

Evaluación Del Desempeño De La Herramienta ns-3 En Ambientes Inalámbricos Bajo El Estándar IEEE 802.11

Moreno Cadena Ricardo Javier, Ing. Lara Román, Ing. Olmedo Gonzalo

*Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército
Sangolquí, Ecuador*

ricardojmc2@hotmail.com

Resumen: En el presente documento se realiza una explicación sobre el estándar IEEE 802.11, el cual será utilizado para la aplicación sobre las diferentes topologías presentadas. Se menciona también una comparación respecto a un simulador similar al utilizado, Network Simulator ns-2, esta comparación permitirá tomar parámetros específicos para analizar el desempeño del simulador propuesto, ns-3, para su estudio bajo ambientes inalámbricos mediante la realización de simulaciones en varios ambientes de simulación. Por último se realizará un análisis de los principales parámetros de desempeño de la herramienta ns-3, lo cual permitirá obtener un amplio análisis que llevará a obtener las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de realizar el presente proyecto de investigación.

I. INTRODUCCIÓN

El Network Simulator ns-3 es un simulador nuevo, que maneja ciertas similitudes a su antecesor, el ns-2, sin sustituirlo, ambos manejan aplicaciones similares trabajando con los protocolos de comunicación más utilizados a nivel de redes inalámbricas y cableadas además son de distribución masiva al ser totalmente gratuitos, no son compatibles entre ellos y su método de programación es distinta, el ns-3 maneja una programación basada en C++ y también se lo puede hacer utilizando lenguaje Python [1], a diferencia

del ns-2 que maneja una programación propia para ficheros tipo OTcl.

II. ANTECEDENTES

Network Simulator en su versión 2 permite realizar simulaciones de varios tipos de redes, cableadas, inalámbricas, satelitales, etc., pero debido a su tipo de programación y el desarrollo de nuevos simuladores su utilización se ha reducido considerablemente especialmente en el área de la investigación y desarrollo de nuevos módulos para redes mencionadas anteriormente. El simulador ns-3 pretende ampliar su estudio en estas áreas para mejorar implementaciones reales en base a la simulación más cercana a resultados reales.

OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto es evaluar el desempeño de la herramienta de simulación ns-3 en ambientes inalámbricos bajo el estándar IEEE 802.11, tomando en cuenta estudios previos de los estándares para elegir el ideal durante la realización del proyecto, con el fin de conocer su funcionamiento y comportamiento durante la implementación de las redes utilizando el simulador.

III. EL SIMULADOR NS-3

La principal diferencia que el usuario familiarizado con el software de simulación ns-2

encuentra durante el paso de éste al ns-3 es la forma de escoger el lenguaje de programación en base a *scripts*. En ns-2 todo código se lo realiza mediante un script en formato OTcl y los resultados que arrojan estas simulaciones pueden ser visualizadas utilizando herramientas gráficas incluidas en el simulador ns-2 como es el *Network Animator*, o también conocido como *nam*. El simulador ns-3, está escrito en su mayor parte en lenguaje C++, adicionalmente el lenguaje *Python* también es un aporte para el desarrollo de este simulador. En el ns-3 actualmente se generan archivos de tipo .pcap, los cuales pueden ser leídos o interpretados por varios programas de captura de paquetes, entre los más usados podemos destacar al programa Wireshark.

ANÁLISIS			
AUXILIAR			
ENRUTAMIENTO	INTERNET	DISPOSITIVO	APP
NODO		MOVILIDAD	
GENERAL	SIMULACIÓN		
NÚCLEO			

Figura 1. Organización del Software ns-3

En la Figura 1 se representa la organización que posee el simulador *ns-3* y el funcionamiento de cada módulo que comprende el simulador. En primer lugar, el núcleo de simulación se lleva a cabo en el directorio *src/core* y la base se utiliza para construir el motor de simulación *src/simulator*. Estos tres módulos de simulación por sí mismos están destinados a formar un núcleo genérico de simulación que puede ser utilizado por diferentes tipos de redes, no basados en Internet.

En el tercer nivel se encuentran los más importantes a nivel de topología de red que son los módulos de Nodo y Movilidad. Los primeros serán contenidos en *DevicesContainers*, los cuales serán los responsables de guardar todos los datos configurados en los nodos o dispositivos inalámbricos que forman parte de la red, así mismo para el control de Movilidad de los mismos se manejan módulos específicos que catalogan a los nodos como fijos o móviles dentro de la red.

Dos tipos de Dispositivos de Redes especiales están diseñados para apoyar a la configuración de la red diferentes etapas de la simulación. Estos trabajan conjuntamente con los modelos asociados a Internet,

incluida la API de sockets utilizados por las aplicaciones de Internet.

Finalmente se tienen los auxiliares y el análisis, que contienen comandos fundamentales para que el Núcleo pueda desarrollar las aplicaciones configuradas en los niveles superiores.

ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11

La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). Wi-Fi (Fidelidad inalámbrica)

ESTRUCTURA DE LAS TOPOLOGÍAS IEEE 802.11

Las topologías de red que definen el estándar IEEE 802.11 para una red inalámbrica son las siguientes:

- Ad-hoc
- De Infraestructura

Red Ad hoc

Es una red compuesta de estaciones que se comunican mutuamente mientras se encuentren dentro de su rango de cobertura, sin la necesidad de un punto de acceso. En la Figura 2 se establece una topología típica durante el funcionamiento de la red de este tipo.

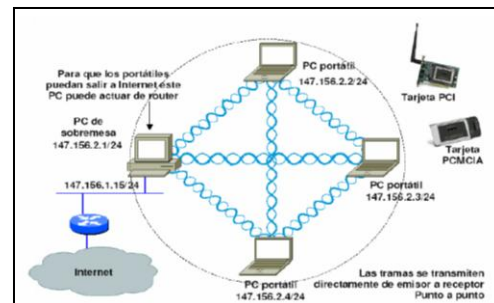


Figura 2. Estructura y Funcionamiento de una Red Ad hoc

Red de Infraestructura

Es una red que necesita de un punto de acceso para que todas las estaciones de la red se puedan comunicar. Para la comunicación entre dos estaciones, el punto de acceso recibe los datos de la estación transmisora y los envía a la estación de destino.

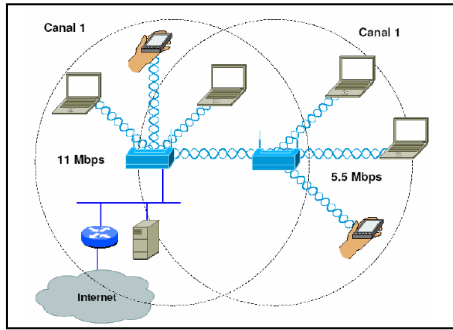


Figura 3. Estructura de una Red tipo Infraestructura

En la Figura 3 se describe este tipo de configuración que es la más implementada en la actualidad, las WLAN se utilizan como una extensión a la infraestructura de red LAN que cuenta con la organización donde se instala la red.

IV. MÉTODOS Y APLICACIONES

Con la utilización de un simulador de redes que maneja modelos físicos de propagación, una amplia gama de tipos de enrutamiento de datos, protocolos de comunicaciones, animación de eventos y simulaciones, etc., es indispensable una herramienta de tales características y capacidades para poder realizar diseños de redes inalámbricas que se acercan a la realidad.

TIPOS DE ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Simulación Tipo Infraestructura.

En la Tabla 1 y la Figura 4 se indican tanto los valores configurados para los elementos que forman parte de la topología como la red implementada respectivamente.

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Número de Nodos Fijos	5
Tecnología de la Capa Física	DSSS a 11 Mbps
Tasa de Transmisión	8 Mbps
Intensidad de Recepción de	-60 dBm

Señal	
Tamaño de Paquetes Enviados	64000 B
Estándar Inalámbrico	IEEE 802.11b
Frecuencia de Transmisión	2.4 GHz
Modelo de Propagación	<i>FixedRssLossModel</i>
Distancia Promedio hacia el AP	30 m
Tráfico Generado	UDP
Tiempo de Simulación	120 seg.

Tabla 1. Características Principales del Escenario Tipo Infraestructura.

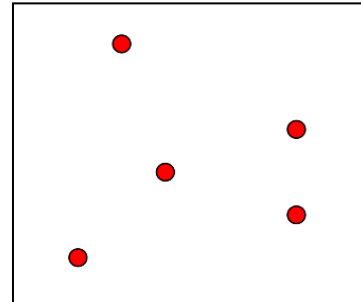


Figura 4. Topología de la Red tipo Infraestructura

Simulación Tipo Ad hoc

En la Tabla 2 y la Figura 5 se indican tanto los valores configurados para los elementos que forman parte de la topología como la red implementada respectivamente.

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Número de Nodos Móviles	3
Tecnología de la Capa Física	DSSS a 11 Mbps
Tasa de Transmisión	8 Mbps
Tamaño de Paquetes Enviados	5000 B
Estándar Inalámbrico	IEEE 802.11b
Frecuencia de Transmisión	2.4 GHz
Modelo de Propagación	<i>FriisPropagationLossModel</i>
Distancia Promedio entre nodos	10 m
Tráfico Generado	UDP
Tiempo de Simulación	120 seg.

Tabla 2. Características Principales del Escenario Tipo Ad hoc

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

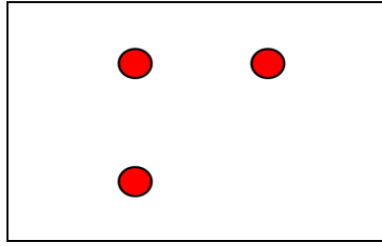


Figura 5. Topología de la Red tipo Ad hoc

Simulación Tipo Fijo Móvil

En la Tabla 3 y la Figura 6 se indican tanto los valores configurados para los elementos que forman parte de la topología como la red implementada respectivamente.

CARACTERÍSTICAS		VALORES	
Número de Nodos Fijos		1	
Número de Nodos Móviles		1	
Tecnología de la Capa Física		DSSS a 11 Mbps	
Tasa de Transmisión		8 Mbps	
Tamaño de Paquetes Enviados		2250 B	
Estándar Inalámbrico		IEEE 802.11b	
Frecuencia de Transmisión		2.4 GHz	
Modelo de Propagación		<i>LogDistancePropagationLoss Model</i>	
Velocidad de Nodo Móvil	Velocidad 1	1 m/s	3.6 km/h
	Velocidad 2	2.5 m/s	9 km/h
	Velocidad 3	5 m/s	18 km/h
Tráfico Generado		UDP	
Tiempo de Simulación		150 seg.	

Tabla 3. Características Principales del Escenario Tipo Fijo – Móvil

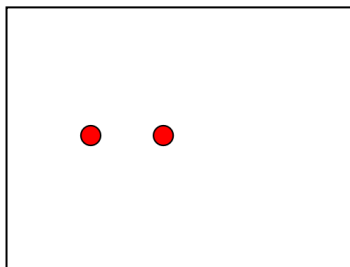


Figura 6. Topología de la Red tipo Fijo – Móvil

Los resultados de las simulaciones se obtienen ejecutando cada script, vía Terminal, esto provoca que se visualicen datos expresados en Mbps y que la aplicación gráfica Pyviz se ejecute. Finalmente desde el código del script se generan los archivos de captura .pcap que contienen una traza entera de cada ejecución. Los valores son generados en un archivo de extensión .xml y éstos son utilizados por la herramienta gnuplot permitiendo graficar los resultados tanto del Rendimiento de la Red (Throughput) como del Delay.

ANÁLISIS DEL THROUGHPUT

Escenario Tipo Infraestructura.

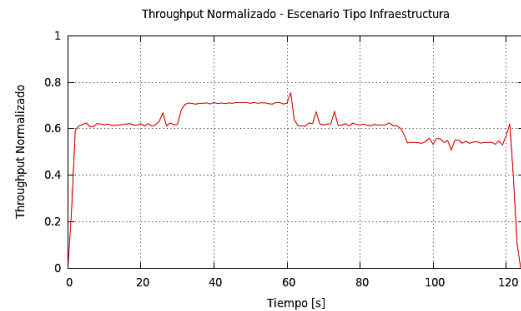


Figura 7. Throughput normalizado de la Red Tipo Infraestructura

En la Figura 7 se observa el comportamiento del rendimiento de la red durante el tiempo total de simulación. El canal configurado a 11 Mbps y la tasa de transmisión del nodo AP a 8 Mbps, permite obtener los resultados representados en la Figura 8 alcanzando una eficiencia del 61.6%

RESULTADOS DEL THROUGHPUT DE LA RED	
Calculado	Medido
6.896 Mbps	6.776 Mbps

Tabla 4. Resultados para el escenario Tipo Infraestructura

Escenario Tipo Ad-hoc.

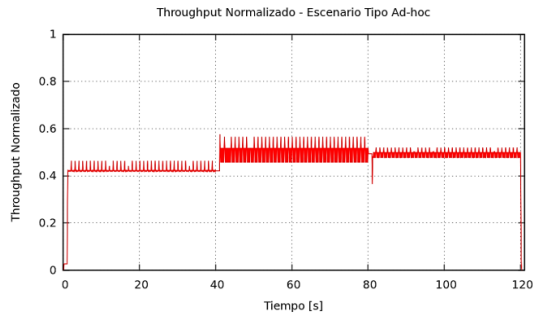


Figura 8. *Throughput* normalizado de la Red Tipo Ad-hoc

En la Figura 8 el comportamiento del rendimiento de la red presenta variaciones a lo largo del tiempo total de simulación, esto se debe principalmente al tipo de escenario que hemos planteado. Los valores presentados representan un 47% de eficiencia de la red, un valor inferior al analizado previamente en el escenario Tipo Infraestructura.

RESULTADOS DEL <i>THROUGHPUT</i> DE LA RED	
Calculado	Medido
5.220 Mbps	5.105 Mbps

Tabla 5. Resultados para el escenario Tipo Ad-hoc

Escenario Tipo Fijo – Móvil.

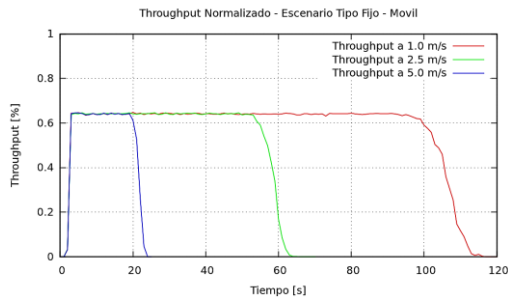


Figura 9. *Throughput* normalizado de la Red Tipo Fijo - Móvil

En la Figura 9 se puede observar que el *throughput* para las tres simulaciones a las tres velocidades distintas se mantiene, es decir, los valores pico del *throughput* se mantienen constantes sin importar la variación de velocidad. Este valor del *throughput* total medio desde que inicia la simulación hasta que éste termina es de aproximadamente 6.414 Mbps, lo que representa un 60.45% de efectividad de la red, este es un valor de *throughput* efectivo, es decir, son valores de transmisión media cuando existe envío y recepción de datos sin problemas de conexión.

RESULTADOS DEL <i>THROUGHPUT</i> DE LA RED		
Velocidad	<i>Throughput</i> Calculado	<i>Throughput</i> Medido
1 m/s	7.1828 Mbps	6.7722 Mbps
2.5 m/s	7.0257 Mbps	6.7088 Mbps
5 m/s	7.0266 Mbps	6.4697 Mbps

Tabla 6. Resultados para el escenario Tipo Fijo - Móvil

COMPARATIVA DE RESULTADOS

Escenario Tipo Ad-hoc en *ns-2*



Figura 10. Topología Red Ad-hoc en *ns-2*

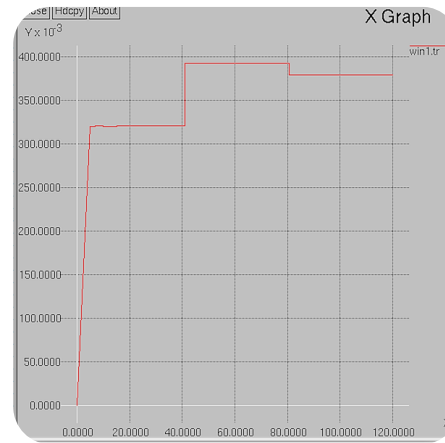


Figura 11. *Throughput* de la Red Tipo Ad-hoc en *ns-2*

RESULTADOS DEL <i>THROUGHPUT</i> DE LA RED	
Calculado	Medido
5.220 Mbps	4.980 Mbps

Tabla 7. Resultados para el escenario Tipo Ad-hoc

En la Figura 10, se plantea la topología tipo Ad-hoc, utilizando el simulador *ns-2*, mientras tanto en la Figura 11 se verifica el *Throughput* de la Red obtenido durante la simulación realizada con *Network Simulator ns-2*. Después de analizar los resultados

obtenidos y tabulados en la Tabla 7 se puede obtener los siguientes resultados representados en la Figura 12 en la cual se verifica un mayor desempeño de la herramienta *ns-3* al realizar las simulaciones con las diferentes topologías.

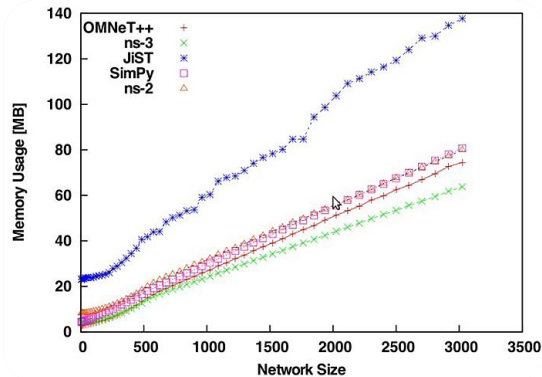


Figura 12. Desempeño de las herramientas *ns-2* y *ns-3* respecto a la utilización de Memoria durante la simulación.

VI. CONCLUSIONES

- La evaluación del desempeño de la herramienta de simulación *ns-3*, bajo ambientes inalámbricos, específicamente el estudio realizado con el estándar IEEE 802.11 ha demostrado la potencialidad de este software sobre otras herramientas, entre ellas el Network Simulator *ns-2*, en el cual el desempeño tanto a nivel de simulación, resultados y funcionamiento es superior al obtenido con otros sistemas de simulación.
- El simulador *ns-2* es una herramienta potente, con muchos módulos disponibles (aunque no todos actualizados), pero compleja e incómoda de usar, además de arrastrar decisiones de diseño que con el tiempo se revelaron. Aunque sobre el papel es posible encontrar módulos para todos y cada uno de los escenarios que se necesitan, no es posible simular en un mismo escenario todas ellas, en cuanto a *ns-3*, cumple la necesaria e importante tarea de recoger la experiencia de *ns-2* y desarrollarla logrando implementaciones a gran escala llegando a ser un simulador con un buen diseño desde su origen, muy potente y flexible.
- La implementación de estándares con alta disponibilidad como lo son WiFi, WiMax, GSM, GPRS, modelos de movilidad y protocolos de enrutamiento (OLSR, AODV, EIGRP, OSPF, etc.) hacen de *ns-3* un simulador muy adecuado

para simular redes de manera eficiente y precisa, obteniendo resultados muy cercanos a la realidad con un margen de error bastante aceptable en el orden de las unidades, lo cual representa valores que pueden ser aceptados para una posterior implementación.

- El análisis de cada escenario de simulación ha permitido obtener resultados superiores a los que se puede obtener con otro simulador, interpretando resultados mediante la utilización de programas externos como Wireshark y Pyviz. Con el programa Wireshark se logró cargar archivos de captura generados durante las simulaciones presentadas, lo cual permitió interpretar resultados de acuerdo a los valores presentados en el archivo de captura. El análisis con estos datos son de gran importancia al momento de analizar el comportamiento de la red antes, durante y después de la simulación obteniendo un amplio estudio de análisis y recopilación de datos.
- Se han generado resultados para los tres tipos de simulaciones realizadas. Tipo Infraestructura, Tipo Ad-hoc y Tipo Fijo – Móvil, siendo ésta última la más utilizada en el mundo actual ya que los nuevos dispositivos inalámbricos poseen una alta movilidad y requieren de alta disponibilidad y conectividad durante la mayor cantidad de tiempo (aproximadamente 98% de conectividad). Con el tercer escenario se obtienen resultados bastante satisfactorios, ya que aquí se incluyen parámetros importantes dentro de la movilidad como son distancia y velocidad de los dispositivos móviles.

BIOGRAFÍA



Ricardo Javier Moreno Cadena, nació en Quito, Ecuador, el 12 de junio de 1986. Obtuvo el Título de Bachiller en Especialización Físico – Matemáticas en el Colegio San Gabriel. Sus estudios universitarios los realizó en la Escuela Politécnica del Ejército, en el Departamento de Eléctrica y Electrónica en la especialidad de Telecomunicaciones.