

SimuMANET: desarrollo colaborativo de una herramienta de software libre para el laboratorio

Ana Vazquez Alejos, Manuel García Sánchez
Dept. of Teoría de la Señal y Comunicaciones
University of Vigo
Vigo, SPAIN
analejos@uvigo.es, manuel.garciasanchez@uvigo.es

Francisco Falcone Lanas
Dept. of Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Pública de Navarra
Pamplona, SPAIN
francisco.falcone@upna.es

Abstract— En esta contribución se describe una experiencia realizada sobre el uso del software de libre distribución aplicado a la realización de tesis de máster. Se ha diseñado para ello una metodología de enseñanza colaborativa. A pesar de su indudable valor educativo, la herramienta ofrece una dimensión investigadora importante. Actualmente, es innegable la importancia de las tecnologías de software libre y abierto en todas las áreas TIC. Los estudiantes deben, por tanto, adquirir competencias en esta tecnología durante sus estudios. Más tarde, podrán usar las habilidades adquiridas en sus respectivas disciplinas profesionales. El trabajo en equipo deriva de metodologías colaborativas a cualquier nivel. En este artículo, presentamos el uso de una experiencia colaborativa a nivel de tesis de máster.

Keywords-colaborativo; código fuente abierto; MANET; red; radio-propagación

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del software de simulación en la investigación de las redes MANET es vital. Tales herramientas proporcionan un mecanismo versátil válido para entender todos los aspectos relacionados con estos sistemas, desde el interfaz radio hasta la capa de comunicación.

En este artículo presentamos el proyecto SimuMANET, una herramienta que posibilita tanto la simulación como el trabajo de campo. Permite el desarrollo de redes inalámbricas ad-hoc reconfigurables o MANETs, asistido por un entorno de interfaz gráfico en tiempo real para monitorizar el tráfico de red y gestionar las características eléctricas de los enlaces establecidos entre los nodos activos [1].

A pesar de su indudable valor educativo de este tipo de experiencias [2], la herramienta ofrece una dimensión investigadora importante. La herramienta aquí descrita permite analizar el retardo, flujos de tráfico y pérdidas de paquetes bien para la red completa como para un nodo particular. Esta funcionalidad permite determinar las causas que limitan el logro de la calidad de servicio (QoS) para una particular topología de red, escenario, algoritmo de enrutado, etc.

Mediante un conjunto de funcionalidades, tales como la GUI, el visualizador de la topología de red, de tráfico y el configurador del patrón de movimiento de los nodos, junto al

análisis del estado de red en tiempo real, el simulador desarrollado se convierte en un herramienta válida tanto para objetivos de investigación como de educación.

La presente experiencia educativa constituye una demostración práctica del uso de software libre o código abierto (Open Source) a nivel de realización de dos tesis de máster en el ámbito de ingeniería [3-6]. Así mismo, se diseñó una metodología de trabajo que permitiera a dos alumnas de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación llevar a cabo un proyecto con un marcado carácter de finalidad práctica y de gran dificultad técnica.

Se han simulado dos escenarios con diferente tipo de movimiento y tráfico de nodos mediante la herramienta SimuMANET, y los resultados se muestran y comentan aquí para ilustrar la capacidad de la herramienta diseñada.

Así, el propósito de este artículo es, en primer lugar, dar una visión global de los métodos de enseñanza existentes que pueden emplearse satisfactoriamente en el ámbito de ingeniería. Dentro del análisis del estado del arte, discutiremos la opción dada por la teoría del juego. Continuación, describiremos la opción seleccionada para nuestra experiencia: la técnica colaborativa. También presentaremos la evaluación de la experiencia y sus resultados principales. Finalmente, se puntualizan los desafíos educativos a afrontar en futuras versiones del código. Las conclusiones cierran esta contribución con una valoración de conjunto.

II. CÓDIGO ABIERTO PARA E-LEARNING: VENTAJAS, DESAFÍOS Y RIESGOS

El entorno social y laboral de los jóvenes del siglo XXI requiere individuos activos, flexibles, creativos y válidos para trabajo en equipo capaces de proporcionar soluciones innovadoras a los desafíos de hoy [7]. Entre este conjunto de requisitos ideales y la realidad presente e la enseñanza, se deben dar algunos pasos en la dirección de desarrollar metodologías más atractivas y eficientes, que tengan en cuenta otras formas de hacer las cosas. A pesar del hecho de que tales métodos alternativos se han postulado desde hace varias décadas, todavía encuentran reticencias para ser aplicados de forma práctica.

Un objetivo habitual de las diferentes metodologías de enseñanza/aprendizaje es atraer y mantener el interés de los estudiantes durante la clase sin perder de vista la dimensión cognitiva de la experiencia [8-10]. Así, la teoría de aprendizaje a través del juego aparece como un modo aceptable de alcanzar este objetivo. Se trata de una metodología de aprendizaje moderna y sorprendente, que además representa un desafío para los educadores que tratan de aplicar dicha técnica en sus clases, especialmente en los niveles de enseñanza primaria y secundaria. Las metodologías tradicionales se encuentran más extendidas en el campo de la educación en general que los medios innovadores, y en ocasiones la teoría del juego encuentra reticencias entre los educadores que piensan que esta metodología basada en el juego sólo se compone de un factor de "diversión" [9, 10].

En la Figura 1 se ilustra la idea anterior así como los beneficios derivados del tiempo dedicado actividades extra-curriculares como un espacio para desarrollar eventos orientados a potenciar futuras competencias del estudiante.

La herramienta SimuMANET fue desarrollada como parte central de dos tesis de máster (MT) con un doble objetivo: educativo y técnico.

El objetivo educativo llevó a la realización de ambas MTs por medio de la implementación de una estrategia colaborativa entre las dos estudiantes involucradas. Así, el proyecto fue dividido en tareas que a su vez se mapearon sobre diferentes módulos del programa.

El objetivo técnico del proyecto consistió en el desarrollo de una herramienta con validez de simulador y de trabajo de campo. Permite el desarrollo de redes inalámbricas ad-hoc reconfigurables o MANETs, asistido por un entorno de interfaz gráfico en tiempo real para monitorizar el tráfico de red y gestionar las características eléctricas de los enlaces establecidos entre los nodos activos de la red. La influencia del terreno también se ha considerado con el fin de proporcionar unas condiciones de radio-propagación realistas y precisas.

El éxito de la experiencia fue debido, entre otros, a los siguientes factores:

- En primer lugar se tomó como punto de partida una colección de herramientas disponibles en forma de scripts o pequeños programas con código no ejecutables de libre distribución, proporcionados por la *Navy Research Lab* de EE.UU. [1,11,12]. El código disponible estaba orientado al entorno *Fedora 5*.
- Estas herramientas proporcionaban un conjunto de códigos fuentes individuales que debía ser analizado, corregido y actualizado con el fin de ponerlo en marcha y adaptarlo a las necesidades del proyecto, obteniendo así un conjunto de módulos interrelacionados. Un script central actuaría como lanzador de los módulos actualizados, y de los otros módulos desarrollados exprofeso para alcanzar las especificaciones requeridas. Finalmente, se empleó otro software de libre distribución para el diseño de la interfaz gráfica, basado en la librería *Qt*.

- La metodología de trabajo consistió en dividir el proyecto en tareas o módulos progresivos, todos ellos interrelacionados y encadenados.
- Las tareas individuales fueron asignadas a dos alumnas de tal forma que la realización dos módulos se entrelazara: el módulo $n+1$ a realizar por la alumna A depende del módulo n a realizar por la alumna B. La división del trabajo y la asignación de tareas se ilustra en la Figura 2.
- De esta forma se logra una división colaborativa del trabajo que exige trabajo en grupo, favoreciendo el desarrollo del sentido de la responsabilidad profesional en el alumno.

El resultado fue la realización de dos MTs que lograron el objetivo de implementar una herramienta teórico-práctica de gran calidad haciendo uso de software de libre distribución.

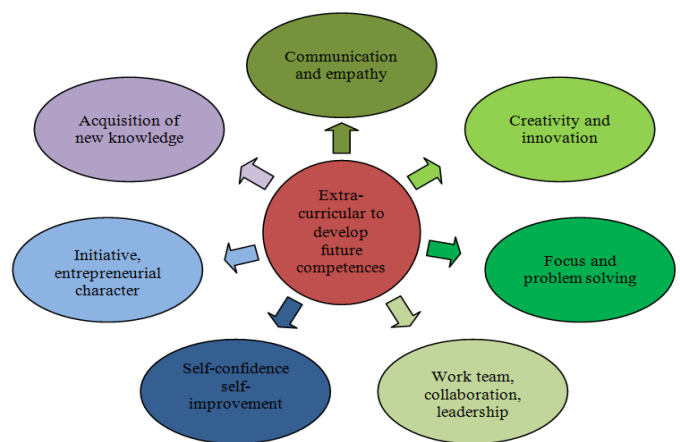


Figure 1. Beneficios de actividades extra-curriculares [7].

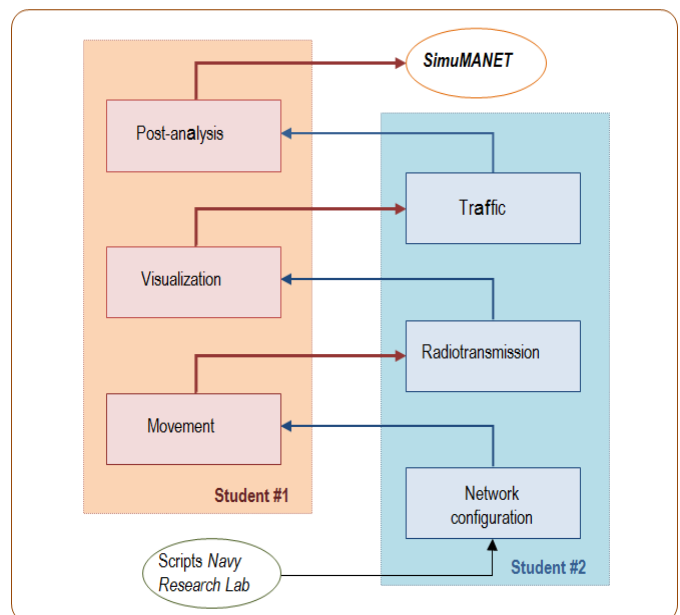


Figure 2. Correspondencia entre el esquema colaborativo y la organización de la herramienta en módulos.

El código resultante se encuentra libremente disponible a través de la web del Grupo de Sistemas Radio de la Universidad de Vigo [13].

Otro aspecto realmente importante a tener en cuenta en esta clase de metodología de enseñanza, es cómo evaluar la adquisición de conocimiento. Resulta esencial recopilar información en las dimensiones afectiva y cognitiva. Esta información debe ser analizada para evaluar una disyuntiva clásica: el nivel de satisfacción y el aprendizaje cognitivo efectivo logrado en los participantes.

Por esta razón se ha elaborado un método de evaluación para examinar los resultados de la experiencia. A través de dicho método, hemos intentado identificar los pros y contras de la metodología aplicada además de conocer las fortalezas y debilidades del trabajo realizado para su uso en el futuro.

III. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

A. Origen de la experiencia

Tal como mencionamos anteriormente, el punto de partida del proyecto consistió en una colección de software en forma de scripts o piezas de código no ejecutables, libremente proporcionadas y distribuidas por el *US Navy Research Lab*. El código abierto disponible estaba orientado al sistema operativo *Fedora 5*.

Este conjunto de scripts proporcionaban piezas de código individuales que debían ser analizadas, corregidas y actualizadas antes de poder ponerlas en marcha. Por otra parte, también era necesario llevar a cabo cambios en el código fuente, de acuerdo con las necesidades del proyecto para lograr la interoperabilidad de los diferentes módulos que se desarrollarían tomando de base dichos scripts.

Como novedad, se ha desarrollado una herramienta adicional que analiza los modelos alternativos de radio-propagación. Esta característica permite así el desarrollo de proyectos a nivel de investigación con buenos resultados, incluso para su uso en el laboratorio.

Se determine que la herramienta de simulación debe incluir las siguientes funcionalidades:

- interfaz gráfico
- script inicializador automático
- representación geográfica de la topología de red
- modelo básico de radio-propagación
- configuración de nodos (movimiento, tráfico,...)
- análisis del estado del tráfico de red

En las siguientes secciones se describe los paquetes de software abierto seleccionados para conseguir implementar la herramienta SimuMANET dotándola de las funcionalidades anteriormente listadas.

B. Topología de configuraciones virtuales/remotas

SimuMANET no solo permite la utilización de nodos virtuales para simulación, sino que además tiene la posibilidad de incorporar nodos reales. Los nodos reales se dividen en estáticos o móviles. Los primeros se disponen en condiciones

de exterior al aire libre, como parte de la red Wi-Fi del Campus, por ejemplo. Estos nodos son accesibles de forma remota desde el laboratorio, a través de un módulo específico de SimuMANET, que permite realizar la configuración de la potencia de transmisión, la sensibilidad del receptor, tamaño de la pila IP, etc. Esto permite simular diferentes condiciones de trabajo de los enlaces radio disponibles: línea de visión directa / obstruida / línea de no visión, capacidad de datos, la congestión, etc.

IV. APLICACIÓN EN EL LABORATORIO

Con el fin de llevar a cabo la implementación de prácticas de laboratorio, es necesario desplegar una red inalámbrica de tipo IEEE 802.11g mediante el uso de ordenadores que se convertirían, asimismo, en los nodos de la red. Los nodos estáticos reales remotos se pueden agregar o ignorar, de acuerdo con el objetivo de la práctica. El interfaz gráfico para administrar de forma remota estos nodos estáticos representa una de las principales aportaciones de la herramienta.

El módulo simulador del movimiento desplegará el conjunto de nodos sobre un terreno, tal como el campus, generando un vector de movimiento aleatorio pero de acuerdo con un patrón previamente seleccionado en el módulo de configuración de cada nodo. El módulo de la radio-propagación estima las condiciones radioeléctricas de todos los enlaces radio que se establecen entre los nodos de la red (virtuales o reales), teniendo en cuenta las condiciones del terreno (suelo, vegetación, altura, ubicación...).

Es posible incorporar nodos móviles reales mediante el uso de ordenadores equipados con GPS. Estos nodos retransmitirán su posición a los otros nodos, por lo que es posible estimar en cualquier momento la ruta óptima de encaminamiento de información para una entrega segura de los paquetes de información.

A. Ejemplo de aplicación

Se incluye una captura de pantalla de la herramienta desarrollada (Figura 3), así como algunas imágenes de una prueba desarrollada en el laboratorio (Figura 4) y otras que ilustran la salida gráfica de datos (Figura 5 y Figura 6).

Para la realización de una prueba de operación de la herramienta fue necesario desplegar una red de acuerdo con el protocolo 802.11g, con cinco ordenadores portátiles (Figura 4). Estos equipos se convirtieron en los nodos de la red real, y el módulo para la simulación de movimiento los sitúa sobre un terreno (en este caso el Campus de la Universidad de Vigo, véase la Figura 5 y Figura 6), mediante la generación de un vector de movimiento que sigue el patrón de movimiento seleccionado en el menú de configuración de cada nodo. Como se indicó antes, el módulo de propagación radio estima las condiciones radioeléctricas de todos los posibles enlaces radio.

B. Resultados de simulación

También se muestran los resultados de la simulación realizada en un escenario en el que los nodos se mueven de acuerdo a un patrón bidimensional de puntos de referencia o way-points. Las rutas establecidas en los archivos de patrones

de movimiento de tipo way-point corresponden a rutas entre las escuelas y facultades ubicadas en el campus de la Universidad de Vigo. Los nodos se mueven a una velocidad constante de 3m/s, y se detienen un tiempo máximo de 240 segundos una vez que alcanzan el punto de destino. En este caso, no hay obstáculos incluidos en el área de simulación.

El tráfico intercambiado entre los usuarios-nodo es de tipo BURST o ráfaga. Hemos escogido este modelo porque caracteriza una gran parte del tráfico existente en una red inalámbrica real. Cada nodo transmite cuatro flujos de datos destinados a otros nodos de la red, con una duración temporal de 600 segundos consistente en ráfagas periódicas según las propiedades indicadas en la Tabla 1. En términos de parámetros radio, se emplearon los valores por defecto fijados por SimuMANET, como también se indica en dicha Tabla 1.

El análisis puede realizarse y representarse gráficamente desde el punto de vista de la red o de cada nodo. En la Figura 7 observamos de forma clara el tráfico de tipo ráfaga recibido por el *Nodo01*.

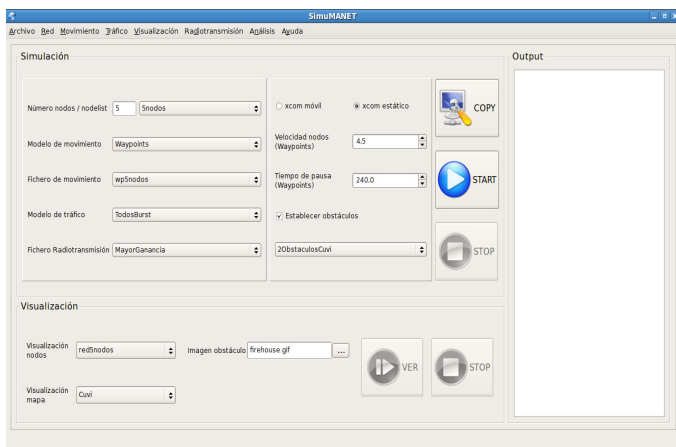


Figure 3. Módulo principal del software desarrollado.

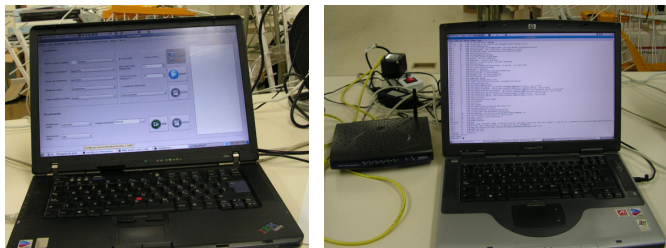


Figure 4. Fotos de una prueba de simulación realizada en el laboratorio con varios nodos.

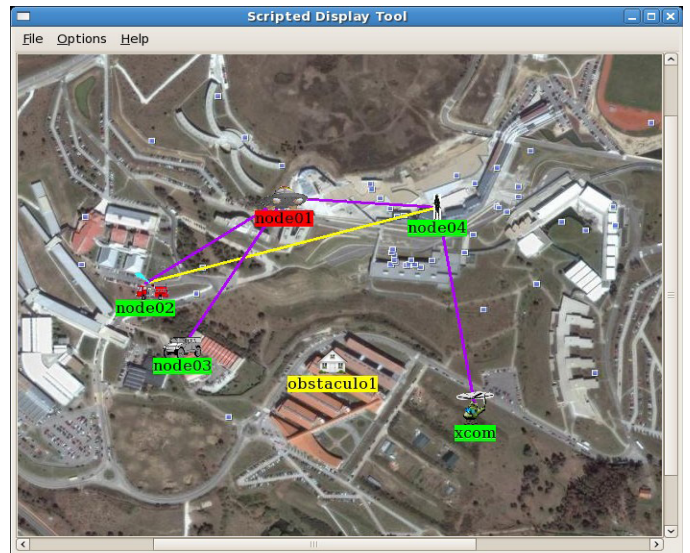


Figure 5. Visualización gráfica de la prueba realizada en el laboratorio.

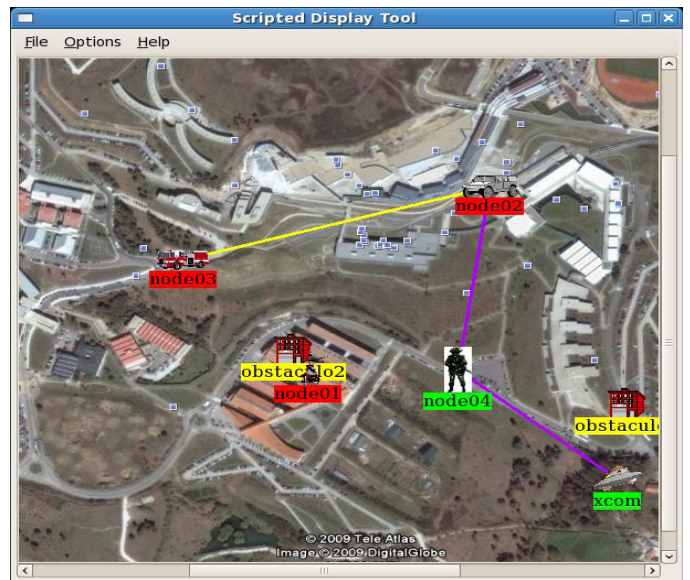


Figure 6. Visualización gráfica de las pruebas realizadas en el laboratorio para un perfil 3D del terreno.

Este tipo de redes puede encontrar su aplicación práctica en situaciones de emergencia, como los incendios forestales, donde resulta necesario desplegar una red de comunicaciones de banda ancha que optimice y asegure la entrega de información al nodo destino.

Para dicha aplicación, cada equipo de contraincendios sería representado por un nodo que registraría su posición mediante un GPS y a continuación la retransmitiría a los restantes nodos, de forma que fuese posible estimar en cada instante la ruta óptima para la radio transmisión de los paquetes de información.

V. VENTAJAS DE LA EXPERIENCIA

La herramienta propuesta permite analizar el retardo, flujos de tráfico y pérdidas de paquetes tanto para la red completa como para un nodo particular. Esta funcionalidad permite analizar, entre otros, las causas que limitan el logro de la calidad de servicio (QoS) para una particular topología de red, escenario, algoritmo de enrutado, etc.

A la vez que un indiscutible valor como herramienta de investigación, de este tipo de experiencias [2], SimuMANET presenta una dimensión educativa notable. Así, desde un punto de vista educativo, las principales ventajas derivadas de esta experiencia pueden resumirse como sigue a continuación:

- Carácter educativo multidisciplinar involucrando parte del currículo académico do alumno.
- Introduce a los alumnos en la metodología de los proyectos de software libre, de creciente importancia en el ámbito tecnológico.
- Recompensa curricular para os alumnos involucrados a través de publicaciones de carácter científico.
- Posibilita el retorno de la experiencia al aula como material docente de probada gran calidad.
- Escalabilidad: el carácter modular ofrece la posibilidad de ampliación de la herramienta completando o definiendo nuevas especificaciones (nuevos modelos de tráfico y movimiento, protocolos de enrutamiento, interfaces radio...).
- Ofrece la posibilidad de completar la herramienta con otras metodologías de aprendizaje basadas en la resolución de problemas, en proyectos o en colaboración.
- Posibilita el acceso a la investigación práctica para el alumnado.

VI. CONCLUSIONES

En la actualidad, la experiencia retornó al laboratorio, aunque no a las asignaturas de origen, en forma de prácticas. Se pretende incorporar novedades que permitan la evolución de la herramienta, así como la incorporación de elementos diferenciadores para cada asignatura que emplee SimuMANET.

Desde el punto de vista de investigación, se pretende incorporar en el modelo de propagación radio, la influencia de tales como la presencia de vegetación. Este tipo de redes puede encontrar un uso práctico en situaciones que requieran un despliegue rápido de red, como las de emergencia (rescate, lucha contraincendios...), donde es preciso desplegar una gran red de comunicación que precise una transmisión segura y garantizada de información entre el nodo fuente y los nodos destino, con independencia de las condiciones del radioenlace y del tráfico de red.

En nuestra herramienta es posible además incorporar nodos móviles reales si se equipan con GPS y se crearán ficheros de

seguimiento o *GPSlogger*. Estos nodos, al igual que cualquier nodo estático o simulado, retransmitirían su posición a los restantes nodos de la red, posibilitando la estimación óptima de la ruta en cualquier instante para una entrega fiable de la información.

Otro aspecto importante a considerar es la forma de evaluar la adquisición del conocimiento. Para ello se hacía esencial conseguir información en las dimensiones cognitivas y afectivas con el fin de evaluar un compromiso clásico: el grado de satisfacción y el aprendizaje cognitivo efectivo. Por esta razón, se ha elaborado un método de evaluación de los resultados de la experiencia. A través de ello hemos identificado ventajas e inconvenientes de la metodología aplicada así como de los puntos fuertes y debilidades de la experiencia desarrollada.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado por el People Program del 7º Programa Marco de la Unión Europea (2008 Marie Curie IOF Action).

Table 1. Patrón de tráfico y parámetros de interfaz radio para el escenario #1

Traffic parameter	Value	Radio parameter	Value
burst interval	random, 10s average	antenna power	225mW
burst duration	exponential, 5s average	antenna height	1.1m
traffictype	periodic	Gain (tx, rx)	0dBi
traffic rate	10 messages per second	Frequency	2.4GHz
message size	10 bytes	System losses	0dB
		Threshold sensitivity	-80dBm
		Link connection margin	6dB
		Air/ground threshold	30m

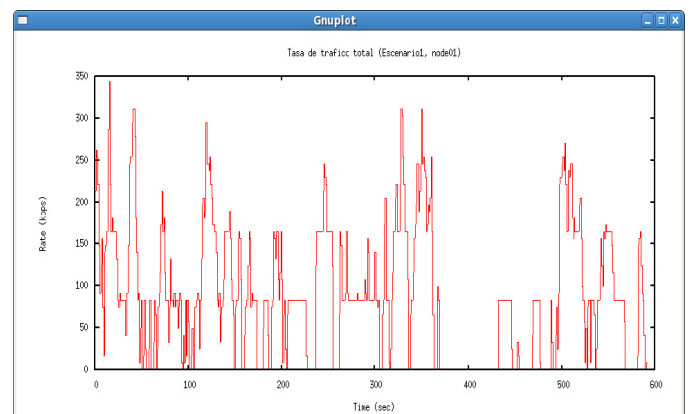


Figure 7. Escenario #1: Node01 total traffic rate.

REFERENCIAS

- [1] A. Vazquez Alejos, P. Gómez Pérez, M. Garcia Sanchez, M. Dawood, Chapter: "SimuMANET: an Open-Source based remote tool in the lab", Book: "Technological Advancements and Applications in Mobile Ad-Hoc Networks: Research Trends", *Ed. IGI Global*, 2012.
- [2] J. Frolik, "A low-cost wireless platform for first-year interdisciplinary projects", *IEEE Trans. on Education*, 49, 1, 2006, pp. 105- 112.
- [3] K. St. Amant, B. Still. *Handbook of Research on Open Source Software: Technological, Economic, and Social Perspectives*. Hershey, USA: IGI Global, 2007.
- [4] J. Feller, B. Fitzgerald. *Understanding Open Source Software Development*. Harlow, England: Pearson Education Limited, 2002.
- [5] T. Hart. *Open Source in Education*. Maine, USA: University of Maine, 2003.
- [6] Online Education Database, 2007. *How the Open Source Movement Has Changed Education*. <http://oedb.org>
- [7] Lego Education Center. Retrieved March 15, 2011, from <http://www.legoeducationcenter.es>.
- [8] D. A. Kolb. *Experiential Learning-Experience as the Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.
- [9] A. Vazquez Alejos, M. Garcia Sanchez, I. Cuiñas, "Innovative experimental approach of learning-through-play theory in electrical engineering", *International Journal of Engineering Education*. – 2011. – no. 27, vol 3, pp. 535–549, 2011.
- [10] A.Vazquez Alejos, M. Garcia Sanchez, J.A. Gay Fernandez, I. Cuiñas, "Platform for teaching of location technologies based on Zigbee Wireless Sensor Networks by learning-through-play theory", *IEEE Education Engineering*, 2010.
- [11] Naval Research Laboratory, <http://cs.itd.nrl.navy.mil/products/>.
- [12] W. Chao, J. P. Macker, J. W. Weston, "NRL Mobile Network Emulator", RL/FR/5523--03-10,054, 2003.
- [13] <http://www.sistemasradio.com>, website of Radio Systems Research Group, University of Vigo (Spain).