



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA
COMPUTACIÓN**

***DISEÑO DE TÉCNICAS, PARA LA
EFICIENTE TRANSMISIÓN DE CONTENIDO
WEB EN REDES INALÁMBRICAS AD-HOC***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA
(COMPUTACIÓN)**

P R E S E N T A:

CARLOS OMAR DE LA ROSA DELFÍN

DIRECTOR DE LA TESIS: DR. JAVIER GÓMEZ CASTELLANOS

MÉXICO, D.F.

2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

Seamos realistas y hagamos lo imposible

A mi esposa Vero:

Por que su amor me impulsa a seguir adelante cada día, por que con su comprensión y apoyo he logrado finalizar este trabajo de tesis.

A mis padres Carlos y Maricela:

Por el amor que todos los días me demuestran, por que siempre me han apoyado para llevar acabo los proyectos que inicio, por que sus enseñanzas siempre han sido sabias y por que los amo.

A mi hermana Mara:

Por que siempre que te necesito estas conmigo, por tu apoyo incondicional y por ese cariño que siempre hemos tenido.

A mis Abuelos Carlos y Sara:

Por su cariño y sus cuidados.

Agradecimientos

A Dios

Por que me ha permitido concluir uno más de mis propósitos.

A la UNAM

Por que en ella he aprendido que el conocimiento es para ayudar a las personas que lo necesitan.

Al Dr. Javier Gómez Castellanos

Por la confianza, el tiempo y el apoyo para realizar este trabajo de tesis.

A Laura Mata

Por su apoyo incondicional, por que siempre creyó en mí, me apoyo con sus sabios consejos, y me brindo la oportunidad de aprender de ella.

A Xavier Olivares

Por brindarme tú apoyo en los momentos más difíciles de la maestria.

A mis compañeros de maestria:

Marco, Martha, Paco, Humberto, Yasmine, etc., por que juntos trabajamos muy duro para lograr este objetivo.

A mis amigos y familiares

Por su apoyo y confianza.

Índice General

Índice de figuras	vi
Índice de tablas	viii
INTRODUCCIÓN	1
1 ANTECEDENTES	3
1.1 Modo infraestructura	3
1.2 Modo <i>ad-hoc</i>	4
1.3 Aplicaciones	5
1.4 Problemática	6
1.5 Hipótesis	6
1.6 Objetivo	7
1.7 Limitaciones	7
1.8 Estructura de la tesis	7
2 TÉCNICAS DE RUTEO EN MANET'S	9
2.1 Proactivos	9
2.2 Reactivos	10
2.2.1 AODV	10
2.2.2 DSR	11
2.3 QoS en Mobile Ad-Hoc Networks (MANET's)	11
2.4 Conclusiones	12

3	COMPORTAMIENTO DE MANET's AL TRANSMITIR CONTENIDO WEB	13
3.1	<i>QoS en Internet</i>	13
3.2	<i>MANET's e Internet</i>	14
3.3	<i>Escenario propuesto para el estudio</i>	14
3.3.1	<i>Simulación</i>	14
3.3.2	<i>Ns-2 (Network Simulator 2)</i>	14
3.3.3	<i>Emulador ns-2</i>	15
3.3.4	<i>Configuración del escenario a emular</i>	17
3.4	<i>Pruebas realizadas</i>	21
3.5	<i>Comportamiento</i>	21
3.6	<i>Conclusiones</i>	22
4	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 3 TÉCNICAS	23
4.1	<i>WAP (Wireless Application Protocol)</i>	23
4.2	<i>Primera técnica</i>	24
4.2.1	<i>Tipos de imágenes y publicidad</i>	25
4.3	<i>Segunda Técnica</i>	28
4.4	<i>Tercera Técnica</i>	29
4.5	<i>Conclusiones</i>	33
5	ANÁLISIS Y RESULTADOS	34
5.1	<i>Análisis de la primera técnica</i>	34
5.2	<i>Análisis de la segunda técnica</i>	35
5.3	<i>Análisis de la tercera técnica</i>	35
5.4	<i>Conclusiones</i>	42
6	ASPECTOS A CONSIDERAR	43
6.1	<i>Seguridad</i>	43
6.2	<i>Algoritmos del manejo de caché</i>	44
6.3	<i>Conclusiones</i>	45
7	CONCLUSIONES	46
	<i>Glosario</i>	47
	<i>Bibliografía</i>	48
	<i>Apéndice A</i>	50
	<i>A Entorno de la simulación</i>	50
	<i>A.1 Instalación del simulador ns-2</i>	50
	<i>A.2 Instalación del emulador ns-2</i>	51
	<i>A.3 Instalación de máquinas virtuales con UML (User Mode Linux)</i>	51

Índice de Figuras

<i>Figura 1. 1 Red hibrida</i>	2
<i>Figura 1. 2 Red inalámbrica tipo infraestructura</i>	4
<i>Figura 1. 3 Red inalámbrica tipo Ad-Hoc</i>	5
<i>Figura 1. 4 Aplicaciones de las redes hibridas</i>	6
<i>Figura 3. 1 Mode Opaque</i>	16
<i>Figura 3. 2 Mode Protocol</i>	17
<i>Figura 3. 3 Configuración con un solo equipo</i>	18
<i>Figura 3. 4 Configuración con 2 equipos</i>	19
<i>Figura 3. 5 Escenario final</i>	20
<i>Figura 3. 6 Escenario con 50 nodos</i>	20
<i>Figura 4. 1 Funcionamiento del protocolo WAP</i>	24
<i>Figura 4. 2 Imagen que será sustituida en las páginas Web 2.0 Kb</i>	25
<i>Figura 4. 3 Ejemplo de Banner publicitario</i>	25
<i>Figura 4. 4 Implementación de la primera técnica</i>	27
<i>Figura 4. 5 Escenario final</i>	28
<i>Figura 4. 6 Implementación de la segunda técnica</i>	28
<i>Figura 4. 7 Implementación de la primera técnica</i>	29
<i>Figura 4. 8 Implementación de la primera técnica</i>	30
<i>Figura 4. 9 Implementación de la primera técnica</i>	31
<i>Figura 4. 10 Escenario de 50 nodos y 1000m x 1000m</i>	32
<i>Figura 4. 11 Escenario de 200 nodos y 2000m x 2000m</i>	33
<i>Figura 5. 1 Gráfica que compara los tiempos de descarga utilizados en la primera técnica y tercera técnica</i>	35
<i>Figura 5. 2 Gráfica de los nodos que hacen contacto con un nodo que ya tiene las imágenes</i>	36

<i>Figura 5. 3 Gráfica que muestra los nodos que contienen las imágenes</i>	37
<i>Figura 5.4 Gráfica de los nodos que hacen contacto con el servidor</i>	37
<i>Figura 5.5 Gráfica de los nodos que hacen contacto con un nodo que ya tiene las imágenes</i>	38
<i>Figura 5. 6 Gráfica que compara el incremento de nodos que van adquiriendo las imágenes</i>	39
<i>Figura 5. 7 Gráfica de la página Web de Perl con 50 nodos</i>	40
<i>Figura 5. 8 Gráfica de la página Web de Perl con 200 nodos</i>	40
<i>Figura 5. 9 Gráfica de la página Web de cnn con 50 nodos</i>	41
<i>Figura 5. 10 Gráfica de la página Web de cnn con 200 nodos</i>	41

Índice de Tablas

<i>Tabla 3. 1 Páginas Web seleccionadas para la simulación</i>	21
<i>Tabla 3. 2 Tiempo, tamaño y número de archivos de las páginas descargadas</i>	22
<i>Tabla 3. 3 Comparación entre redes Ad-Hoc, infraestructura y LAN</i>	22
<i>Tabla 4. 1 Clasificación de banners</i>	26
<i>Tabla 5. 1 Tiempos de descarga de las páginas Web sin imágenes (Técnica 1)</i>	34
<i>Tabla 6.1 Principales características de los algoritmos utilizados en el manejo de cache</i>	45

INTRODUCCIÓN

En los últimos años junto con el desarrollo de Internet y los nuevos equipos de cómputo, las redes inalámbricas han tenido un gran impacto debido a la gran cantidad de usuarios que hacen uso de estas tecnologías. Una de las ventajas de una red inalámbrica es sin duda la movilidad de los usuarios. Podríamos aventurarnos a decir que el fenómeno que ocurre con las redes inalámbricas ha tenido un gran impacto en la sociedad en años recientes. En la actualidad se calcula que existen alrededor de 2 mil 700 millones de usuarios en todo el planeta, y parecería que la tendencia de las redes inalámbricas en cuanto a crecimiento es la misma. Así como la telefonía celular se ha convertido en un complemento de la telefonía básica, las redes inalámbricas lo son de las redes cableadas. El que existan redes inalámbricas no debe hacer suponer que van a remplazar a las redes de otras tecnologías. De acuerdo a las necesidades y características requeridas por los usuarios, éstas pueden ser una muy buena solución en la transmisión de datos, sobre todo si se requiere movilidad en un área no muy grande o donde sea complicado o costoso cablear una red. También respecto a los costos, resulta ser más barato ampliar una red con un dispositivo inalámbrico que tener que reestructurar toda la red cableada, pero hay que recordar que todo esto depende de las necesidades del usuario.

Las redes Ad-Hoc son un tipo de redes inalámbricas que brindan la posibilidad de tener comunicación entre distintos nodos sin la necesidad de que un nodo o dispositivo administre la red. Los nodos que conforman la red Ad-Hoc son los encargados de administrar la red. En la actualidad este tipo de redes ha tenido poca aceptación en el mercado y principalmente se utilizan en aplicaciones en las que se transmite poca información, o información muy detallada, ya que por su configuración se enfrentan a problemas de ancho de banda limitado, pérdida de paquetes, etc.

Las redes híbridas son la combinación de los distintos tipos de redes que existen y crean la posibilidad de que el uso del Internet llegue a más usuarios. Con el desarrollo que ha tenido Internet se vuelve necesario que los dispositivos móviles tengan acceso a Internet y en especial al contenido Web y servicio de correo-electrónico. La implementación de redes híbridas crea la posibilidad de extender el acceso a Internet y a su contenido, sin embargo siempre hay que considerar las restricciones con las que cuenta cada tipo de red. En la figura 1.1 se muestra un ejemplo donde se ve la combinación de redes

cableadas, infraestructura y Ad-Hoc, en la cual se puede brindar el servicio de Internet a un equipo que esté fuera del área de una red de tipo Infraestructura.

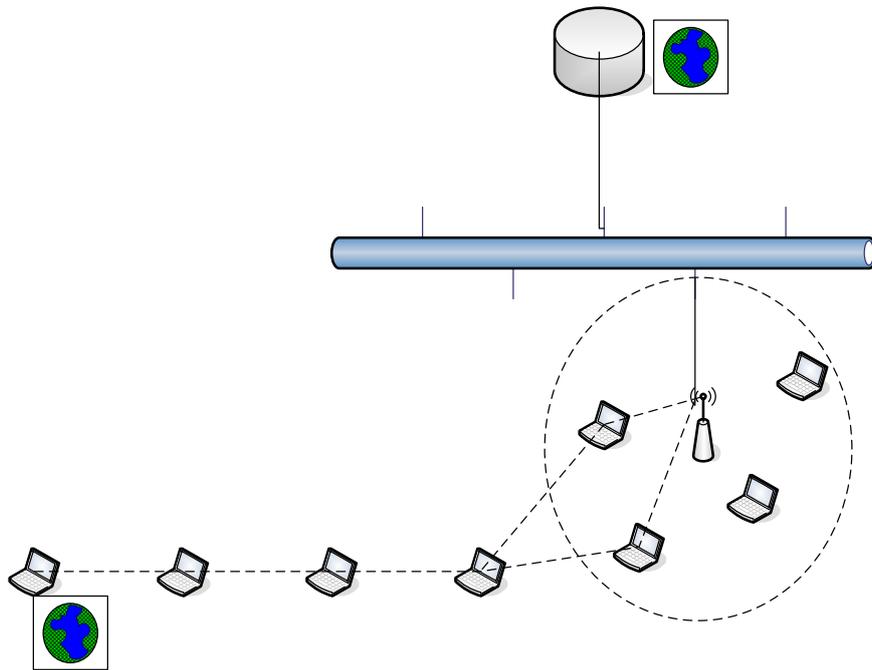


Figura 1. 1 Red híbrida

Ad-Hoc

Capítulo 1

1. ANTECEDENTES

Cuando se habla de redes inalámbricas, se debe pensar en dispositivos que utilizan un cierto ancho de banda del espectro electromagnético para poder comunicarse. Cada diferente tecnología inalámbrica trabaja en distintos rangos de frecuencia a las cuales les corresponde un ancho de banda determinado. Una de las bandas más utilizadas, ya que es de licencia gratuita, es la ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) la cual opera en el rango de frecuencias de 2.4 y 5 GHz. El único requerimiento para utilizar la banda ISM es que los dispositivos cumplan ciertas restricciones de potencia y modulación.

Como ha ocurrido con toda la tecnología existente, hace algunos años no existía un estándar para las redes inalámbricas por lo que cada fabricante decidía cómo operaban sus equipos y en qué banda transmitían. Por esta razón muchos dispositivos no eran compatibles y para resolver la problemática la IEEE ha estandarizado algunas tecnologías. Uno de sus principales proyectos es el 802 que se encarga de todo lo relacionado con redes LAN. Uno de los grupos que ha tenido mayor éxito es el de 802.3, el cual es el encargado de las redes Ethernet, mientras que para las redes inalámbricas (LAN) se crea el grupo de trabajo 802.11. Éste se ha venido desarrollando desde 1997 que es cuando surge el primer estándar, y a partir de ese año se ha venido dividiendo en otros grupos de trabajo para estudiar diferentes tecnologías.

Las configuraciones típicas de una red inalámbrica son de modo infraestructura y Ad-Hoc, aunque también se pueden configurar haciendo una combinación de ambas.

1.1. MODO INFRAESTRUCTURA

Como mínimo se debe disponer de un AP (*Access Point*), que es el dispositivo que controla la red, las estaciones inalámbricas no se pueden comunicar directamente, todos los datos deben pasar a través del AP y todas las estaciones que desean enviar información deben estar en el rango de transmisión del AP. En la figura 1.2 se muestra el esquema de una red de infraestructura.

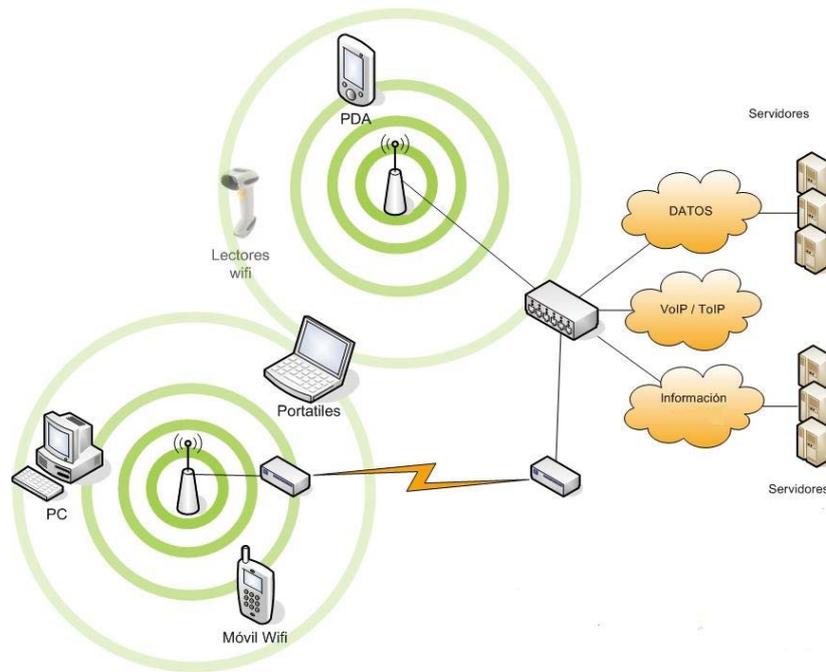


Figura 1. 2 Red inalámbrica tipo infraestructura

La mayor parte de la tecnología y aplicaciones que se han desarrollado son para redes de tipo infraestructura, en este tipo de redes se han alcanzado velocidades de hasta 54 Mbps,

1.2. MODO AD-HOC

Las redes Ad-Hoc, también conocidas como MANETs (*Mobile Ad hoc Networking*), son redes inalámbricas que no requieren ningún tipo de infraestructura fija ni administración centralizada. Los nodos que las constituyen deben proporcionar servicios de encaminamiento, retransmitiendo paquetes entre aquellos nodos que no tienen conexión inalámbrica directa.

Las redes Ad-Hoc presentan cambios de topologías frecuentes e impredecibles debido a la movilidad de sus estaciones. Estas características impiden la utilización de protocolos de enrutamiento desarrollados para redes cableadas y crean nuevos retos de investigación que permitan ofrecer soluciones de enrutamiento eficientes que superen problemas como topología dinámica, ancho de banda limitados, etc. En la figura 1.3 se muestra el esquema de una red Ad-Hoc.

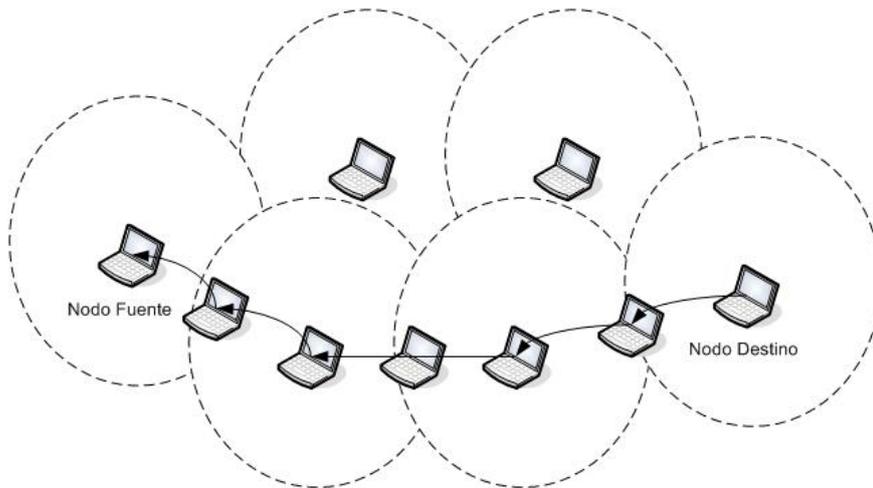


Figura 1. 3 Red inalámbrica tipo Ad-Hoc

1.3 APLICACIONES DE LAS REDES HÍBRIDAS (INFRAESTRUCTURA + AD-HOC)

Por las características que presentan las redes Ad-Hoc han sido de un gran interés para el uso militar. Algunas de las investigaciones más avanzadas se han desarrollado en la agencia de proyectos de investigación avanzada para la defensa DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) del ministerio de defensa de Estados Unidos.

Uno de los ejemplos clásicos donde se ve la utilidad de las redes Ad-Hoc es en las reuniones de trabajo, en donde un grupo de personas con computadoras personales (Lap-top's o PDAs), que pertenecen a distintas empresas o instituciones necesitan compartir información. Otro ejemplo es en poblaciones aisladas donde la infraestructura no existe o por situaciones de emergencia o desastre no se cuenta por el momento con los dispositivos necesarios para la conexión.

Un motivo importante por el cual una red Ad-Hoc puede ser ventajosa es el costo, aunque exista una infraestructura de red lo más probable es que cobren por su uso, mientras que si se tienen los equipos configurados en modo Ad-Hoc se dispondrá de una red sin costo adicional.

En la UNAM existe la RIU (Red Inalámbrica Universitaria), cuyo objetivo es proporcionar acceso a Internet en puntos clave de Ciudad Universitaria y las escuelas periféricas a través de redes inalámbricas de tipo infraestructura. Si se utilizara la RIU como salida a Internet y redes Ad-Hoc que hagan uso de ésta para tener acceso a contenido Web, se podría cubrir una extensión más grande sin necesidad de implementar más puntos de acceso al campus universitario. Como se muestra en la figura 1.4 las redes Ad-Hoc se apoyarían de la RIU para un acceso rápido a Internet.



Figura 1. 4 Aplicaciones de las redes híbridas

1.4 PROBLEMÁTICA

Las problemáticas a las que se enfrentan los nodos móviles (Lap-top's) al querer transmitir contenido Web incluyen la topología propia de la red Ad-Hoc (donde el ancho de banda es limitado), las estaciones se mueven de un lugar a otro y hay que agregar que las páginas Web que se desarrollan hoy en día contienen una gran cantidad de imágenes y publicidad. Tener que transmitir una excesiva cantidad de datos entre los nodos genera mucho tráfico, disminuyendo de forma considerable el rendimiento de la red. Esto hace que la descarga de contenido Web sea muy lenta afectando al usuario final.

1.5 HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea es que si se disminuye el número de imágenes, se quita la publicidad de las páginas Web, se transmiten las imágenes bajo demanda o en tiempo no real podemos hacer más eficiente la transmisión del contenido Web en redes Ad-Hoc.

1.6 OBJETIVO

Analizar y diseñar técnicas que permitan obtener un mejor rendimiento al transferir información Web a través de redes Ad-Hoc donde los nodos son lap-top's, mejorando factores como retardo de paquetes, rendimiento (throughput¹) y pérdida de paquetes en el envío de información Web.

1.7 LIMITACIONES

Una de las limitaciones a la que nos enfrentamos para estudiar este tipo de redes son el número de computadoras que necesitamos, por lo que se utilizará un simulador de redes inalámbricas que permita emular la inyección de tráfico real para realizar los estudios y pruebas necesarias, otra limitación es el aspecto de seguridad en redes Ad-Hoc que se menciona en el capítulo 6.

1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En esta tesis se estudiará el comportamiento que tienen las redes inalámbricas de tipo Ad-Hoc cuando se transmite contenido Web entre sus nodos, y se propondrán y evaluarán técnicas que permitan mejorar el envío de contenido Web. Con el mejor de mis conocimientos no existe ningún estudio similar en la literatura especializada, sin embargo es importante revisar el protocolo WAP que intenta resolver un problema similar pero para telefonía celular.

En el capítulo 2 se estudiará como se establece la comunicación entre los nodos para poder transmitir, es decir, los tipos de protocolos de enrutamiento que existen para redes Ad-Hoc. Protocolos como RIP (*Routing Information Protocol*) y OSPF (*Open Shortest Path First*) que se usan comúnmente en Internet, están diseñados para soportar cambios en los enlaces que no sean frecuentes, como la desconexión o fallo de un equipo. Sin embargo, estos protocolos no están diseñados para trabajar en redes Ad-Hoc, ya que los movimientos en los nodos y los cambios de dirección o de ruta de los dispositivos que integren la red siempre están en constante cambio.

Además, la forma de trabajar de los protocolos de enrutamiento convencionales no están diseñados para considerar aspectos particulares de las redes Ad-Hoc, como el ancho de banda limitado o que los dispositivos que conforman la red cuentan con baterías. Esto impide implementar los protocolos convencionales como RIP y OSPF en redes Ad-Hoc

En el capítulo 3 se utilizará un simulador de redes inalámbricas y como un complemento un módulo que permite inyectar tráfico Web real al simulador. Con estas herramientas se diseñarán e implementarán los escenarios que nos permitan evaluar el comportamiento de intercambio de contenido Web en las redes Ad-Hoc. Se trabajará con modelos estáticos y dinámicos, así como conexiones de tráfico real y simulado que nos permitan hacer lo más real que se pueda el comportamiento de las redes. Se

¹ Es el volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema, en los cuales el rendimiento es medido en unidades como accesos por hora.

realizará un estudio con las 10 páginas Web más solicitadas en México, en donde se pretende demostrar la mala calidad que proporcionan las redes híbridas para este tipo de aplicaciones.

En el capítulo 4 se diseñarán e implementarán tres técnicas que permitan mejorar los tiempos de descarga de las páginas Web en redes Ad-Hoc. Tal vez lo más parecido de nuestro trabajo es el relacionado con la transmisión de contenido Web en telefonía celular, también conocido como WAP (*Wireless Application Protocol*), que precisamente surge para crear un estándar abierto que permita ofrecer aplicaciones Web a los dispositivos móviles, principalmente teléfonos celulares.

El protocolo WAP ha tenido que considerar los factores que limitan a las redes móviles en la transmisión de contenido Web, como pantallas significativamente más pequeñas que las de un ordenador personal, teclados más limitados, limitaciones en la memoria, tanto RAM² como de almacenamiento, y limitaciones en la capacidad del procesador. Todo esto en comparación con la memoria y procesador de una PC o Lap-top. También hay que recordar que las redes de telefonía móvil ofrecen anchos de banda más limitados que los de un DSL (*Digital Subscriber Line*).

WAP ha logrado superar todas estas limitantes, sin embargo, por estar diseñado únicamente para telefonía celular no se puede implementar en otro tipo de redes como las Ad-Hoc, ya que su infraestructura es completamente diferente. Por esta razón se tomarán algunas técnicas que implementa el protocolo WAP, y aprovechando algunas capacidades que normalmente tienen los nodos (si es que pensamos en Lap-tops) como más memoria y capacidad de procesamiento, se podrá mejorar la transmisión de contenido Web en redes Ad-Hoc.

En el capítulo 5 se presentara un análisis de las tres técnicas propuestas así como los resultados obtenidos con la implementación de las mismas.

Es importante considerar algunos aspectos en el desarrollo de estas técnicas que se presentan en el capítulo 6, como la seguridad, ya que en la actualidad las redes Ad-Hoc por su principio de operación requieren que todos los nodos sean confiables para permitir el buen funcionamiento de la red.

Por último, en el capítulo 7 se presentan las conclusiones de este trabajo de tesis.

² Random Acces Memory

Capítulo 2

2. TÉCNICAS DE RUTEO EN MANET'S

Una de las características principales de las redes Ad-Hoc o MANET'S es que no tienen una infraestructura fija, lo que permite a los nodos moverse libremente. Los nodos de una MANET sólo pueden comunicarse de forma directa con los nodos que estén dentro de su rango de transmisión¹. Por lo que para comunicarse con un nodo que no esté dentro de su rango de transmisión tendrá que ayudarse a través de los nodos que sí se encuentran dentro de su rango, de esta forma cada nodo tiene la función de un router.

En el enrutamiento de tipo unicast existen tres tipos de protocolos: los proactivos, reactivos e híbridos, que son una combinación de los dos primeros.

2.1. Proactivos

En el desarrollo de nuevas técnicas para enrutar paquetes en redes Ad-Hoc, aparecen los protocolos proactivos a mediados de los 90's. Su principal característica es que cada nodo siempre guarda información sobre las rutas hacia todos los nodos de la red. Esta característica puede resultar en una desventaja, ya que puede consumir mucho ancho de banda en la actualización de la información. Sin embargo, una de sus ventajas es que la latencia resulta muy baja, pues siempre se conoce la ruta para llegar a los nodos que se requiera enviar información.

Existen varios protocolos que utilizan esta técnica² como CGSR(*Clusterhead Gateway Switch Routing*), WRP(*The gíreles Routing Protocol*), OLSR(*Optimizad Link State Routing*), TBRPF(*Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding*) y uno de los más utilizados que además se incluye en los protocolos del simulador ns-2 es DSDV (*The Destination Sequenced Distance-Vector Routing Protocol*).

¹ IEEE 802.11 "250 metros en espacios abiertos sin obstáculos."

² *A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks*.
Elizabeth M. Royer, University of California, Santa Barbara
Chai-Keong Toh, Georgia Institute of Technology

2.2. Reactivos

Esta técnica también es conocida como bajo demanda, ya que es lo contrario a los proactivos. Éstos buscan sólo las rutas cuando las necesitan, lo que implica un mayor rendimiento en el ancho de banda. Sin embargo, la latencia puede ser muy elevada (sobre todo para el primer paquete), ya que en ese momento tiene que descubrir la ruta, sin tener ningún indicio de donde se encuentra el nodo destino. Una vez que se descubre la ruta esta puede ser utilizada siempre y cuando no existan muchos movimientos de los nodos que la componen, si se da el caso hay que volver a encontrar la ruta al nodo destino.

Los protocolos más utilizados que implementan esta técnica¹ son LQSR(*link Quality Source Routing Protocol*), LMR(*Lightweight Mobile Routing*), TORA(*Temporary Ordered Routing Algorithm*) y los dos protocolos que vienen implementados en el simulador ns-2 con los que se llevarán acabo las pruebas son AODV(*Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing*) y DSR(*Dynamic Source Routing*).

El IETF creó un grupo de trabajo especializado en redes Ad-Hoc llamado *Mobile Ad-Hoc Networking Group* y los protocolos proactivos aceptados como RFC³ son el TBRPF y el OLSR que es el elegido como candidato a protocolo estándar, mientras que en los protocolos reactivos los candidatos son DSR y AODV.

2.2.1. AODV

AODV está basado en el algoritmo de vector distancia y la información de enrutamiento se almacena en tablas en los nodos. Cuenta con capacidad para enviar paquetes de forma unicast y broadcast, todos los nodos deben enviar, recibir y retransmitir los paquetes.

En AODV todos los nodos guardan para cada destino sólo el primer salto por donde debe enviar el paquete, ningún nodo tiene la ruta completa de cómo enviar el paquete. Si un nodo no sabe por donde enviar el paquete se transmite una petición de ruta que se envía por inundación, que consiste en retransmitir el mensaje a todos los nodos de la red.

Cuando un nodo fuente necesita enviar paquetes a un nodo destino, el nodo fuente transmite un paquete RREQ (*Route Request*) a los nodos vecinos. El nodo fuente incluye el número de secuencia que conoce del destino en el paquete RREQ. El nodo intermedio recibe el paquete RREQ, y verifica en las entradas de su tabla de ruteo. Si posee una ruta hacia el destino con un número de secuencia mayor que en el paquete de RREQ, manda un paquete RREP (*Route Reply*) hacia el nodo fuente, a través de sus vecinos por los que recibió el paquete RREQ. Por otra parte, si no tuviese un número de secuencia actual para el nodo destino, añade en su tabla de ruteo una entrada indicando que ya sabe cómo llegar a la fuente que generó el RREQ (camino inverso) y entonces retransmite el paquete de RREQ a sus vecinos. Los paquetes RREQ duplicados recibidos por un nodo son desechados.

³ Request For Comments es un documento oficial en el cual se explica a detalle la propuesta de un protocolo

2.2.2. DSR

Es un protocolo de tipo reactivo y fue diseñado por David B Jonson, David A Maltz y Josh Broch en 1998. Las rutas se buscan sólo cuando se necesitan y el nodo origen es quien las contiene. El paquete contiene la ruta completa y los nodos por los que debe pasar. Con esta técnica se incrementa de manera considerable la latencia para el primer paquete.

DSR está conformado por dos mecanismos que trabajan coordinadamente, descubrimiento de rutas (*Route Discovery*) y mantenimiento de rutas (*Route Maintenance*). Los paquetes de datos incluyen una cabecera de información acerca de los nodos exactos que deben atravesar. No requiere ningún tipo de mensajes periódicos, disminuyendo así la sobrecarga con mensajes de control. Además ofrece la posibilidad de obtener, con la solicitud de una ruta, múltiples caminos posibles hacia el destino. Para poder realizar el encaminamiento en el origen, a cada paquete de datos se le inserta una cabecera DSR de opciones que se colocará entre la cabecera de transporte y la IP. Entre dichas opciones se incluirá la ruta que debe seguir el paquete nodo a nodo. Cada nodo mantiene una memoria caché de rutas en la que se van almacenando las rutas obtenidas a través de procesos de descubrimiento de rutas ya sean propios o de otros nodos en la red. En los procesos de descubrimiento de rutas se generan mensajes de solicitud, respuesta y error siendo estos mensajes *Route request*, *Route reply* y *Error* respectivamente.

2.3. QoS en Mobile Ad-Hoc Networks (MANET's)

Cuando surgen las Mobile Ad-Hoc Networks, como cualquier otra tecnología que comienza a desarrollarse no se tenía pensado el concepto de calidad de servicio (QoS). De hecho este término apenas se ha venido utilizando pero solamente en las redes convencionales y en algunas otras en donde se pretende establecer un parámetro para evaluar los servicios que ofrecen en términos de retardo punto a punto, disponibilidad de ancho de banda, probabilidad de pérdidas de paquetes en una conexión, etc.

El problema principal al que se enfrentan las redes inalámbricas Ad-Hoc, a diferencia de las redes convencionales, es la ausencia de una infraestructura fija que permita la administración de la red. En las MANET's los nodos que conforman la red se comunican directamente unos con otros, a esto hay que agregar la movilidad a la que están expuestos los nodos. Lo anterior impone ciertas limitaciones en la transmisión, ya que para enviar paquetes generados por otros nodos, cada nodo debe fungir como router para la posible retransmisión de los paquetes. Los cambios en la topología de la red que ocurren con frecuencia, rompen frecuentemente los enlaces que se forman ocasionando pérdida de paquetes y de rutas ya establecidas, obligando a los nodos a buscar nuevas rutas y retransmitir la información.

En la actualidad las aplicaciones que existen para MANET's se ven afectadas por el ancho de banda tan limitado que actualmente ofrecen los canales inalámbricos por lo que se deben adaptar tratando de no saturarlos. Todos estos desafíos son fuentes potenciales del deterioro de servicio a los que se enfrentan las redes Ad-Hoc. Por ahora, sólo se ha dado el mejor esfuerzo del servicio que brinda este tipo de redes para

transportar los paquetes del usuario a su destino sin estar comprometidos a ofrecer una calidad de servicio.

2.4. Conclusiones

Si los protocolos proactivos almacenan en cada uno de sus nodos todas las rutas para llegar a sus nodos vecinos y además hay que estar actualizando esas rutas por los movimientos que tenga la red, una parte importante del ancho de banda puede ser consumida sólo para almacenar y actualizar rutas. Por lo que para esta tesis se ha decidido trabajar con los protocolos DRS y AODV (protocolos reactivos) ya que ninguno de los dos almacena todas las rutas de los nodos. Esto nos va a permitir que se envíen solo los paquetes necesarios a la red.

Capítulo 3

3. COMPORTAMIENTO DE MANET'S AL TRANSMITIR CONTENIDO WEB

Cada día Internet incluye nuevos servicios para cubrir los requerimientos de los usuarios un ejemplo de crecimiento explosivo puede señalarse en el correo electrónico, el acceso a páginas Web, a video, a sonido, y a servicios de red como lo es la telefonía IP, etc. Es por eso que cada vez son más equipos los que deben de estar conectados a Internet para cubrir un determinado servicio como lo son dispositivos móviles, computadoras portátiles, PDAs, teléfonos celulares, etc.

Internet se ha convertido en una herramienta valiosa para la comunicacione. Es por eso que existe una gran necesidad de proporcionar diversas opciones para la conectividad de dispositivos móviles a Internet. En la actualidad las redes inalámbricas de tipo infraestructura son una alternativa para la conexión de estos dispositivos, mientras que las redes Ad-Hoc se utilizan normalmente para transferencia de datos muy específicos. En este capítulo se estudiará cuál es el comportamiento de las redes Ad-Hoc al transmitir contenido Web.

3.1. QoS en Internet

Como Internet es una red conformada por distintas redes y cada una de ellas puede tener varias tecnologías y medios de acceso implica que existen muchos factores que pueden influir en la calidad del servicio en Internet, algunos de ellos son: los algoritmos de recuperación de ruteo, la velocidad de almacenamiento, la velocidad de la detección de la señal, los algoritmos de reconocimiento de dirección, la velocidad de acceso al medio, el tráfico generado por otros usuarios, etc.

3.2. MANET's e Internet

Prácticamente todos estos factores que influyen en la QoS en Internet afectan el funcionamiento de las redes Ad-Hoc. La velocidad de acceso al medio es relativamente baja comparada con las redes cableadas, el tráfico que se genera por los usuarios puede

crecer demasiado si la red es grande, las páginas Web actuales utilizan muchas imágenes y opciones multimedia que generan una gran cantidad de datos. Sin embargo, el disponer de una red Ad-Hoc puede resultar ventajoso al extender el tamaño de la red y proporcionar un servicio gratuito a más equipos (ya que el alcance de los puntos de acceso es limitado a 100 metros). Claro que esto tiene una gran cantidad de inconvenientes como el ancho de banda limitado, bajo rendimiento, errores en la transmisión de paquetes, etc.

3.3. Escenario propuesto para el estudio

Para la creación del escenario que permitirá estudiar el comportamiento de la transferencia de contenido Web de un nodo a otro se utilizará el simulador ns-2.

3.3.1. Simulación

Podemos entender por simulación la imitación de un sistema real durante un tiempo determinado. Existen varias formas de simular un sistema, pueden ser de forma manual o de forma computacional. La simulación se debe basar en un modelo aplicable a la realidad que nos permite conocer el comportamiento del sistema real, y una vez que el modelo es evaluado se puede utilizar para estudiar el comportamiento de una gran variedad de variables en el sistema real.

3.3.2. Ns-2 (Network Simulator 2)

Ns-2 es un simulador de redes de código libre que surge en 1989 como sucesor del *Real Network Simulator*. Ns-2 se desarrolla a partir de 1996 por el proyecto **VINT** de la agencia de proyectos de investigación avanzada para la defensa de Estados Unidos (DARPA), en el que interviene la Universidad del Sur de California, el centro de investigación de Xerox en Palo Alto, los laboratorios Lawrence Berkeley y la Universidad de California en Berkeley. En la actualidad ha sido mantenido por diversos proyectos de investigación de la Universidad del Sur de California, en julio de 2006 se anunció el comienzo de un proyecto de cuatro años con el objetivo de desarrollar ns-3.

Entre sus principales características incorpora diferentes algoritmos de ruteo unicast y multicast, con la implementación de protocolos como TCP y UDP. Además dispone de generadores de tráfico de tipo FTP, Telnet, HTTP, CBR¹ y VBR², tanto para redes cableadas como inalámbricas y la combinación de éstas.

Es un simulador que fue desarrollado para ejecutarse en la plataforma Linux, pero ya se liberó la versión 2.28 para el sistema operativo Windows.

Su implementación está desarrollada en c++, y para realizar las simulaciones utiliza el lenguaje interpretado Tcl en su versión orientada a objetos OTcl. Para visualizar las simulaciones cuenta con una aplicación llamada Nam, que permite observar de forma gráfica las simulaciones.

¹ Constant Bit Rate, velocidad de transferencia de datos constante

² Variable Bit Rate, velocidad de transferencia de datos variable

Existen dos formas para interpretar los datos de salida del simulador, uno es un archivo que muestra cierta información cada vez que se ejecuta el script del escenario (el archivo en OTcl), presenta un formato de texto que puede manipularse con algunos lenguajes como perl, awk o scripts en sh; la información que nos permite conocer es la siguiente:

- Evento, es la acción que realiza el paquete y puede ser:
 - r recibido
 - d eliminado
 - + colocado en la cola
 - sacado de la cola
- Tiempo, es el tiempo que tarda en llegar un paquete de un nodo a otro.
- Tipo pkt, es el tipo de paquete que se genera.
- Tamaño del paquete, es el tamaño del paquete que viaja por la red.
- Flag, algunas banderas.
- Fid, identificador del flujo.
- Dir fuente, Nodo de origen del paquete.
- Dir destino, Nodo destino del paquete.
- Num sec, Número de secuencia del paquete.
- Id pkt, identificador del paquete.

Se optó por utilizar la versión 2.29 de ns-2, porque se considera la versión más estable, ya que la 2.30 tenía poco tiempo de ser liberada, y para los propósitos que se requiere las diferencias no son trascendentes.

3.3.3. Emulador ns-2

Para estudiar el comportamiento del tráfico Web en las redes Ah-Hoc se utilizará una implementación extra del simulador ns-2 que se llama emulador ns-2, el emulador va a permitir introducir tráfico Web real al simulador.

El emulador se divide en dos módulos, **mode opaque** y **mode protocol** que a continuación se describen.

Mode Opaque

Es la forma de inyectar tráfico real al simulador como un intérprete de paquetes. En este modo los protocolos de red no son manipulados directamente por el simulador, sino que son generados en la red real. Éstos pueden ser tratados o manipulados dentro del simulador y regresados a la red real. En la figura 3.1 se observa como trabaja el Mode Opaque.

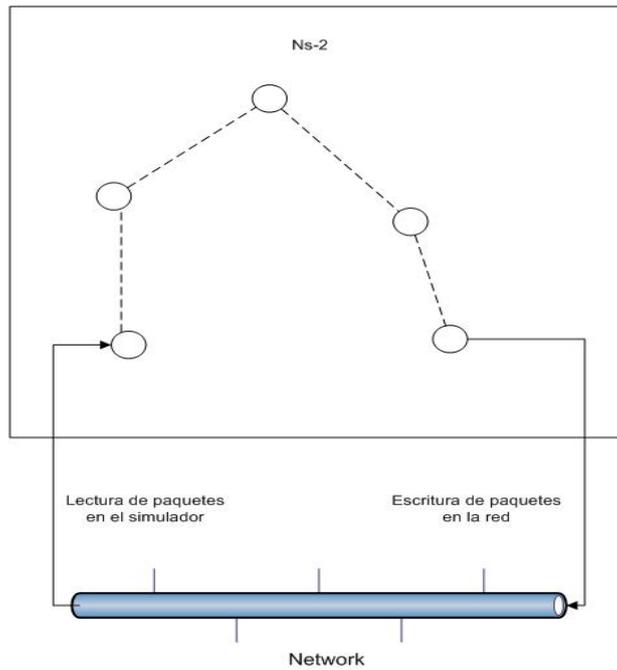


Figura 3.1 Mode Opaque

Mode Protocol

En esta configuración los protocolos son generados por el simulador, como tráfico CBR, TCP, UDP, etc., con sus distintas características e inyectados a la red real para después ser manipulados por el simulador y regresados a la red real. En la figura 3.2 se observa como trabaja el Mode Protocol.

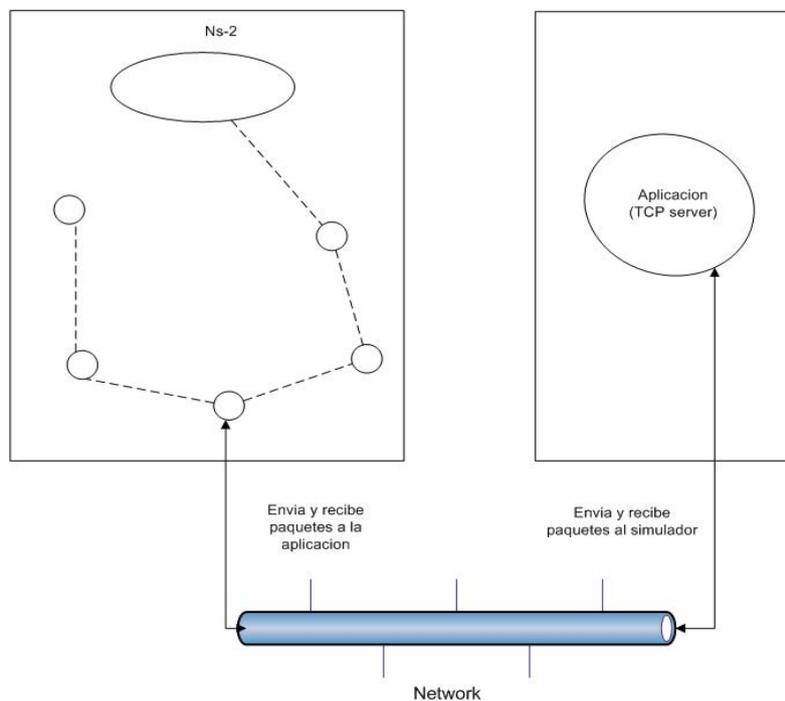


Figura 3.2 Mode Protocol

Para inyectar tráfico real en el simulador se necesita agregar al código el módulo **Real-Time Scheduler**, este módulo implementa los eventos que permiten que el simulador trabaje con el tráfico real. Para esto utiliza **Tap Agents**, que son agentes dentro del simulador que permiten que los paquetes sean generados, asignados a un nodo y transmitidos a un **Network Object**. Estos objetos de red brindan acceso al tráfico real hacia el simulador, y viceversa a través de los distintos protocolos como TCP, UDP, etc. y en distintos modos como lectura, escritura, etc. Los objetos de red que se permiten son: Pcap, IP, UDP, Raw.

3.3.4. Configuración del escenario a emular

Se implementó en el simulador ns-2 una red Ad-Hoc con 50 nodos distribuidos aleatoriamente en un área de 1000 x 1000 metros con 10 conexiones de tráfico tipo UDP y TCP. Se escogieron dos nodos que se encuentren en los extremos de la red, uno de ellos fungirá como servidor, que es el que nos permitirá salir a Internet, mientras que el otro fungirá como cliente donde se instalará el navegador Web.

Para este propósito, como lo que se pretende es que el tráfico Web que se genere sea real (que provenga de Internet), se utilizará el mode Protocol con objetos de red de tipo Raw. Se necesitan hacer varios cambios a la configuración de ns-2 para que se implemente el módulo, por lo que se debe descargar un paquete extra llamado ns2uml, compilarlo y configurarlo dentro de ns-2. Aquí se nos presentan dos opciones para crear el escenario, ya sea en una sola computadora como se muestra en la figura 3.3, o asignar cada nodo (el server y el cliente) a computadoras distintas como se muestra en la figura 3.4

Primera opción

Se debe instalar máquinas virtuales de linux, la herramienta que se utilizará para este fin es User-Mode-Linux³. Cada nodo (el Server y el cliente) estará representado por una máquina virtual, el kernel que se utilizará para levantar las máquinas virtuales es un FedoraCore3. En una máquina virtual se instalará un servidor Proxy (*squid*) y un servidor Web (*apache*) y en la otra sólo se instalará un navegador (*mozilla*). Cada máquina virtual inyectará tráfico a través de su interfaz de red, que para User-Mode-Linux se les llama TAP's (dispositivos de red virtuales). Estos TAP's se asignan a los objetos de red del emulador de tipo raw; de esta forma podremos simular el tráfico Web real de un nodo a otro en la misma computadora.

³Es una modificación del núcleo del sistema operativo Linux para que funcione sobre su propia interfaz <http://user-mode-linux.sourceforge.net/>

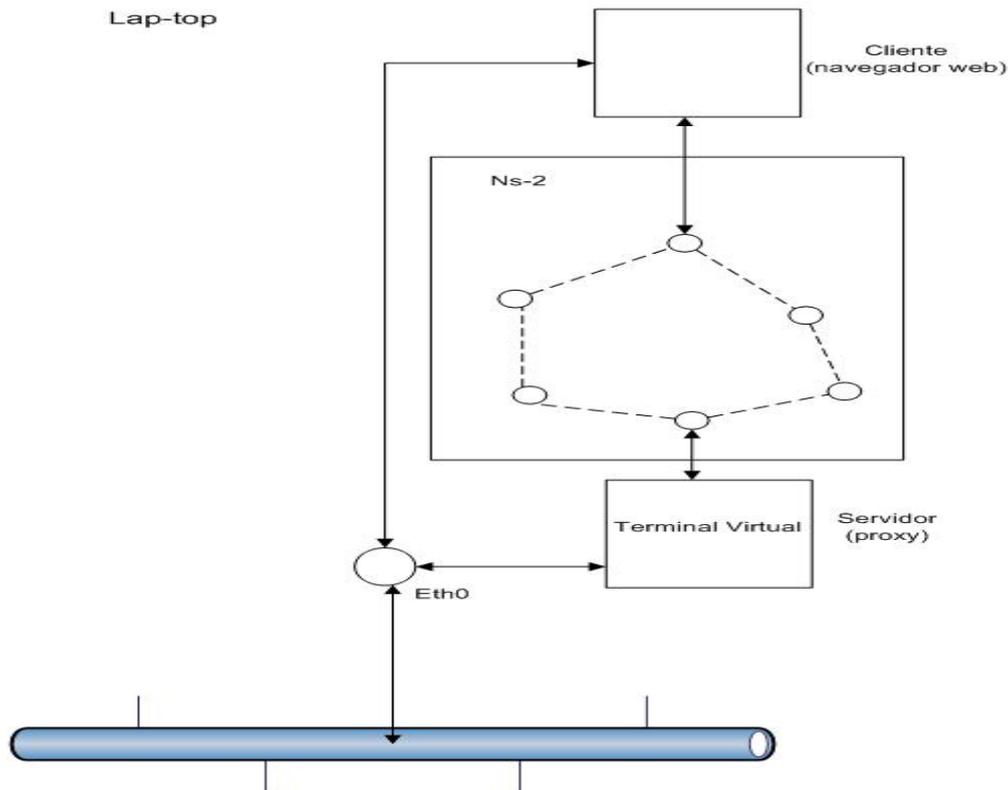


Figura 3. 3 Configuración con un solo equipo

Segunda opción

Se instala el emulador ns-2 y una máquina virtual en cada equipo (Lap-top). En una máquina virtual se instala el servidor Proxy (squid) y el servidor Web (apache), mientras que en la otra máquina virtual se instalará el navegador mozilla. Cada TAP de las máquinas virtuales va asociada a las tarjetas de red de los equipos eth0, y a su vez éstas van asociadas a las raws del emulador que se asocian a los nodos dentro del simulador, donde un nodo funge como servidor y el otro como cliente.

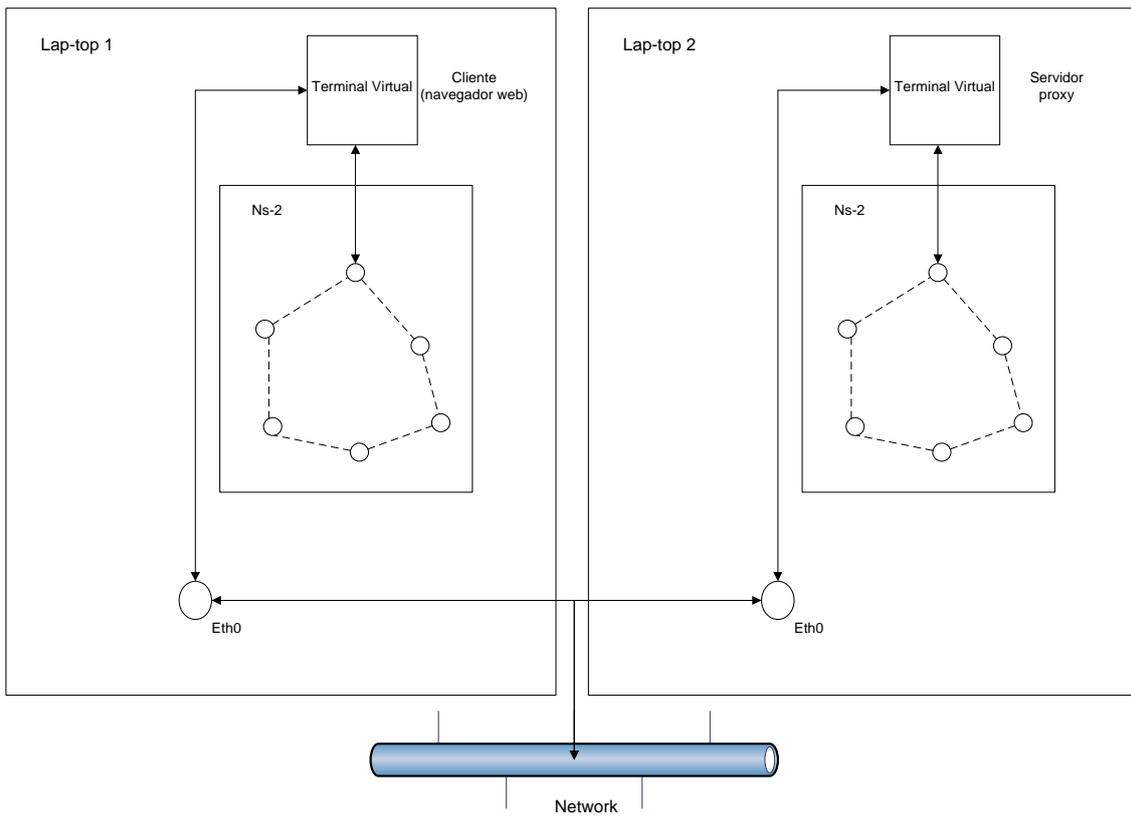


Figura 3. 4 Configuración con 2 equipos

Para nuestros fines utilizaremos la primera configuración, ya que es más fácil de manipular si se tiene todo instalado en una sola computadora. La configuración final se presenta en la figura 3.5. Uno de los nodos del simulador está asociado a la máquina virtual en donde se instaló y configuró tanto el servidor Proxy como el servidor Web, otro nodo está asociado a una máquina virtual que tiene instalado un navegador Web. Cuando se acceda a una página Web desde el nodo cliente, éste tendrá que utilizar la red Ad-Hoc para acceder al servidor Proxy, que es el que le dará salida a Internet inyectando tráfico de la LAN al simulador, que pasará a través de la red Ad-Hoc hasta llegar al nodo cliente.

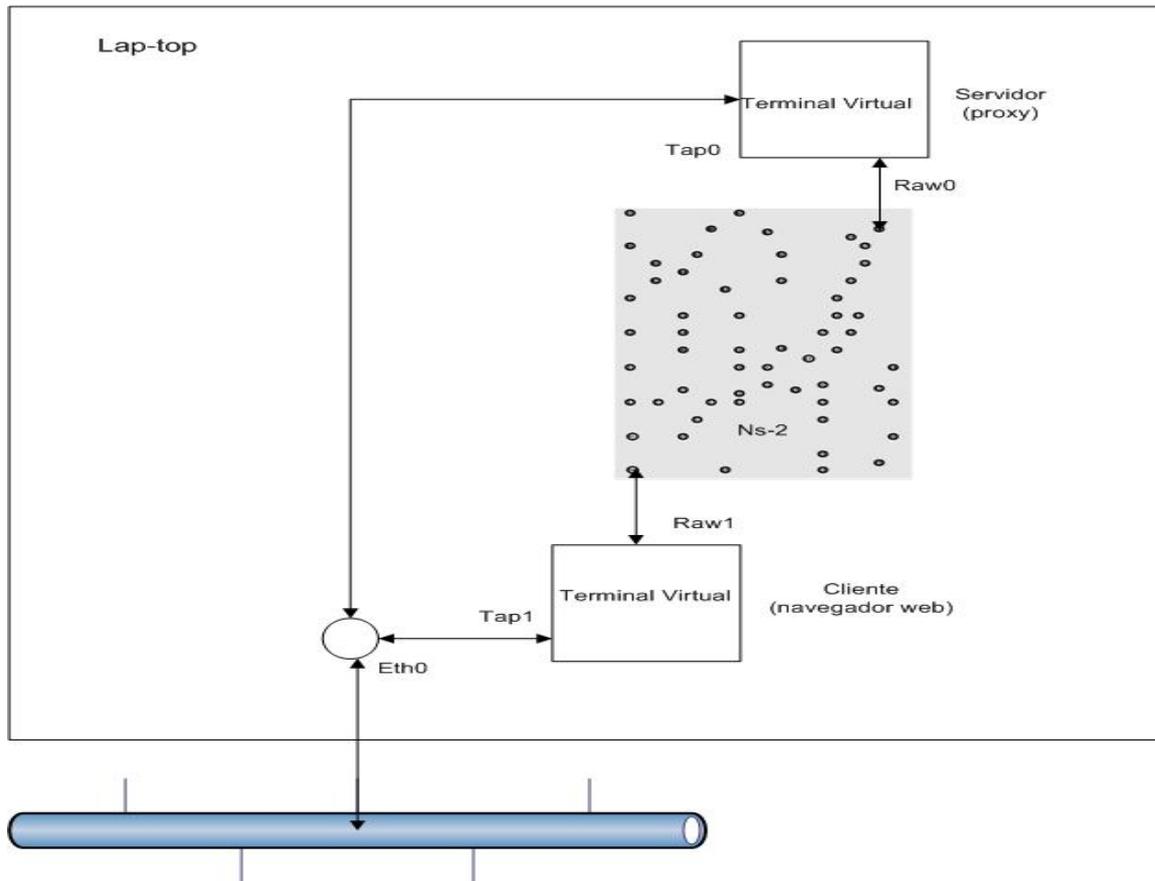


Figura 3. 5 Escenario final

El escenario que se configuró en el simulador ns-2 (figura 3.6) contiene 50 nodos distribuidos en un área de 1000 x 1000 metros con conexiones aleatorias entre los nodos para crear tráfico interno en la red Ad-Hoc.

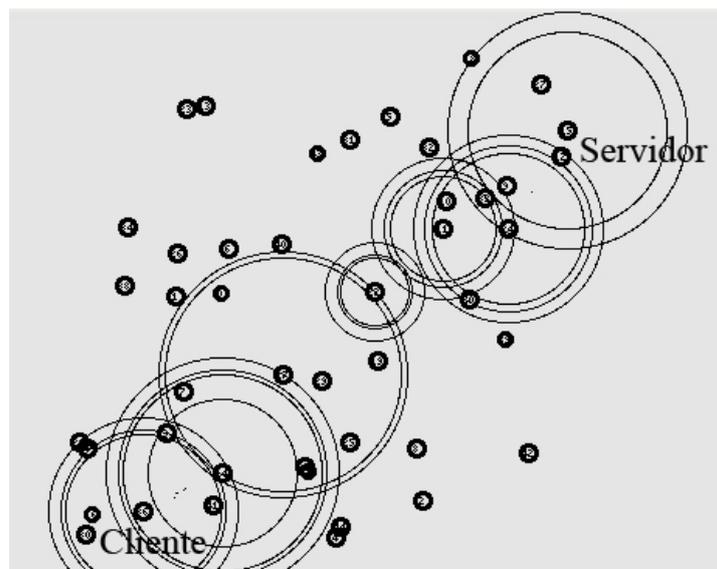


Figura 3. 6 Escenario con 50 nodos

3.4. Pruebas realizadas

Como el objetivo en este capítulo es estudiar el comportamiento de una red Ad-Hoc cuando se transmite tráfico Web se utilizarán 10 páginas Web que según Alexa.com⁴, son las páginas más visitadas en México. Para fines prácticos y de estudio se sustituirá la página <http://www.google.com.mx> por la de <http://www.cnn.com>, ya que es una de las páginas más visitadas en el mundo, así como la de <http://www.google.com> por la de <http://www.unam.mx>, con el fin de ver los efectos que causa una página alojada en un servidor cercano al cliente. Se cambiará la página de <http://metrolog.com> por la de <http://www.eui.upm.es/CC/Chuletas/index.html>, ya que es una página con un tutorial de *Perl* en donde sólo se incluye una imagen (aquí se desea observar si beneficia los tiempos de descarga el que una página Web contenga pocas imágenes). En la tabla 3.1 se muestran las páginas Web seleccionadas con las que se realizarán las mediciones.

Páginas más visitadas según Alexa.com	Páginas seleccionadas para la simulación
1. MSN	1. MSN
2. Google México	2. CNN
3. Yahoo!	3. Yahoo!
4. Windows Live	4. Windows Live
5. Youtube	5. Youtube
6. Google	6. UNAM
7. MySpace	7. MySpace
8. Mercado Libre	8. Mercado Libre
9. MetroFlog	9. PERL
10. Fotolog	10. Fotolog

Tabla 3. 1 Páginas Web seleccionadas para la simulación

Con la configuración del escenario que se propuso (figura 3.6), teniendo un nodo como servidor Proxy que es el que dará salida al resto de los nodos a Internet, se midió el tiempo de descarga del nodo más alejado al Server (1200 metros). El tamaño de la página Web y el número de archivos que contiene la página Web para cada una de las páginas propuestas se muestra en la tabla 3.2.

3.5. Comportamiento.

En la tabla 3.2 se muestran los resultados de las mediciones obtenidas, de las cuales se puede observar que los tiempos de descarga se incrementan considerablemente de acuerdo al tamaño de la página web y del número de archivos que contienen. En la tabla 3.2 se observa que <http://www.cnn.com> es la que presenta un mayor tiempo en la descarga, mientras que la página que contiene el tutorial de Perl es la que tarda menos tiempo en descargarse.

	Páginas web	Tiempo de descarga (seg)	Tamaño	No. Archivos
1	http://www.eui.upm.es/CC/Chuletas/index.html	12.5	67.4 KB	4
2	http://www.cnn.com	89.17	4.8 MB	288
3	http://www.yahoo.com	24.44	170 KB	14
4	http://live.com	20.64	1.2 MB	102

⁴<http://alexa.com/> provee información acerca de la cantidad de visitas que recibe un sitio Web

5	http://www.fotolog.net	24.07	2.4 KB	2
6	http://www.mercadolibre.com.mx	28.24	2.4 MB	130
7	http://www.myspace.com	33.94	1.4 MB	138
8	http://www.youtube.com	34.48	5.5 MB	132
9	http://www.msn.com	58.44	103.4 KB	6
10	http://www.unam.mx	35.29	930.2KB	115

Tabla 3. 2 Tiempo, tamaño y número de archivos de las páginas descargadas

En la tabla 3.3 se muestran los datos de los tiempos de descarga (medidos en segundos) de las páginas web de una red LAN con las mismas características, y de una red Wíreless de tipo Infraestructura. En la gráfica de la figura 3.8 se puede observar que existe una diferencia bastante notable en tiempos de descarga que hace que las redes de tipo Ad-Hoc tengan una mala calidad de servicio para este fin.

	Páginas Web	Ad-Hoc	Infraestructura	LAN
1	http://www.eui.upm.es/CC/Chuletas/index.html	12.5	10.1	8.3
2	http://www.cnn.com	89.17	36.4	27.46
3	http://www.yahoo.com	24.44	13.87	8.06
4	http://live.com	20.64	9.23	6.49
5	http://www.fotolog.net	24.07	17.24	15.03
6	http://www.mercadolibre.com.mx	28.24	16.52	13.94
7	http://www.myspace.com	33.94	19.57	17.35
8	http://www.youtube.com	34.48	21.19	18.11
9	http://www.msn.com	58.44	25.38	22.59
10	http://www.unam.mx	35.29	20.04	17.93

Tabla 3. 3 Comparación entre redes Ad-Hoc, infraestructura y LAN

3.6. Conclusiones.

Durante este capítulo se mencionan los principales factores que afectan la QoS en Internet y se hace un análisis con la ayuda del simulador-emulador ns-2 de cuál es el comportamiento de las redes Ad-Hoc cuando se descarga contenido Web. Comparando su funcionamiento con la red tradicional cableada y la red inalámbrica de tipo Infraestructura muestran un mayor retardo en las redes Ad-Hoc sin importar la ubicación del sitio que se está visitando. Un dato importante a considerar durante las siguientes pruebas es que la página Web que contiene el tutorial de Perl se descarga con una diferencia de 2 segundos en cada uno de los casos (no hay que olvidar que sólo contiene una imagen). Lo que implica que es casi imperceptible el tiempo para cualquier tipo de red. Como consecuencia la calidad de servicio en la transferencia de contenido Web en redes Ad-Hoc es mala, debido a varios factores como el ancho de banda limitado, pérdida de paquetes, diseños muy pesados de las páginas Web, etc.

Capítulo 4

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE 3 TÉCNICAS

En este capítulo se propone utilizar tres técnicas que permitan mejorar la transferencia del contenido Web en redes Ad-Hoc, para lo cual se diseñarán distintos escenarios en el simulador de redes Ns-2.

4.1. WAP (Wireless Application Protocol)

Es el primer estándar abierto que provee de acceso a Páginas Web y correo-electrónico a los usuarios de teléfonos celulares. Actualmente es compatible con GPRS (*Global Packet Radio Service*) y HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*).

Por las características que existen en los teléfonos celulares, como ancho de banda limitado, el tamaño pequeño de las pantallas no se puede utilizar el Metalenguaje HTML (*HyperText Markup Language*) con los protocolos TCP/IP y UDP para la transmisión de páginas Web y correo-electrónico. Por esta razón WAP utiliza un lenguaje propio para presentar la información, este lenguaje se llama **WML** (*Wireless Markup Language*) y está basado en el lenguaje XML (*Extensible Markup Language*). Además de ser un metalenguaje permite crear componentes propios y es compatible con los protocolos UDP e IP.

La forma de trabajar de WAP es la siguiente:

Se activa el dispositivo portátil y se ejecuta el navegador de Web. El teléfono establece una conexión por radiofrecuencia solicitando el servicio y se establece una conexión con el proveedor. Éste selecciona el sitio al que se desea acceder, y se envía una solicitud al gateway, usando el protocolo WAP. El gateway recupera la información de forma clásica con el protocolo de Hipertexto (HTTP) desde el sitio Web, y una vez que tenga los datos los codifica a lenguaje WML. Esta información es la que se envía al dispositivo portátil. Una vez que llega al cliente WAP, se pasa a un navegador con funciones básicas que ya viene incluido en el software del dispositivo móvil.

Si el servidor Web contiene una sección WAP, el dispositivo hace referencia a ésta para acceder a sus páginas Web. Una de las características que presentan estos servidores es que contienen pocas o nulas imágenes y hacen una presentación de la página simplificada con menús adaptables a los teléfonos celulares utilizando las características y bondades de WML. El esquema se observa en la figura 4.1.

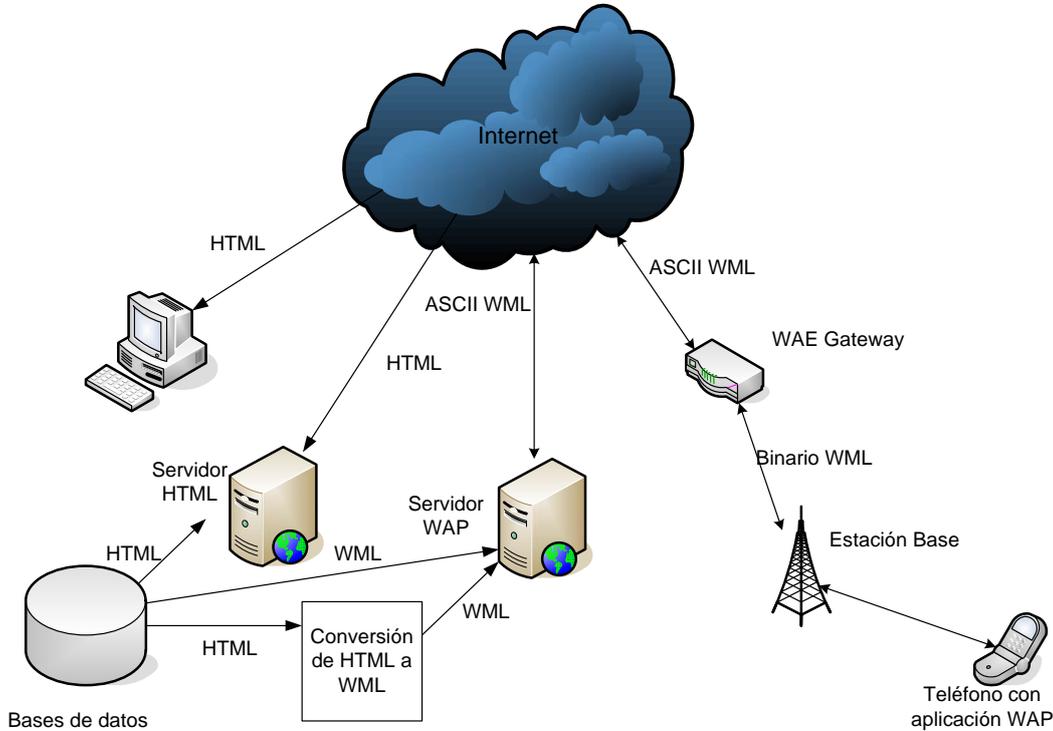


Figura 4. 1 Funcionamiento del protocolo WAP

4.2. Primera técnica

Las redes Ad-Hoc presentan una desventaja al igual que las redes de telefonía celular, y es el limitado ancho de banda. Claro que en algunos casos para las redes Ad-Hoc el ancho de banda es superior al de la telefonía celular. En la actualidad no tendríamos problemas de procesamiento o de capacidad en los equipos si son lap-top's o PDA's pues las páginas Web están diseñadas para este tipo de equipos. Como se mencionó, una de las características del protocolo WAP es que simplifica mucho la carga de imágenes en los dispositivos, por lo que la primera técnica que utilizaremos es eliminar por completo la publicidad y las imágenes que presentan las páginas Web. En nuestro caso la intención es no dejar a los usuarios sin la vista de una página Web tradicional, lo que se propone es sustituir las imágenes de la página Web original por una imagen como la de la figura 4.2 que no consume mucho espacio, pero que indique que existe una imagen propia de la página que puede ser visualizada en un momento posterior.

IMAGEN NO DISPONIBLE



POR EL MOMENTO

Figura 4. 2 Imagen que será sustituida en las páginas Web 2.0 Kb

4.2.1. Tipos de imágenes y publicidad

Las imágenes que utilizan las páginas Web pueden ser de muchos formatos diferentes: bmp, gif, jpg, etc., pero no todos estos formatos son adecuados para una página Web, debido a que pueden ocupar mucha memoria, o a que no son compatibles con algunos navegadores. Los formatos más utilizados son el GIF y el JPG, que a pesar de ser imágenes de menor calidad que las imágenes BMP, son más recomendables debido a que ocupan menos memoria.

Como ya se mencionó, la publicidad en Internet es un medio que genera mucho tráfico en la red, y ésta puede llegar a través de banners, ventanas flotantes, banners extensibles, patrocinios, etc. A continuación se describen algunas de ellas:

El Banner

Un banner es la acción publicitaria más utilizada en Internet. Es simplemente un tipo especial de hipervínculo a otro enlace Web, con la particularidad de que contiene gráficos y algunas veces animaciones. Su objetivo es el mismo que los anuncios tradicionales de periódico o revista, pero con la ventaja de que con un simple clic puedes acceder a más información. Se trata de archivos en forma digital, que suelen ocupar entre 200 y 300 KB. El formato estándar es de tipo gif animado presentado en página Web de 468 x 60 píxeles.



Figura 4. 3 Ejemplo de Banner publicitario

Según el tamaño los banners se pueden clasificar como se indica en la tabla 4.1

Tamaño en píxeles	Tipo de banner
468x60	Banner horizontal estándar
234x60	Medio Banner horizontal
150x60	Medio Banner
125x125	Medio Banner cuadrado
120x240	Medio Banner Vertical
140x400	Banner Vertical
140x800	Banner Vertical Extragrande
120x90	Banner Botón
90x90	Banner Botón cuadrado
88x31	Mini Botón

Tabla 4. 1 Clasificación de banners

El banner puede aparecer presentado de diferentes maneras:

- Banners Extensibles
- Cursores Animados
- Botones
- Pop up window
- Layers
- Escaparates

Todo este tipo de publicidad consume una gran cantidad de ancho de banda y genera tráfico al ser reenviado de un nodo a otro, por lo que para implementar la primera técnica se programó un script en Perl que nos permite sustituir las imágenes por una imagen que ocupa 2Kb de tamaño, y eliminar todos los tipos de publicidad que se mencionaron. Este script se instaló en el nodo que contiene los servidores Proxy y Web para filtrar la página a la red Ad-Hoc. El contenido que se distribuya en la red Ad-Hoc será sólo texto y la imagen indique que hay una imagen propia de la página Web que por el momento no se va a desplegar, el ejemplo se muestra en la figura 4.4

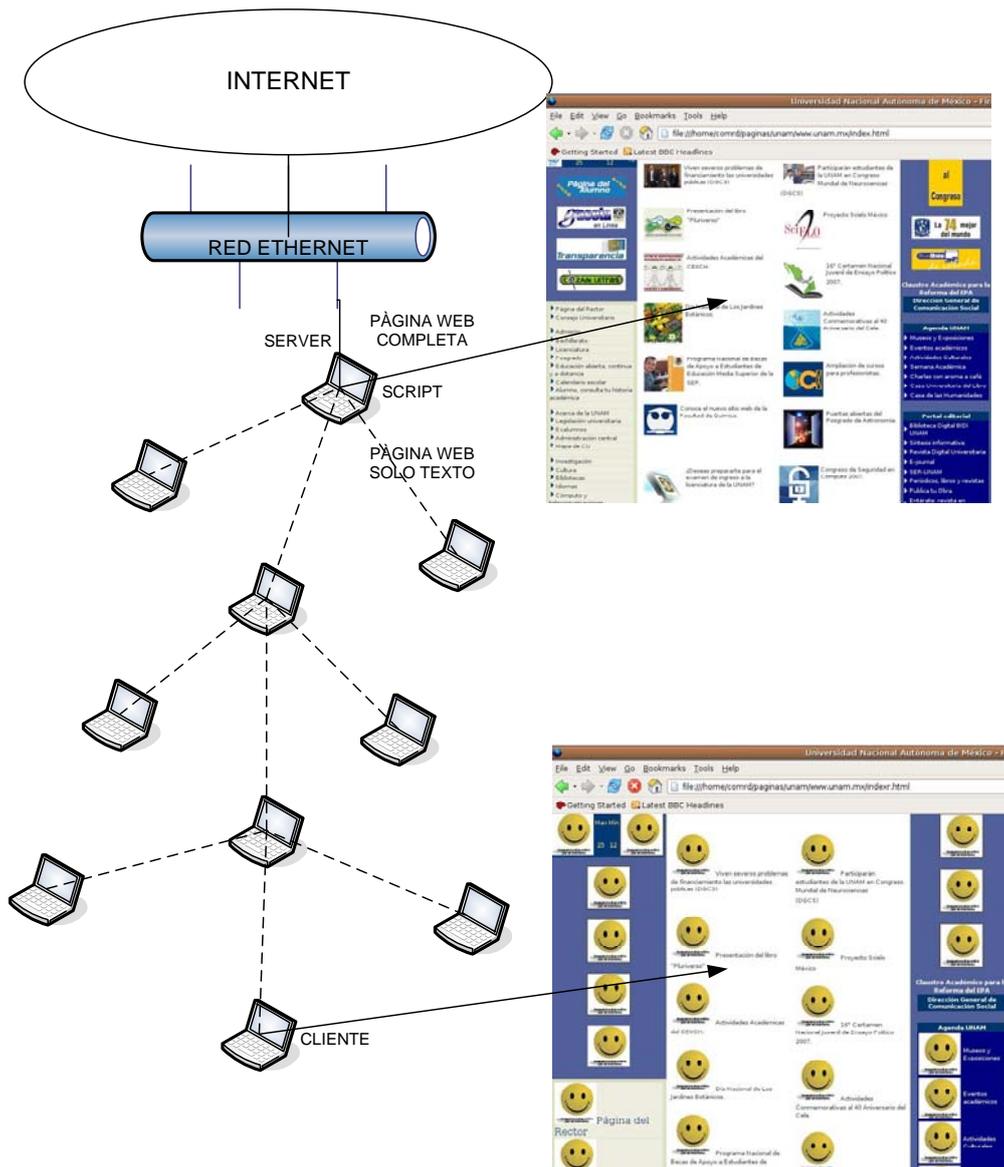


Figura 4. 4 Implementación de la primera técnica

Se utilizaron las 10 páginas Web propuestas con las que se midió el comportamiento del tráfico Web en el capítulo 3. En la figura 4.5 se muestra el escenario que se plantea con el emulador ns-2 para iniciar las mediciones de las descargas con la nueva propuesta.

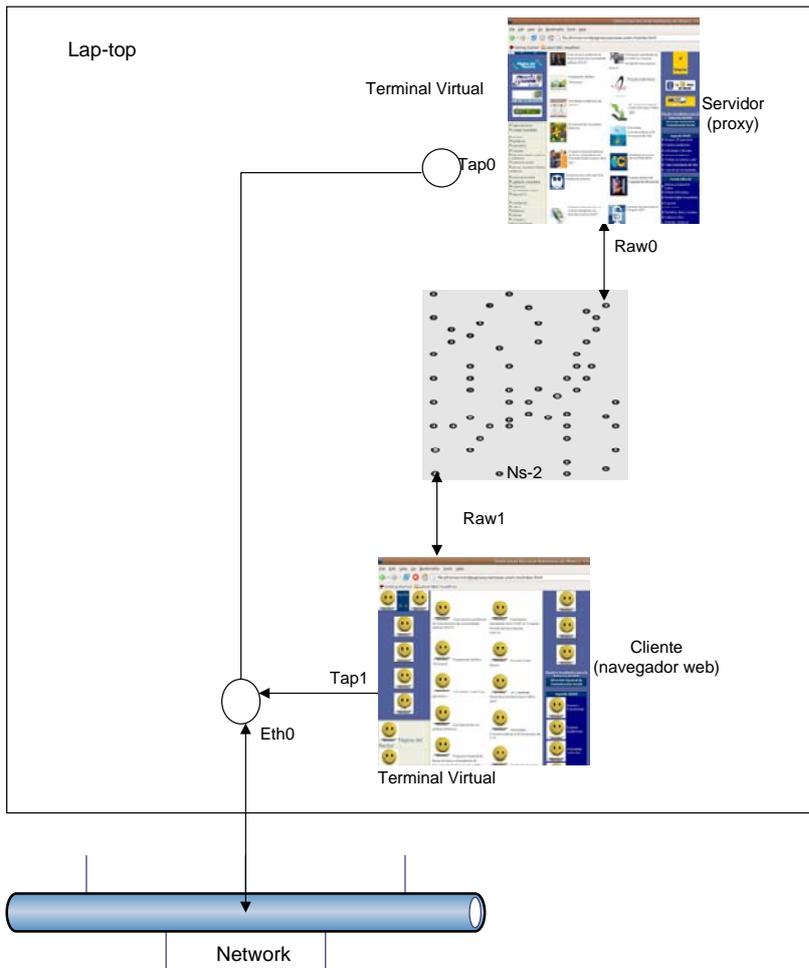


Figura 4. 5 Escenario final

4.3. Segunda Técnica

Esta técnica podemos considerarla una extensión de la primera, una vez que el nodo cliente puede ver la página Web pero con las imágenes sustituidas. Se propone que se agregue una liga a la imagen donde se solicite la imagen original del sitio Web al que pertenece (figura 4.6)

IMAGEN NO DISPONIBLE



POR EL MOMENTO

Figura 4. 6 Implementación de la segunda técnica

De esta forma los usuarios podrán visualizar las imágenes originales pero bajo demanda. Las imágenes serán transferidas momentos después de que fue descargada la

página Web, por lo que el tráfico que se genere debe ser menor al que se genera cuando se descarga la página Web completa. En la figura 4.7 se observa cómo se puede visualizar la imagen después que se descargó la página Web.

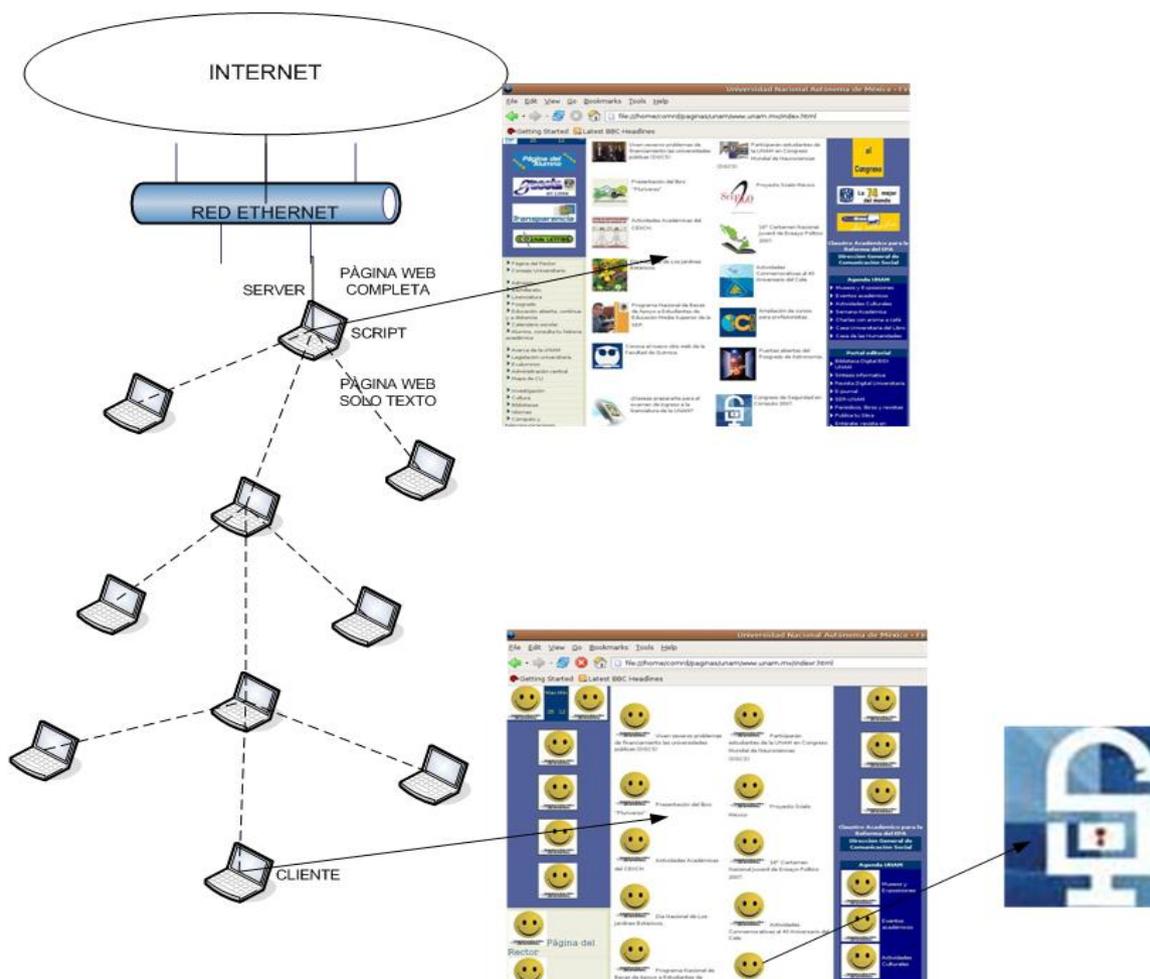


Figura 4. 7 Implementación de la primera técnica

Para implementar esta técnica se modificó el script que contiene el servidor Proxy-Web, agregando a cada imagen la liga de la imagen original, por lo que los usuarios podrán visualizar las imágenes que consideren pertinentes o de su interés.

4.4. Tercera Técnica

Una vez que se ha logrado descargar una página Web sin sus imágenes en el nodo cliente, lo que se propone es transferir las imágenes de las páginas Web antes o después que se descargó el texto. Es decir, primero se descarga la página Web con la técnica 1, y después se enviarán las imágenes a un directorio local de los nodos vecinos que se encuentren en el rango de transmisión de servidor. Si un nodo cliente desea las imágenes de la página Web preguntará a sus vecinos si las tiene y de ser así las imágenes se descargarán del nodo vecino y no del servidor, permitiendo disminuir el tráfico en la red. Los nodos podrán almacenar las imágenes en su directorio local como la hace el cache de los navegadores para acceder de forma inmediata a las imágenes. En el nodo cliente existe un script que permite identificar si un nodo ya recibió las imágenes de la página Web solicitada, si es así el texto se descarga del Servidor y las

imágenes del nodo más cercano o de su directorio local. De lo contrario la página Web aparecerá como en la primera propuesta o como en la segunda para descargar las imágenes sólo bajo demanda, es decir cuando sean solicitadas por el cliente. Las pruebas que se realizaron se hicieron con las mismas 10 páginas con las que se ha venido trabajando. En al figura 4.8 se puede observar esta técnica. El servidor envía las imágenes con un broadcast a los nodos que están dentro de su alcance. En ese momento el resto de los nodos sólo puede utilizar la técnica 1 o la 2.

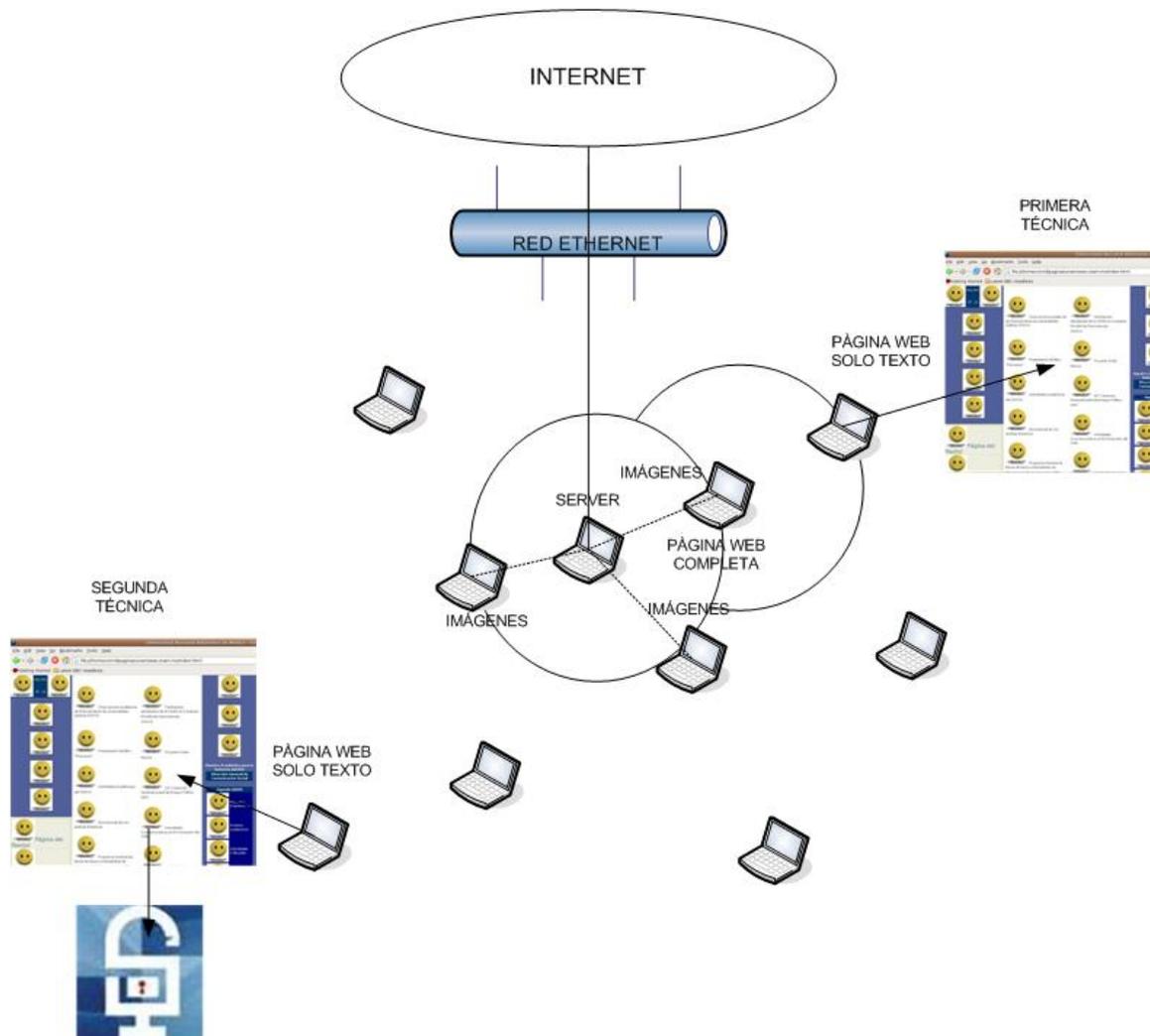


Figura 4. 8 Implementación de la primera técnica

Posteriormente si algún nodo se encuentra dentro del rango de transmisión de otro que ya recibió las imágenes previamente, éste podrá solicitarlas para tener acceso a la página Web completa como se muestra en la figura 4.9

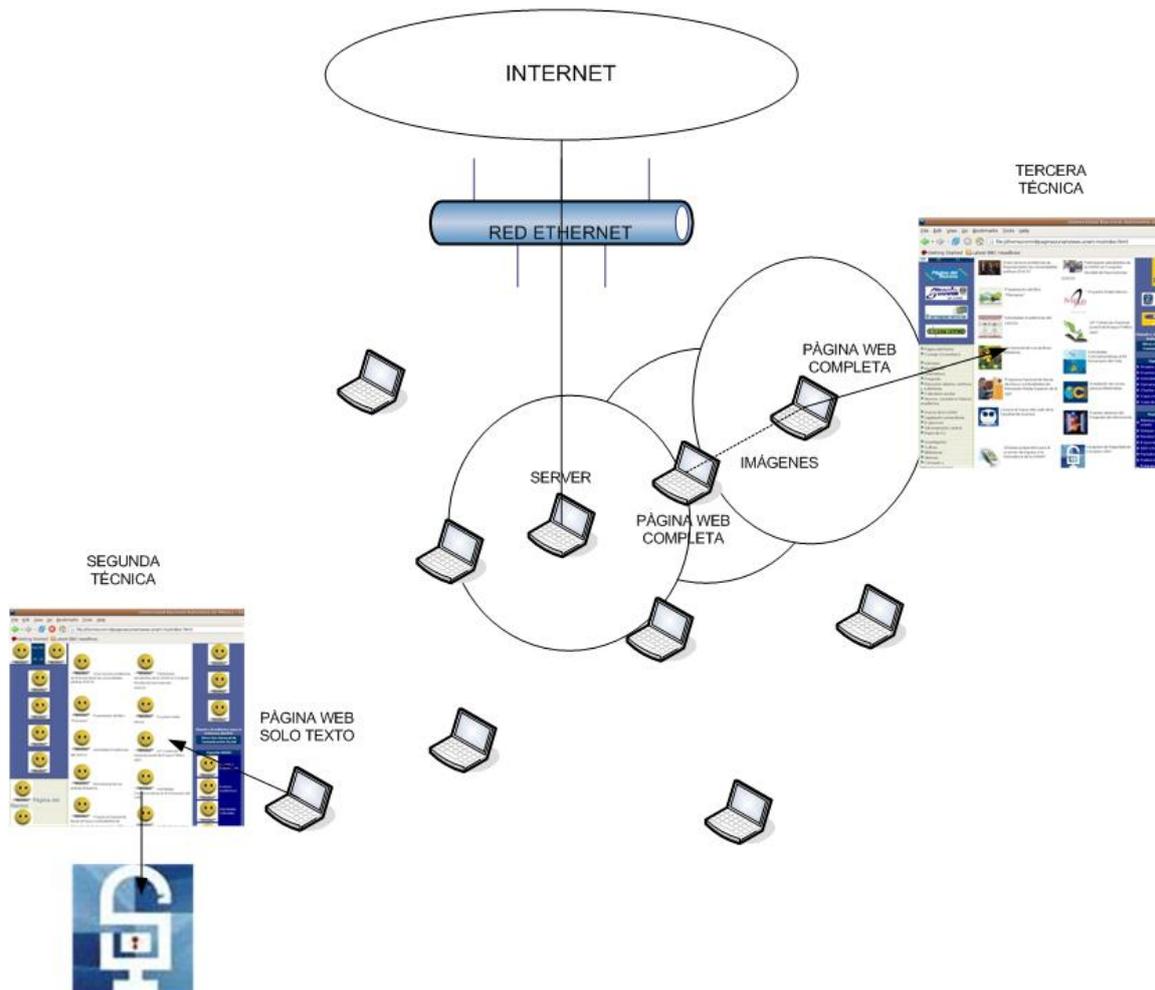


Figura 4. 9 Implementación de la primera técnica

Para el diseño de esta técnica se crearon siete escenarios distintos para trabajar en el simulador y emulador ns-2. El primero fue en las mismas condiciones que los propuestos anteriormente en donde se tienen el servidor en un extremo y el nodo cliente en otro.

En el comportamiento de esta técnica una de las variables que pueden influir en la descarga de la página Web es la ubicación del nodo. Por esta razón se crearon tres escenarios con 50 nodos distribuidos de forma aleatoria en un área de 1000 x 1000 metros con 10 conexiones de tráfico TCP y UDP. La posición del nodo que opera como servidor es fija. A los nodos clientes se les dio una movilidad aleatoria de 2 m/seg, en la figura 4.10 se muestra uno de los escenarios que se utilizaron.

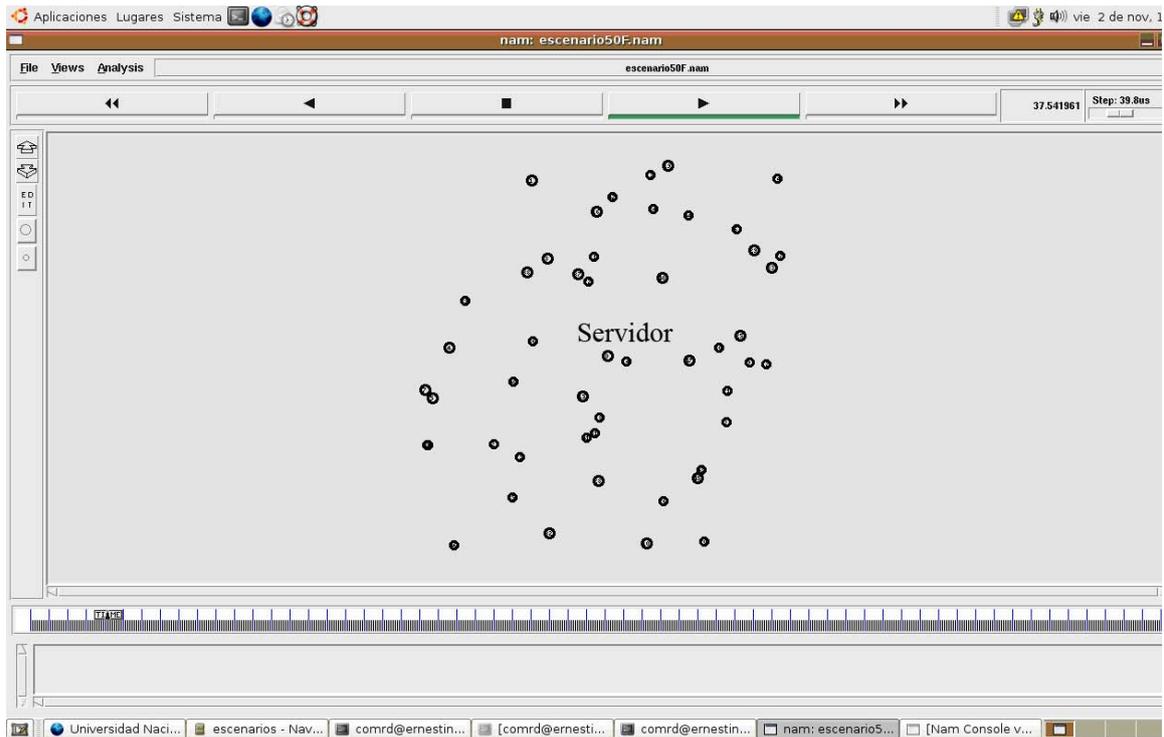


Figura 4. 10 Escenario de 50 nodos y 1000m x 1000m

Con el fin de poder observar el comportamiento que sigue la red, se diseñaron otros tres escenarios aumentando su densidad en forma proporcional, por lo que se crearon de forma aleatoria 200 nodos configurados con el servidor en el centro y los nodos clientes con una movilidad de 2 m/seg distribuidos en un área de 2000 x 2000 metros, y se aumentaron las conexiones TCP y UDP a 20. En la figura 4.11 se muestra uno de los escenarios propuestos. .

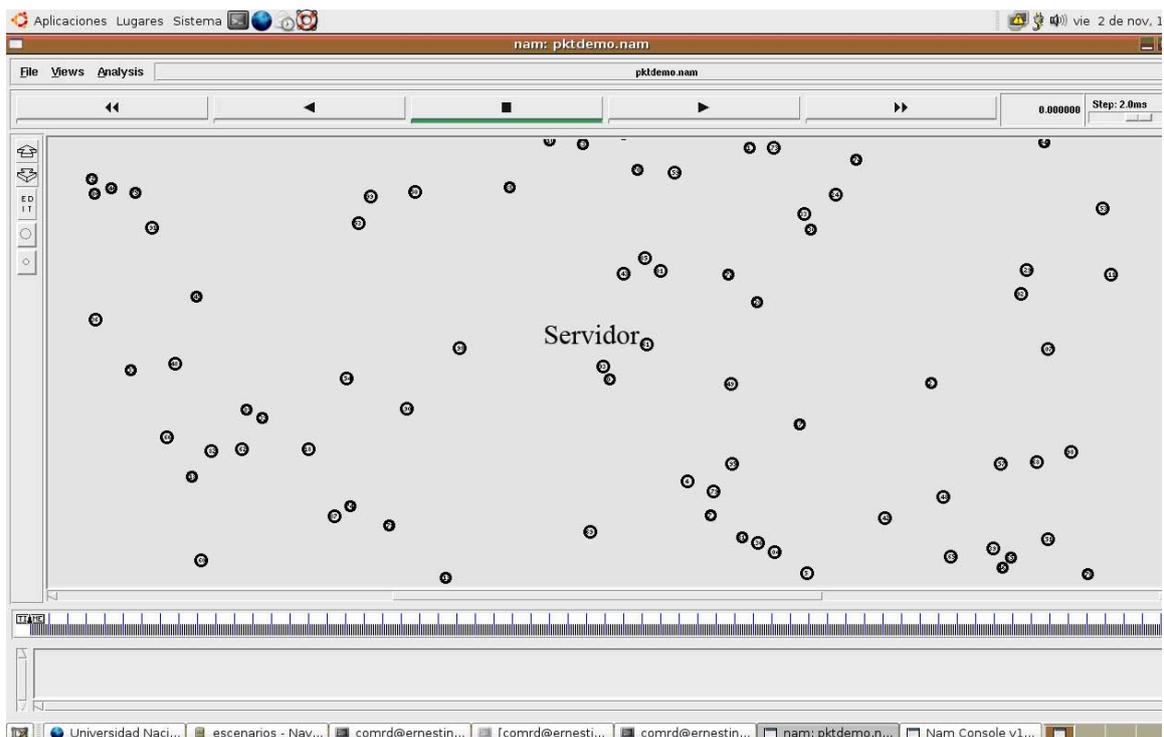


Figura 4. 11 Escenario de 200 nodos y 2000m x 2000m

Los escenarios se implementaron primero en el simulador para observar el comportamiento del movimiento de los nodos, y posteriormente se utilizó el emulador para medir los tiempos de descarga, los protocolos que se utilizaron son DSR y AODV.

4.5 Conclusiones

Durante este capítulo se menciona el protocolo WAP como único antecedente de las técnicas propuestas para mejorar la transmisión de contenido Web en redes Ad-Hoc. Se ha planteado el diseño de las tres técnicas propuestas así como la implementación en el simulador-emulador ns-2 para su análisis posterior. Se espera que con las tres propuestas planteadas se mejoren los tiempos de descarga de las páginas Web utilizadas en el análisis

Capítulo 5

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para analizar las técnicas propuestas y observar el comportamiento de las MANET's al transmitir contenido Web entre sus nodos se midieron los tiempos de descarga de las páginas Web propuestas en el capítulo 3 con los distintos escenarios que se plantearon en el capítulo 4.

5.1. Análisis de la primera técnica

Al implementar la primera técnica en el escenario propuesto (figura 4.6), se configuró el script que permite sustituir las imágenes originales de la página Web por la imagen de poco tamaño en el servidor, y se midieron los tiempos de descarga de las páginas Web. Los datos resultantes se observan en la tabla 5.1. Al hacer un comparativo con los tiempos de descarga de la página Web completa (prueba realizada en el capítulo 3 tabla 3.2), se puede observar que al sustituir las imágenes y quitar la publicidad de las páginas Web, se disminuye de forma muy considerable el tráfico que se genera en la red. Además, se observa que el tiempo de descarga es muy parecido en todos los casos, ya que sólo se trasmite texto por la red. Aquí otro aspecto importante a considerar es que la página que contiene el tutorial de Perl, como sólo contiene una imagen, su tiempo de descarga es muy parecido y no varía mucho al implementar la primera técnica.

	Páginas web	Tiempo (seg)	Tamaño
1	http://www.eui.upm.es/CC/Chuletas/index.html	7.30	52.4 KB
2	http://www.cnn.com	8.17	1.8 MB
3	http://www.yahoo.com	7.44	120 KB
4	http://live.com	7.64	960 KB
5	http://www.fotolog.net	8.07	1.6 KB
6	http://www.mercadolibre.com.mx	7.24	1.4 MB
7	http://www.myspace.com	7.94	1.1 MB
8	http://www.youtube.com	7.48	3.4 MB
9	http://www.msn.com	7.44	73.4 KB
10	http://www.unam.mx	7.29	650.2KB

Tabla 5. 1 Tiempos de descarga de las páginas Web sin imágenes (Técnica 1)

5.2. Análisis de la segunda técnica

En el análisis de la segunda técnica se utilizó el mismo escenario que en la primera, y se modificó el script para que las imágenes incluyeran una liga que permita descargar la imagen original del servidor. Los tiempos de descarga son los mismos que se presentan en la primera técnica, y si se desea descargar una imagen del servidor el tiempo varía dependiendo del tamaño de la imagen, pero en promedio la descarga de una imagen del nodo que contiene el servidor al nodo cliente es de 5 a 10 segundos. Es importante mencionar que el nodo cliente se encuentra a unos 5 o 6 saltos del nodo servidor, y durante su descarga el tráfico generado en la red son las 10 conexiones TCP que realiza el simulador.

5.3. Análisis de la tercera técnica

Con este mismo escenario pero implementando la tercera técnica se midió el tiempo de descarga de las páginas Web dando tiempo a que el nodo cliente tuviera almacenadas las páginas Web en su directorio local. En las primeras pruebas realizadas las imágenes del servidor a los nodos vecinos se transmitieron cada 10 segundos.

Sin tomar en cuenta por el momento el tiempo que tarda en llegar las imágenes al cliente, se midieron los tiempos de descarga de las páginas Web. Los resultados obtenidos con esta tercera técnica se muestran en la gráfica de la figura 5.1. Aquí se puede observar que el tiempo de descarga se incrementa muy poco con respecto a los datos obtenidos de la primera técnica, y además el tiempo es muy bueno si se compara con la descarga de la página Web completa.

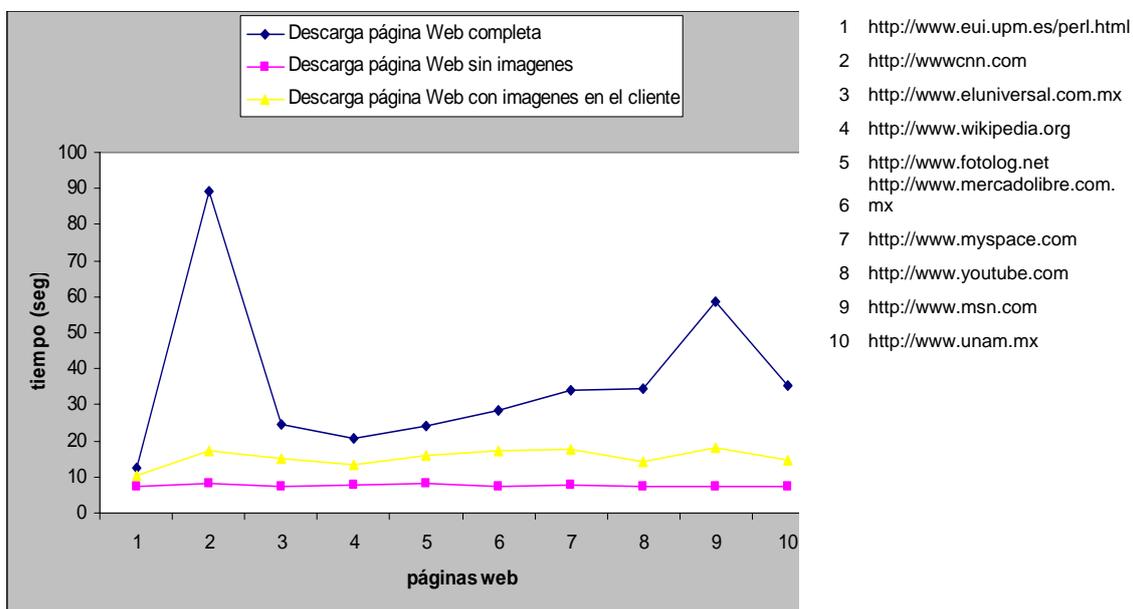


Figura 5.1 Gráfica que compara los tiempos de descarga utilizados en la primera técnica y tercera técnica

De esta manera los resultados obtenidos muestran una mejora en los tiempos de descarga de las páginas Web completa, debido a que los nodos ya tienen almacenadas las imágenes en sus directorios locales, pero se debe considerar el tiempo que tardan las imágenes en llegar a los nodos clientes.

Para considerar estos tiempos se implementó la tercera técnica en los seis escenarios propuestos en el capítulo anterior, donde se cambia la posición del nodo que contiene el servidor. Ahora éste se encontrará ubicado al centro del escenario permitiendo que las imágenes se distribuyan de forma uniforme a todos los nodos de la red. Los nodos tienen una movilidad de 2 m/s, lo cual en algunos casos les permitirá tener las imágenes en mejores tiempos. Al incluir movilidad en la red se midieron los tiempos en que los nodos clientes que están en el rango de transmisión del servidor hacen contacto con éste.

Se midió el tiempo en que los nodos clientes hacen contacto con un nodo que ya tenga las imágenes almacenadas en su directorio o con el servidor, ya que implica que se pueden obtener las imágenes de ese nodo vecino. En la gráfica de la figura 5.2 se muestra el promedio de los datos obtenidos en los distintos escenarios propuestos. Se observa un incremento constante en los nodos que hacen contacto con el servidor o con un cliente que tengan las imágenes almacenadas en su directorio local hasta llegar al segundo 50. Después una disminución en el número de nodos hasta llegar al segundo 150 y posteriormente se observa algunos nodos que se encontraban en las orillas del escenario hacen contacto con algún vecino que ya tiene las imágenes. Cuando transcurrieron 200 segundos los cincuenta nodos ya tienen almacenadas las imágenes en su directorio local, y podrán visualizar la página Web completa, descargando las imágenes de su directorio local.

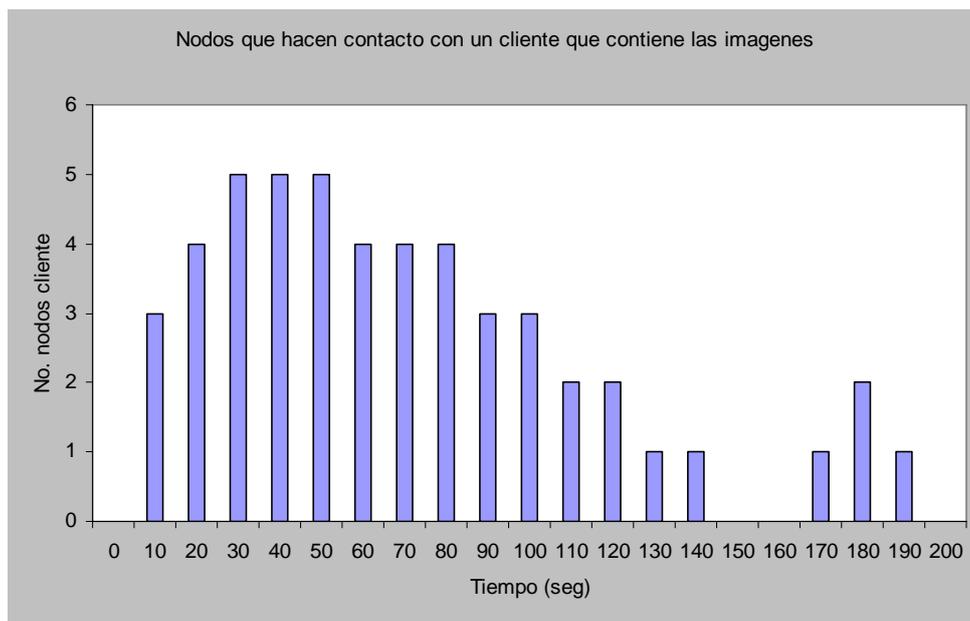


Figura 5. 2 Gráfica de los nodos que hacen contacto con un nodo que ya tiene las imágenes

En la gráfica de la figura 5.3 se observa cómo se va incrementando el número de nodos que hacen contacto con un vecino que ya tenía las imágenes, o con el propio servidor hasta llegar a los 200 segundos.

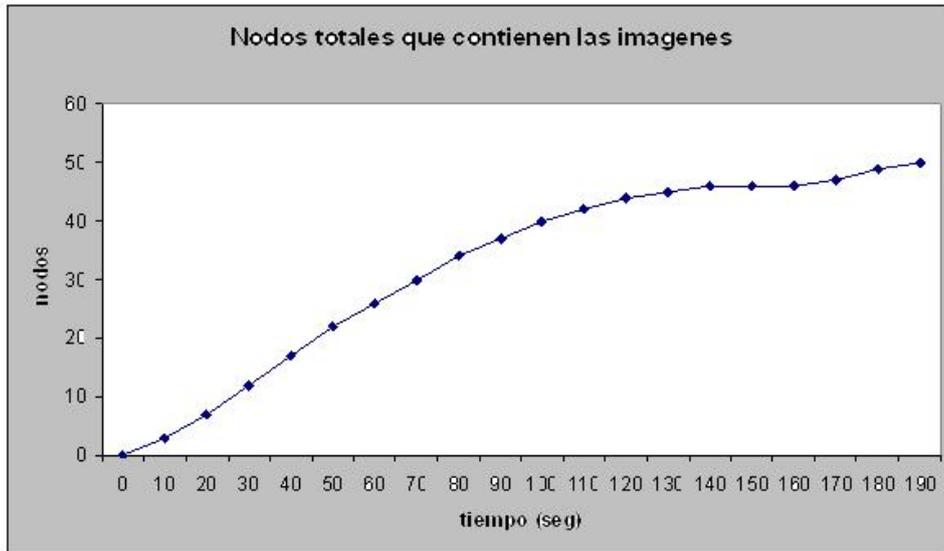


Figura 5.3 Gráfica que muestra los nodos que contienen las imágenes

Como se mencionó en el capítulo anterior, se incrementó el número de nodos y el tamaño del escenario para seguir analizando el comportamiento de los nodos en una red de mayor tamaño. El promedio de los resultados obtenidos con un escenario de 200 nodos, cuando un nodo cliente hace contacto con el servidor y obtiene las imágenes en su directorio local, se muestran en la gráfica de la figura 5.4

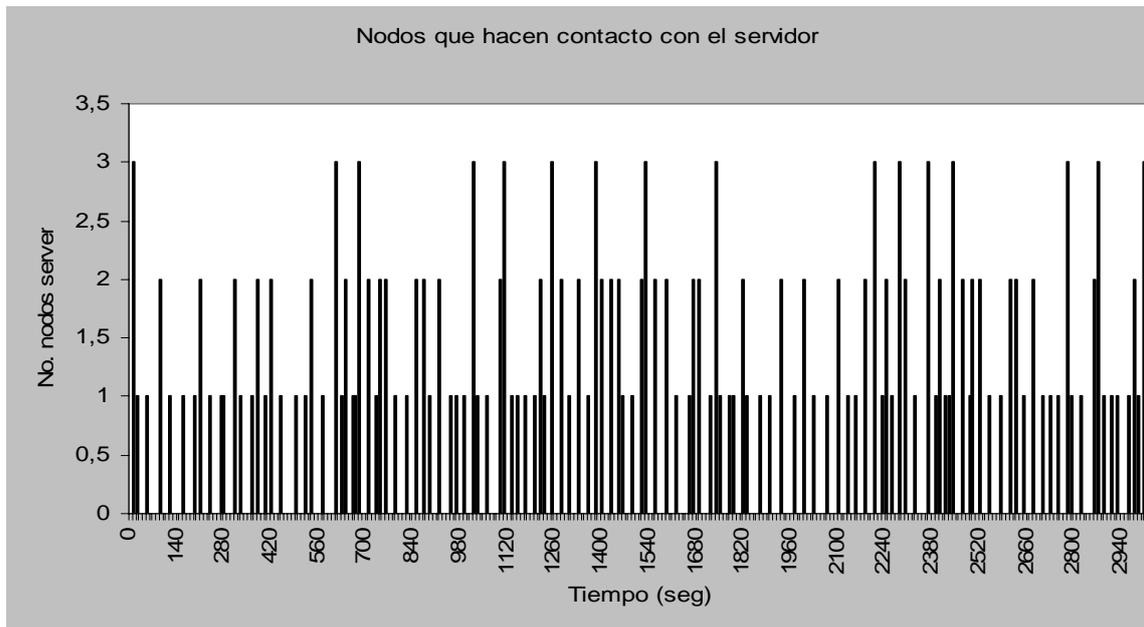


Figura 5.4 Gráfica de los nodos que hacen contacto con el servidor

Los resultados que se muestran en esta gráfica son muy similares a los resultados obtenidos con 50 nodos. Al segundo 20 tres nodos hacen contacto con el servidor, y de manera muy uniforme los nodos que hacen contacto con el servidor varía entre uno y tres.

En la gráfica de la figura 5.5 se muestra el promedio de los nodos que hacen contacto con el servidor, o un nodo que ya tiene almacenadas las imágenes en su directorio local. Aquí se puede observar que el número de nodos se incrementa hasta llegar a 100 segundos, y posteriormente comienza a disminuir hasta llegar a 220 segundos. Por lo

que en 220 segundos los 200 nodos ya tienen almacenadas las imágenes en su directorio local. Se puede observar que la diferencia de tiempo en que las imágenes se distribuyen en los dos escenarios de 50 nodos y de 200 es sólo de 20 segundos.

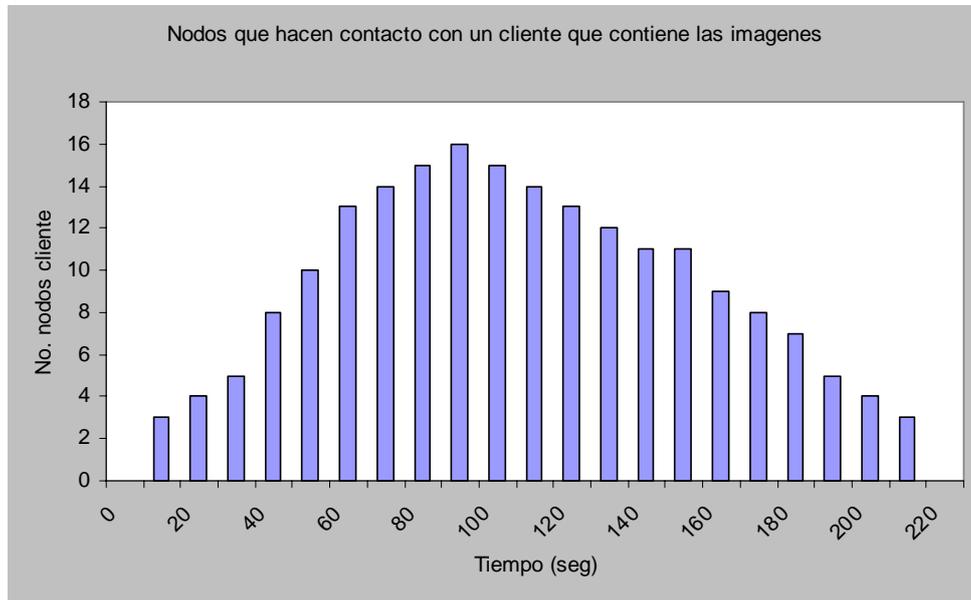


Figura 5.5 Gráfica de los nodos que hacen contacto con un nodo que ya tiene las imágenes

En la gráfica de la figura 5.6 se observa una comparación de cómo se va incrementando el número de nodos que hacen contacto con un vecino que ya tenía las imágenes, o con el propio servidor en los dos distintos escenarios de 50 y 200 nodos. Cuando existe mayor número de nodos el tiempo en que las imágenes llegan a todos los nodos es de tan sólo 240 segundos, por lo que sólo existe una diferencia de 40 segundos cuando se trata de 50 nodos.

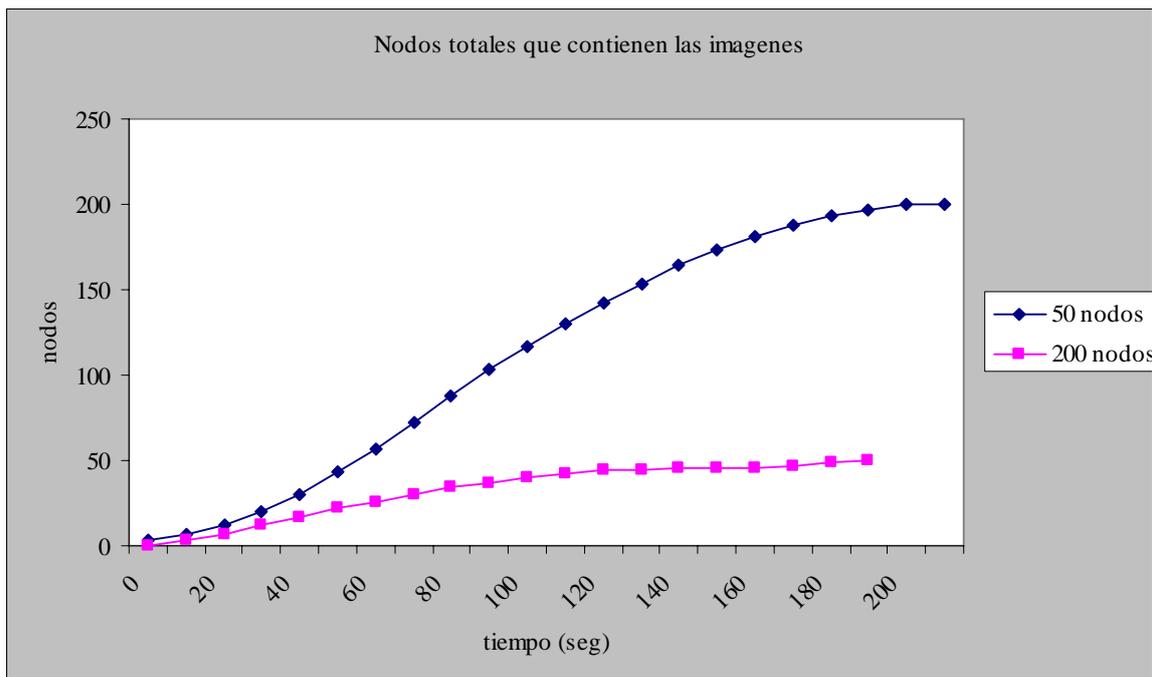


Figura 5.6 Gráfica que compara el incremento de nodos que van adquiriendo las imágenes

Con estos resultados se obtuvo un promedio del tiempo en que los nodos adquieren las imágenes, y considerando la movilidad de los nodos se volvió a medir los tiempos de descarga de las páginas Web con los siguientes escenarios:

- **Página Web completa.** Los tiempos en segundos que tarda en descarga la página Web completa.
- **Técnica 1.** Los tiempos en segundos que tarda en descarga la página Web sin imágenes.
- **Técnica 3.** Los tiempos en segundos que tarda en descargar la página Web utilizando la tercera técnica sin tomar en cuenta el tiempo que se tarde el nodo en hacer contacto con un vecino que tiene las imágenes.
- **Técnica 3 + tiempo de contacto con un nodo que contiene las imágenes.** Los tiempos en segundos que tarda en descargar la página Web utilizando la tercera técnica tomando en cuenta el tiempo que se tarde el nodo en hacer contacto con un vecino que tiene las imágenes.
- **Datos promedio de la técnica 3.** Se obtuvo el promedio del tiempo de contacto con vecinos que contienen las imágenes al utilizar la tercera técnica.

En las gráficas de las figuras 5.7 y 5.8 obtenidas con los datos promedios de los escenarios propuestos para 50 y 200 nodos se muestran los resultados de las descarga de la página Web de Perl. Es importante recordar que este sitio sólo contiene una imagen dentro de su contenido. Por lo que se puede observar que si esperamos a que los nodos hagan contacto con un vecino que contiene las imágenes no conviene. El tiempo promedio como el tiempo real en que cada nodo hace contacto con un cliente es mayor al de la descarga con la página Web completa y este tiempo a su vez es muy parecido al medido con la técnica 1.

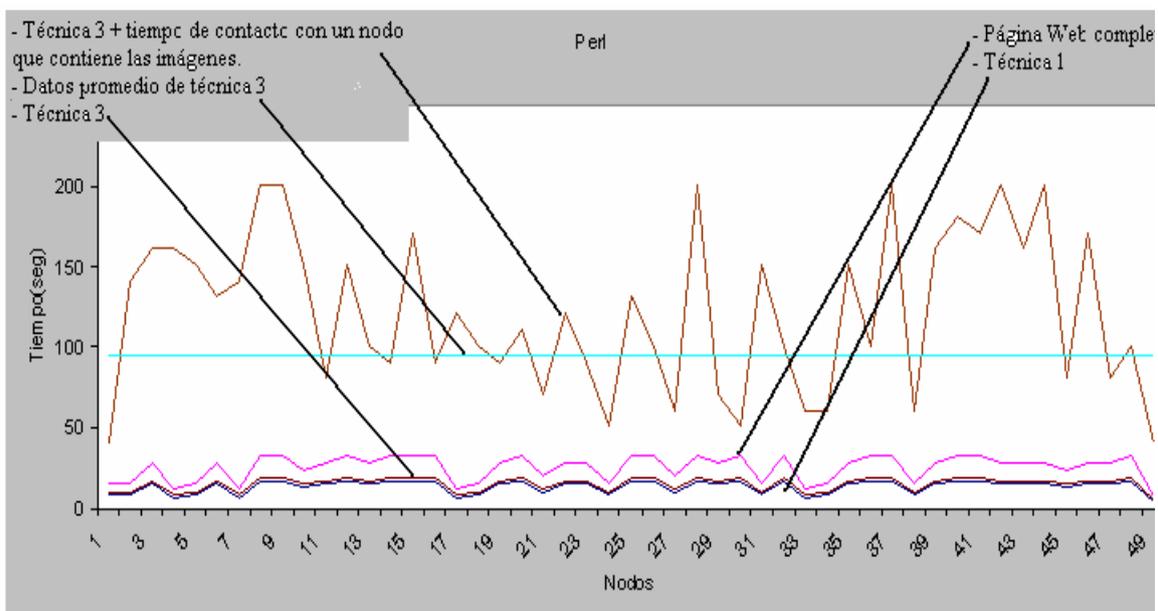


Figura 5.7 Gráfica de la página Web de Perl con 50 nodos

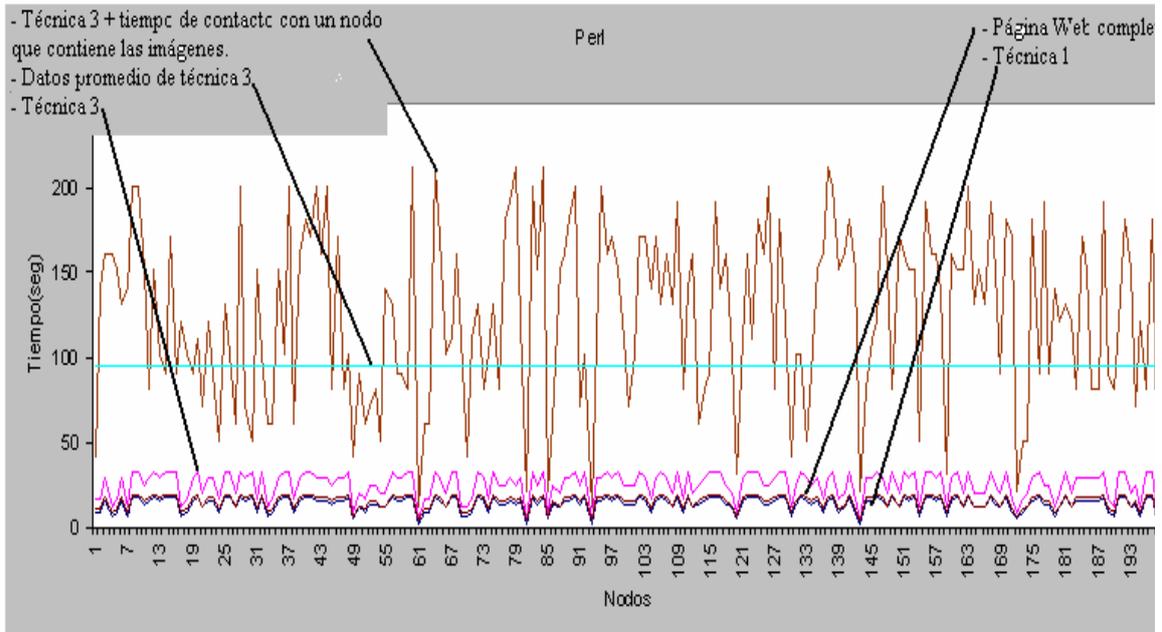


Figura 5. 8 Gráfica de la página Web de Perl con 200 nodos

Sin embargo en las gráficas de las figuras 5.9 y 5.10 se observa que para la página de ccn que contiene un número muy elevado de imágenes y publicidad, los tiempos de descarga cuando se implementan las técnicas propuestas están por debajo del tiempo de descarga de la página Web completa. Como ya se había observado en resultados anteriores el tiempo de descarga de la página con la implementación de la técnica 1 mejora de manera muy considerable los tiempos de descarga.

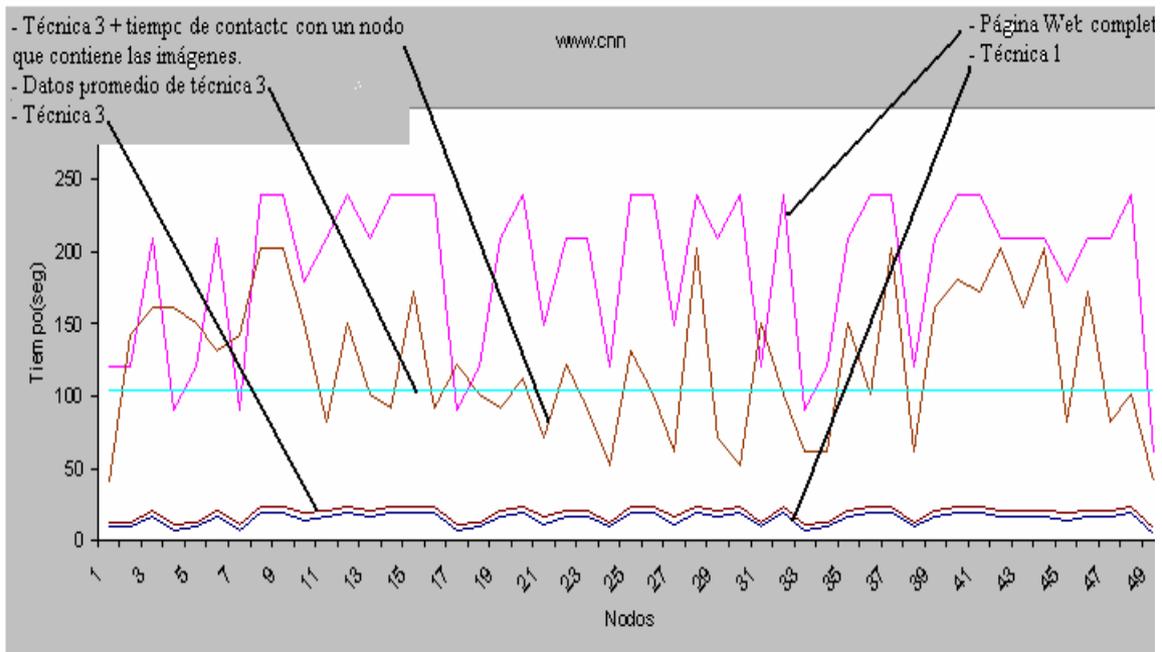


Figura 5.9 Gráfica de la página Web de cnn con 50 nodos

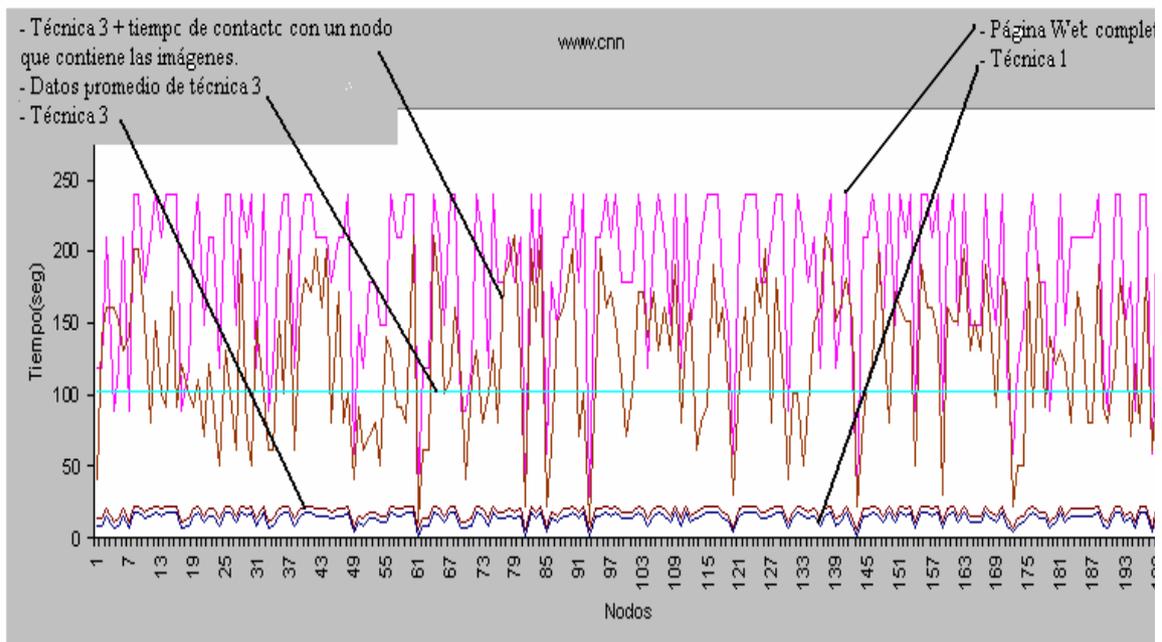


Figura 5.10 Gráfica de la página Web de cnn con 200 nodos

5.4 Conclusiones

En este capítulo se ha llevado a cabo el análisis de los datos obtenidos en las pruebas realizadas a las distintas técnicas propuestas, observando que con la primera técnica los tiempos de descarga de las páginas Web mejoran de manera muy considerable pero no se tiene la página Web original. Implementando la segunda técnica los tiempos son casi los mismos, y el usuario puede tener acceso a la imagen original con un tiempo de

descarga de 5 a 10 segundos de la imagen que se desea visualizar. Sin embargo, si se desea visualizar la página Web completa implementando la tercera técnica, los tiempos de descarga sólo mejoran cuando las páginas Web contienen una cantidad de imágenes elevadas, de lo contrario los nodos pueden esperar mucho tiempo para visualizar la página Web completa.

Capítulo 6

6. ASPECTOS A CONSIDERAR

6.1. Seguridad

En los protocolos de enrutamiento que se han mencionado, uno de los aspectos básicos para que su funcionamiento sea óptimo es que los nodos deben cooperar con la recepción y transmisión de la información. Sin embargo, pueden existir nodos que no se presten o que interrumpan esta tarea y pueden ser:

- Nodos maliciosos, que llevan acabo ataques activos contra la información transmitida, y como consecuencia puede ocurrir que el tráfico se pierda, que se envíe a un destino diferente, que se transmita por una ruta más larga, o bien se lleve a cabo un ataque por suplantación.
- Nodos egoístas, que degradan el funcionamiento de la red y pueden llegar a dividir la red impidiendo el paso de información.

Uno de los ataques más utilizados en este tipo de redes es la negación de servicio, causado por nodos maliciosos que afectan drásticamente el rendimiento de la red. Una de las características de las redes Ad-Hoc es que no existe un dispositivo que controle la red, por lo que los nodos tienen que autoadministrarse y por lo regular no tienen ninguna protección física contra manipulaciones. Esto lo hace susceptibles a estar en peligro de ataques por rechazo del servicio lanzados por nodos intrusos. Estos ataques producen la negación de servicio cuando se están usando protocolos de ruteo bajo demanda como AODV y DSR.

La forma de operar de la negación de servicio es:

- El atacante crea rutas a todos los nodos en la red
- El atacante manda excesivamente paquetes de datos inútiles a través de dichas rutas
- Los excesivos paquetes de datos en la red agotan el ancho de banda disponible para las comunicaciones entre los nodos
- El nodo destino estará ocupado recibiendo los paquetes y no podrá trabajar normalmente

La característica común de estos tipos de ataques de inundación es agotar el ancho de banda disponible de la red afectando así la comunicación legítima.

Otro ataque común es el de inundación de paquetes RREQ que produce desbordamiento en las tablas de ruteo para que el nodo no pueda recibir nuevos paquetes RREQ. Si el atacante combina los dos tipos de ataques, puede producir el colapso de la red.

Existe una técnica para contrarrestar este tipo de ataque que es la prevención al ataque de Inundación (***Flooding Attack Prevention, FAP***). Esta técnica está compuesta de la supresión de vecino y corte de ruta cuando el nodo intruso transmite paquetes RREQ. El procedimiento consiste en que los nodos vecinos inmediatos al intruso que observan una tasa alta de RREQ enviados por el atacante, por lo que ellos deben bajar la prioridad de acuerdo a la tasa de RREQ entrantes. Esto quiere decir que la prioridad de un nodo va a ser inversamente proporcional a los paquetes RREQ que envía dicho nodo. Cuando el nodo intruso envía muchos paquetes de datos a un nodo víctima, el nodo puede cortar el camino y no volver a aceptar una ruta con el intruso.

El método de eliminación de vecino es usado para prevenir el ataque por inundación de paquetes RREQ. Si todos los nodos vecinos alrededor de un nodo se rehúsan a retransmitir sus paquetes, el nodo no se podrá comunicar con los otros nodos en la red, aislándolo así de la red.

6.2. Algoritmos del manejo de caché

Como se ha mencionado durante el desarrollo de las pruebas sólo se utilizaron 10 páginas Web que fueron seleccionadas previamente. Sin embargo, en una situación real no podemos seleccionar un número de páginas, ni saber qué páginas son las que se transmitirían en la red. Por lo que otro aspecto a considerar es la utilización de algoritmos que nos permita saber qué páginas Web son las más utilizadas en la red, y con base en esa información poder enviar las imágenes antes de ser requeridas, así como tener la posibilidad de refrescar la información de las imágenes. Para este procedimiento ya existe una serie de algoritmos que nos ayudarían a resolver este problema, en la tabla 6.1 se muestra un resumen de los algoritmos más utilizados por los servidores Proxy.

Algoritmo	Características
Reposición de páginas al azar	Como su nombre lo indica todas las páginas que se encuentran en el almacenamiento principal tienen la misma probabilidad de ser elegidas para el reemplazo.
Reemplazo de páginas Primero en Entrar - Primero en Salir (FIFO)	Para cada página se registra el instante en que entró en el almacenamiento primario. Cuando se necesita reemplazar una página, se escoge la que ha permanecido en el almacenamiento durante mayor tiempo, por lo que es probable que esta estrategia reemplace páginas muy utilizadas.
Reemplazo de páginas Menos Recientemente Usada (LRU)	Se selecciona para su reemplazo a la página que no ha sido utilizada durante el mayor tiempo.
Reemplazo de páginas Menos Frecuentemente Usada (LFU)	La página por reemplazar es aquella que se ha usado menos frecuentemente o a la que se ha hecho referencia con menos frecuencia.
Reemplazo de páginas No Usada Recientemente (NUR)	La estrategia NUR se lleva a la práctica con la adición de dos bits de hardware por página, esos bits son; bit de referencia=0 si no se ha hecho referencia a la página, bit de referencia=1 si ha hecho referencia a la página, bit de modificación=0 si la página no ha sido modificada, bit de modificación=1 si la página ha sido modificada.
Reemplazo de páginas por Segunda Oportunidad (Second Chance)	Es una variante de FIFO denominada de segunda oportunidad, examina el bit de referencia de la página más antigua; si este bit vale 0, se selecciona de inmediato la página para ser reemplazada, si el bit de referencia vale 1 se le asigna el valor 0 y la página se pasa al final de la lista y se considera en esencia como una página nueva.
Reemplazo de páginas por Reloj (Clock)	Es una variante de la segunda oportunidad, pone a las páginas en una lista circular, en lugar de en una lista lineal. Un apuntador a la lista se desplaza alrededor de la lista circular en la misma forma que gira la manecilla de un reloj. Cuando el bit de referencia de una página toma el valor 0, el apuntador se mueve al siguiente elemento de la lista.

Tabla 6.1 Principales características de los algoritmos utilizados en el manejo de cache.

6.3. Conclusiones

La seguridad es un aspecto que se debe considerar en cualquier tipo de tecnología, si se consideran las medidas necesarias se puede tener un mejor rendimiento en la red y a su vez se garantiza a los usuarios la privacidad de su información. Sin embargo como ya se menciono para las MANET's es más complicado implementar la seguridad ya que todos los nodos que conforman la red deben ser confiables y cooperar con el manejo de la información. De los algoritmos que se presentan en el manejo de cache para actualizar la información y decidir que imágenes se envían a los nodos cercanos, el más utilizado es el que se implementan en servidores Proxy como el SQUID.

Capítulo 7

7 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de esta tesis dedicada a las redes inalámbricas Ad-Hoc, se ha logrado estudiar el comportamiento y características que hacen posible el funcionamiento de esta tecnología, permitiendo diseñar y analizar tres técnicas que permiten mejorar la transmisión de contenido Web.

En las pruebas realizadas se utilizaron los protocolos reactivos DSR y AODV, ya que por su característica de operación no genera tráfico constante en la red. Los resultados en los tiempos de descarga de las páginas Web con el protocolo AODV y DSR fueron muy parecidos sin importar el número de nodos.

Una vez que se diseñaron las técnicas propuestas, cuyo objetivo es mejorar la transmisión de contenido Web en redes Ad-Hoc era indispensable implementar las técnicas y realizar un análisis para ver su comportamiento en este tipo de redes, por lo que se decidió utilizar el simulador de redes Ns-2, ya que permite simular redes inalámbricas y es de código libre.

Posteriormente se diseñó un escenario en el cual con la implementación del módulo que permite inyectar tráfico Web real al simulador se pudieron obtener los tiempos de descarga de las 10 páginas Web más solicitadas en México, para hacer una comparación con los tiempos de descarga de redes de tipo cableadas, infraestructura y ad-hoc. En donde se observó que para las redes ad-hoc el tiempo es mayor.

Durante el estudio del protocolo WAP se pudo observar que una de las técnicas que utiliza es modificar el diseño de la página Web eliminando publicidad y en algunos casos ciertas imágenes. Ya que el envío de esta información puede consumir una parte importante del ancho de banda. Este principio de operación se implementó en el diseño de la primera técnica.

La primera técnica propuesta en donde se elimina la publicidad e imágenes es una alternativa, ya que los resultados muestran tiempos que mejoran la descarga de las páginas Web. Pero para los usuarios puede no ser de su agrado ver una página Web sin imágenes, además que estás en algunas páginas forman parte esencial de la información. Es por eso que en la segunda técnica se propone la descarga de las imágenes bajo demanda, lo cual resulta más tardado para el usuario pero benéfico para la red en ese momento. Es importante considerar que si todos los nodos solicitaran las imágenes al mismo tiempo el ancho de banda en la red se vería muy saturado.

El tiempo de descarga de las páginas Web que contienen pocas imágenes y sin publicidad es muy semejante con cualquiera de las técnicas propuestas e incluso con la descarga de la página Web completa.

Para el diseño de la tercera técnica se seleccionaron diferentes escenarios que incluyen el servidor en el centro y movilidad de 2 m/s en los nodos, los resultados obtenidos es un promedio de estos escenarios.

Con la implementación de la tercera técnica los tiempos de descarga se mejoran sólo para las páginas Web que contienen muchas imágenes y publicidad, ya que para páginas que contienen pocas imágenes los tiempos de espera para conseguir las imágenes pueden ser muy excesivos.

La seguridad es un problema que afecta la infraestructura de la red sin importar de qué tipo sea, pero en la mayoría de los casos se puede implementar un dispositivo que controle la seguridad (*firewall o Cortafuegos*¹). Sin embargo en las MANET's todos los nodos de la red deben participar en la seguridad de está.

En la tercera técnica para decidir que imágenes se envían a los nodos y en que tiempo se actualiza esta información, se pueden implementar alguno de los algoritmos utilizados por los servidores Proxy para la actualización de páginas Web.

¹ un elemento utilizado en redes de computadoras para controlar las comunicaciones, permitiéndolas o prohibiéndolas

Glosario

ACK Acknowledgment
ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line
AP Access Point
BSS Basic Service Set
CSMA Carrier Sense Multiple Access
CSMA-CA Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance
DRS Dynamic Rate Shifting
IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF Internet Engineering Task Force
IP Internet Protocol
ISM Industrial Scientific Medical
LAN Local Area Network
MAC Medium Access Control
MANET Mobile Ad-Hoc Network
NS Network Simulator
OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing
QoS Quality of Service
RTS Request to Send
TCP Transmission Control Protocol
UDP User Datagram Protocol
UML User Mode Linux
WLAN Wireless Local Area Network
WWW World Wide Web

Bibliografía

- [1] Ad Hoc Networks Technologies and protocols,
Prasant Mohapatra and Srikanth Krishnamurthy
Springer Science 2005
- [2] The handbook of ad hoc wireless networks,
Mohammad Ilyas,
CRC Press LLC 2003
- [3] Topology Control in wireless ad hoc and sensor networks, Paolo Santi
John Wiley 2005
- [4] Redes Wireless 802.11,
Matthew S. Gast
O' Reilly 2002
- [5] Wi Fi Handbook: bulding 802.11b wireless networks,
Frank ohrtman and Konrad Roeder
McGraw-Hill 2003
- [7] User Mode Linux,
Dike Jeff,
Prentice Hall
2006
- [8] User Mode Linux Networking
Ismael Briones Vilar
<http://inkatel.com>
2006
- [9] Routing Security in Gíreles Ad Hoc Networks
Hongmei Deng, Wei Li, and Dharma P. Angrwal
University of Cincinnaty
2005
- [10] Real-Time Network Emulation with ns-2
Daniel Mahrenholz and Svilen Ivanov
University of Magdeburg

2004

- [11] The ns Manual
The VINT Project
A Collaboration between researchers at
UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC.
Kevin Fall `_kfall@ee.lbl.gov_`, Editor
Kannan Varadhan `_kannan@catarina.usc.edu_`, Editor
Septiembre 25, 2006
- [12] Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks
David B. Johnson
David A. Maltz
Computer Science Department
Carnegie Mellon University
Octubre 2006

Apéndice A

Apéndice A

A Entorno de la simulación

A.1 Instalación del simulador ns-2

La instalación del simulador ns-2 se realizó con la opción *all-in-one*, es decir todos los paquetes que necesita sin la necesidad de estar instalando uno por uno, ya que de lo contrario se deben instalar varios paquetes para su funcionamiento, se descargo del sitio <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-build.html#allinone> la versión 2.29 que viene en formato tar.gz.

La instalación se llevo acabo en un Ubuntu 6.0 por lo que solo se tiene que descomprimir el archivo.

```
$ tar -zxvf ns-allinone-2.29.tar.gz
```

Con lo cual crea un directorio de nombre ns-allinone-2.29, en el que se tiene que ejecutar un make install.

```
./configure  
$make  
$make install
```

Si se tienen todas las librerías necesaria la instalación se completará con éxito.

Se debe agregar las variables de ambiente de ambiente para el ns y nam en el PATH si se desea ejecutarlos desde cualquier ubicación.

A.2 Instalación del emulador ns-2

Se descargó el parche para implementar el emulador.

```
$wget http://www-ivs.cs.uni-agdeburg.de/eukneu/forschung/projekte/nse/ns2emulation.tgz
```

```
$tar -zxvf ns2emulation.tgz
```

Con lo que se crea un directorio ns2emulation que contiene el parche para instalar el modulo, en el directorio de ns-2.29 se aplica el parche.

```
$ patch -p0 < ~/ns2uml/ns2emulation/ns2emulation.diff
```

Se recompila el ns-2 para aplicar los cambios

```
$. /configure  
$make clean  
$make  
$ make install
```

Y se crea un ejecutable nse que es con el que se correrán los scripts que implementen la inyección de trafico real.

A.3 Instalación de máquinas virtuales con UML (User Mode Linux)

Para la instalación de las máquinas virtuales se debe disponer del paquete tunctl el cual se puede instalar con un apt-get

```
$. apt-get install tunctl
```

Para ejecutar las máquinas virtuales se necesita un filesystem, que es el sistema de archivos en el que se va a trabajar, y un kernel para levantar el sistema de archivos, ambos se pueden descargar de <http://user-mode-linux.sourceforge.net/>, para nuestros fines se descargo el filesystem de un Fedora Core 3 y un kernel 2.6.24

Con la herramienta tunctl se crean las taps que servirán como interfaces de red a las máquinas virtuales.

```
$. tunctl -u umluser
```

Se configura una dirección IP para la tap

```
$ifconfig tap0 192.168.27.133 up
```

Se corre la máquina virtual indicando la tap que le corresponde

```
$/linux-2.6.24-rc2 ubd0=FedoraCore3 eth0=tuntap, tap0
```

Se configura una Dirección IP para la máquina virtual

```
$ifconfig eth0 192.168.27.134 up
```

En el host se configuran los siguientes parámetros para que tenga salida a red la máquina virtual.

```
$route add -host 192.168.27.134 dev tap0  
$echo 1>/proc/sys/net/ipv4/ip_foward  
$echo 1>/proc/sys/net/ipv4/conf/tap0/proxy_arp  
$arp -Ds 192.168.27.134 eth0 pub
```

En la máquina virtual se configura la salida a Internet

```
route add default gw 192.168.27.133
```

Con esto la máquina virtual ya tiene salida a Internet por la tap0 y a su vez por la eth0 del host, con lo cual ya se pueden instalar los servidores y los clientes.