específicamente las redes de área local inalámbricas. La simulación en este tipo de redes corresponde a un simulador de eventos discretos. Por lo tanto, se procede a presentar de manera genérica algunos de los simuladores de eventos discretos que se utilizan.

NS-2 (Network Simulator 2)

NS-2 fue desarrollado en C++ y provee una interfaz de simulación a través de OTcl, una variante Orientada a Objetos de Tcl. El usuario describe una topología de red por medio de scripts OTcl, y luego el programa principal de NS-2 simula dicha topología utilizando los parámetros definidos. NS-2 está diseñado para sistemas operativos Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OS X y puede ejecutarse bajo Windows utilizando Cygwin. Fue licenciado bajo GPL versión 2. La última versión, 2.34, se presentó al público el 17 de junio de 2009.

NS-3 (Network Simulator 3)

Más conocido como NS-3 (Network Simulator 3) es un simulador de redes basado en eventos discretos. NS-3 es software libre, acogido a la versión 2 de la GPL (General Public License) igual que su antecesor, el NS-2 (Network Simulator 2). NS-3 permite tener dos métodos de prueba: el primero es creando dispositivos y montando sobre ellos interfaces para la simulación; y el segundo es asociando al NS-3 máquinas reales para crear pruebas.

NS-3 soporta simulación de redes IP, no IP; así como redes inalámbricas tales como Wifi, WiMAX, o LTE además de diferentes protocolos de ruteo entre los que se destacan OLSR y AODV.

Cisco Packet Tracer

Este programa es uno de los simuladores de redes más completos. Desarrollado directamente por Cisco, es el recomendado por ejemplo para realizar pruebas con sus propios routers, switches, hubs y servidores. Este programa es uno de los más sencillos de usar y permite, de forma gratuita, realizar todo tipo de virtualizaciones de redes. (Velasco, 2014)

GNS3 (Simulador de red gráfica 3)

GNS3 es uno de los mejores simuladores gráficos de redes que podemos encontrar actualmente. La principal característica de GNS3 es que es multiplataforma, se puede usar tanto en Microsoft Windows, Linux como en Mac OS X, y todo ello de forma completamente gratuita. (Cabrera & Wilmer, 2012)

ITEM	REQUISITOS
Sistema Operativo	Windows 7 (64 bit) o superior
Procesador	2 o más núcleos lógicos
Virtualización	Se requiere la extensión de virtualización. Se necesitará activar esto por medio de la BIOS de la PC.
Memoria	4 GB RAM
Almacenamiento	1GB de espacio disponible (la instalación en Windows es < 200MB).
Notas Adicionales	Es posible que necesite almacenamiento adicional para el sistema operativo y las imágenes del dispositivo.

Tabla 2. Requisitos mínimos para un entorno GNS3 en Windows.

Riverbed

El modelador Riverbed es un software comercial que proporciona un entorno de desarrollo para el modelado y la simulación de redes, componentes, protocolos y aplicaciones de forma flexible y escalable. (Torres, 2015) Utiliza un modelado orientado a objetos y un entorno gráfico para componer intuitivamente las redes haciendo uso de módulos que representan componentes actuales de las redes de telecomunicaciones.

Riverbed permite mediante librerías la simulación de nodos con diversas características y la comunicación de los mismos con diferentes tipos de enlaces. Este es un simulador utilizado primordialmente por grandes compañías de telecomunicaciones por sus altos costos de licenciamiento.

Métricas de Desempeño

Una red de comunicaciones soporta diferente tipo de tráfico (Voz, Video, Datos, etc.) simultáneamente sobre una misma infraestructura. Cada tipo de tráfico tiene diferentes características y por tanto diferentes requerimientos, por ejemplo: la VoIP es sensible al retardo y jitter, contrario al tráfico FTP, tráfico TCP es tolerante a la pérdida de paquetes (packet loss).

Las principales métricas de desempeño a ser analizadas para un determinado tráfico son:

- Retardo
- Jitter
- Paquetes perdidos
- Rendimiento

Retardo

El Retardo es una métrica que da información sobre el tiempo promedio que se demora un paquete en la red para llegar a su destino. Una vez terminada la simulación, el retardo se calcula como la sumatoria de todos los retardos de cada paquete sobre el número total de paquetes entregados (Tobón Vallejo & Gaviria Gomez, 2012).

$$\text{Retardo} = \frac{\sum_{i=0}^k R_i}{\text{Total Paquetes}} \quad (1)$$

Donde R_i es el retardo que percibe el paquete i para llegar a su destino.

Jitter

“Los paquetes en la red experimentan distintas cantidades de retardo. El retardo de un paquete varía a lo largo del camino entre el transmisor y el receptor. Esta variación en el retardo, se conoce como jitter y afecta la calidad del flujo de audio y/o video; las causas más comunes para su aparición son: tiempos largos de espera de conexión, congestión del tráfico y la interferencia” (Cuesta Palacios & Romero León, 2013).

El jitter se define como la diferencia entre el retardo en un sentido (OWD) de dos paquetes del mismo flujo y se denomina IPDV (del inglés Instantaneous Packet Delay Variation). (Saldaña Medina, 2011)

$$IPDV = \frac{\sum |retardo_i - retardo_{i-1}|}{n-1} \quad (2)$$

Paquetes perdidos

Es un valor que hace referencia a la cantidad de paquetes fallados antes de llegar a su destino final, la pérdida de dichos paquetes es producida por interferencias, atenuaciones, sobre-flujos o falta de sincronización entre los dispositivos que conforman la red (Cuesta Palacios & Romero León, 2013).

Los paquetes también podrían ser desechados cuando existe congestión en un link, y se puede calcular restando el número de paquetes recibidos del número de paquetes enviados.

$$P_p = p_e - p_r \quad (3)$$

Rendimiento

El rendimiento hace referencia al número de bits reales que se transmiten en un período de tiempo (Cuesta Palacios & Romero León, 2013). Corresponde a la tasa de transferencia de datos a través de una red de comunicaciones.

La eficiencia de una red se consigue de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\epsilon_f = \frac{n_r}{RBR(n_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde, n_r corresponde al rendimiento recibido y $RBR(n_s)$ es la tasa neta de transmisión (Raw Bit Rate).

Desarrollo

Se propone un modelo de simulación basado en el modelador GNS3.

Se cuenta con 2 escenarios:

El escenario 1 consiste en una red cableada Ethernet, en este escenario se propone probar el rendimiento del Ancho de Banda y del Jitter entre dos nodos remotos.

En el escenario 2 se cuenta con una configuración de 2 nodos remotos conectados mediante un enlace Wifi Cloud, de igual forma se realizan pruebas de rendimiento de Ancho de Banda y Jitter.

Resultados

Simulación utilizando un conmutador de FastEthernet.

Se crea el escenario 1 en el cual se configura la simulación, ver figura 1.

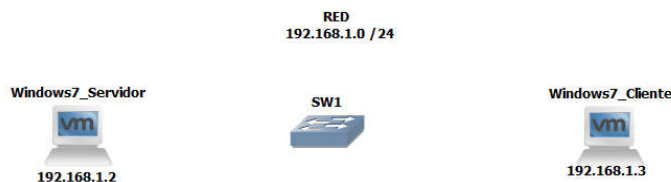


Figura 1. Creación del escenario 1

Después de asignar el adaptador, se conecta por cable Ethernet ambas PC, ver figura 2, las cuales contienen las máquinas virtuales con las que se hará la simulación. Una vez conectadas, se inicia la simulación.

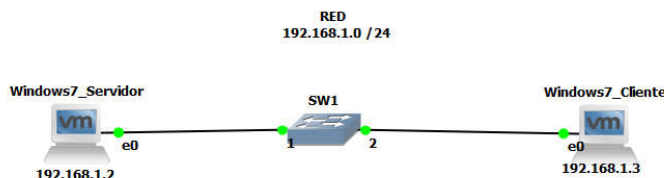


Figura 2. Conexión por cable Ethernet

Se realiza un ping entre ambas PC para verificar que se puedan comunicar entre sí. Primero del Cliente al Servidor, ver Figura 3, y después del Servidor al Cliente, ver Figura 4.

```
Haciendo ping a 192.168.1.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
  Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Figura 3. Ping del Cliente al Servidor

```
Haciendo ping a 192.168.1.3 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.3: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Estadísticas de ping para 192.168.1.3:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
  Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Figura 4. Ping del Servidor al Cliente

Ahora se inicia la aplicación JPerf en ambas PC, el cual por medio de envío de tramas UDP nos permitirá medir el rendimiento de la red. Se ejecuta la aplicación en ambas PCs y se espera a que se terminen de enviar los paquetes. Durante el transcurso del proceso, se podrá observar el envío de tramas del extremo del Cliente y también del extremo del Servidor.

En el extremo del Servidor se podrá observar la gráfica de recepción de paquetes en Kbps, así como también la variación en el tiempo de llegada de los paquetes en la red, ver Figura 5. La tasa de transferencia máxima entre ambos extremos es de 260 Kbps. La variabilidad máxima es de 1 ms (jitter).

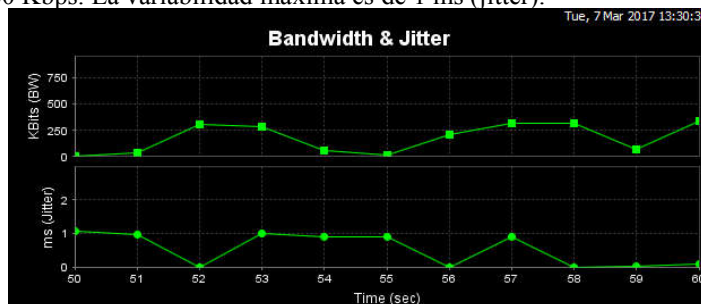


Figura 5. Datos recibidos en el Servidor

Simulación de Rendimiento por el Medio Wi-Fi en GNS3

Se crea el escenario 2 en el cual se configurará la simulación, ver Figura 6. Se utilizan dos PCs, un nodo Cloud para implementar el medio Wifi y un router para puentear esta conexión.

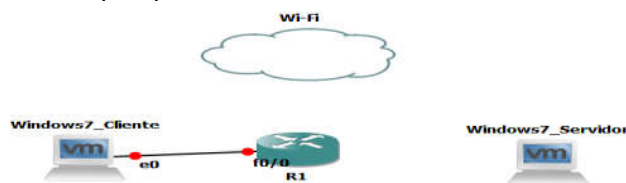


Figura 6. Creación del escenario

Se procede a conectar el escenario en el cual se configurará la simulación y se inicia la simulación, ver Figura 7.

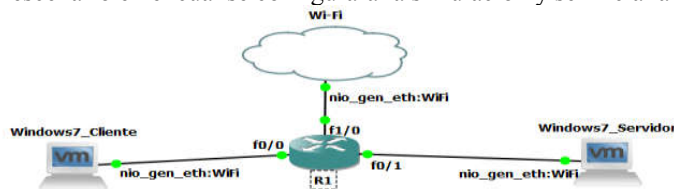


Figura 7. Conexión del escenario

Se ejecuta la aplicación en ambas PCs y se espera a que terminen de enviar los paquetes. Durante el transcurso del proceso, se observa el envío de tramas del extremo del Cliente y también del extremo del Servidor.

En el extremo del Servidor se observa la gráfica de recepción de paquetes en bps, así como también la variación en el tiempo de llegada de los paquetes en la red, ver Figura 8. La tasa de transferencia máxima entre ambos extremos es de 1 Mbps. La variabilidad máxima es de 10 ms (jitter).

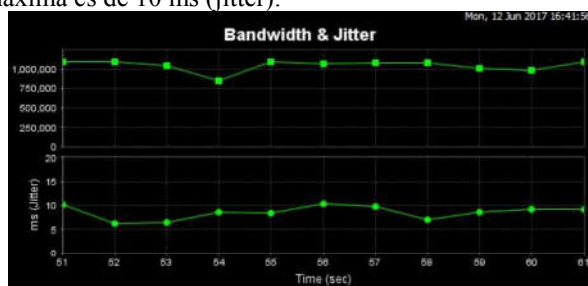


Figura 8. Datos recibidos en el Servidor

Conclusiones

GNS3 se usa una aplicación de uso libre, es un software con certificación de Cisco para todos aquellos diseñadores y administradores de redes avanzadas, fácil de instalar y usar, con gran utilidad tanto en el mundo empresarial, como en el mundo académico, debido a que hace más accesible el estudio de topologías y su uso reduce el costo de implementación de las redes.

Se utilizó esta aplicación en la cual se diseñaron las redes a simular, en dos escenarios contrastantes, procediendo después a su configuración y ejecución de pruebas de rendimiento y variabilidad de tráfico, administrando dos diferentes tipos de escenarios de envío de datos de un extremo a otro, y aplicando los estándares de red correspondientes. Sin duda esta aplicación es útil para diversos tipos de simulaciones. Los resultados obtenidos del rendimiento del ancho de banda y del jitter se asemejan a métricas típicas en escenarios físicos reales. Por lo que su utilización en la predicción de resultados es altamente satisfactoria.

La única desventaja de este software es que no puede implementar completamente el medio inalámbrico, dado que solo permite configuraciones vía Ethernet. Se podrían explorar miles de configuraciones, topologías y protocolos, una vez implementado este medio y así evitar malas inversiones en topologías no probadas digitalmente. Esto sin duda convertiría a GNS3 en una aplicación completa para cualquier tipo de simulación en redes Wifi.

Referencias

- Cabrera, C., & Wilmer, R. (2012). *Simulación de Redes con GNS3*. Santa Clara.
- Cuesta Palacios, V., & Romero León, C. A. (2013). *Cuesta Palacios, V. del P., & Romero Leon Evaluación de tecnología 802.11n en redes de larga distancia*. Loja-Ecuador.
- González, M. S. (28 de 08 de 2014). *Velocidad de redes wifi en entornos residenciales*. Obtenido de Redes Telemáticas: <http://redestelematicas.com/velocidad-de-las-redes-wifi-n-en-entornos-residenciales/>
- Herrera Ramirez, E., Díaz Ramirez, A., & Calafate, C. (2012). *Desarrollando el estándar IEEE 802.11n, un paso adelante en WLAN*. México, Baja California, México.
- Idict, C. (26 de 07 de 2017). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_Wi-Fi
- Rodríguez Barriosa, J. M., Serrano, D., Monleón, T., & Caro, J. (2008). *Los modelos de simulación de eventos discretos en la evaluación económica de tecnologías y productos sanitarios*. España: Elsevier España, S.L.
- Saldaña Medina, J. M. (2011). *Técnicas de optimización de parámetros de red para la mejora de la comunicación en servicios de tiempo real*.
- Tobón Vallejo, D. P., & Gaviria Gomez, N. (2012). *Análisis de métricas de calidad de servicio para la configuración del protocolo CSMA/CA en redes de sensores inalámbricas de área corporal*. Colombia.
- Torres, J. A. (2015). *SEDICI*. Obtenido de Herramientas de software de simulación para redes de comunicaciones: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48644>
- Velasco, R. (20 de 03 de 2014). *Redeszone.net*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propia-red/>