



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA
PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento
vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado
para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando NS-2**

AUTOR:

Saavedra Cortez, José Geovanny

Componente práctico del examen complejo previo a la
obtención del título de **INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

REVISOR:

M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio

Guayaquil, Ecuador

16 de septiembre del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Saavedra Cortez, José Geovanny** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

REVISOR

M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 16 de septiembre del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Saavedra Cortez, José Geovanny**

DECLARÓ QUE:

El **componente práctico del examen complejo:** Análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando NS-2, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 16 de septiembre del 2019

EL AUTOR

SAAVEDRA CORTEZ, JOSÉ GEOVANNY



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Saavedra Cortez, José Geovanny**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del **componente práctico del examen complejo**: Análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando NS-2 cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 16 de septiembre del 2019

EL AUTOR

SAAVEDRA CORTEZ, JOSÉ GEOVANNY

REPORTE DE URKUND

URKUND ★ Probar **Lista de fuentes** Bloques Fernando Palacios Meléndez (edwin_pal)

Documento	Geovanny_Saavedra_EC_2019A.docx (D55769304)
Presentado	2019-09-19 04:55 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@anaysis.orkund.com
Mensaje	Revisión EC Geovanny Saavedra Mostrar el mensale completo 19% de estas 16 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

	http://192.188.52.94:8080/bitstream/3317/11339/1...
	Titulación-Estupiñán Chaw V 1.0.pdf
	http://192.188.52.94:8080/bitstream/3317/8589/1/...
	https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.06.10
	https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bj...
	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=scl_ar...
	https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n4.169

1 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial
bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes
móviles Ad-hoc (

MANET) utilizando NS-2

AUTOR: Saavedra Cortez, José Geovanny

Componente práctico del examen complejo

previo a la obtención del título de INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES

REVISOR: M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por darme salud y vida para cumplir una de mis metas, también a mis padres Aida Verónica Cortez España y Dick Geovanny Saavedra Reyes por darme la vida y el coraje para seguir siempre.

A mis abuelos Walter Argelio Vélez Quiñonez y Mercedes España Boya por brindarme tanto amor y sabiduría para nunca darme por vencido.

A mis hermanas Ariana Lorena Canga Cortez y Génesis Belén Saavedra Cortez por confiar en mí siempre.

A mi esposa Dennisse Alexandra Canchingre Candel y mi hijo Kaleth Alessandro Saavedra Canchingre que son por quienes saco fuerzas día a día para seguir adelante.

EL AUTOR

SAAVEDRA CORTEZ, JOSÉ GEOVANNY

AGRADECIMIENTO

Este trabajo está dedicado a la persona más inteligente que conocí en la vida, que a pesar de no ser sangre de su sangre me trato como un hijo y un nieto, estando siempre en los malos y buenos momentos de mi vida, brindándome siempre su protección y sabiduría, te debo casi todo en la vida y espero llegar a ser la mitad de persona que fuiste, es para ti Walter Argelio Vélez Quiñonez.

EL AUTOR

SAAVEDRA CORTEZ, JOSÉ GEOVANNY



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____
M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____
M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XI
Índice de Tablas.....	XII
Resumen	XIII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Objetivos del Problema de Investigación.....	2
1.5.1. Objetivo General.....	2
1.5.2. Objetivos Específicos.	2
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
2.1. Redes móviles Ad-hoc (MANET).....	3
2.2. Protocolos de enrutamiento utilizado en redes móviles Ad-hoc.	4
2.2.1. Protocolo de enrutamiento vectorial bajo demanda (AODV). ..	4
2.2.2. Protocolo de enrutamiento de estado de enlace optimizado (OLSR).	4
CAPÍTULO 3: Simulación y resultados obtenidos.....	5
3.1. Detalles de la implementación en NS-2.	5
3.2. Archivo de configuración de simulación.	9
3.3. Archivo de secuencia de comandos Shell.....	10
3.4. Configuraciones de simulación.....	11
3.5. Parámetros de simulación.....	11
3.6. Topologías de simulación.....	12
3.7. Modelado de simulación.....	13
3.7.1. Instalación NS2.....	15
3.7.2. Diseño e implementación de modelos de simulación en MANET.	15
3.7.3. Movimiento del nodo.....	16
3.7.4. Rango de transmisión del nodo.	16
3.7.5. Capas físicas y MAC.	18
3.7.6. Modelo de propagación por radio.	18
3.7.7. Antena omnidireccional	19
3.7.8. Configuración de topología y tráfico	19

3.7.9. Protocolos de enrutamiento y transporte.....	19
3.8. Descripción y motivación acerca de los escenarios de simulación de la red propuesta.....	20
3.8.1. Tamaño de red.....	21
3.8.2. Carga de tráfico.....	21
3.8.3. Movilidad.....	22
3.9. Velocidad de convergencia y libertad de bucle de OLSR y AODV.....	23
3.10. Resultados de la evaluación del desempeño.....	24
3.10.1. Comparación de rendimiento de AODV y OLSR con diferentes tamaños de red.....	25
3.11. Comparación de rendimiento de AODV y OLSR con tráfico variable.....	28
3.12. Comparación de rendimiento de AODV y OLSR para movilidad variable.....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
RECOMENDACIONES.....	37
Bibliografía.....	38

Índice de Figuras

Capítulo 3

Figura 3. 1: Topología de 25 nodos	12
Figura 3. 2: Topología de 50 nodos	12
Figura 3. 3: Topología de 75 nodos	13
Figura 3. 4: Topología de 100 nodos	13
Figura 3. 5: Flujo de datos para una sola simulación.....	14
Figura 3. 6: Diagrama esquemático BPMN del proceso de simulación en ejecución.....	15
Figura 3. 7: 50 nodos antes de la simulación.....	16
Figura 3. 8: 50 nodos después de la simulación	17
Figura 3. 9: 100 nodos antes de la simulación.....	17
Figura 3. 10: 100 nodos después de la simulación	17
Figura 3. 11: Captura de pantalla del programa de evaluación.	18
Figura 3. 12: Porcentaje de entrega de paquetes para AODV y OLSR	25
Figura 3. 13: Porcentaje de pérdida de paquetes para AODV y OLSR	26
Figura 3. 14: Retardo de extremo a extremo para AODV y OLSR.....	27
Figura 3. 15: Enrutamiento superior (Overhead) para los protocolos de enrutamiento AODV y OLSR	27
Figura 3. 16: Rendimiento para AODV y OLSR	28
Figura 3. 17: Porcentaje de entrega de paquetes para AODV y OLSR	29
Figura 3. 18: Porcentaje de pérdida de paquetes para AODV y OLSR	29
Figura 3. 19: Retardo de los protocolos AODV y OLSR	30
Figura 3. 20: Comparación de sobrecarga de enrutamiento para AODV y OLSR	31
Figura 3. 21: Comparación de rendimiento para AODV y OLSR	31
Figura 3. 22: Comparación de rendimiento para AODV y OLSR	32
Figura 3. 23: Comparación de retraso de extremo a extremo para AODV y OLSR	33
Figura 3. 24: Comparación de gastos generales de enrutamiento para AODV y OLSR	33
Figura 3. 25: Comparación de entrega de paquetes para AODV y OLSR ...	34
Figura 3. 26: Comparación de pérdida de paquetes para AODV y OLSR ...	34

Índice de Tablas

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Parámetros de simulación de la red MANET propuesta.....	11
---	----

Resumen

El presente componente práctico fue desarrollar el análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando el programa de simulación NS-2. En general, las redes inalámbricas ad-hoc han ganado recientemente una importante atención de investigación debido a su vasto potencial de aplicaciones en numerosos campos. De igual manera, el enrutamiento de múltiples saltos es un aspecto significativamente importante que determina, en gran medida, el rendimiento general de la red. Este documento se han propuesto dos protocolos de enrutamiento para el enrutamiento en redes inalámbricas ad-hoc con enfoque en la optimización de diferentes aspectos del enrutamiento de la red. En el capítulo 1, se presenta una breve reseña introductoria de redes MANETs, objetivo general y objetivos específicos del componente práctico. En el capítulo 2, se describe brevemente el estado del arte de MANET y de los protocolos AODV y OLSR. En el capítulo 3, se desarrolla los escenarios de simulación y se presentan los resultados obtenidos de la comparativa de AODV y OLSR.

Palabras claves: REDES, AD-HOC, PROTOCOLOS, ENRUTAMIENTO, ENLACE, MANET

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

La red móvil ad hoc (*Mobile Ad-hoc NETWORK, MANET*) está compuesta de equipos inalámbricos llamados nodos, que son autónomos sin ninguna infraestructura centralizada, cada nodo puede entrar y salir de la red de forma gratuita, también actúa como un enrutador, reenviando paquetes de datos para otros nodos. (Nabou, Laanaoui, & Ouzzif, 2018)

Para Sing-Borrajo, (2014) se han desarrollado muchos protocolos de enrutamiento para MANET, que se dividen en tres categorías, protocolos de enrutamiento reactivos (bajo demanda) basados en el principio de ruta bajo demanda mediante la creación y el mantenimiento de solo rutas según sea necesario, protocolo de enrutamiento proactivo (unidad de tabla) donde cada nodo mantiene rutas permanentes a todos los demás nodos de la red con sus actualizaciones y protocolos de enrutamiento híbridos que combinan las ventajas de los protocolos de enrutamiento reactivo y proactivo.

1.2. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Analizar comparativamente los protocolos de enrutamiento AODV y OLSR para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando NS-2

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Describir brevemente el estado del arte de las redes móviles ad-hoc (MANET).
- Elaborar los algoritmos de simulación para los enrutamientos AODV y OLSR en redes móviles Ad-hoc (MANET).
- Evaluar los resultados obtenidos de los protocolos AODV y OLSR en redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando el software NS-2.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Redes móviles Ad-hoc (MANET).

Una red móvil ad-hoc (MANET) se llama básicamente como una red sin ninguna administración central o infraestructura fija. Consiste en una serie de nodos móviles que se utilizan para enviar paquetes de datos a través de un medio inalámbrico. Siempre existe la necesidad de un buen protocolo de enrutamiento para establecer la conexión entre los nodos móviles, ya que poseen la propiedad de una topología cambiante dinámica. (Gupta, Sadawarti, & Verma, 2013)

Para los investigadores Ludeña-González, Torres, Quiñónez, & Cueva, (2017) MANET son redes auto configurables, sus nodos pueden actuar como origen y destino simultáneamente. Los nodos móviles tienen recursos limitados, por ejemplo, memoria, energía y buffers de red. Además, estos recursos se consumen en procesos como el intercambio de información, la selección de rutas y las tareas de enrutamiento. Cuando los nodos actúan como enrutadores, deben intercambiar información con el objetivo de compartir y actualizar sus datos de enrutamiento.

Para Gambhir & Gambhir, (2014) una red móvil ad-hoc (MANET) es un sistema autónomo de enrutadores móviles conectados por enlaces inalámbricos. La unión de los cuales forma un gráfico arbitrario. Los enrutadores son libres de moverse al azar y organizarse de manera arbitraria; por lo tanto, la topología inalámbrica de la red puede cambiar de forma rápida e impredecible.

Las características principales de MANET incluyen topología dinámica, restricciones de ancho de banda y capacidad de enlace variable, autoconfiguración, nodos con restricción de energía, seguridad limitada, comunicaciones de múltiples saltos (Shobha & Rajanikanth, 2011).

Ofrecen beneficios especiales y versatilidad para una amplia gama de aplicaciones en entornos militares, por ejemplo, campos de batalla, redes de

sensores, etc.), comerciales (por ejemplo, informática móvil distribuida, sistemas de descubrimiento de desastres, etc.) y educativos (por ejemplo, conferencias, convenciones, etc. etc.), donde la infraestructura fija no se adquiere fácilmente. (Shobha & Rajanikanth, 2011)

2.2. Protocolos de enrutamiento utilizado en redes móviles Ad-hoc.

El presente trabajo del componente práctico describe el estado del arte de los dos protocolos de enrutamiento que serán analizados mediante la comparativa de las métricas de AODV y OLSR.

2.2.1. Protocolo de enrutamiento vectorial bajo demanda (AODV).

Para Gómez P., Posada P., & Vallejo V., (2014) AODV es uno de los protocolos de enrutamiento a pedido y típicos. Para evitar los saltos de enlace en el enrutamiento, se utilizará este protocolo. AODV tiene trayectoria simétrica entre los nodos. El protocolo AODV tiene una tabla de enrutamiento y un número de secuencia para los nodos. El nodo de destino asigna los números de secuencia para obtener la frescura de la información de enrutamiento AODV utiliza el método cliente-servidor que es el método de solicitud-respuesta para encontrar una ruta válida entre las fuentes y el destino. (Praveen, Gururaj, & Ramesh, 2016)

2.2.2. Protocolo de enrutamiento de estado de enlace optimizado (OLSR).

Cada nodo mantiene una tabla de enrutamiento en el protocolo de enrutamiento de estado de enlace para obtener información completa de la topología. Se utiliza para encontrar los costos de enlace de las rutas más cortas. Esta información del costo del enlace se intercambia periódicamente entre nodos utilizando la técnica de inundación. Debido al comportamiento dinámico de la topología, el medio inalámbrico y los retrasos de propagación largos instantáneamente incorrectos, etc., la información del costo del enlace puede ser inconsistente. Resulta en bucles de enrutamiento que duran poco y desaparecen en las actualizaciones de enlaces.

CAPÍTULO 3: Simulación y resultados obtenidos

3.1. Detalles de la implementación en NS-2.

Para fines de implementación, se utilizaron varios archivos. Los archivos más importantes son los siguientes:

- Simulación.tcl: se utiliza para especificar la configuración de simulación y escenarios, por ejemplo, modelo inalámbrico, radios, tipos de antenas, tipos de tráfico, topología y duración de la simulación.
- ShellScript.sh: este archivo contiene código Shell Scripting y se utiliza para alimentar parámetros dinámicos al archivo Simulación.tcl. El objetivo principal es automatizar el funcionamiento de la simulación ejecutando automáticamente las simulaciones con parámetros variables (por ejemplo, tráfico, movilidad, tamaño de red)

```
Simulation.tcl
# Archivo Script con parámetros de simulación #
##### MAC parameters #####
Mac/802_11 set dataRate_ 11Mb
Mac/802_11 set basicRate_ 1Mb
Mac/802_11 set CWMin_ 31
Mac/802_11 set CWMax_ 1023
Mac/802_11 set SlotTime_ 0.000020 ;# 20us
Mac/802_11 set SIFS_ 0.000010; # 10us
Mac/802_11 set PreambleLength_ 144; # 144 bit
Mac/802_11 set ShortPreambleLength_ 72; # 72 bit
Mac/802_11 set PreambleDataRate_ 1.0e6; # 1Mbps
Mac/802_11 set PLCPHeaderLength_ 48; # 48 bits
Mac/802_11 set PLCPDataRate_ 1.0e6; # 1Mbps
Mac/802_11 set ShortPLCPDataRate_ 2.0e6; # 2Mbps
Mac/802_11 set RTSThreshold_ 3000; # bytes
Mac/802_11 set ShortRetryLimit_ 7; # retransmisiones
Mac/802_11 set LongRetryLimit_ 4; # retransmisiones
Mac/802_11 set newchipset_ false; # usar nuevo chipset,
Mac/802_11 set SlotTime_ 0.000020|
Mac/802_11 set SIFS_ 0.000010
Mac/802_11 set PreambleLength_ 144
Mac/802_11 set PLCPHeaderLength_ 48
Mac/802_11 set PLCPDataRate_ 1.0e6
Mac/802_11 set aarf_ false
#####
##
Antenna/OmniAntenna set Gt_ 1; # ganancia de la antena de transmisión
Antenna/OmniAntenna set Gr_ 1; # ganancia de la antena receptora
Phy/WirelessPhy set bandwidth_ 11Mb;
Phy/WirelessPhy set freq_ 9.14e+08
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.281838
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 6.0908e-10
Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 4.65262e-10
```

```

#####
##
set val(chan) Channel/WirelessChannel ;# tipo de canal
set val(netif) Phy/WirelessPhy ;# interface de red
set val(ifq) Queue/DropTail/PriQueue ;# tipo de cola
set val(ll) LL ;# capa de enlace (Link Layer, LL)
set val(ant) Antenna/OmniAntenna ;# Tipo de Antena
set val(ifqlen) 500 ;# Interface Q len
set val(mac) Mac/802_11 ;# MAC
set val(x) 700
set val(y) 700
set val(prop) Propagation/TwoRayGround
#####
#
### Update Run Time Parameters ###
set val(nn) [lindex $argv 0] ;# No. de Nodos
set val(rp) [lindex $argv 1] ;# Protocolo de enrutamiento
set val(stop) [lindex $argv 2] ;# tiempo de parada
set sc [lindex $argv 3] ;# Archivo de la topología
set val(rate) [lindex $argv 4] ;# Velocidad de datos
puts "nn is $val(nn)"

```

El propósito de cada variable se comenta al lado. Después de definir las variables, inicialice algunas variables globales para comenzar la simulación. Estos códigos de inicialización variable se presentan en el siguiente código.

```

#####
set ns_ [new Simulator]
set tracefd [open traceFile.tr w]
set namtrace [open simwrls.nam w]
$ns_ use-newtrace
$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $val(x) $val(y)
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)
set god_ [create-god $val(nn)]
#####
## Configuring the nodes ##
$ns_ node-config -adhocRouting $val(rp) \
-llType $val(ll) \
-macType $val(mac) \
-ifqType $val(ifq) \
-ifqLen $val(ifqlen) \
-antType $val(ant) \
-propType $val(prop) \
-phyType $val(netif) \
-channelType $val(chan) \
-topoInstance $topo \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \
-movementTrace OFF \
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns_ node]
}

```

```

# ***** Detención de procedimiento*****
proc stop {} {
global ns_ tracefd namtrace
$ns_ flush-trace
close $tracefd
close $namtrace
exit 0
}
# *****

```

En el código anterior, se creó el objeto ns_simulation que realiza la simulación. Las variables “tracefd” y “namtrace” son manejadores de archivos que contienen los resultados de la simulación. En las siguientes líneas se define una topología y los atributos generales de cada host en la red. La mayoría de estos atributos utilizan variables que se definen al inicio del programa. El código anterior es una parte común de todas las simulaciones en el software NS-2. Después de establecer parámetros comunes, es necesario crear una topología aleatoria de nodos. El siguiente código crea 100 hosts inalámbricos en un archivo plano 2D y establece su ubicación al azar.

En el código anterior, como primera fase, se crea un nodo fuente con ID=0. La posición del nodo de origen se establece en la esquina inferior izquierda del campo. Después de eso, configure la ID del nodo de destino en 99. Luego, en el cuerpo del bucle for, 98 nodos creados con posiciones aleatorias. Y finalmente, después de crear el nodo de destino del cuerpo del bucle en la esquina superior derecha del campo.

```

#####
## establecimiento de conexiones ##
for {set j 0} {$j < 5} {incr j} {
set udp($j) [new Agent/UDP]
$udp($j) set fid_ $j
set udpsink($j) [new Agent/Null]
}
for {set j 0} {$j < 5} {incr j} {
$ns_ attach-agent $node_($j) $udp($j)
}
set index [expr {$val(nn)-1}]
for {set j 0} {$j < 5} {incr j} {
$ns_ attach-agent $node_($index) $udpsink($j)
set index [expr {$index-1}]
}
for {set j 0} {$j < 5} {incr j} {
$ns_ connect $udp($j) $udpsink($j)
}
for {set j 0} {$j < 5} {incr j} {

```

Después de crear los nodos, es necesario crear el tráfico entre el origen y el destino. El generador de paquetes de tasa de bits constante (*Constant Bits Rate, CBR*) con un agente de protocolo de datagramas de usuario (*User Datagram Protocol, UDP*) son utilizados para crear y transmitir tráfico entre los nodos. En el siguiente código, se crea el primer agente UDP para transmitir paquetes utilizando el protocolo UDP a través de la red. También en el destino, el agente NULL se usa para eliminar los paquetes entrantes para hundirse. Después de eso, establezca una conexión entre dos agentes. Y finalmente se crea el generador de paquetes CBR y lo adjunta al agente fuente para proporcionar paquetes para el agente UDP.

```
set cbr($j) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr($j) attach-agent $udp($j)
$cbr($j) set packet_size_ 1500B
$cbr($j) set rate_ $val(rate)
}
```

El tiempo de inicio y finalización de las simulaciones debe determinarse después de crear agentes y tráfico. El siguiente código muestra estos tiempos y comienza la simulación.

```
#####
##### Iniciar y detener tiempos de las conexiones #####
$ns_ at 20 "$cbr(0) start"
$ns_ at 20.1 "$cbr(1) start"
$ns_ at 20.2 "$cbr(2) start"
$ns_ at 20.3 "$cbr(3) start"
$ns_ at 20.4 "$cbr(4) start"
$ns_ at $val(stop) "$cbr(0) stop"
$ns_ at $val(stop) "$cbr(1) stop"
$ns_ at $val(stop) "$cbr(2) stop"
$ns_ at $val(stop) "$cbr(3) stop"
$ns_ at $val(stop) "$cbr(4) stop"
#####

puts "Loading mobility pattern...."
source $sc
##### Definición de posiciones iniciales de nodo para NAM #####
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns_ initial_node_pos $node_($i) 40
}
##### Decirle a los nodos cuándo termina la simulación #####
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns_ at $val(stop) "$node_($i) reset"
}
#####
## Finalizando NAM y la simulación ##
$ns_ at $val(stop) "stop"
```

```

$ns_ at [expr $val(stop)+0.001]
"puts \"Simulation ends \"; $ns_ halt"
#####
$ns_ run

```

En el código anterior para el cuerpo del bucle se establece el tiempo de finalización en cada nodo. Después de eso, se establece un tiempo de finalización de la simulación e inicia la simulación. Se llama al productor de detención al final de la simulación para vaciar y cerrar los archivos de resultados. El código fuente del protocolo OLSR es muy similar al protocolo AODV. El primer cambio es el nombre del protocolo de enrutamiento al inicio del programa.

```

val(rp)          OLSR                ;# routing protocol

```

El segundo y último cambio es configurar los tiempos de transmisión de mensajes Hello y TC en el protocolo OLSR.

3.2. Archivo de configuración de simulación.

Este es el archivo de simulación principal, que define todos los parámetros de simulación. La mayoría de los parámetros de la capa física, MAC y de red se definen en este archivo, mientras que algunos parámetros, como el número de nodos, el tiempo total de simulación, la velocidad de datos de las fuentes y la topología se pasan como argumentos a este archivo. El resto del archivo es el archivo ns tcl estándar, que implica la creación de fuentes, sumideros, vincularlos y definir otros parámetros relacionados.

Hay dos tipos principales de trazas generadas a través de este archivo, a saber, la traza de simulación y la traza NAM. El archivo de seguimiento de simulación (traceFile.tr) contiene el seguimiento detallado de todos los eventos que ocurrieron durante la simulación, mientras que el archivo de seguimiento NAM simwrls.nam contiene el seguimiento de la animación de red, es decir, la visualización y el movimiento de nodos.

```

ShellScript
#####
awk 'BEGIN {printf "" > "results"}'
KB="1024"
Protocol="OLSR"

```

```

StopTime="200"
TopType="A"
counter="1"
multiple="25"
while [ $counter -le 4 ]
do
Nodes=$((counter*multiple) # total de nodos
Topology="/home/AODV-OLSR/Scenarios/"$Nodes"Node-pause5-speed1-700-
700-
"$TopType
DataRate="500" # especificar tasa de datos de una fuente en KBps
DataRate=$((DataRate * $KB) # x 8 para convertir en bits
# Generar cinco fuentes y destinos
src1="0" src2="1" src3="2" src4="3" src5="4"
dst1=$((Nodes-1) dst2=$((Nodes-2) dst3=$((Nodes-3)
dst4=$((Nodes-4) dst5=$((Nodes-5)
initialTime="20"
TimeDuration=$((StopTime-initialTime) # restar tiempo de inicio|
ns GenericScript.tcl $Nodes $Protocol $StopTime $Topology $DataRate
printf "$Protocol-$Nodes-$TopType" >> "results"
printf "\n" >> "results"
awk -f PDR.awk duration=$TimeDuration traceFile.tr
awk -f PacketLoss.awk duration=$TimeDuration traceFile.tr
awk -f Throughput.awk duration=$TimeDuration traceFile.tr
awk -f Delay.awk s1=$src1 s2=$src2 s3=$src3 s4=$src4 s5=$src5 d1=$dst1
d2=$dst2 d3=$dst3 d4=
$dst4 d5=$dst5 traceFile.tr
awk -f RtOverhead.awk traceFile.tr
counter=$((counter+1)
done
cp results results-$Protocol-$TopType

```

3.3. Archivo de secuencia de comandos Shell

ShellScript.sh es la secuencia de comandos principal de la simulación, que llama al simulador de red para simular una red determinada. Este script automatiza el proceso de simulación al manejar múltiples simulaciones al mismo tiempo. Principalmente, el script proporciona la capacidad de variar los parámetros, como el tamaño de la red, la velocidad de datos, la topología, y los pasa dinámicamente al ejecutable de simulación de red.

El archivo ShellScript.sh es un archivo de script de Shell de Linux. Después de que Network Simulator (NS) haya completado una simulación, escribe los resultados en un archivo de seguimiento. El archivo de rastreo contiene todos los detalles de la simulación a nivel de paquete y se vincula con el tiempo. El archivo ShellScript se utiliza para pasar parámetros al archivo Simulation.sh en tiempo de ejecución, variando los parámetros de entrada para que el proceso de simulación sea automatizado.

Al principio, el script de Shell inicializa algunos parámetros, como tiempo de detención, tipo de topología y luego ejecuta un bucle. Dentro de ese ciclo, se calculó el número de nodos (esto varía de 25 a 100 para iteraciones sucesivas), también se especificó la velocidad de datos, los nodos de origen y destino y luego se pasa todas estas variables al archivo Simulation.tcl como parámetros de entrada para que el archivo Simulation.tcl pueda ejecutar la simulación basada en estos parámetros. El script al final llama a varios archivos AWK para calcular las métricas de evaluación, como el rendimiento, el PDR, el retardo (Delay) y escribe estos valores en un archivo de resultados para referencia posterior.

3.4. Configuraciones de simulación.

Para llevar a cabo la comparación de rendimiento de AODV y OLSR en una topología MANET, se ha utilizado el simulador de red de código abierto (NS-2) para este propósito. Los siguientes son los detalles de los parámetros y configuraciones de simulación.

3.5. Parámetros de simulación.

La tabla 3.1 muestra los parámetros de simulación en NS-2 que serán utilizados en las pruebas experimentales.

Tabla 3. 1: Parámetros de simulación de la red MANET propuesta.

Parámetros de simulación	Valor
Área de red	700m x 700m
No. de nodos	25,50,75,100
Tipo de tráfico	CBR / UDP
No. de flujos	5
Tamaño del paquete	1500 bytes
Protocolo MAC	IEEE 802.11b
Tasa de datos	11 Mbps
Frecuencia	2.5 GHz
Modelo de propagación	Dos rayos a tierra
Potencia de transmisión	281 mW
Tipo de antena	Omnidireccional
Tiempo de simulación	200s

Elaborado por: Autor

3.6. Topologías de simulación

Las figuras 3.1 a 3.4 muestran los diferentes escenarios de simulación en relación a las topologías de simulación para 25, 50, 75 y 100 nodos, respectivamente.

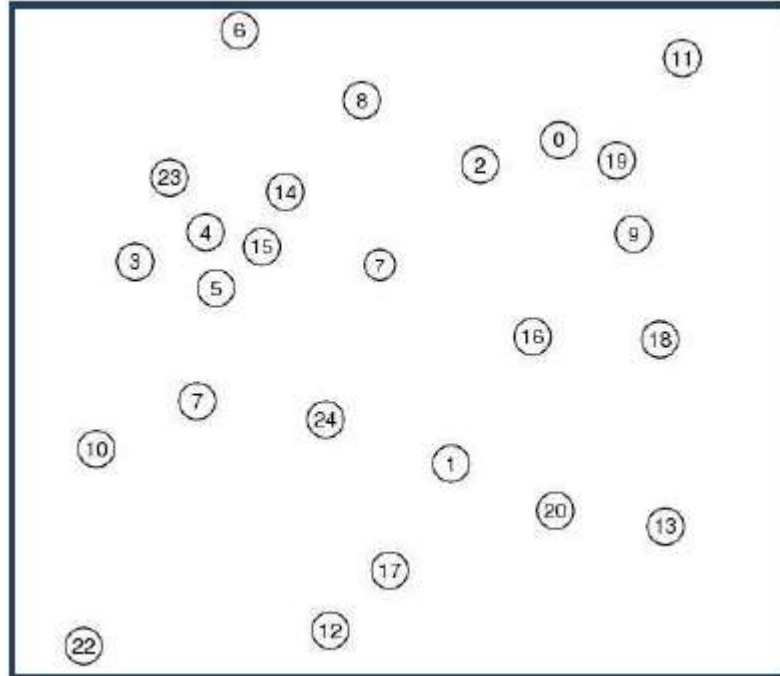


Figura 3. 1: Topología de 25 nodos
Elaborado por: Autor.

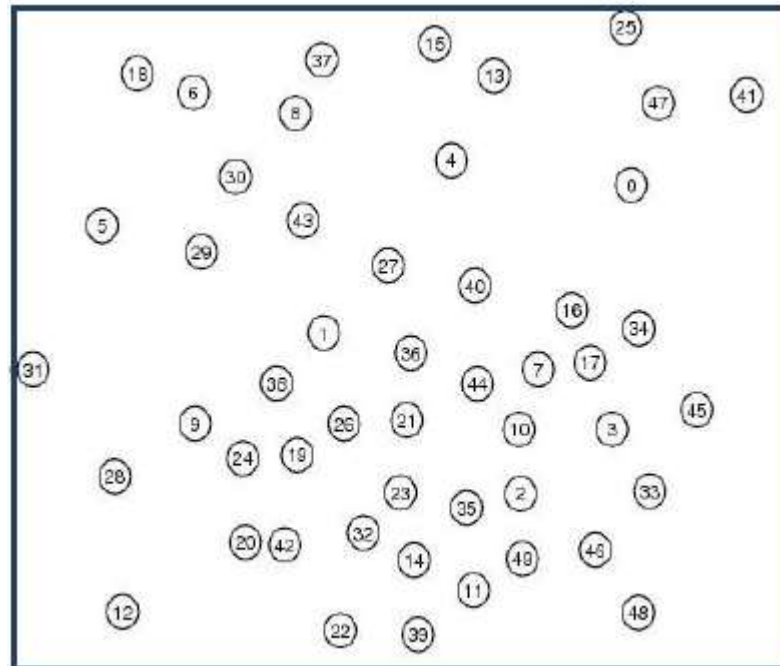


Figura 3. 2: Topología de 50 nodos
Elaborado por: Autor.

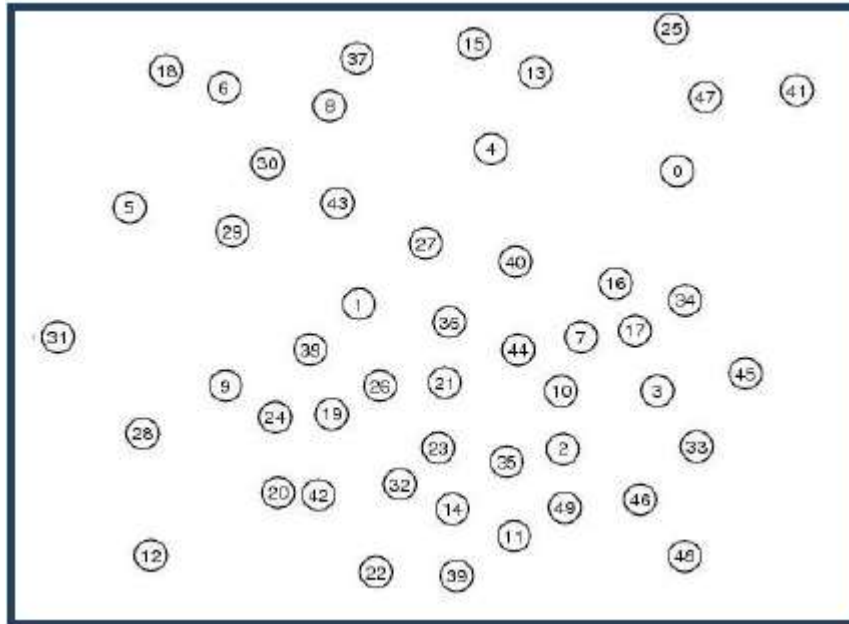


Figura 3. 3: Topología de 75 nodos
Elaborado por:

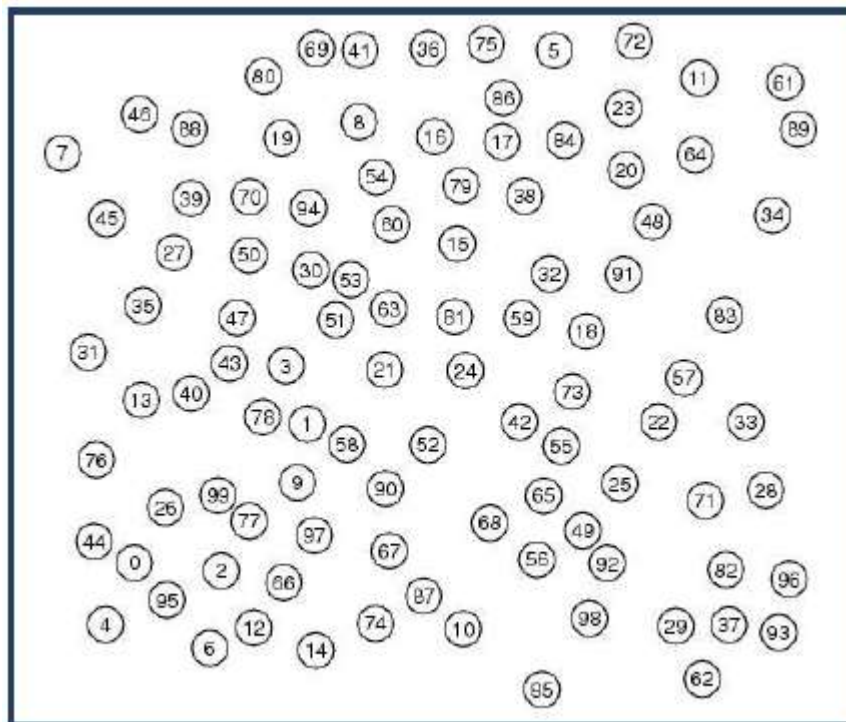


Figura 3. 4: Topología de 100 nodos
Elaborado por:

3.7. Modelado de simulación

El objetivo de esta investigación es analizar el rendimiento del protocolo de enrutamiento variando el número de nodos de 25 a 100 nodos. El rendimiento se evalúa mediante simulaciones múltiples con respecto a métricas tales como: relación de entrega de paquetes, relación de pérdida de

paquetes, rendimiento agregado, retardo de extremo a extremo, sobrecarga de enrutamiento. El experimento se realiza mediante el uso de Network Simulator (NS) (con licencia para su uso bajo la versión 2 de la GNU General Public License) para comparar el grupo de protocolos de enrutamiento elegidos que representan enfoques y algoritmos específicos. NS-2 (versión 2) es un simulador de red orientado a objetos y dirigido a eventos discretos desarrollado en UC Berkeley escrito en C ++ y OTcl.

La elección de este simulador está motivada por muchas ventajas, entre las cuales:

- Es un software de código abierto
- Gran cantidad de protocolos implementados y código de contribución.
- Se compone de diferentes generadores de tráfico y topología que ayudan a los usuarios a crear diferentes escenarios.
- Fiabilidad confirmada por el uso común para fines de investigación.
- Proporciona una interfaz a los usuarios para configurar diferentes protocolos de red para cada capa de red.

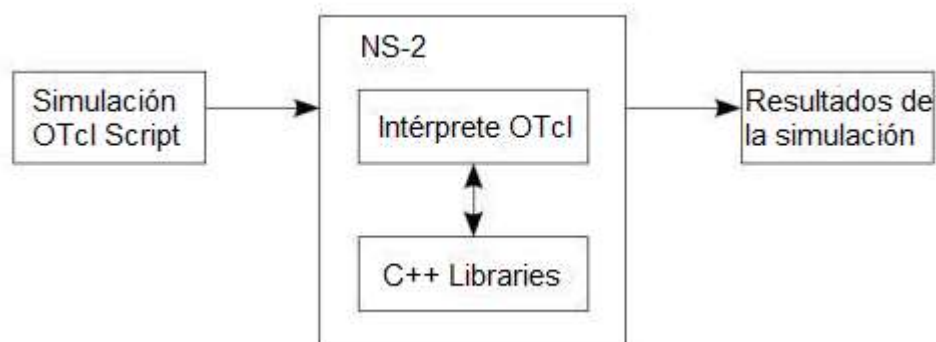


Figura 3. 5: Flujo de datos para una sola simulación.
Elaborado por: Autor.

El proceso de simulación y análisis se especifica en el diagrama de modelo y notación de procesos comerciales (BPMN), tal como se muestra en la figura 3.5. El script OTcl requiere parámetros tales como dimensiones de topología (ancho y largo), número de nodos en el escenario, nombre del protocolo de enrutamiento simulado y número de simulaciones repetidas en la secuencia. Se utilizan dos archivos fuente externos para la simulación y estos archivos contienen código OTcl para el movimiento y posicionamiento de nodos en un archivo, y el patrón de tráfico en el otro archivo.

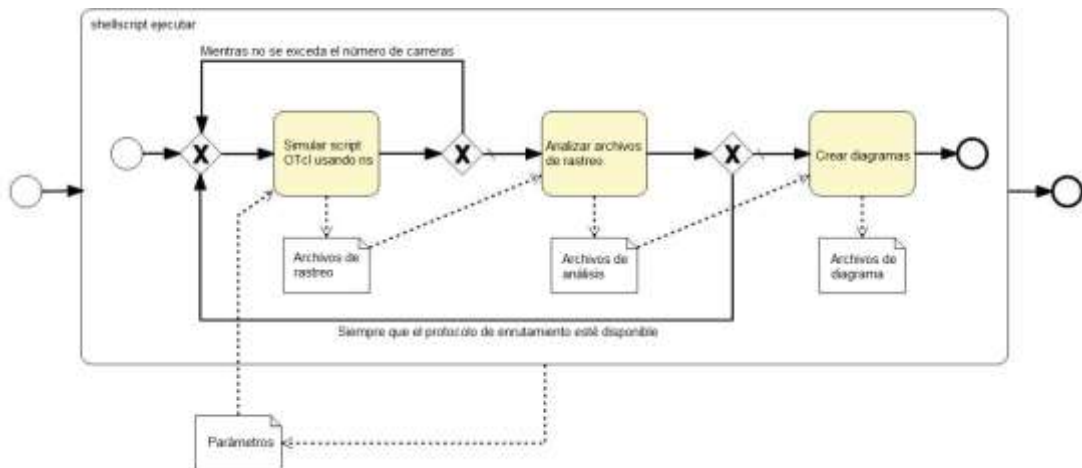


Figura 3. 6: Diagrama esquemático BPMN del proceso de simulación en ejecución
Elaborado por: Autor.

3.7.1. Instalación NS2

- El requisito previo para instalar NS2 es tener un compilador de C ++.
- Una plataforma de Windows XP se virtualiza sobre Windows 7 usando el administrador de Oracle VM VirtualBox.
- Se instalan todos los paquetes necesarios para NS-2.

3.7.2. Diseño e implementación de modelos de simulación en MANET.

En este proyecto, se ha diseñado una red inalámbrica Ad-Hoc o MANET con un área de simulación de 700 * 700 unidades cuadradas. A continuación, se muestra el script de configuración de la red MANET:

```
Phy/WirelessPhy set bandwidth_ 11Mb;
Phy/WirelessPhy set freq_ 9.14e+08
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.281838
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 6.0908e-10
Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 4.65262e-10
#####
set val(chan) Channel/WirelessChannel ;# Tipo de canal
set val(netif) Phy/WirelessPhy ;# Interfaz de red
set val(ifq) Queue/DropTail/PriQueue ;# tipo de cola
set val(ll) LL ;# Capa de enlace
set val(ant) Antenna/OmniAntenna ;# Tipo de antena
set val(ifqlen) 500 ;# Interfaz Q len
set val(mac) Mac/802_11 ;# MAC
set val(x) 700
set val(y) 700
set val(prop) Propagation/TwoRayGround
```

Para comprender los parámetros anteriores, la simulación debe realizarse y concentrarse en:

- (a) patrones de tráfico,
- (b) modelos de movilidad,
- (c) colas de interfaz, y
- (d) parámetros que afectan la propagación de radio.

3.7.3. Movimiento del nodo

Hay una distinción significativa entre nodos móviles y enrutadores en las topologías de simulación para ilustrar condiciones reales. La principal diferencia es la falta de movimiento para los nodos del enrutador. Se crea una herramienta para generar animación de movimiento de nodos, esta herramienta toma el archivo NS-2 para generar el animador de red (NAM). Es importante tener en cuenta que esta generación de archivos de animación no es una traza posterior a la simulación. El NAM es producido por el simulador de red (NS-2) ya que es un archivo de animación reproducible.

3.7.4. Rango de transmisión del nodo.

Además de la movilidad, las propiedades del enrutador y del nodo móvil difieren en materia de recepción de umbral y potencia de transmisión. El valor del umbral de recepción (representado por la variable RXThresh_assigned al tipo de interfaz de red Phy/Wireless Phy en el código de simulación OTcl) se asigna a un nodo inalámbrico y determina el valor mínimo de la potencia de señal del paquete requerido para tener éxito con su entrega.

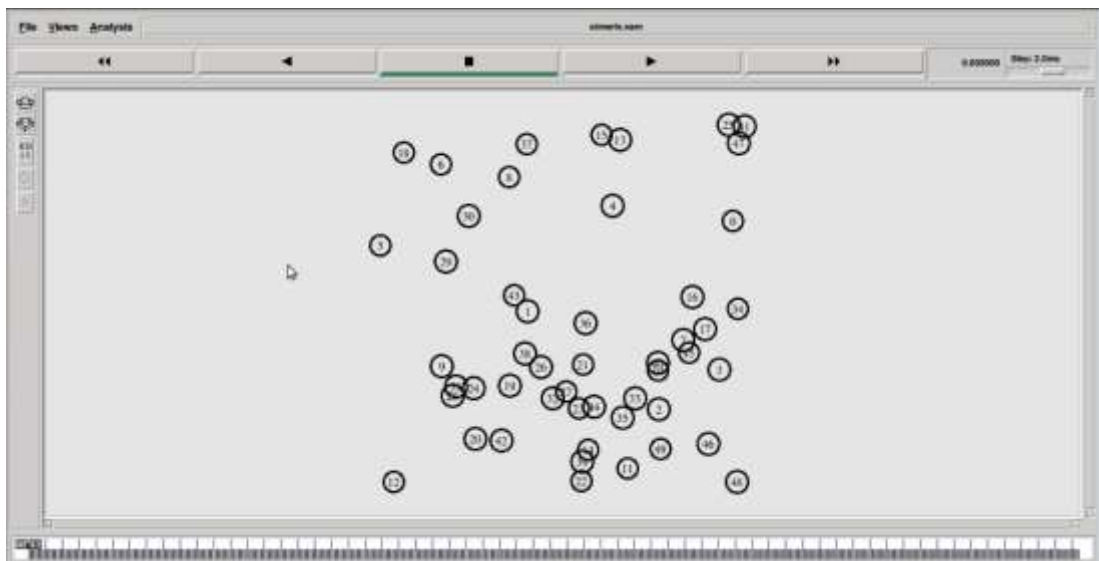


Figura 3. 7: 50 nodos antes de la simulación
Elaborado por:

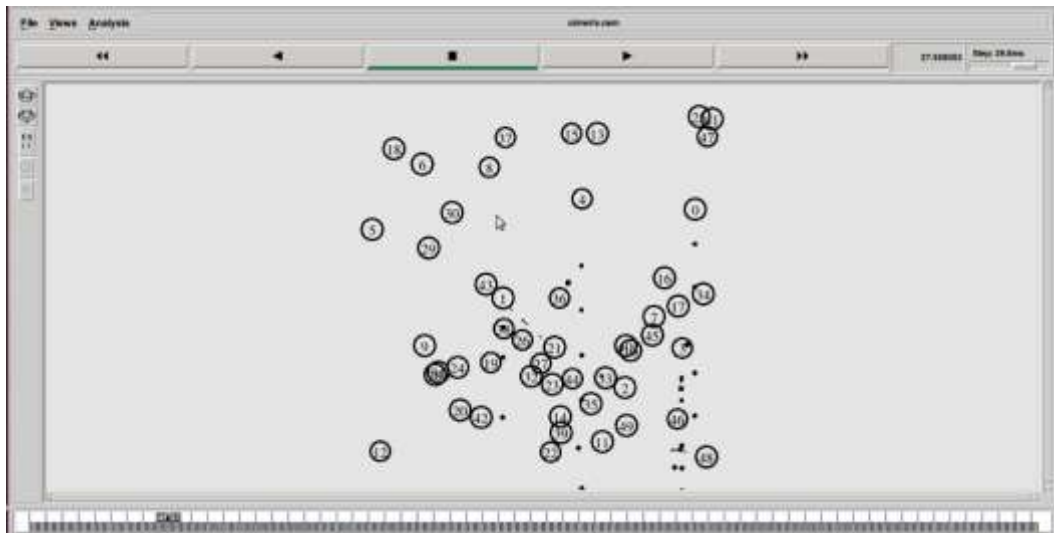


Figura 3. 8: 50 nodos después de la simulación
Elaborado por: Autor.

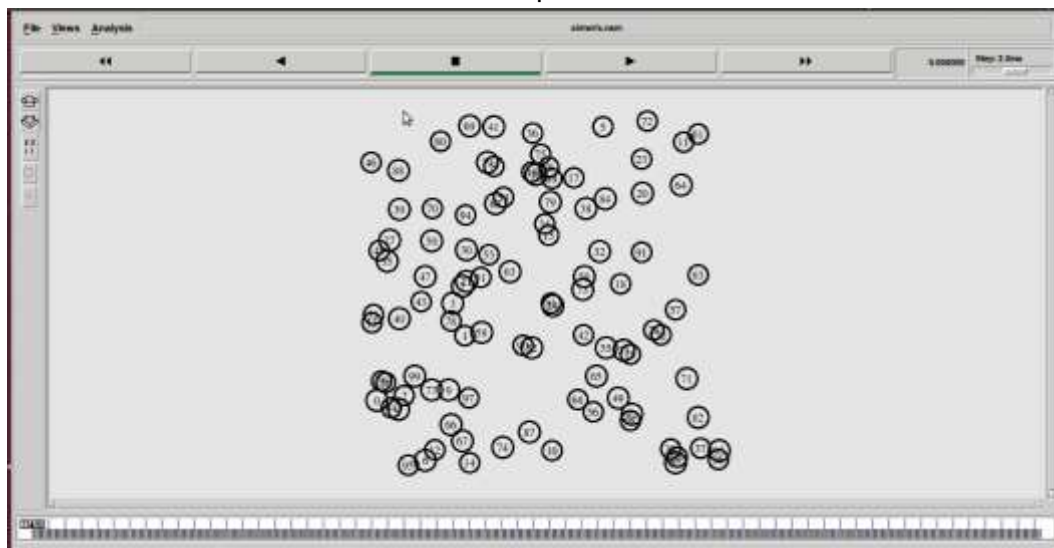


Figura 3. 9: 100 nodos antes de la simulación
Elaborado por: Autor.

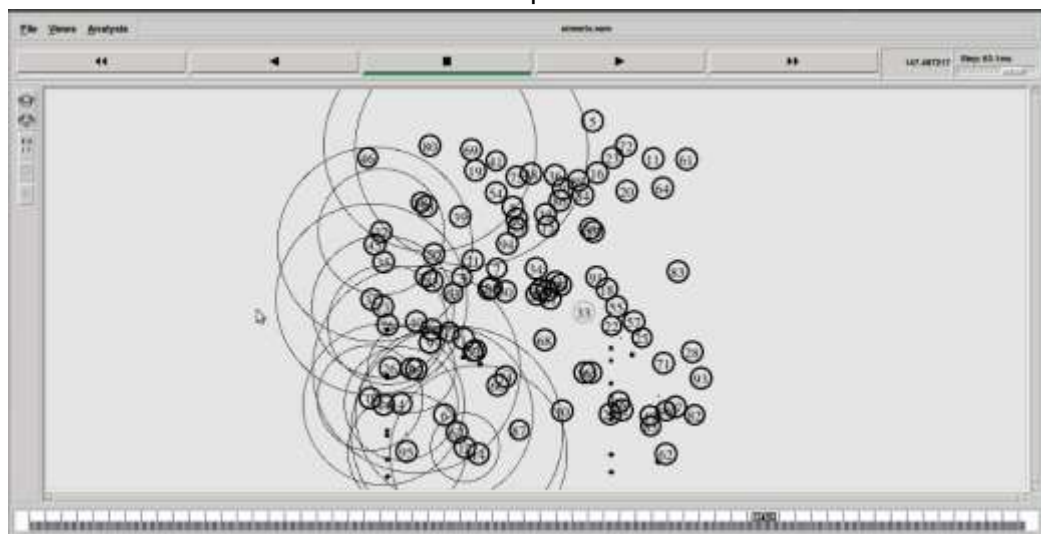


Figura 3. 10: 100 nodos después de la simulación
Elaborado por: Autor.

La figura 3.11 muestra la captura de pantalla del programa de evaluación ejecutado en NS-2.

```
nn is 75
num_nodes is set 75
warning: Please use -channel as shown in tcl/ex/wireless-mitf.tcl
INITIALIZE THE LIST xListHead
Loading mobility pattern.....
SORTING LISTS ...DONE!
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ_ and distCST_
highestAntennaZ_ = 1.5, distCST_ = 550.0
Packet Delivery Ratio: 80.975781%
Pkt Loss Ratio: 19.024219%
Throughput: 1990 Kbps
avg e-to-e delay: 636 ms
Routing Overhead: 75 KB
nn is 100
num_nodes is set 100
warning: Please use -channel as shown in tcl/ex/wireless-mitf.tcl
INITIALIZE THE LIST xListHead
Loading mobility pattern.....
SORTING LISTS ...DONE!
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ_ and distCST_
highestAntennaZ_ = 1.5, distCST_ = 550.0
Packet Delivery Ratio: 74.008707%
Pkt Loss Ratio: 25.991293%
Throughput: 1820 Kbps
avg e-to-e delay: 939 ms
Routing Overhead: 290 KB
```

Figura 3. 11: Captura de pantalla del programa de evaluación.
Elaborado por: Autor,

3.7.5. Capas físicas y MAC.

Los enrutadores de malla inalámbricos en la simulación están equipados con tarjetas inalámbricas compatibles con IEEE 802.11b y se utilizan las capas física y MAC de IEEE 802.11b.

3.7.6. Modelo de propagación por radio.

El popular modelo de propagación de radio dos rayos a tierra (Two-Ray Ground) se utiliza para modelar la comunicación inalámbrica. El modelo de dos rayos a tierra es un modelo de propagación de radio que predice la pérdida de ruta cuando la señal recibida consiste en el componente de línea de visión y el componente de ruta múltiple formado predominantemente por una sola onda reflejada en tierra. En la práctica, un único camino de línea de visión entre dos nodos móviles rara vez es el único medio de propagación. El modelo de reflexión de tierra de dos rayos considera tanto la ruta directa como

la ruta de reflexión de tierra. En general, este modelo ofrece predicciones más precisas a larga distancia que el modelo de espacio libre.

3.7.7. Antena omnidireccional

Una antena omnidireccional transmite y recibe señales por igual, en todas las direcciones. Es decir, una antena omnidireccional transmite señales en un ángulo de 360°. La ventaja de una antena de este tipo es que cubre todas las direcciones y proporciona conectividad en todas las direcciones, pero la desventaja es que, dado que la energía se dispersa en todas las direcciones, el alcance inalámbrico es algo limitado. Esto contrasta con las antenas direccionales que realizan la formación del haz en una dirección particular solamente, dando un rango más alto pero un grado limitado de cobertura.

3.7.8. Configuración de topología y tráfico

El tamaño de la red varía de 25 a 100 nodos, y cada topología comprende el número seleccionado de nodos distribuidos aleatoriamente en un área de 700m x 700m. Cinco nodos seleccionados aleatoriamente actúan como las fuentes de cinco flujos diferentes y otros cinco nodos seleccionados aleatoriamente actúan como los destinos de estos flujos.

3.7.9. Protocolos de enrutamiento y transporte.

En la capa de red, se comparan dos protocolos AODV y OLSR. En la capa de transporte, se utilizó el protocolo UDP. El rendimiento de los protocolos de enrutamiento se mide a través de métricas de rendimiento que incluyen el rendimiento, el retardo de extremo a extremo y la relación de entrega de paquetes. En general, a medida que aumenta la carga de tráfico, el protocolo de enrutamiento necesita transportar más datos a través de la red, lo que provoca más transmisiones en el medio inalámbrico, lo que resulta en más colisiones y pérdidas de paquetes.

Del mismo modo, la alta movilidad también reduce el rendimiento del protocolo de enrutamiento al involucrar rutas que cambian constantemente. El retardo de extremo a extremo también es mayor para las topologías móviles

de alto tráfico, ya que hay una gran cantidad de colisiones, lo que requiere retransmisiones más frecuentes en la capa de enlace, lo que resulta en largos retardos. En particular, el retardo de extremo a extremo también está estrechamente relacionado con el tamaño de la red, ya que una red grande tiene rutas más largas en promedio, lo que requiere más saltos y, en consecuencia, mayor retardo.

- Proporción de entrega de paquetes: el porcentaje de entrega de paquetes representa el porcentaje total de paquetes enviados desde los nodos de origen, que se reciben con éxito en los nodos de destino.
- Relación de pérdida de paquetes: el porcentaje de pérdida de paquetes (o relación) representa el número total de paquetes perdidos en la red entre los nodos de origen y destino.
- Rendimiento agregado: el rendimiento agregado es el número total de bytes recibidos en el destino dividido por la duración total del tiempo. Esto agrega todos los flujos en la red.
- Retardo de extremo a extremo: el retraso de extremo a extremo es el resultado promedio de cuánto tiempo tarda un paquete en ir del origen al destino.
- Gastos indirectos de enrutamiento: la medida de los paquetes de enrutamiento (sin datos) generados por el protocolo.

3.8. Descripción y motivación acerca de los escenarios de simulación de la red propuesta.

Para llevar a cabo la evaluación del desempeño, se varían los tres parámetros y se observa el impacto de esos parámetros en el desempeño de los dos protocolos. En general, a medida que aumenta el tamaño de la red, aumenta la longitud promedio de la ruta, y el protocolo de enrutamiento debe transportar los datos a través de un mayor número de saltos inalámbricos, lo que introduce más demoras y más probabilidad de colisiones, por lo tanto, el rendimiento se degrada. Además, un aumento en la carga también sobrecarga la red, ya que el medio inalámbrico es un medio compartido y el mecanismo de acceso múltiple con detección de portadora (CSMA) de las radios IEEE 802.11 es propenso a colisiones, especialmente en condiciones de alto tráfico.

Por lo tanto, el rendimiento del protocolo de enrutamiento empeora ante el aumento de la carga.

A medida que aumenta la movilidad, provoca cambios rápidos en la topología de la red mediante la cual los enlaces antiguos se rompen y se crean nuevos enlaces y rutas. Esto requiere que el protocolo de enrutamiento se adapte constantemente a la topología cambiante y esto generalmente degrada el rendimiento del protocolo de enrutamiento, ya que necesita actualizar las tablas de enrutamiento y crea paquetes de enrutamiento adicionales que causan más tensión en el medio inalámbrico.

3.8.1. Tamaño de red.

La red varía de 25 nodos a 100 nodos para estudiar la escalabilidad del protocolo de enrutamiento. Es extremadamente importante que un protocolo de enrutamiento funcione bien para redes grandes, así como para redes pequeñas. Al variar el tamaño, el objetivo es estudiar la escalabilidad del protocolo de enrutamiento en términos de qué tan bien aborda el mantenimiento de una gran cantidad de nodos y rutas.

El tamaño de la red varía de 25 nodos a 100 nodos en incrementos de 25 nodos. El área de simulación seleccionada es de 700mx700m, que proporciona suficiente espacio para que los nodos sean móviles y lo suficientemente separados para observar el impacto del enrutamiento de múltiples tiendas. El tamaño de la red varía para que el comportamiento de los dos protocolos escale con el tamaño de la red. Más importante aún, a medida que aumenta el tamaño de la red, aumenta la probabilidad de enlace (y rotura de ruta).

3.8.2. Carga de tráfico

Para estudiar el impacto de la carga de tráfico en el rendimiento de los protocolos, la carga de tráfico de entrada varía de 1 Mbps a 4 Mbps en incrementos de 1 Mbps mientras se mantienen constantes otros parámetros, como el tamaño de red y la movilidad. La carga de tráfico tensiona la red y

crea una carga adicional en la red inalámbrica y, por lo tanto, da una buena idea del rendimiento del protocolo en condiciones de carga pesada.

La carga de entrada varía porque a medida que aumenta la carga de la red, las colisiones en el medio inalámbrico también aumentan junto con las pérdidas de paquetes. Por lo tanto, es interesante ver el comportamiento de los dos protocolos a medida que aumenta la carga de la red.

3.8.3. Movilidad

La movilidad tiene un impacto significativo en el rendimiento de los protocolos de enrutamiento porque la movilidad provoca cambios en la topología de la red. Más precisamente, la movilidad provoca roturas de rutas y la creación de nuevas rutas, lo que obliga al protocolo de enrutamiento a converger nuevamente. Esto nos permite estudiar qué tan bien funciona el protocolo en términos de condiciones de red que evolucionan dinámicamente.

También varíe la movilidad de la red variando el tiempo de pausa de 5 segundos a 15 segundos. La movilidad es un criterio importante en la evaluación del rendimiento de los protocolos de enrutamiento ad-hoc. La alta movilidad crea estrés en la red en términos de roturas de ruta más altas, alta probabilidad de pérdida de paquetes. Por lo tanto, es interesante ver el rendimiento de los dos protocolos en diferentes escenarios de movilidad.

La pérdida de paquetes puede tener varias razones:

1. Colisión de paquetes: dos nodos envían paquetes al mismo tiempo.
2. Alta tasa de paquetes en el nodo de origen: si la tasa de generación de paquetes es mayor que el ancho de banda del enlace, algunos paquetes se pierden.
3. Tamaño de la cola de paquetes entrantes: si el tamaño de la cola entrante es bajo durante el enrutamiento, algunos paquetes pueden perderse debido a la cola completa.
4. Retraso de enrutamiento: si el nodo no puede encontrar una ruta al destino en un tiempo razonable, deja caer el paquete.

3.9. Velocidad de convergencia y libertad de bucle de OLSR y AODV

Estudiar la velocidad de convergencia del protocolo OLSR (o cualquier protocolo) observando el tiempo que le toma al protocolo llenar todas las tablas de enrutamiento en todos los nodos de la topología de la red. La sobrecarga de enrutamiento puede estudiarse contando el número de paquetes de enrutamiento que genera el protocolo durante la simulación. Estos paquetes son generados por el protocolo para el intercambio de información entre nodos en la red. La ausencia de bucles es una propiedad del protocolo de enrutamiento y ya es conocida, por ejemplo, OLSR y AODV son protocolos sin bucles, aunque ambos utilizan diferentes técnicas, por ejemplo, OLSR usa mensajes de control de topología, mientras que AODV usa números de secuencia para evitar bucles.

La velocidad de convergencia rápida significa que el protocolo actualiza rápidamente sus tablas de enrutamiento en todos los nodos de la red cuando cambia la topología o cuando se ejecuta por primera vez. Después de la convergencia, el protocolo está listo para realizar el enrutamiento real.

La ausencia de bucle se refiere básicamente al hecho de que no hay un bucle de enrutamiento en el protocolo. En un bucle de enrutamiento, el paquete se mueve en círculos debido a entradas incorrectas de la tabla de enrutamiento en diferentes enrutadores de la red. Los bucles de enrutamiento reducen la capacidad de la red y degradan significativamente el rendimiento.

El funcionamiento de AODV garantiza la ausencia de bucles, y al evitar el problema de "conteo hasta el infinito" de Bellman-Ford, el protocolo AODV ofrece una convergencia rápida cuando cambia la topología de la red ad-hoc, como en el caso de los nodos móviles o cuando un nodo se une o abandona la red. La libertad de bucle se garantiza mediante el uso de números de secuencia en los anuncios de Route Discovery. La regla básica es que solo un número de secuencia más nuevo puede reemplazar una entrada anterior en cualquier enrutador. Esto garantiza que no se formen bucles de enrutamiento.

El protocolo OLSR calcula y actualiza continuamente las rutas entre todos los nodos de la red. Para lograr esto, OLSR realiza un descubrimiento de bucle para cada nodo en cada ruta a los nodos de destino. En la convergencia, cada nodo llena una tabla de enrutamiento, que indica el nodo del siguiente salto para cualquier destino en la red. Este camino es único y sin bucles. Para realizar esta tarea, cada nodo transmite periódicamente mensajes de control de topología (TC) que contienen información del estado del enlace. Dado que estos mensajes TC se transmiten a toda la red, es necesario implementar un mecanismo de control de inundaciones.

3.10. Resultados de la evaluación del desempeño

En esta sección, se realiza una comparación de rendimiento de los protocolos AODV y OLSR variando el tamaño de la red, variando el tráfico y variando la movilidad y ofrece su comparación en términos de las métricas de evaluación seleccionadas.

Para probar las observaciones, se calcula el intervalo de confianza del 95% para la diferencia de muestra entre dos protocolos de enrutamiento. Si el intervalo de confianza muestra cero, se puede concluir que los protocolos de enrutamiento tienen casi el mismo rendimiento. Por ejemplo, el cálculo del intervalo de confianza del 9% para AODV y OLSR muestra resultados similares. Después de calcular la media (\bar{x}) para una diferencia por pares de las dos muestras de dos protocolos, se determinó la desviación estándar (σ) de la diferencia de la muestra. Como el número de muestras es 40, el intervalo de confianza del 95% de los dos protocolos será el siguiente:

$$I.C. = \bar{x} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde,

\bar{x} , es la media de la muestra

σ , es la desviación estándar de la población

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$, es el valor Z para el nivel de confianza deseado α (obtenido del área bajo la curva de la normal).

Este intervalo no incluye cero, se puede concluir con un intervalo de confianza del 95% que AODV es significativamente mejor que OLSR. El intervalo de confianza también se presenta en tablas.

3.10.1. Comparación de rendimiento de AODV y OLSR con diferentes tamaños de red.

La figura 3.12 muestra la comparación entre AODV y OLSR con respecto al rendimiento de entrega de paquetes para diferentes tamaños de red, es decir, 25 a 100 nodos. Inicialmente (25 nodos), el protocolo OLSR supera a AODV porque es de naturaleza proactiva y crea rutas por adelantado, mientras que AODV pierde algo de tiempo en crear rutas. La sobrecarga de OLSR es pequeña para topologías más pequeñas, sin embargo, para topologías más grandes, es decir, 50, 75 y 100 nodos, la sobrecarga de enrutamiento es significativamente mayor de OLSR lo que degrada el rendimiento, creando interferencia en la red y causando la pérdida de paquetes (véase la figura 3.13). Por otro lado, AODV crea una sobrecarga significativamente menor y, por lo tanto, causa menos colisiones incluso para topologías más grandes, logrando así una mejor PDR.

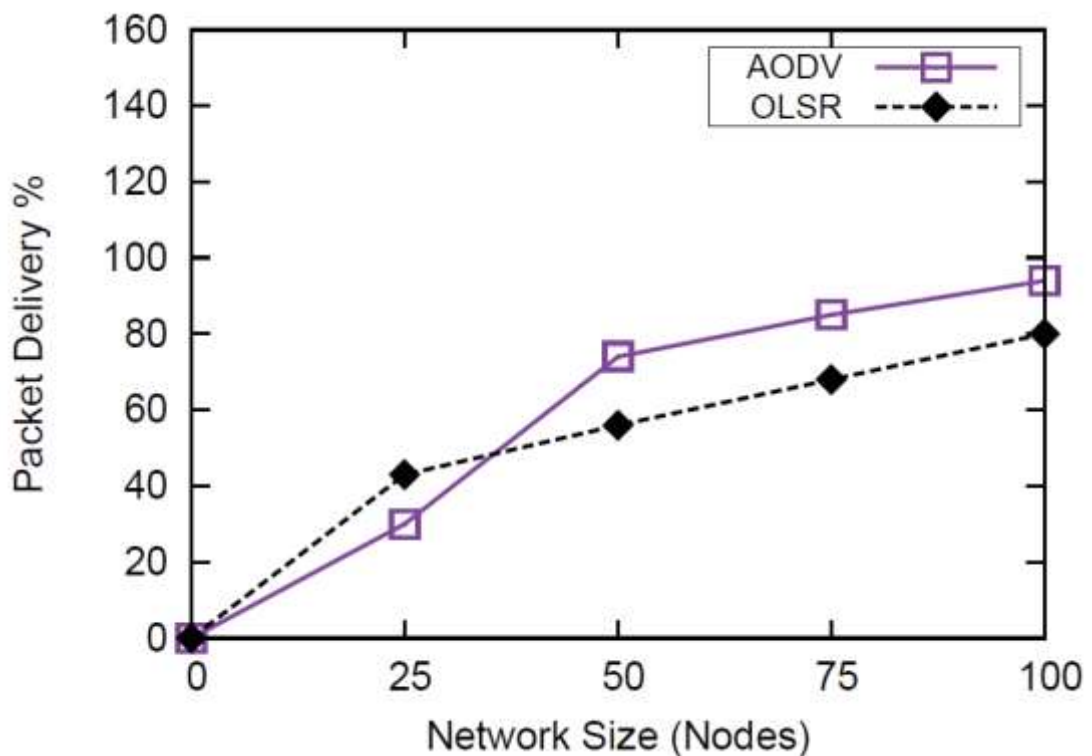


Figura 3. 12: Porcentaje de entrega de paquetes para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

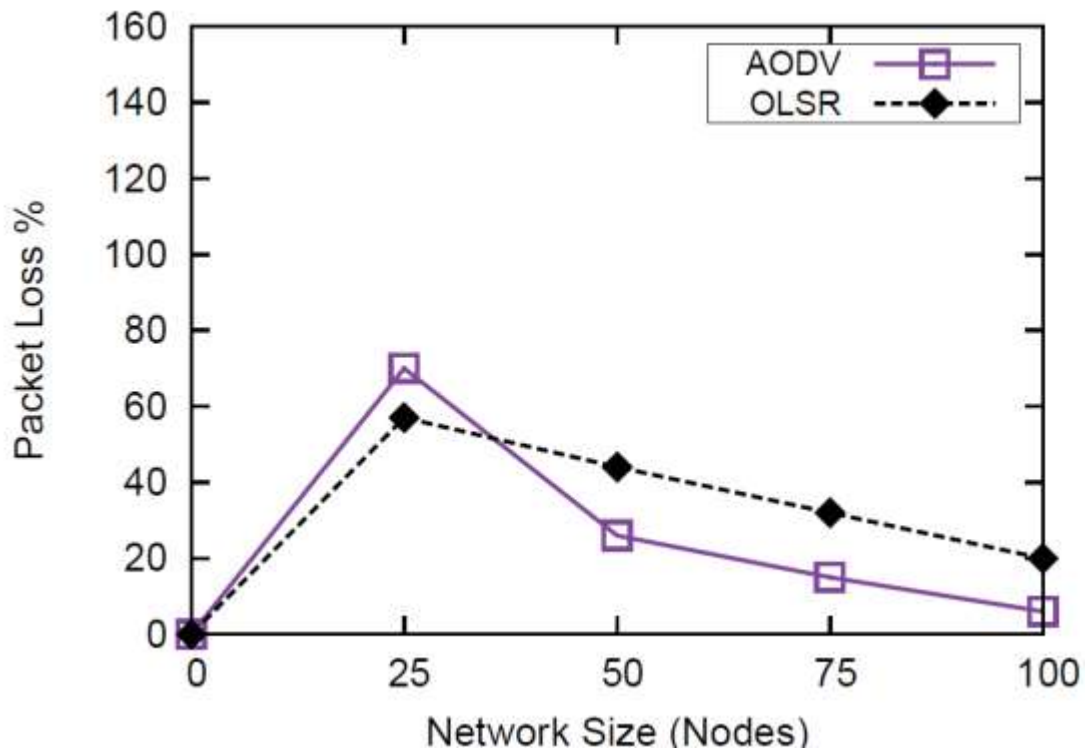


Figura 3. 13: Porcentaje de pérdida de paquetes para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

La figura 3.14 muestra la comparación del retardo de extremo a extremo de los dos protocolos. El retardo general de extremo a extremo para los dos protocolos es comparable, pero OLSR tiene un retardo ligeramente mayor en comparación con AODV. La razón principal es que, para topologías más grandes, OLSR crea más paquetes de enrutamiento debido a su naturaleza proactiva, lo que provoca colisiones y provoca retardos mayores en comparación con AODV, lo que genera una sobrecarga de enrutamiento similar para todas las topologías.

La figura 3.15 muestra la comparación de la sobrecarga de enrutamiento generada por los dos protocolos. El hecho de que OLSR sea un protocolo proactivo crea una sobrecarga de enrutamiento significativamente mayor, especialmente para topologías más grandes. OLSR genera muchos mensajes de HOLA y control de topología, lo que resulta en una sobrecarga mayor, mientras que AODV se basa en descubrimientos de ruta poco frecuentes que generan menos tráfico.

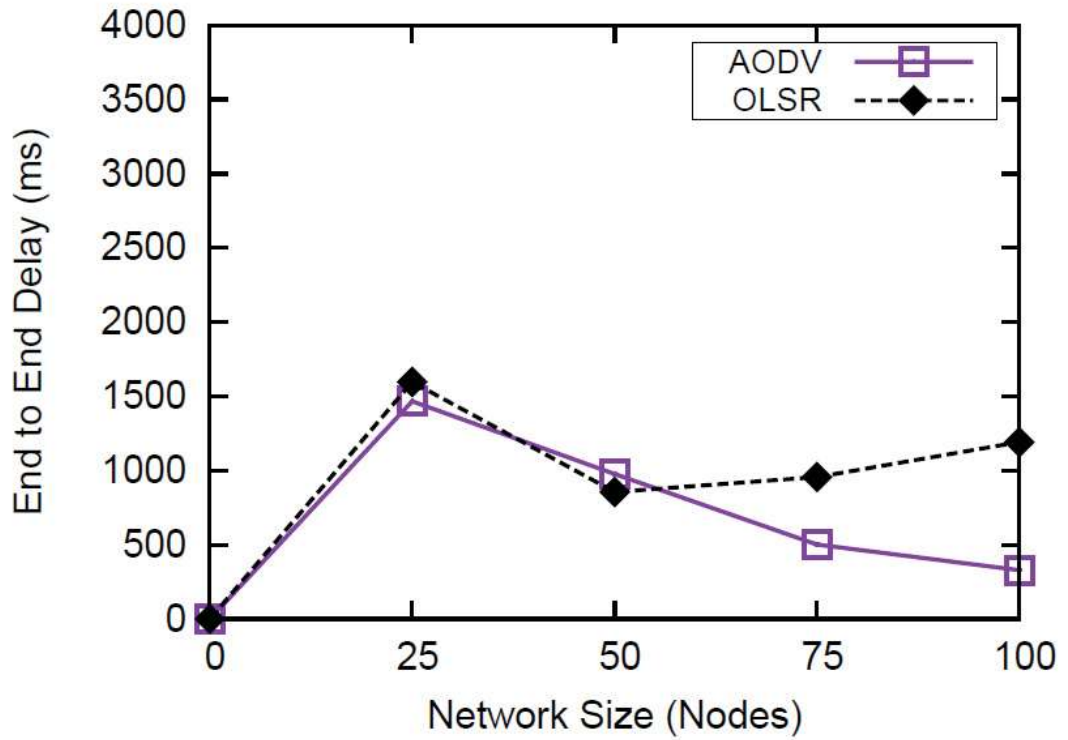


Figura 3. 14: Retardo de extremo a extremo para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

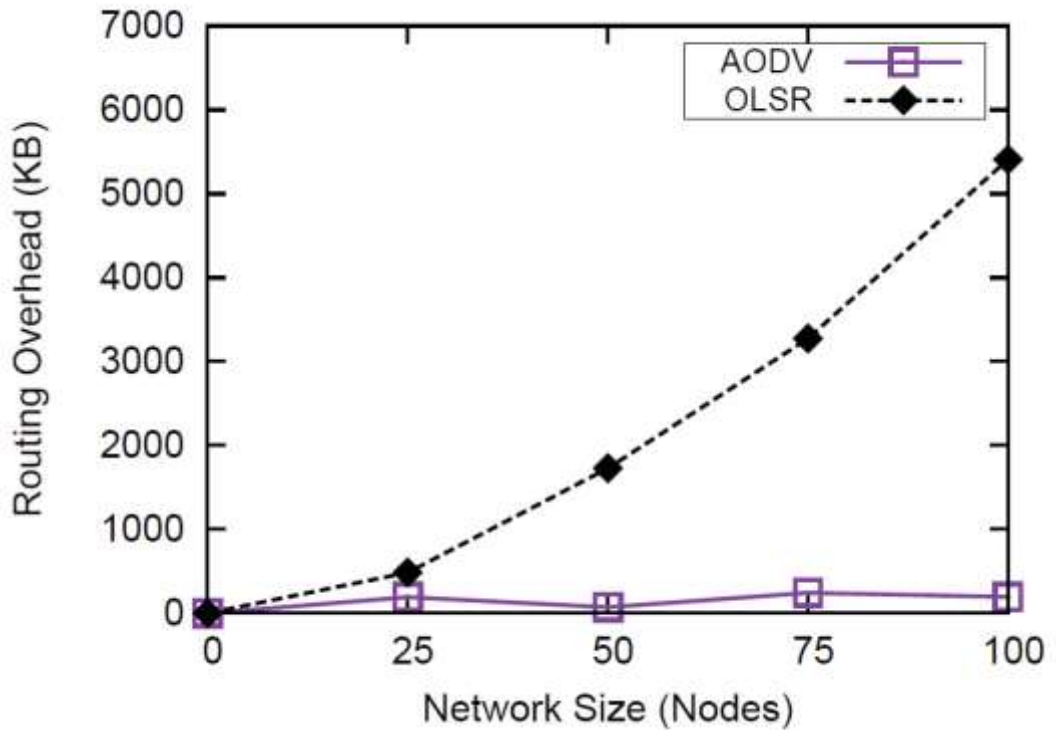


Figura 3. 15: Enrutamiento superior (Overhead) para los protocolos de enrutamiento AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

El rendimiento es otra representación de la relación de entrega de paquetes (véase la figura 3.16). AODV proporciona una mayor sobre todo para topologías más grandes porque tiene una sobrecarga de enrutamiento más pequeña en comparación con OLSR, lo que crea una gran sobrecarga para topologías más grandes.

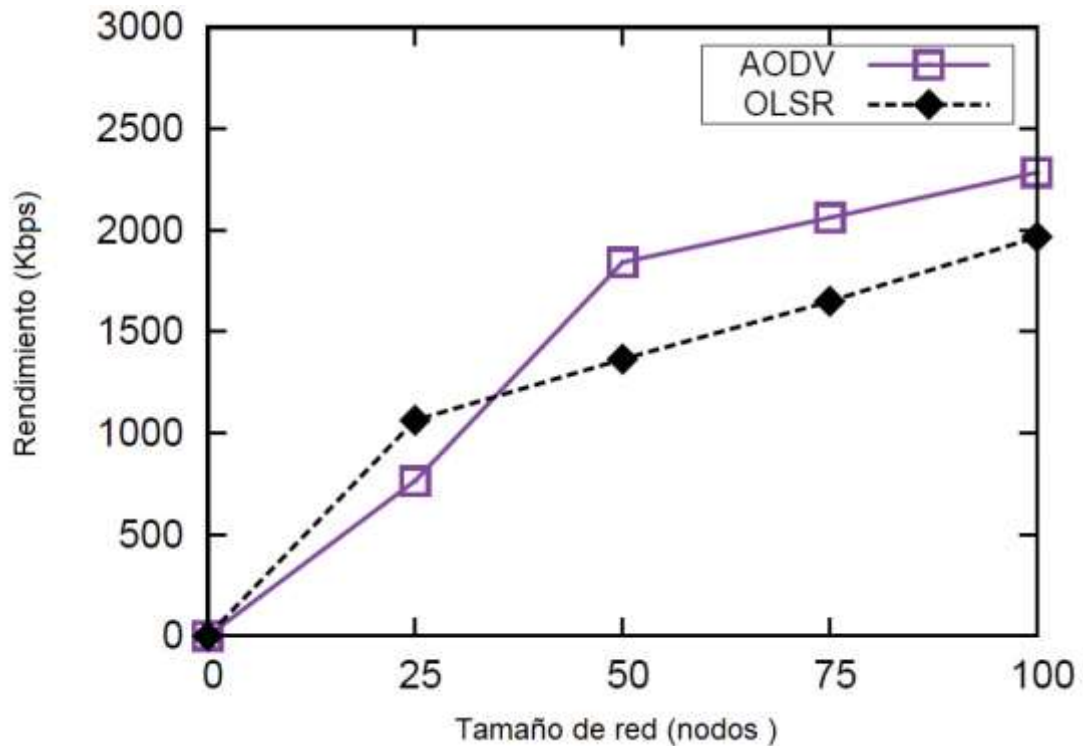


Figura 3. 16: Rendimiento para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

3.11. Comparación de rendimiento de AODV y OLSR con tráfico variable

A medida que varía la carga de tráfico, AODV funciona relativamente mejor que OLSR porque AODV es un protocolo reactivo que inicia el proceso de descubrimiento de ruta con poca frecuencia, mientras que OLSR genera tráfico de enrutamiento periódico (véase la figura 3.17). Además, la movilidad causa significativamente más cambios para OLSR (detección de vecinos, control de topología) en comparación con AODV. Los paquetes excesivos empeoran las condiciones de la red a medida que aumenta la carga y, por lo tanto, OLSR funciona peor que AODV. En general, el rendimiento de ambos protocolos se deteriora a medida que aumenta la carga (véase la figura 3.18). Por lo tanto, vemos una disminución en las tasas de entrega de paquetes y un aumento en las tasas de pérdida de paquetes para ambos protocolos.

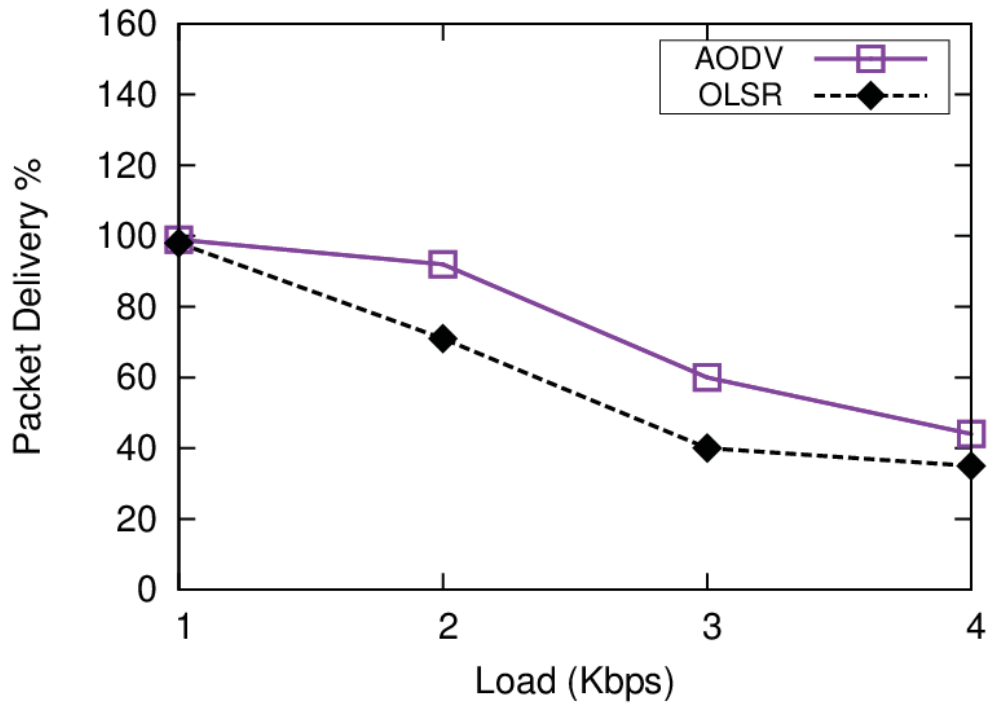


Figura 3. 17: Porcentaje de entrega de paquetes para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

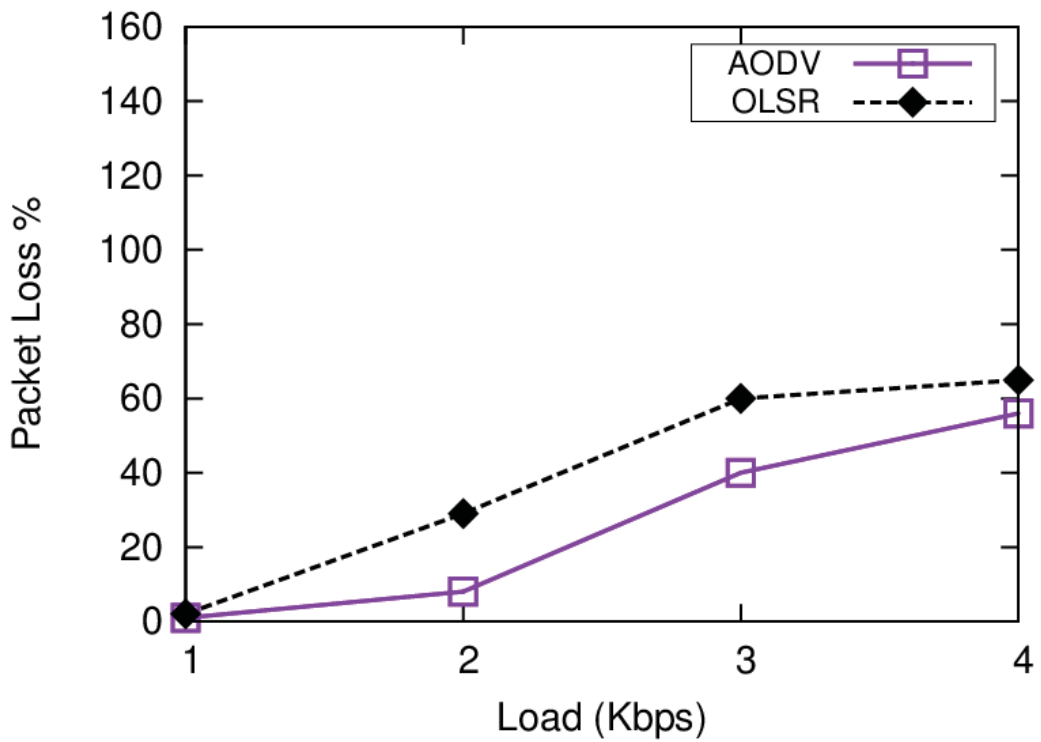


Figura 3. 18: Porcentaje de pérdida de paquetes para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

Ambos protocolos muestran un rendimiento comparable en términos de retraso de extremo a extremo, ya que la carga de tráfico aumenta en la red

(véase la figura 3.19). En general, vemos que ambos protocolos tienen retrasos crecientes a medida que aumenta la carga de tráfico porque el aumento del tráfico en el medio inalámbrico provoca colisiones que a su vez requieren retransmisiones en la capa MAC, lo que resulta en retrasos de extremo a extremo más grandes.

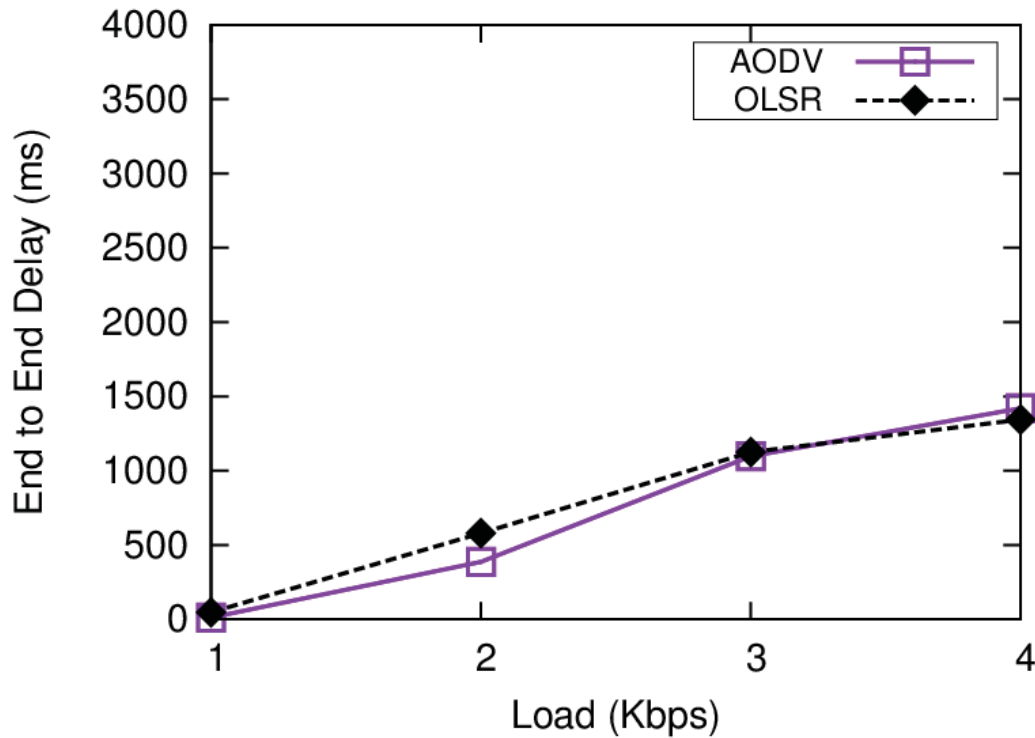


Figura 3. 19: Retardo de los protocolos AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

La mayor diferencia en términos de rendimiento de los dos protocolos proviene de la gran diferencia en la sobrecarga de enrutamiento de los dos protocolos (véase la figura 3.20). el protocolo OLSR en general genera una sobrecarga mayor que es un protocolo proactivo, mientras que AODV genera una sobrecarga menor, ya que crea rutas solo cuando es necesario.

También es interesante observar que aumentar el tráfico casi no tiene impacto en la sobrecarga de enrutamiento porque la sobrecarga de enrutamiento depende principalmente del tamaño de la red, que para esta simulación permanece constante.

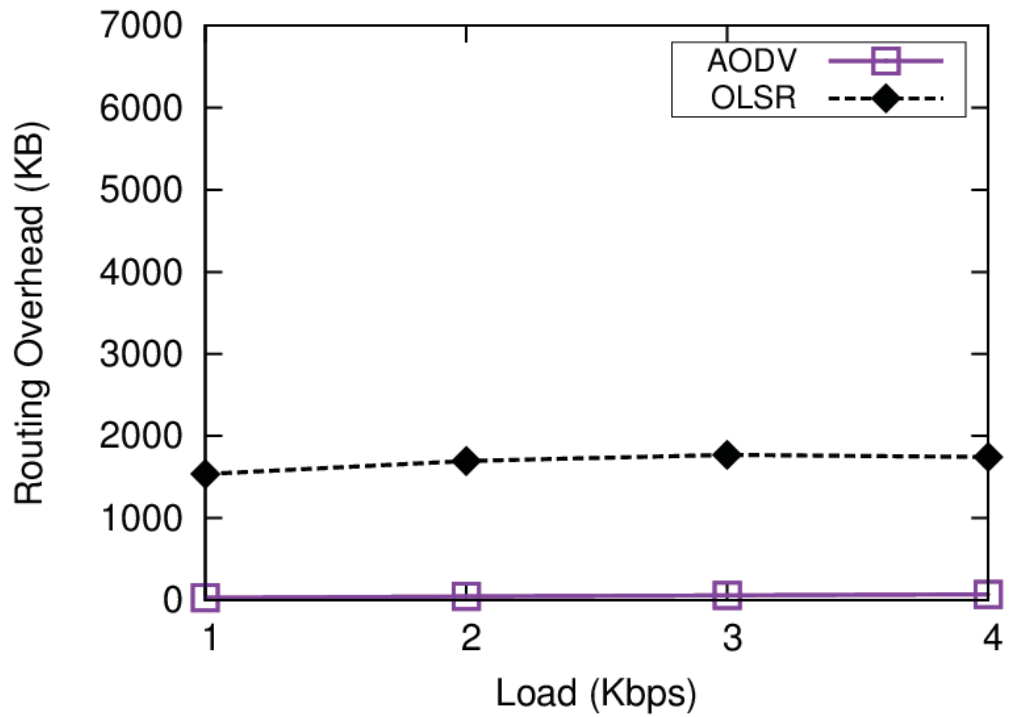


Figura 3. 20: Comparación de sobrecarga de enrutamiento para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

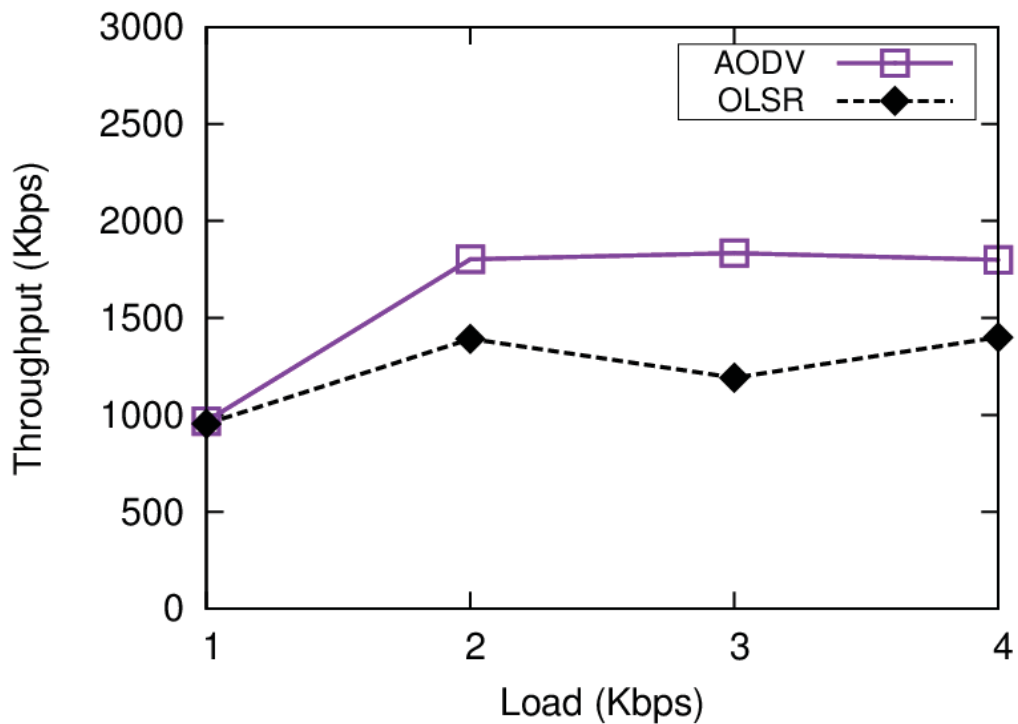


Figura 3. 21: Comparación de rendimiento para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

Similar a los resultados para la tasa de entrega de paquetes, el total obtenido con AODV es mayor que el de OLSR, principalmente debido al

problema de la sobrecarga de enrutamiento y una mayor tasa de colisión en OLSR a medida que aumenta la carga (véase la figura 3.21). En general, para ambos protocolos, el rendimiento aumenta a medida que aumenta la cantidad de tráfico inyectado en la red, tal como se puede apreciar en la figura 3.21.

3.12. Comparación de rendimiento de AODV y OLSR para movilidad variable

En términos de rendimiento, los dos protocolos muestran un rendimiento similar ya que la tasa de movilidad varía (tiempo de pausa de 5 a 15 s), tal como se muestra en la figura 3.22. Esto se debe principalmente a que los dos protocolos difieren significativamente cuando cambia el tamaño de la topología, pero para el caso de la movilidad, el tamaño de la topología es constante.

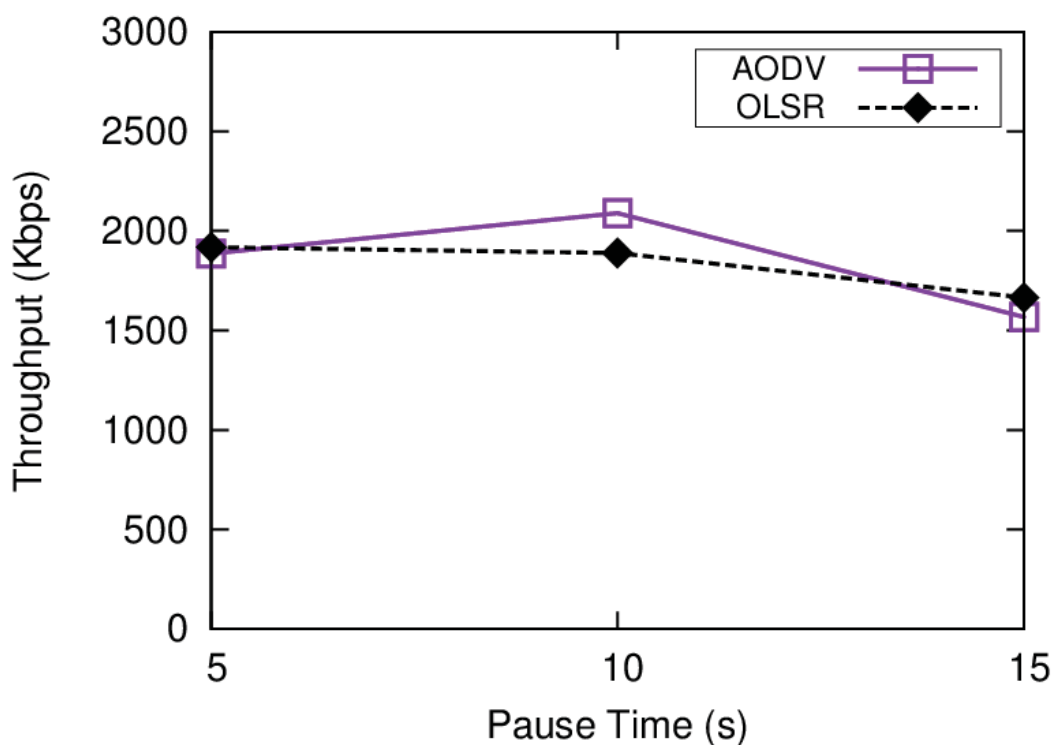


Figura 3. 22: Comparación de rendimiento para AODV y OLSR

Elaborado por: Autor.

En términos de retardo de extremo a extremo, el retardo permanece más o menos constante a medida que varía la movilidad (véase la figura 3.23). Ambos protocolos están bien equipados para manejar escenarios de movilidad y, por lo tanto, ofrecen un rendimiento aceptable. En términos de sobrecarga de enrutamiento, el punto importante a tener en cuenta es que la

sobrecarga de enrutamiento permanece más o menos constante para ambos protocolos con AODV que proporciona una sobrecarga de enrutamiento menor debido a su naturaleza reactiva, tal como se muestra en la figura 3.24. La sobrecarga permanece constante porque depende principalmente del tamaño de la red y no de la movilidad.

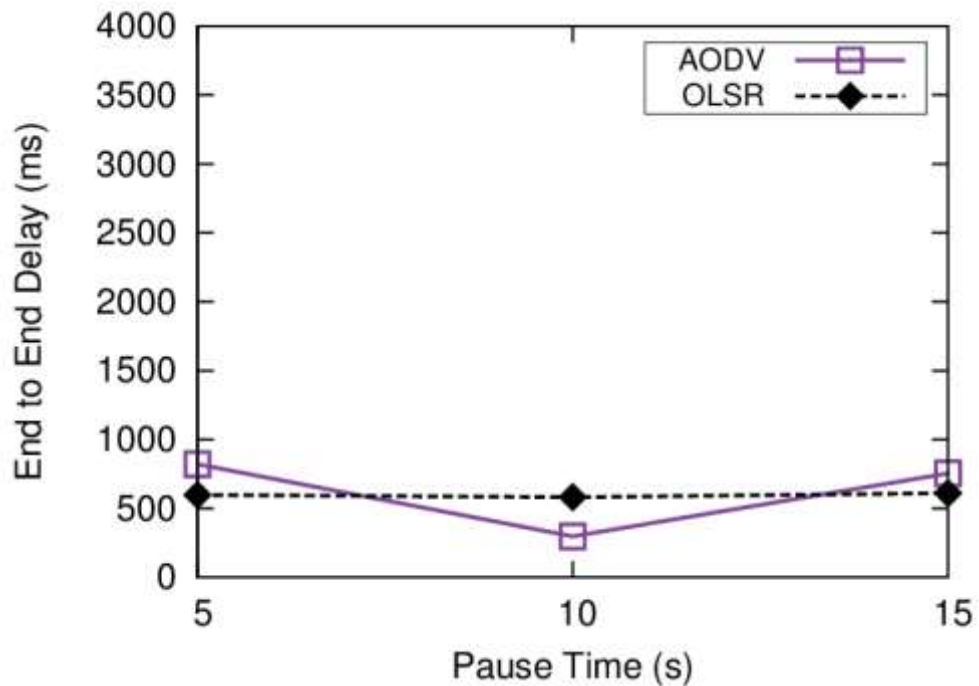


Figura 3. 23: Comparación de retraso de extremo a extremo para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

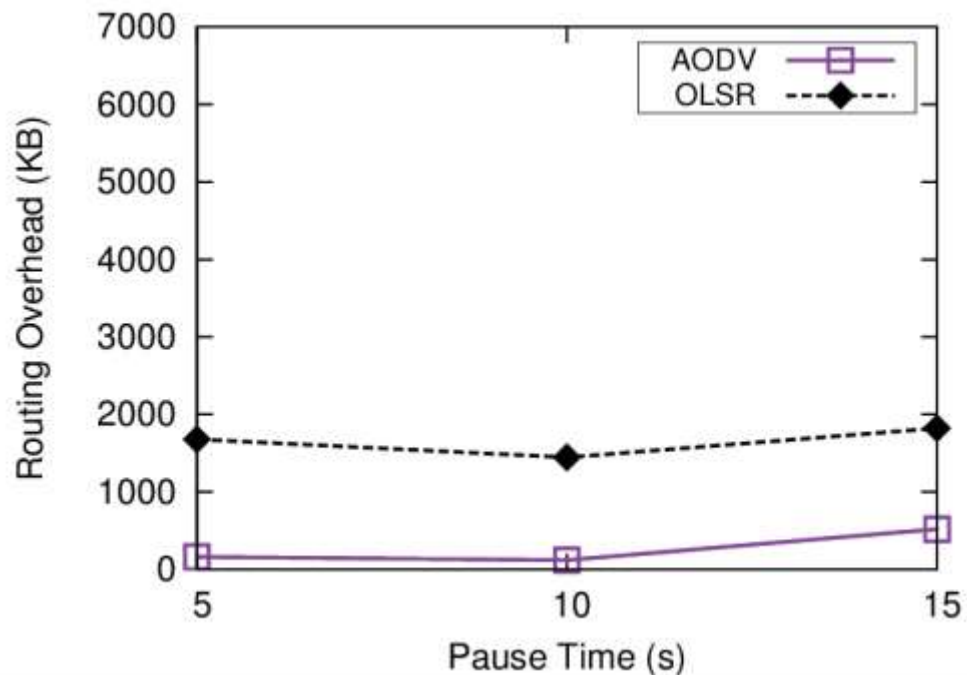


Figura 3. 24: Comparación de gastos generales de enrutamiento para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

En términos de entrega y pérdida de paquetes, nuevamente, ambos protocolos funcionan de manera más o menos similar porque el tamaño de la topología permanece constante y, por lo tanto, el número de paquetes de enrutamiento permanece más o menos constante, lo que proporciona un rendimiento constante y algo estable para ambos protocolos (ver figuras 3.26 y 3.27).

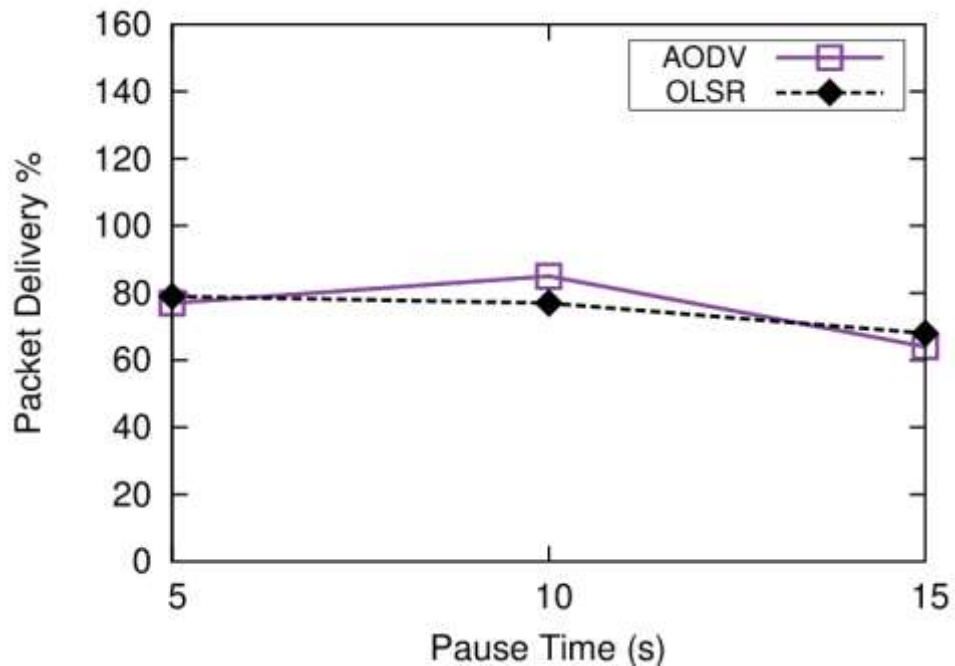


Figura 3. 25: Comparación de entrega de paquetes para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

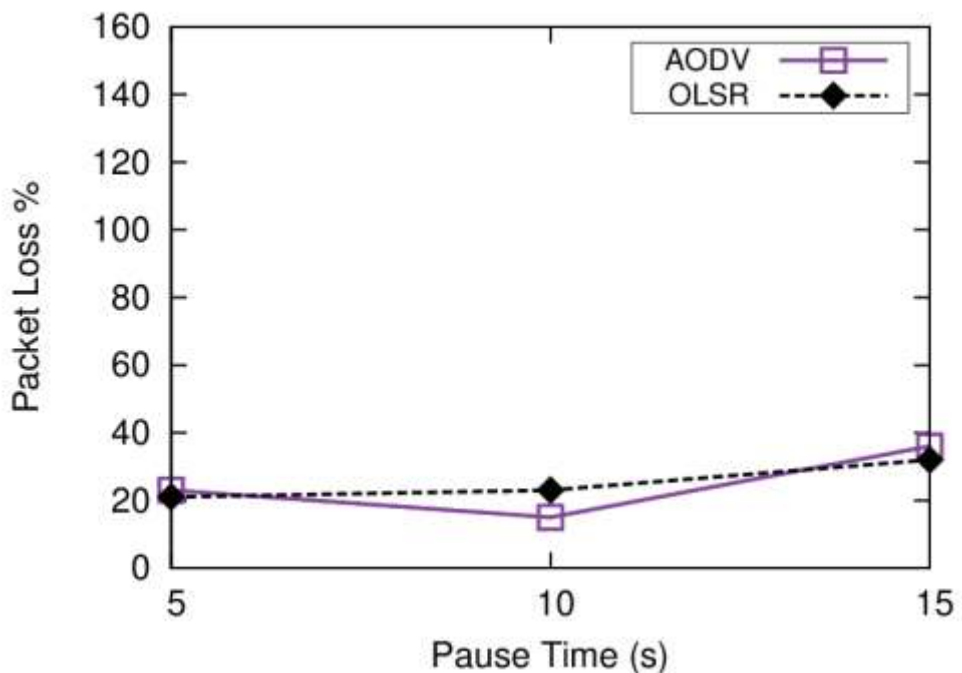


Figura 3. 26: Comparación de pérdida de paquetes para AODV y OLSR
Elaborado por: Autor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento AODV y OLSR. Este componente práctico, está basada en los resultados de la simulación, se realizó un análisis comparativo entre los protocolos de enrutamiento seleccionados AODV y OLSR y los resultados se documentaron. El rendimiento se ha evaluado en función de parámetros que tienen como objetivo descubrir los efectos de los protocolos de enrutamiento. Al comparar estos desempeños de protocolo, este trabajo justifica que el protocolo de enrutamiento AODV funcione mejor en comparación con OLSR en términos de:

1. Retardo de extremo a extremo
2. Rendimiento
3. Paquetes perdidos
4. Relación de entrega de paquetes
5. Sobrecarga (Overhead) de enrutamiento

AODV es un protocolo reactivo y crea una sobrecarga de enrutamiento muy baja debido a que descubre rutas solo cuando es necesario, OLSR es de naturaleza proactiva. Del análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento, el AODV supera al OLSR. El protocolo AODV tiene baja carga que OLSR respectivamente. De los resultados anteriores 4-3, 4-4, 4-5, 4-6 y 4-7, el comportamiento de todos los protocolos de enrutamiento en diferentes números de nodos móviles se puede ver qué protocolo de enrutamiento funciona bien.

En términos de tamaño de red, movilidad y carga de tráfico, AODV muestra mejores resultados que OLSR. A partir de los resultados simulados, se observó el comportamiento de todos los protocolos de enrutamiento para diferentes números de nodos móviles y llegamos a la conclusión de que el protocolo de enrutamiento AODV funciona bien.

El estudio de estos protocolos de enrutamiento muestra que el AODV es mejor en la red inalámbrica ad-hoc de acuerdo con los resultados de la

simulación, pero no es necesario que el AODV funcione siempre mejor en todas las redes. Su rendimiento puede variar variando la red. Al final llegamos al punto de que el rendimiento de los protocolos de enrutamiento varía con el tamaño de la red y la selección de protocolos de enrutamiento precisos de acuerdo con la red que finalmente influyen en la eficiencia de esa red de manera eficiente.

RECOMENDACIONES.

El trabajo futuro se trata del desarrollo de una versión modificada de los protocolos de enrutamiento seleccionados, que deben considerar diferentes aspectos de los protocolos de enrutamiento, como la tasa de establecimiento de una ruta más alta con menos rotura de ruta y la debilidad de los protocolos mencionados.

Bibliografía

- Gambhir, M., & Gambhir, S. (2014). Performance Analysis of OLSR and QoS Constraint OLSR in MANET. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 26–33.
- Gómez P., P. A., Posada P., G. A., & Vallejo V., M. A. (2014). Performance evaluation of AODV routing protocol for different scenario in wireless sensor networks. *Ingeniería y Desarrollo*, 32(1), 80–101.
- Gupta, A. K., Sadawarti, H., & Verma, A. K. (2013). Performance Analysis of MANET Routing Protocols in Different Mobility Models. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 5(6), 73–82. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2013.06.10>
- Ludeña-González, P., Torres, R., Quiñónez, M., & Cueva, S. (2017). Impacto de la sobrecarga en redes móviles ad hoc. *Enfoque UTE*, 8(4), 16–26. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n4.169>
- Nabou, A., Laanaoui, M. D., & Ouzzif, M. (2018). Evaluation of MANET Routing Protocols under Black Hole Attack Using AODV and OLSR in NS3. *2018 6th International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/WINCOM.2018.8629603>
- Praveen, K. S., Gururaj, H. L., & Ramesh, B. (2016). Comparative Analysis of Black Hole Attack in Ad Hoc Network Using AODV and OLSR Protocols. *Procedia Computer Science*, 85, 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.240>
- Shobha, K. R., & Rajanikanth, K. (2011). Enhanced AODV Routing Protocol for Mobile Adhoc Networks. En N. Meghanathan, B. K. Kaushik, & D. Nagamalai (Eds.), *Advances in Networks and Communications* (pp. 265–276). Springer Berlin Heidelberg.
- Sing-Borrajo, P. (2014). Performance evaluation of VoIP in MANET. *Iteckne*, 11(1), 7–16.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Saavedra Cortez, José Geovanny** con C.C: # 080439797-4 autor del Trabajo de Componente práctico de examen complejo: Análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando NS-2, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de septiembre del 2019

f. _____

Nombre: Saavedra Cortez, José Geovanny

C.C: 080439797-4

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando NS-2.		
AUTOR(ES)	SAAVEDRA CORTEZ, JOSÉ GEOVANNY		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. HÉCTOR IGNACIO, PACHECO BOHÓRQUEZ		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de septiembre del 2019	No. DE PÁGINAS:	38
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de Transmisión, Comunicaciones Inalámbricas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	REDES, AD-HOC, PROTOCOLOS, ENRUTAMIENTO, ENLACE, MANET		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente componente práctico fue desarrollar el análisis comparativo de los protocolos de enrutamiento vectorial bajo demanda y de estado de enlace optimizado para redes móviles Ad-hoc (MANET) utilizando el programa de simulación NS-2. En general, las redes inalámbricas ad-hoc han ganado recientemente una importante atención de investigación debido a su vasto potencial de aplicaciones en numerosos campos. De igual manera, el enrutamiento de múltiples saltos es un aspecto significativamente importante que determina, en gran medida, el rendimiento general de la red. Este documento se han propuesto dos protocolos de enrutamiento para el enrutamiento en redes inalámbricas ad-hoc con enfoque en la optimización de diferentes aspectos del enrutamiento de la red. En el capítulo 1, se presenta una breve reseña introductoria de redes MANETs, objetivo general y objetivos específicos del componente práctico. En el capítulo 2, se describe brevemente el estado del arte de MANET y de los protocolos AODV y OLSR. En el capítulo 3, se desarrolla los escenarios de simulación y se presentan los resultados obtenidos de la comparativa de AODV y OLSR.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +59396508723	E-mail: thesaa@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			