

## SIMULACIÓN DE TRÁFICO EN REDES INALÁMBRICAS MEDIANTE NS2.

## WIRELESS NETWORK SIMULATION WITH NS2

## RESUMEN

Este documento contiene una revisión sobre los principales simuladores de red y la importancia de estos para los procesos de investigación y desarrollo de las telecomunicaciones así como de la efectividad de los mismos para recrear de manera suficientemente aproximada los procesos que se realizan en las redes reales ya que con el uso de estas herramientas se están analizando y probando los nuevos protocolos de red, siendo de gran importancia poder contar con resultados confiables generados a partir de procesos de simulación.

ANA MARÍA LÓPEZ ECHEVERRY  
Docente Ingeniería de Sistemas y Computación  
Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Nyquist  
Universidad Tecnológica de Pereira  
anamayi@utp.edu.co

PALABRAS CLAVES: MAC Protocolo Retardo Simulación Trafico

NICOLÁS GARCÍA QUIROZ  
Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad Tecnológica de Pereira  
ngarcia@utp.edu.co

## ABSTRACT

This document contains a review of network simulators and the importance of these processes for research and development of telecommunications as well as the effectiveness of them for faithfully recreate the processes that are performed in real networks, because with the use of these tools are being analyzed and tested the new network protocols being very important to be able to have confidence in the outcome of the results generated from simulation processes.

KEYWORDS: Delay Protocol Traffic Simulation.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad una gran cantidad de investigaciones en redes y protocolos de comunicación son probadas en simuladores de redes como NS-2, GloMoSim, OMNeT++ entre otros, con el fin de obtener una aproximación inicial al comportamiento de las redes y así tomar una decisión sobre su implementación, lo que hace de gran importancia poder 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.

En el presente artículo se presenta una descripción de manera genérica de los tipos de simuladores de red, describiendo algunos de los más usados y presentando de manera detallada el simulador NS2, sobre el cual se realiza la simulación. Luego se plantean ventajas y desventajas del uso de estos y por último se concluye acerca de los resultados obtenidos.

## 2 SIMULADORES DE RED

[1]En los procesos de investigación se requiere evaluar el desempeño de diferentes sistemas con base en características específicas, de acuerdo al estudio individual de la respuesta del sistema a un determinado tratamiento que se le haga. En ocasiones contar con un sistema real para experimentar sobre él, es costoso ó virtualmente imposible por las implicaciones que puede

llegar a tener en los usuarios ó componentes del sistema. Se tiene entonces, que para realizar estudios específicos se utilizan simuladores que permitan diseñar experimentos, en condiciones controladas, garantizando homogeneidad en las respuestas del sistema y por tanto mayor confiabilidad en las conclusiones que arroje un estudio determinado.

La gran diferencia entre la mayoría de simuladores que se pueden encontrar para el análisis de sistemas radica en el método que se utilice para la simulación, los dos tipos más comunes de simuladores 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 usen colas, los cuales son muy comunes en el ambiente de las comunicaciones.

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 como por ejemplo el agua en un reservorio. Adicionalmente, los simuladores

Fecha de Recepción: Enero 26 de 2010

Fecha de Aceptación: Marzo 25 de 2010

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.

De manera particular, las telecomunicaciones son el área de aplicación de la simulación, 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 ahora a presentar de manera genérica, con el propósito de enterar al lector sobre la existencia de estos, algunos de los simuladores de eventos discretos que se utilizan, haciendo mayor énfasis en la herramienta de simulación NS2 por ser la utilizada en este estudio.

### 2.1 OMNET ++

OMNET++ es una plataforma de simulación de redes, escrita en lenguaje de programación C++. Su arquitectura está formada por un modulo de acceso al medio llamado *mac.cc* y se encarga de procesar los paquetes y manejar la cola de paquetes por transmitir.

En comparación con otros simuladores su arquitectura es relativamente sencilla. Todas las simulaciones se componen de objetos C++ llamados *SimpleModule* que tienen métodos virtuales, privados y protegidos.

Sus nodos se componen de una combinación de capas y colas, siguiendo como guía el modelo TCP/IP [2].

### 2.2 GLOMOSIM

GloMoSim es una plataforma de simulación más compleja, está escrito en lenguaje de programación Visual C++, todos sus nodos siguen el modelo de Referencia TCP/IP. Los nodos móviles, poseen un canal inalámbrico modelado con pérdidas de trayectoria y con tipo de propagación.

Este canal esta manejado por una entidad principal llamada GLOMO, que posee una matriz donde todas las interfaces de los nodos están conectadas. Así se crea un canal compartido con un modelo de propagación y de pérdidas de trayectoria [3].

### 2.3 OPNET [11]

El modelador OPNET es capaz de simular una gran variedad de redes, contando con opciones como flujos de mensajes de datos, paquetes perdidos, mensajes de flujo de control, caída de los enlaces, entre otras, brindando a las universidades e ingenieros, una forma efectiva de demostrar el funcionamiento de redes y protocolos.

OPNET permite mediante librerías la simulación de nodos con diversas características y la comunicación de los mismos con diferentes tipos de enlaces.

OPNET es un lenguaje de simulación orientado a las comunicaciones, que permite a los programadores acceso directo al código fuente. Este es un simulador utilizado primordialmente por grandes compañías de telecomunicaciones por sus altos costos de licenciamiento.

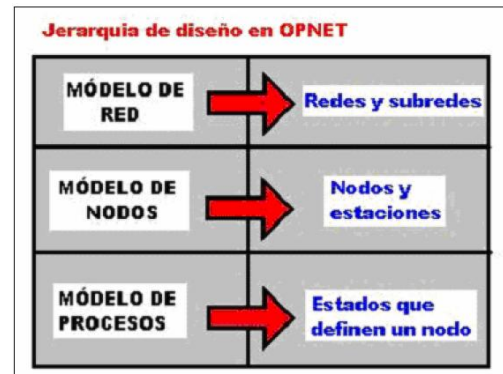


Imagen 1. Jerarquía de Diseño en OPNET [11]

En la imagen 1 se muestra un modelo de red en el que se definen las redes y las subredes de la simulación, se tiene un modelo de nodos en el que se define la estructura interna de los nodos que conforman el esquema de simulación, y por último, se tiene un modelo de procesos donde se establecen los estados por los que atraviesa un nodo.

### 2.4 NCTuns.

NCTUNS es un simulador y emulador de alta fidelidad capaz de simular varios protocolos utilizados en redes IP cableadas e inalámbricas. La tecnología de su núcleo está basada en la novedosa metodología de re-entrada de kernel diseñada por el profesor S.Y Wang en la universidad de Harvard.[12]

NCTUNS es un simulador liviano que no requiere procesos adicionales del sistema operativo para implementar un host ó un enrutador virtual. De manera adicional, todos los programas de aplicaciones de la vida real pueden intercambiar paquetes a través de una red simulada por medio de NCTUNS sin necesidad de modificaciones, re-compilaciones ó procesos de interconexión adicional. Presenta además como característica muy importante que los resultados pueden ser repetibles porque el organizador de procesos de UNIX en el Kernel ha sido modificado para controlar de manera precisa el orden de ejecución de la máquina de simulación NTCTUNS.[13]

### 2.5 NETWORK SIMULATOR 2 (NS2)

NS es un simulador de eventos discretos orientado a la investigación en redes. El cual provee un soporte sustancial en la simulación de enrutamiento TCP y

protocolos multicast sobre redes cableadas e inalámbricas (locales y satelitales).

La estructura interna de NS2 está formada por dos lenguajes de programación: OTcl scripting que sirve como interfaz para el usuario y C++ en el trasfondo.

Otcl se usa para generar el escenario de simulación y todos los aspectos de la misma como nodos, routers, ancho de banda de los enlaces, ubicación de los nodos, tiempos de ejecución y demás aspectos relevantes de la infraestructura de la red.

Cuando se ejecuta la simulación, el código OTcl se vincula con las clases desarrolladas en C++ y así puede ejecutar las funciones descritas en C++.

Los resultados de las simulaciones se muestran tabulados en unos archivos de registro que genera NS2, cada paquete enviado durante la simulación genera una línea en el archivo de registro donde se describen todos los parámetros del paquete como tamaño, tiempo de inicio, tipo, tiempo de vida, nodo de partida, y nodo de llegada.

Según se desee se pueden guardar datos específicos de cada nodo o de toda la red al mismo tiempo, de igual manera NS2 tiene la función de generar un archivo de registro especial que es interpretado por NAM (NETWORK ANIMATOR), el cual permite de una manera básica visualizar el funcionamiento de la red que se a simulado previamente[4].

Uno de los aspectos más importantes de NS2 es la manera como fue diseñada su arquitectura interna la cual está formada por una amplia estructura de clases que dan gran potencia a la aplicación, adicionalmente estas son abiertas al público permitiendo que los usuarios modifiquen el comportamiento del simulador sobrescribiendo los métodos que consideren necesarios para realizar sus investigaciones, algunos ejemplos de estas clases son:

Virtual Void: Es una súper clase que tiene métodos de comunicación con otros módulos y la cola de eventos.

Event: En esta clase se encuentra implementado el control de los eventos que se están ejecutando en el momento, el siguiente y la lista de eventos que se encuentran pendientes por ejecutar.

MAC: esta clase se encarga de las labores del acceso al medio del nodo móvil, Y los diferentes protocolos del estándar MAC[5].

Por último cabe decir que este simulador es el más usado con cerca de un 44% de utilización en las investigaciones de redes que involucran simulación de procesos.

## 6. SIMULACIONES

Para realizar cualquier tipo de simulación hay ciertos parámetros que se deben configurar para obtener un buen resultado, por ejemplo los parámetros de la topología como el tamaño de la de la grilla el número de nodos presentes la ubicación espacial de los mismo deben poderse especificar de tal manera que sean similares a la topología real que se quiere representar.

El tráfico que se va a simular debe ser acorde con el que va a experimentar la red física de tal manera que la cantidad paquetes, el retardo, y el tiempo de conmutación de los mismos sean similares a los generados por los dispositivos presentes en una red real.

EL modelo de propagación debe ser acorde al del escenario real pues no tiene sentido realizar una simulación al interior de un edificio si el simulador no soporta un modelo de propagación que pueda representar este tipo de escenario

Los nodos se deben ubicar al interior del escenario y el tipo debe ser similar al que se va a usar en la prueba real, es decir que las características como ancho de banda, retardo en la generación de paquetes deben ser configuradas de tal manera que se asemejen a las características de los equipos reales. [6]

En la actualidad al interior de la Universidad Tecnológica de Pereira se están realizando una serie de investigaciones haciendo uso de simuladores como NS2 para el diseño de protocolos red, análisis de tráfico, pruebas de desempeño entre otras.

Una de las investigaciones que se están llevado a cabo actualmente busca determinar teóricamente si el uso de los estándares 802.11b y 802.11g es viable para la implementación de una plataforma educativa que funcione usando video y audio streaming como su herramienta principal además de funciones como transferencia de archivos, chat, presentación de diapositivas entre otras, para este proyecto se planea usar las redes Ethernet como un punto de referencia para determinar la eficacia de las transmisiones.

Para esta investigación fue necesario dividir el proceso de simulación en varios pasos, el primero consistió en un análisis del tráfico generado por la transmisión de audio y video streaming para poder determinar la manera en que este se comportaba, posteriormente gracias a la gran versatilidad del simulador se diseñó un generador de tráfico que replicara las condiciones halladas en el análisis previo, por último se diseñaron una topología de red por cada estándar a estudiar, se les aplicó el generador de tráfico diseñado previamente.

Después de analizar los resultados arrojados por las simulaciones se pudo determinar que la cantidad de ancho de banda requerida para transferir audio y video

streaming era inferior a la que poseen las redes inalámbricas disponibles en la actualidad, por lo cual es viable la realización del proyecto, sin embargo también se encontró que a pesar de que las redes poseen la suficiente capacidad para realizar las transmisiones en situaciones de estrés son los dispositivos intermedios los que eventualmente podrían presentar algún fallo.

La figura 2 muestra la infraestructura de la red que está formada por un servidor conectado un Router por medio de un enlace de 1000Mbps y 35 equipos con conexión inalámbrica con base en la norma 802.11g (54 Mbps

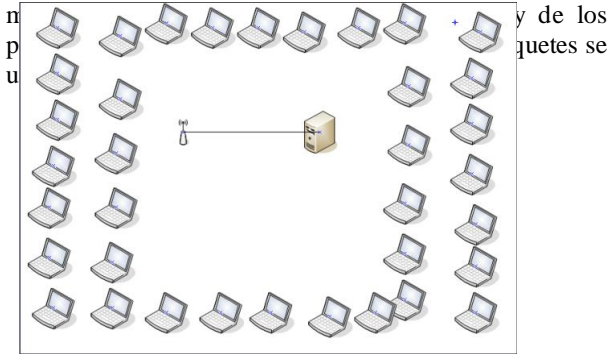


Imagen 2. Topología de Red Inalámbrica.

Los paquetes fueron generados con base en un distribución exponencial y teniendo en cuenta un tamaño y probabilidad de ocurrencia según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Tipos de Datos\* aproximado

TAMAÑO	PROBABILIDAD OCURRENCIA	DE
64-90	48.485%	
91-480	44.933%	
481-1514	6.582%	

Todas las simulaciones se realizaron con la misma duración iniciando la transmisión de datos a los 0.001s segundos y finalizando todo tipo de procesos de transmisión a los 3600s, en cada uno de los servidores se asignó un agente de transmisión de tráfico por cada nodo cliente vinculado a la red con las sentencias que se muestran continuación.

```
set udp1 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp1
set sink1 [new Agent/Null]
#se asigna el comportamiento a un nodo específico
$ns attach-agent $n(2) $sink1
#se conectan directamente la fuente con su destino
$ns connect $udp1 $sink1
```

Para cada uno de los clientes creó un agente transmisor por ejemplo “udp1” el cual se vincula mediante la función “\$ns attach-agent \$n(0) \$udp1” al servidor, de igual manera se crea un agente receptor “sink1” que se vincula del mismo modo al nodo receptor y cumple la

función de recibir los datos sino también de guardar todos los datos de cada paquete que se recibe para su análisis, por último se crea un vínculo entre ambos agentes que le indica al simulador cual es el destino de todo el tráfico proveniente de cada uno de los agentes transmisores.

```
#Open the Trace files
set file1 [open salida_sim1.tr w]
$ns trace-all $file1
```

```
#Open the NAM trace file
set file2 [open out_sim1.nam w]
#$ns namtrace-all $file2
```

Para cada una de las simulaciones se generan dos archivos de rastreo donde se albergan todos los datos producidos durante el tiempo de simulación como son: paquetes creados, recibidos, perdidos, los comportamientos de la cola en cada uno de los nodos y un archivo especial que contiene los datos en el formato que requiere NAM para su visualización en forma de animación.

Tabla 2. Paquetes por intervalo Red Inalámbrica

Intervalo	Paquetes
1	2121753
2	2611
3	1644
4	915
5	556
6	355
7	204
8	121
9	83
10	47
11	43
12	16
13	8
14	9
15	2
16	0
17	2
18	1
19	0
20	1

Los datos obtenidos del simulador, según se observa en la tabla 2, se procesaron para obtener los tiempos de llegada de los paquetes durante la simulación, agrupándolos por intervalos de tiempo y así poder corroborar que cumplieran con la distribución exponencial descrita por los datos reales además de la cantidad de paquetes creados y

perdidos durante la simulación, este proceso se realizó para la red planteada, obteniendo la gráfica que se presenta en la Imagen 3.

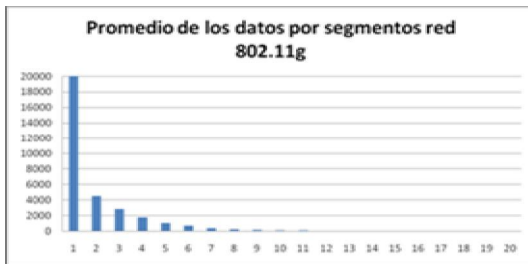


Imagen 3. Datos Por Intervalos (802.11g).

### 7. VARIABLES A ANALIZAR PARA DETERMINAR DESEMPEÑO.

Uno de los principales objetivos a lograr mediante las simulaciones, es obtener una representación lo más fiel posible al comportamiento de una red física, dicho nivel de fidelidad se puede medir al hacer un análisis de variables tales como similitud de las topologías, latencia en los paquetes y tasas de entrega de paquetes.

En una topología es importante evaluar los protocolos que se están usando, de manera especial el número de saltos entre dos estaciones determinadas ya que es un factor determinante en la latencia y la pérdida de paquetes. Es demasiado complejo lograr una simulación idéntica de la topología con respecto a la real, en ocasiones por la pérdida de conexiones entre nodos debido a las limitaciones de los modelos de propagación, que no consideran los efectos de algunos obstáculos físicos en el caso de las simulaciones de redes inalámbricas, para esto se asume un exponente que afecta de igual manera a cada conexión entre nodos y finalmente se obtienen representaciones muy óptimas [7].

Las comparaciones de latencias en las redes se realizan mediante variaciones en el número de saltos en estas, en las simulaciones las latencias presentadas tienden siempre a mostrar menores valores con respecto a las latencias reales debido a las inconsistencias que se presentan al modelar la velocidad de transmisión de una red real y a la pérdida de tiempo adicional en la ejecución del ambiente en el modelamiento.

Los errores relativos en la latencia para los diferentes modelos de red son calculados dividiendo la diferencia promedio de latencia por la latencia promedio de una red real, entre menor sea el número de saltos existentes en la red habrá una mayor consistencia entre los resultados simulados y los reales.[8]

La medición de la tasa de entregas de paquetes de un servidor a un cliente a través de los diferentes tipos de redes con variaciones de hops (saltos), hace parte de otra métrica que nos permite saber la confiabilidad entre las

redes simuladas y las reales, los resultados de las investigaciones muestran que las simulaciones en la plataforma NS2 representan tasas de entregas de paquetes en la realidad con un rango de error entre [ 0.3 . . . 1%], al trabajar con otros simuladores los trabajos realizados muestran errores en la tasa de entrega de paquetes en un rango de [ 12 . . . 4%] principalmente en la modelación de redes móviles con modelos de propagación variantes.[9]

### 8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SIMULADORES DE REDES

#### VENTAJAS

- Son fácilmente reproducibles y comparables con el mundo real.
- Están libres de todo tipo de factores incontrolables que puedan afectar la simulación
- Bajos costos de experimentación en el caso de simuladores de licencia libre.
- Permite cambiar diferentes variables en la red con gran facilidad
- Permite la simulación y estudio de redes de grandes tamaños y gran complejidad

#### DESVENTAJAS

- En algunas ocasiones el hecho de no tener factores externos como tráfico y errores de transmisión que deben ser agregados de manera independiente se traduce en que los resultados de las simulaciones pueden alejarse mucho de los reales.
- Otra desventaja es que cuando se desea simular una topología con muchos nodos y durante un largo tiempo esto puede agotar los recursos del sistema donde se simula.

### 9. CONCLUSIONES

- Los simuladores en la actualidad están en la capacidad de llegar a imitar con gran precisión los escenarios reales con un margen de error aceptable si se tiene en cuenta que algunas de las discrepancias se deben a causas externas a las redes y son más eventos aleatorios que no se consideran de importancia en cualquier estudio de tráfico.
- Es también de gran importancia tener en cuenta que para lograr una simulación con un alto grado de precisión lo que se debe hacer es calibrar con precisión el modelo de propagación, la frecuencia de la entrega de paquetes, la conectividad y los nodos de la topología.
- Otro hecho que se puede deducir de lo encontrado dentro de la revisión es que a pesar de que el

porcentaje de pérdida de paquetes que se observa en una simulación es inferior al que se produce en una red real se debe tener en cuenta que en una simulación real hay factores que no pueden ser modelados como son el ruido, temperatura, humedad, viento y demás factores que puedan alterar el medio en las redes inalámbricas, por tal razón es importante tener un grado de tolerancia con los resultados arrojados por las simulaciones pues en una comparación directa con los resultados arrojados por una red real pueden presentar diferencias.

- La utilización de simuladores como lo es NS2 aumenta la capacidad investigativa teórica de grupos de investigaciones interesados en el estudio de redes, tráfico y protocolos de enrutamiento como áreas para la expansión del conocimiento.
- Es importante recalcar el papel que cumplen las simulaciones como un medio para abordar de manera más segura proyectos donde se requieren implementaciones muy grandes y costosas donde no se puede correr el riesgo de realizar una inversión en una infraestructura sin algún tipo de certeza de que esta puede cumplir con los requerimientos necesarios. Adicionalmente permite ahorrar tiempo pues brinda la posibilidad de predecir las posibles respuestas de aplicaciones o servicios al ser utilizados en una red determinada.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Patrick Seeling, Frank H.P. Fitzek, Martin Reisslein Video Traces for Network Performance Evaluation and Their Utilization in Network Research. Editorial Springer. Pagina 232.
- [2] Mobile Systems Laboratory "GloMosim" [en línea]. Mobile Systems Laboratory - University of California, Los Angeles, 2008 [fecha de consulta: 10 de Mayo del 2009]. Disponible en <<http://pcl.cs.ucla.edu/projects/gloMosim/>>.
- [3] THE UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA'S INFORMATION SCIENCES INSTITUTE, THE NETWORK SIMULATOR NS-2 [en línea]. [fecha de consulta: 09 de junio del 2008]. Disponible en <<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>>
- [4] Networks and Performance Analysis, NS2.26SourcesOriginal Class Hierarchy. [En línea], Apr 20 2004 [fecha de consulta: 9 de mayo del 2008] disponible en <<http://www.linux.com/feature/55614>>
- [5] Nauman Afzal, NS-2 NETWORK SIMULATOR: FREE, YES; FRIENDLY, NO. [en línea], July 18, 2006 [fecha de consulta: 09 de mayo del 2008] disponible en <<http://www.linux.com/feature/55614>>
- [6] Gilberto Flores Lucio, Marcos Paredes Farrera, Emmanuel Jammeh, Martin Fleury, Martin J. Reed, Mohammed Ghanbari. Análisis a Nivel-Paquete de Simuladores de Red Contemporáneos [en línea] [fecha de consulta: 08 de mayo 2009] disponible en <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9907/4472117/04472127.pdf?isnumber=4472117&prod=JNL&arnumber=4472127&arSt=299&ared=307&arAuthor=Lucio%2C+Gilberto+Flores%3B+Farrera%2C+Marcos+Paredes%3B+Jammeh%2C+Emmanuel%3B+Fleury%2C+Martin%3B+Reed%2C+Martin+J.%3B+Ghanbari%2C+Mohammed>>
- [7] Svilen Ivanov; André Herms; y Georg Lukas Experimental Validation of the ns-2 Wireless Model using Simulation, Emulation, and Real Network [en línea] [fecha de consulta: 02 de mayo del 2009] disponible en <<http://ivs.cs.uni-magdeburg.de/EuK/forschung/publikationen/pdf/2007/wman07magdeburg.pdf>>
- [8]. S. Kurkowski, T. Camp, and M. Colagrosso, "Manet simulation studies: the incredibles," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 9, no. 4, pp. 50–61, 2005
- [9] Furqan Haq and Thomas Kunz Simulation vs. Emulation: Evaluating Mobile Ad Hoc Network Routing Protocols [en línea] [fecha de consulta: 08 de mayo del 2009] disponible en <<http://www.ctr.kcl.ac.uk/IWWAN2005/papers/56.pdf>>
- [10] David Kotz, Calvin Newport, Robert S. Gray, Jason Liu, Yougu Yuan, and Chip Elliott Experimental evaluation of wireless simulation assumptions fecha de consulta: 09 de mayo del 2009] disponible en <<http://www.cs.dartmouth.edu/reports/TR2004-507.pdf>>
- [11] Departamento de Ingeniería Telemática. Manual de Usuario OPNET. Universidad Politécnica de Cataluña. Septiembre de 2004
- [12] NCTUNs 6.0 Network Emulator and simulator. Introduction. <http://nsl.csie.nctu.edu.tw/nctuns.html>. Enero 2010.
- [13] S.Y. Wang \*, C.L. Chou, C.C. Lin. The design and implementation of the NCTUns network simulation engine. Septiembre 2006. Disponible en Science Direct.
- [14] Estudio de modelos de movimiento en interiores para aplicación en entornos WLAN. Trabajo Final de Carrera. Universidad de Cataluña, Alfonso Roldán Bravo. Diciembre 2007.