

SIMULACIÓN DE PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO PARA REDES MÓVILES MEDIANTE UN LABORATORIO VIRTUAL EN NS-3

Ing. Guillermina Torreblanca Ferrer¹, Dr. Eduardo de la Cruz Gámez²,
MTI. Jorge Carraanza Gómez³ y Dr. Félix Fernando Álvarez Paliza⁴

Resumen— El uso de los simuladores tiene especial interés en entornos educativos, donde los alumnos pueden emplearlos para reforzar los conocimientos ya adquiridos teóricamente, con un bajo costo y una considerable flexibilidad. En este trabajo se propone diseñar, desarrollar y evaluar un entorno de simulación distribuido de redes TCP/IP que haga uso de la nube computacional para la ejecución distribuida de las simulaciones basadas en el simulador NS-3; Este simulador es uno de los programas más utilizados en la actualidad para la simulación de redes de diversos tipos, desde las redes ad-hoc hasta redes móviles.

Palabras clave— Protocolos de enrutamiento, tecnologías móviles, métricas, NS-3

Introducción

Las redes MANET (Movil Ad-Hoc Network) son un conjunto de dispositivos conectados mediante la tecnología Wireless, las cuales poseen cierta movilidad independiente y la facilidad de desplazarse en cualquier dirección sin la necesidad de infraestructuras preexistentes. En la actualidad estas redes se enfocan en el avance tecnológico y desarrollo de las comunicaciones vehiculares, sensores de redes aplicaciones militares, entornos civiles, situaciones de emergencia, operaciones de rescate y búsqueda.

El propósito de las redes móviles Ad-Hoc es el de apoyar operaciones robustas y eficientes incorporando un enrutamiento funcional en los nodos móviles. Estas redes inalámbricas minimizan el uso de puntos de acceso, infraestructura cableada, y costos de mantenimiento, puesto que cada dispositivo genera simultáneamente comunicación con router y nodo final.

Para analizar una red Ad-Hoc se han creado diversos algoritmos de enrutamiento mediante el cual, se pueda generar diversos tipos de dinamismo en los nodos de una red. Los protocolos de enrutamiento cuyo objetivo es encontrar el mejor camino entre la fuente y el destino en una comunicación han sido ampliamente utilizados en las MANETs. Las funciones principales que realiza un protocolo de este tipo consiste en el descubrimiento de rutas de encadenamiento, la selección de la ruta óptima y la actualización del estado de la misma.

Descripción del Método

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

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. gamezeduardo@yahoo.com.

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

⁴ Dr. Félix Álvarez Paliza es Profesor en la UCLV Marta Abreu en Cuba. fapaliza@uclv.edu.cu.

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.

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.

NS-2 (Network Simulator 2)

NS-2 o Network Simulator-2 es un simulador de tiempo discreto cuya elaboración se inició en 1989 con el desarrollo de REAL Network Simulator. Probablemente una de las principales razones que explican su éxito es el hecho de que la distribución posee licencia GPL, condición que impulsa el desarrollo libre del mismo. Inicialmente, NS-2 fue ideado para redes fijas, sin embargo, el grupo Monarch de CMU desarrolló una ampliación para el análisis de redes inalámbricas donde se incluyen las principales propuestas de redes ad hoc así como de redes WLAN (Wireless Local Area Networks). (Quintero, 2013)

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. A diferencia de su predecesor, NS-3 está desarrollado exclusivamente en C++, aunque permite el interfaz con lenguajes de alto nivel (por ahora sólo Python). Los antiguos scripts para NS-2 (desarrollados en OTcl) no funcionan en NS-3. (Conejero Díaz, 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.

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, switchs, 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)

Clasificación de los protocolos de enrutamiento

La clasificación de los protocolos de enrutamiento en las redes Ad-Hoc, se distinguen por varias características y parámetros que están basadas en; movilidad y actualización de sus nodos, establecimiento de rutas, descubrimiento de enlaces, mantenimiento de cabeceras, saltos de rutas y dinamicismos en sus topologías, estos son:

- Proactivos
- Reactivo
- Híbridos

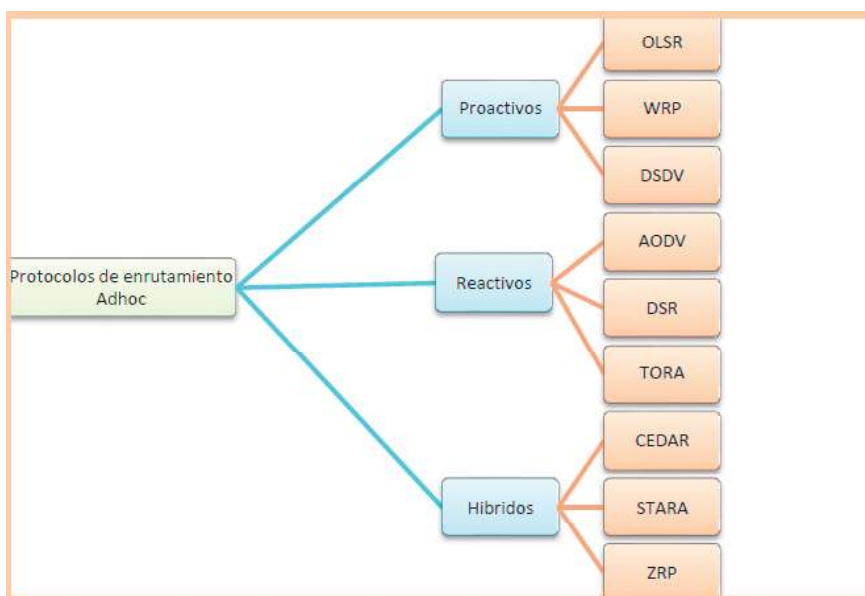


Figura 1. Clasificación de Protocolos de enrutamiento de redes Ad-Hoc.

Protocolos de enrutamiento proactivos

En cada lapso de tiempo se emiten paquetes los cuales son usados para descubrir nuevos nodos y el camino hacia ellos. Al momento en que se modifica un enlace, afecta a cualquier nodo de la red. Se emplean varias tablas para mantener actualizadas todas las rutas. Su ventaja principal es la manera de que los nodos vecinos pueden sustraer información de enrutamiento y enlazar una comunicación sencilla.

Protocolo OLSR (protocolo de ruta de enlace optimizado)

OLSR es una optimización directa del algoritmo de estados de enlace adaptado a los requisitos específicos de una WLAN con alta movilidad. La optimización consiste principalmente en la reducción del tamaño de las tablas de enlaces intercambiadas así como del número de retransmisiones necesarias durante los periodos de inundación. Los nodos de OLSR mantienen las rutas permanentes para poder alcanzar cualquier otro destino dentro de la red. (Doumenc, 2008)

Protocolo DSDV (destino secuenciado y enrutamiento de vector distancia)

Los nodos vecinos en este algoritmo, intercambian periódicamente cada una de sus tablas de encadenamiento, para calcular las distancias en las que se encuentran los demás nodos no vecinos DSDV elige el camino siempre más corto para analizar el número de saltos hacia el mejor destino.

Protocolos de enrutamiento reactivos

Estos protocolos de enrutamiento permiten buscar una ruta cuando se necesite, al momento que un nodo requiere encontrar el camino hacia un destino, este nodo inicia el proceso del descubrimiento de nueva ruta, manteniéndose en el destino hasta que este camino ya no sea requerido por el nodo inicial; este proceso limita la cantidad total de rumbos, así contiene la información del enrutamiento para reducir el tamaño de las tablas de rutas.

Protocolo AODV (Ad-hoc en demanda de enrutamiento de vector de distancia)

Es un protocolo reactivo, es decir, sólo se intenta descubrir una ruta cuando un nodo de la red la requiere. Esto provoca una gran latencia en la primera comunicación mientras se descubre un camino. Sin embargo, la principal ventaja de los protocolos reactivos es el menor consumo de ancho de banda y de CPU. (Batiste Troyano, 2011)

Protocolo DSR (Enrutamiento dinámico fuente)

Es un protocolo reactivo unicast. El protocolo se compone de dos mecanismos: el descubrimiento y el mantenimiento de rutas que permiten a un nodo origen descubrir y mantener las rutas hacia un nodo destino cuando se necesita mandar tráfico en la red ad-hoc. Se basa en una técnica de "Source Routing". La idea de esta técnica es

determinar la mejor ruta completa hacia un destino. El nodo origen inunda la red con una trama de exploración. (Doumenc, 2008)

Protocolo TORA (Algoritmo de enrutamiento temporalmente ordenado)

Es un protocolo de enrutamiento para las redes multihost, que posee atributos para la minimización de sobrecargas al momento de localizar nodos en los cambios de topología de red, estos son ejecución distribuida, enrutamiento sin bucles, enrutamientos de multipath, mantenimiento de las rutas proactivas y reactivas. TORA es un algoritmo que necesita mantener información de los enrutadores adyacentes, es decir el número de saltos que existe entre nodos.

Protocolos de enrutamiento híbridos

Los protocolos híbridos combinan la técnica e los reactivos y los proactivos formando el enrutamiento inter dominio e intradominio. El protocolo reactivo se utiliza para que se puedan comunicar entre los diversos dominios y los proactivos aportan con la comunicación a nivel dominio.

Protocolo ZRP (protocolo de enrutamiento por zonas)

Es un protocolo que aprovecha lo sobresaliente de los proactivos y los reactivos. Para generar zonas de enrutamiento cada nodo tiene que detectar a los nodos vecinos que se localizan a una distancia determinada de un salto y a la cual puede llegar directamente. Este proceso de descubrimiento de vecinos se administra por medio del protocolo NDP (protocolo de descubrimiento vecino) además brinda informes de fallos entre los enlaces de la red.

Desarrollo

Para efectuar el análisis de calidad de servicio, se usarán los indicadores de la norma ITU-T, el cual permitirá definir el mejor protocolo a utilizar en una red Ad-hoc. Los escenarios estarán encabezados por los protocolos de enrutamiento reactivos (AODV-DSR) y proactivos (DSDV), los ambientes de simulación están estructurados entre 9 y 22 nodos móviles inalámbricos. El tiempo que duran estos escenarios están entre 10, 70 y 90 segundos de modo que se pueda observar el dinamismo de los nodos, enlaces, pérdida y envío de paquetes.

Resultados

Diseño y funcionamiento del escenario de simulación con protocolo de enrutamiento reactivo AODV

Se crea el escenario 1 en el cual se configura la simulación, ver figura 2.

Como se muestra en el diseño de la figura 2, la programación en este escenario está diseñada para que al inicio de la simulación los nodos principales que son 1 y 8 se puedan comunicar durante toda su ejecución ya sea por medio de nodos vecinos o entre el nodo 1 y 8.

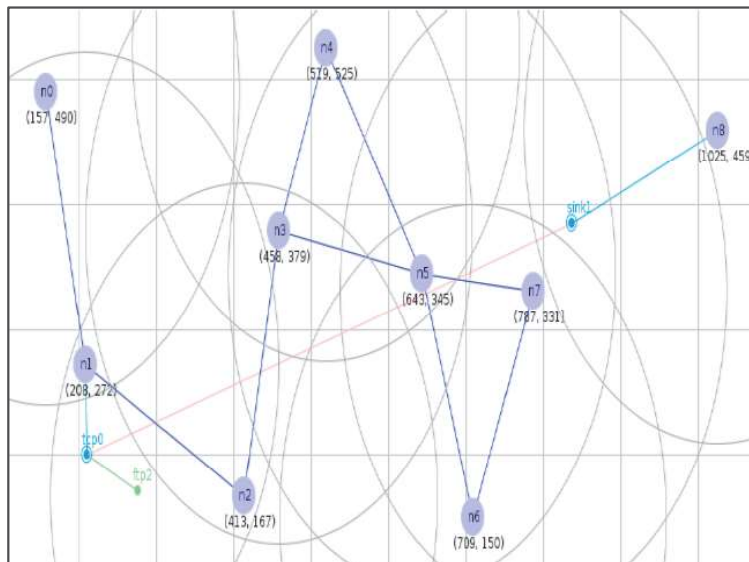


Figura 2. Clasificación de Protocolos de enrutamiento AODV de redes Ad-Hoc.

Diseño y funcionamiento del escenario de simulación con protocolo de enrutamiento reactivo DSR

Se crea el escenario en el cual se configura la simulación, ver figura 3.

La figura 3 representa la simulación del escenario, el cual esta estructurado por 22 nodos móviles con diferentes variables en cada uno de ellos como son:

- Ancho de banda
- Velocidad de conexión
- Tamaño maximo de celdas

- Tamaño de paquetes
- Tiempos de simulación

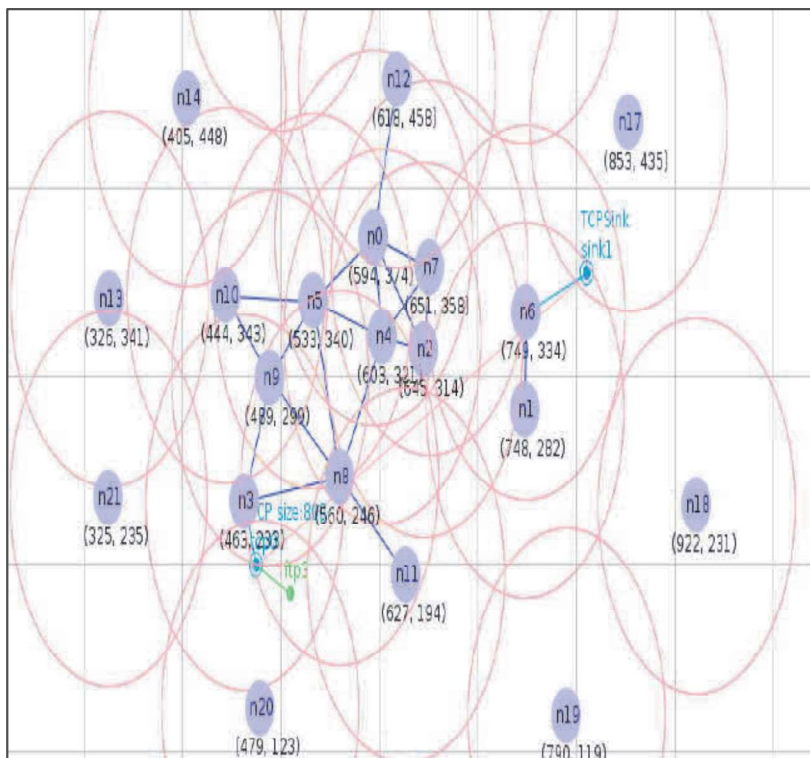


Figura 3. Diseño del escenario con protocolo reactivo DSR

Diseño y funcionamiento del escenario de simulación con protocolo de enrutamiento proactivo DSDV. Se crea el escenario en el cual se configura la simulación, ver figura 4.

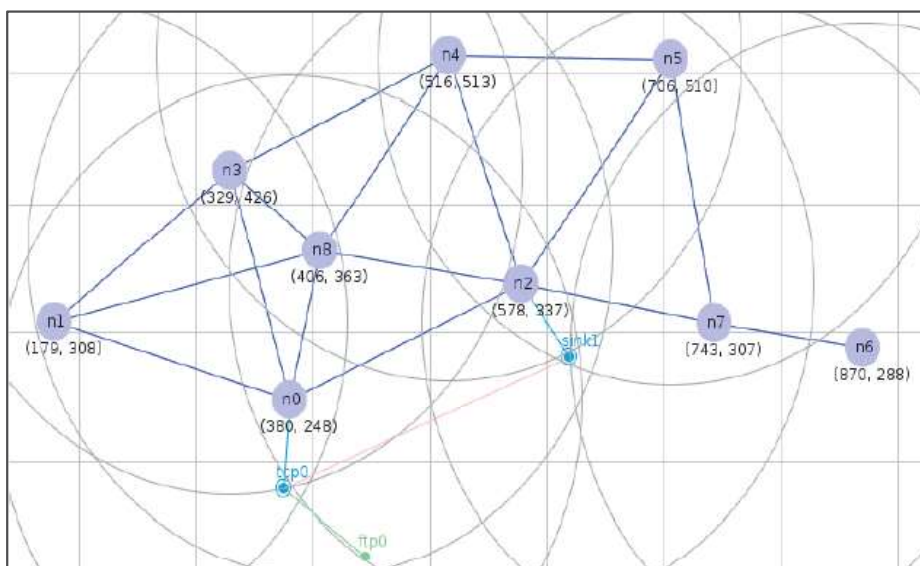


Figura 4. Diseño del escenario con 9 nodos protocolo de enrutamiento proactivo DSDV

Como se muestra en la figura 4 esta red Ad-Hoc presenta 9 nodos en su estructura. Mediante el protocolo proactivo DSDV se genera el intercambio de información entre el nodo origen 0 y el nodo destino 2.

Conclusiones

El análisis de resultados en las simulaciones ha permitido verificar el comportamiento de los nodos al momento de transmitir paquetes, mediante los protocolos de enrutamiento reactivos AODV, DSR y proactivo DSDV, con esto se concluye que, el mejor protocolo para utilizar en redes Ad-Hoc para mayor número de nodos es el protocolo reactivo DSR y el protocolo DSDV funciona mejor para redes con menor número de nodos.

En los escenarios de simulación que se utilizó el protocolo proactivo DSDV se muestra una mayor pérdida de paquetes por lo que presenta como desventaja el retraso en la actualización de tablas de rutas, el número de paquetes generados y enviados será mayor siempre y cuando se encuentren los nodos de origen al destino.

Referencias

- Batiste Troyano, A. (2011). *Protocolos de encaminamiento en redes inalámbricas mesh: un estudio teórico y experimental*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10609/8164>
- Cabrera, C., & Wilmer, R. (2012). *Simulación de Redes con GNS3*. Santa Clara.
- Conejero Díaz, A. (2014). Redes de sensores inalámbricos, su simulación en el network simulator versión 3.
- Doumenc, H. (2008). Estudios comparativo de protocolos de encaminamiento en redes VANET.
- Quintero, R. M. (2013). Network Simulator-NS2. *Revista de tecnología e Información*.
- 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.
- 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/>