

Conmutación activa en MANETs híbridas con soporte de múltiples gateways móviles

A. Triviño Cabrera, E. Casilari Pérez, F.J. González Cañete
Dpto. Tecnología Electrónica, Universidad de Málaga
Campus de Teatinos, 29071 Málaga
Telf: 952137191, Fax: 952131447
E-mail: atc@uma.es

Resumen

En la actualidad los usuarios demandan servicios de Internet a los que poder acceder en cualquier momento y en cualquier lugar. Debido a la importancia que estas tendencias están marcando, el estudio de las redes ad hoc está generando el desarrollo de nuevos mecanismos que permiten la conexión de sus terminales a redes externas, entre las que se incluye Internet. Dentro de estos mecanismos, uno de los que requiere una arquitectura de conexión más simple es el de múltiples gateways móviles, que incorpora un router de acceso en la red que se ve complementado por un nodo de la MANET que actúa como gateway. Como no se impone ninguna restricción de movilidad en este gateway, es habitual que se sucedan varias conmutaciones de gateways cada vez que el elemento elegido para operar como gateway sale del área de cobertura del router de acceso y, por lo tanto, ya no puede operar como tal. Estas conmutaciones, fruto de la simplicidad de la arquitectura del mecanismo, repercuten en un empeoramiento del comportamiento de la red. Con el propósito de reducir estos efectos, se ha desarrollado una nueva técnica que reduce los tiempos de conmutación de gateways. En este artículo se explica esta nueva técnica denominada conmutación activa de gateways.

1. Introducción

Las redes móviles ad hoc o MANETs (*Mobile Ad hoc Network*) surgen con el propósito de proporcionar comunicación entre dispositivos móviles sin la necesidad de la implantación de una infraestructura dedicada a la gestión de los recursos radio. Inicialmente su aplicación se limitaba al uso en entornos militares así como en aquellas situaciones de emergencia donde las redes implantadas dejan de estar operativas. Sin embargo, las claras ventajas económicas que proporcionan las redes ad hoc así como la aparición de nuevas redes de telecomunicaciones han ampliado los tipos de escenarios donde es posible utilizar una MANET: conferencias, aeropuertos, etc [1]. En muchos de estos escenarios es previsible que los usuarios demanden servicios que requieran la conexión con redes externas, entre las que sobresale Internet. Para satisfacer esta demanda es preciso analizar las funcionalidades de los nuevos elementos que han de incorporarse en la MANET así como la relación de éstos con el resto de los componentes de la red ad hoc. Es habitual que este nuevo tipo de MANETs reciban el calificativo de híbridas al combinarse dispositivos móviles con elementos fijos que actúan como enlace con las redes externas.

Considerando las WLAN (*Wireless LAN*) como redes ad hoc básicas, parece razonable analizar cómo se ha conseguido ya la comunicación global en este tipo de redes para así extrapolar la técnica a las MANETs. En una WLAN la conectividad se logra introduciendo un *router* de acceso conectado a Internet. El *router* de acceso es responsable de informar a los nodos de la red del prefijo que deben

utilizar para generar una dirección IPv6 adecuada. Para ello envía periódicamente mensajes de aviso de *router* o RA (*Router Advertisement*). Dos características significativas hacen que este mecanismo no pueda ser aplicado directamente en las MANETs reales donde los dispositivos móviles pueden situarse fuera del área de cobertura del *router* de acceso. En primer lugar los mensajes RA pertenecen a las especificaciones descritas en el protocolo de descubrimiento de vecinos [2]. En estas especificaciones sus mensajes están limitados a un único salto y, por lo tanto, no pueden ser reenviados. Con esta restricción, los terminales que se encontrasen fuera del área de cobertura del *router* de acceso no dispondrían de la información necesaria para configurar una dirección IPv6. Por otro lado un *router* de acceso es incapaz de realizar encaminamiento ad hoc. Así pues, si un elemento externo envía un paquete a un nodo de la MANET, éste llegaría al *router* de acceso pero no sabría por qué terminal debe reenviar el paquete para que finalmente alcanzase su destino.

Estas dos restricciones se ven solventadas con la introducción de un dispositivo adicional que opere como *gateway*. Por un lado, el *gateway* se encarga de enviar la información del prefijo de red del *router* de acceso a través de mensajes de aviso de *router* modificados o MRA (*Modified Router Advertisement*) que se propaga por toda la red. Por otro lado, sirve de apoyo al *router* de acceso realizando las tareas de encaminamiento de aquellos paquetes que proceden del exterior de la MANET. Las características que se definen en el *gateway* así como sus funciones han concluido en la diferenciación de varios mecanismos de conexión a Internet. De entre estos mecanismos, uno de los que

necesita una menor complejidad en su arquitectura es el de múltiples *gateways* móviles [3]. En este mecanismo uno de los elementos de la MANET actúa como *gateway* sin presentar ninguna restricción en cuanto a su movilidad. Así pues, es habitual que el elemento seleccionado para actuar como *gateway* abandone el área de cobertura del *router* de acceso y, por lo tanto, no pueda continuar operando como tal. El mecanismo señala la metodología a seguir para que bajo estas circunstancias otro elemento se autoconfigure como nuevo *gateway*. Debido al carácter distribuido de esta técnica es necesario que transcurra un periodo de tiempo antes de que un nuevo *gateway* se configure. Este tiempo de conmutación, en el que no existe *gateway*, repercute en un empeoramiento del comportamiento de la red. Intentando reducir estos efectos se ha desarrollado una nueva técnica que permite reducir el tiempo de conmutación y con ello mejorar las prestaciones de la MANET. Esta técnica, denominada conmutación activa, se basa en el aviso que realiza el anterior *gateway* notificando que ha dejado de operar como tal.

En la sección 2 se describen las principales características de los mecanismos de conexión a Internet propuestos para MANETs. A continuación, en la sección 3 se profundiza en el soporte de múltiples *gateways* móviles para presentar posteriormente la técnica de conmutación activa. El análisis de esta técnica se lleva a cabo a través de las simulaciones de la sección 5. Para finalizar se presentan las conclusiones.

2. Acceso a Internet en MANETs

El *router* de acceso requiere de un elemento adicional encargado de distribuir la información de su prefijo en toda la red. Adicionalmente este elemento se encargaría del encaminamiento de los paquetes hacia y desde las redes externas. Este dispositivo, denominado *gateway*, puede presentarse de diversas formas en la MANET. Los distintas soluciones que han surgido para conectar una red ad hoc con el exterior pueden diferenciarse según las características del *gateway* así como de las funciones que mantenga asociadas.

Uno de los primeros mecanismos que surgió dentro del contexto de IPv6 fue el de conectividad global [4]. Este mecanismo, propuesto por R. Wakikawa *et al.*, se basa en la colocación de un *gateway* de Internet fijo unido al *router* de acceso. El *gateway* proporciona direcciones globalmente enrutables a los nodos de la red. Aunque los autores inicialmente sólo propusieron como descubrimiento de *gateway* la técnica reactiva y proactiva, otros autores también han analizado el método híbrido de descubrimiento de *gateway* [5]. M. Ghassemian *et al.* analizaron los problemas asociados al direccionamiento con este mecanismo cuando los *router* de accesos están

conectados entre sí a través de puntos de anclajes de movilidad o MAP (*Mobility Anchor Point*) [6].

Posteriormente C. Jelger *et al.* propusieron un mecanismo donde los *gateways*, también fijos, son responsables de la autoconfiguración de las direcciones globales de los nodos de la MANET. Para ello, los *gateways* envían de mensajes periódicos que informan sobre su existencia así como del prefijo que procesan [7]. Es habitual que existan múltiples *gateways* en la misma red ad hoc por lo que los nodos son capaces de recibir múltiples mensajes de autoconfiguración, cada uno de ellos generados en un *gateway* diferente. Sin embargo, este mecanismo intenta reducir la sobrecarga de la red mediante el reenvío de uno solo de los mensajes de autoconfiguración que recibe el nodo. Para ello, siguiendo algún criterio, el nodo debe seleccionar a uno de los *gateways* que le ha enviado el mensaje de autoconfiguración y posteriormente generará una versión actualizada del mismo que enviará a sus vecinos. Con este método, el nodo mantiene un camino hacia el *gateway* de Internet donde todos los nodos comparten el mismo prefijo. Esta característica ha repercutido en la denominación del mecanismo como el de continuidad de prefijo.

En las soluciones previas, los *gateways* se entienden como elementos fijos y asociados a un mismo *router* de acceso. H. Ammari y H. El-Rewini fueron los autores de uno de los primeros artículos donde se asociaba movilidad a los *gateways* [8]. En este mecanismo alguno de los nodos de la MANET pueden actuar como *gateways*. Su movilidad, sin embargo, está limitada a no abandonar el área de cobertura del *router* de acceso. A través de simulaciones muestran cómo las prestaciones de la red dependen de número de *gateways* móviles que existan así como de la velocidad máxima que se les permita.

El mecanismo de múltiples *gateways* móviles suprime la restricción de movilidad que imponía la técnica anterior [3]. En esta solución, los *gateways* móviles pueden abandonar el área de cobertura del *router* de acceso. Para permitir esta libertad se requiere un algoritmo distribuido capaz de seleccionar dinámicamente a uno de los nodos que permanezcan al alcance del *router* de acceso como *gateway*. Como el presente artículo se basa en la mejora de este mecanismo, se explicarán más detalles del mismo en el tercer apartado.

Recientemente, S. Ruffino y P. Stupar han propuesto el uso de múltiples *gateways* fijos que proporcionan acceso a Internet [9]. Periódicamente estos elementos anuncian sus prefijos a través del envío de mensajes especiales. Los nodos generan una dirección IPv6 apropiada a cada uno de los mensajes que reciben. Como los terminales poseen direcciones apropiadas a todos los *gateways*, pueden cambiar dinámicamente la dirección global que

desean utilizar para sus comunicaciones externas si, por ejemplo, el *gateway* que empleaban anteriormente dejase de estar operativo.

3. Mecanismo de múltiples *gateways* móviles

Los mecanismos de conectividad global y de continuidad de prefijo exigen una arquitectura adicional compuesta por dos elementos: el *router* de acceso y un *gateway* de Internet fijo. Por lo tanto, este tipo de soluciones ofrece una conexión a Internet específica para MANET, diferente de la que habría que emplear si fuese una WLAN. Esta característica está fuera de la propia esencia de las redes ad hoc que intentan operar en cualquier momento y en cualquier lugar (estén o no preparados para una MANET).

Con el propósito de universalizar la conexión global de redes inalámbricas, un grupo del Instituto Tecnológico de Samsung desarrolló un nuevo mecanismo [3]. Básicamente la idea consiste en transferir las funcionalidades del *gateway* a uno de los nodos de la MANET que se encuentre dentro del área de cobertura del *router* de acceso. De entre todos los terminales que se encuentren en esta zona, se elegirá a uno de ellos para que temporalmente actúe como *gateway*. Este nodo recibe el nombre de *gateway* por defecto (DG). El resto de los nodos que se encuentren en dicha área se denominan *gateways* candidatos (CG). En la Figura 1 se ilustra la arquitectura de este mecanismo. Los *gateways* saben que se encuentran dentro del área de cobertura del *router* de acceso mediante la recepción de mensajes de RA.

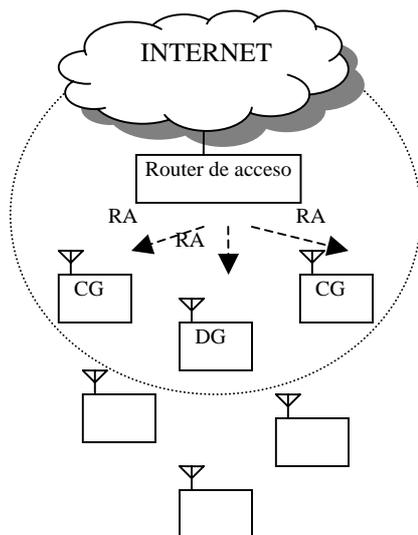


Figura 1. Arquitectura de múltiples *gateways* móviles para conexión a Internet en MANET

El *gateway* por defecto debe informar sobre el prefijo de red a emplear para que el resto de la red sea capaz de configurar una dirección IPv6 apropiada al *router* de acceso. Además sirve de enlace entre la MANET y las redes externas, permitiendo el intercambio de paquetes entre ambas redes a través del *router* de acceso. Para realizar estas funciones, el DG transmite en toda la red mensajes MRA periódicamente. A través de estos mensajes, los nodos de la MANET pueden obtener el prefijo de red, esto es, la información necesaria para iniciar el proceso de autoconfiguración de una dirección IPv6. Adicionalmente, los nodos saben cómo pueden llegar al DG cuando retransmiten paquetes hacia el exterior.

Con el propósito de reducir la carga en la red, no es recomendable que los mensajes de MRA sean demasiado frecuentes ya que este tipo de mensajes se propagan en toda la MANET. Es por ello que habitualmente se escoge un intervalo de MRA (T_{MRA}) mayor que el de RA (T_{RA}).

Como ya se ha mencionado anteriormente, cada dispositivo que se encuentra dentro del área de cobertura del *router* de acceso puede actuar como *gateway*. Sin embargo, este mecanismo se caracteriza por no imponer ninguna restricción de movilidad en estos terminales. Esta condición implica la necesidad de disponer de un método para la configuración dinámica del *gateway*. Este método va a ser implementado por los mismos dispositivos móviles sin que sea preciso la existencia de un dispositivo adicional que se encargue de esta tarea. El método se inicia con la comprobación periódica de la permanencia en el área de cobertura del *router* de acceso. Para ello el DG analiza la recepción de mensajes RA periódicos. Cuando no se recibe uno de los mensajes de RA, el nodo finalizará sus labores como DG inmediatamente. Mientras tanto, los CG esperan la llegada de mensajes MRA durante un intervalo T_{MRA} . Si esta condición no se satisface, los CG entienden que el anterior DG ha abandonado el área de cobertura del *router* de acceso, y por lo tanto se debe escoger un nuevo DG. Con este propósito, los CG inician un temporizador interno que finalizará tras un tiempo aleatorio. Si durante ese tiempo el nodo no ha recibido ningún mensaje MRA, el dispositivo se configurará asimismo como DG. Inmediatamente el nuevo DG enviará un mensaje MRA para informar al resto de la red sobre su nuevo papel.

4. Conmutación activa

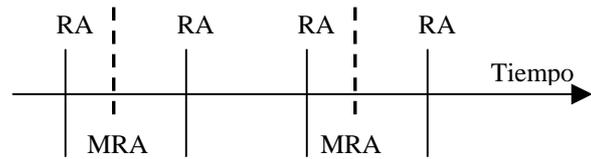
El mecanismo para la selección de un nuevo DG presenta un inconveniente al existir intervalos de tiempo en los que no se encuentra ningún dispositivo funcionando como DG. Durante estos intervalos, los terminales de la MANET son incapaces de comunicarse con el exterior por lo que mantienen los paquetes que desean transmitir en un

cola interna de tamaño finito. Como consecuencia de este almacenamiento, los paquetes de la cola experimentan un mayor retardo. Adicionalmente, en aquellas situaciones en las que se considere excesivo el retardo asociado al paquete o bien en las que el espacio de almacenamiento se sobrepase, se eliminarán los paquetes.

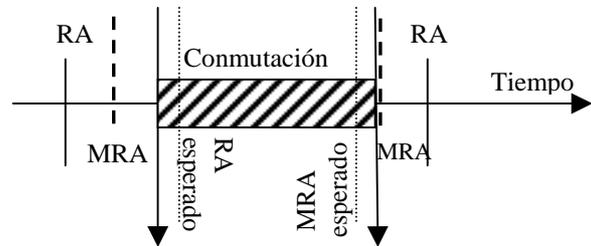
El procedimiento convencional expuesto en el borrador del IETF [3] explica cómo se debe realizar la conmutación de *gateway*. El antiguo DG detecta que su papel (y sus correspondientes funciones) han expirado cuando no recibe ningún mensaje de RA en el intervalo de RA. Sin embargo, los CG no iniciarán el proceso de seleccionar al nuevo DG hasta que no detecten la ausencia del mensaje de MRA durante el periodo asociado al mismo. Siguiendo este mecanismo el *gateway* por defecto no interactúa con el resto de la red cuando detecta que ha abandonado el área de cobertura del *router* de acceso. Sigue, por lo tanto, una estrategia pasiva para la conmutación de *gateway*.

Con el propósito de reducir el tiempo de conmutación, se ha desarrollado una estrategia activa. La base fundamental de esta técnica consiste en utilizar la detección que el DG realiza de manera natural cuando abandona la zona del AR. Siguiendo la estrategia pasiva, en ese momento dejará de operar como DG. Sin embargo, con la estrategia activa, este dispositivo notificará al resto de la red que ya ha dejado de operar como DG. De esta manera, los *gateways* candidatos iniciarán el proceso de selección de un nuevo DG con anterioridad respecto a la conmutación convencional.

Estas diferencias se ilustran en la Figura 2. En la sección 2(a) se muestra el envío de mensajes cuando no existe ninguna conmutación. Tal y como se puede apreciar el periodo de MRA suele ser mayor que el de RA por reducir la sobrecarga de la red con mensajes de *broadcast*. Por otro lado, en la sección 2(b) sí que existe una conmutación de *gateway* siguiendo el método convencional. Con el rectángulo rayado se ha representado el tiempo de conmutación. Nótese que aunque el DG sabe que no va a operar más como tal, el proceso de configuración del nuevo DG no se inicia hasta que los *gateways* candidatos no detectan que no han recibido el MRA esperado. La optimización se refleja en la Figura 2(c). Cuando el DG detecta que se encuentra fuera del área de cobertura del *router* de acceso, manda un MRA de conmutación notificando sus nuevas circunstancias a alguno de los *gateways* candidatos. Aquellos que reciben este mensaje inician inmediatamente el proceso de autoconfiguración para seleccionar el nuevo DG. Como se puede apreciar, el tiempo de conmutación se reduce.

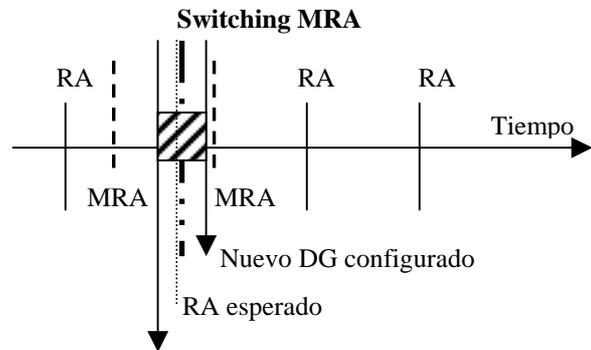


(a). Operación normal sin conmutación de gateway



DG abandona cobertura AR Nuevo DG configurado DG

(b). Conmutación normal de gateway



DG abandona cobertura AR

(c). Conmutación Activa de Gateway

Figura 2. Conmutación en el mecanismo de múltiples *gateways* móviles.

Al desarrollar la técnica activa de conmutación se persiguió que no se creasen nuevos tipos de paquetes ni que se añadiesen nuevas funcionalidades en el *router* de acceso. Con el propósito de satisfacer estas exigencias se analizó la estructura de un mensaje MRA. Un MRA es una modificación de un RA. Los mensajes RA están definidos en el protocolo de descubrimiento de vecinos en el formato de la Figura 3 [10]. La alteración que sufre este mensaje para convertirse en un MRA consiste en la adición del bit N, también llamado el *flag* de MRA. Cuando este bit está activo indica que el mensaje sólo es para los terminales de la MANET y que puede ser retransmitido a través de múltiples saltos.

Tipo	Código				Checksum
Límite Saltos	M	O	N	Reservado	Vida de <i>router</i> (<i>Router Lifetime</i>)
Temporizador de Alcance					
Temporizador de Retransmisión					
Opciones					

0Bytes
4Bytes

Figura 3. Estructura de mensajes MRA

Siguiendo las especificaciones, en esta cabecera NDP el campo de vida de *router* (*router lifetime*) se corresponde con el tiempo asociado al *router* por defecto [2]. Trasladando esta definición al contexto de la MANET, es posible asumir que este campo indica el tiempo de vida del DG ya que es el dispositivo que lo genera. El MRA de conmutación se apoya en este campo. Para ello, fija este campo a cero. Los dispositivos que reciben este mensaje detectan que el origen del mensaje ha dejado de operar como DG. De manera consecuente, los *gateways* candidatos que lo reciban iniciarán inmediatamente el proceso de configuración de un nuevo *gateway*.

Para utilizar la técnica de conmutación activa el DG debe enviar MRA de conmutación cada vez que detecte que no recibe un RA esperado. Con el propósito de no incrementar la carga en la red, los mensajes MRA de conmutación presentan como restricción el no poder ser reenviados. De esta manera, sólo los vecinos del anterior DG recibirán el mensaje MRA de conmutación. Esta exigencia no supone un gran inconveniente en las redes MANET actuales donde los DG presentan múltiples vecinos.

5. Simulaciones

A través de simulaciones se han comprobado los beneficios que implica la utilización de la técnica activa de conmutación. Para ello ha sido necesario desarrollar un módulo software que incluyese tanto el soporte convencional de múltiples *gateways* móviles como la técnica activa de conmutación. Basado en el trabajo de Alex Hamidian [5], se ha integrado este módulo en la herramienta de simulación *Network Simulator*, ns-2.1.9b sobre Linux [11].

Las simulaciones se han realizado en un área de 1500mx300m donde el *router* de acceso se sitúa en el centro de la misma. En estas pruebas la red ad hoc se compone de 50 nodos cuyos movimientos se basan en el modelo de *Random WayPoint*. Con el propósito de evaluar escenarios de diversa movilidad, se ha variado la velocidad máxima de este modelo tal y como se expone en la tabla 1. La obtención de resultados estables al utilizar este patrón de movilidad, exige la incorporación de una

variación: se ha de fijar una velocidad mínima, en este caso de 1 m/s [12]. Respecto al tiempo de pausa, éste se ha correlado con la esperanza matemática de la velocidad [13]. Para ello se ha escogido escenarios con pausa nula y aquellos en los que los nodos permanecen quietos durante la mitad de la simulación.

Siguiendo las recomendaciones de Boleng. Et al, la caracterización de los escenarios se basa en la duración media del enlace [14]. Este parámetro se calcula como el tiempo en que dos nodos pueden comunicarse directamente sin utilizar terminales intermedios que retransmitan sus paquetes. La duración media del enlace caracteriza a la red, por lo que se analiza para su computación todos los nodos de la misma aunque no estén transmitiendo datos. Para obtener de manera precisa este parámetro es necesario realizar simulaciones más largas de lo que se suele encontrar en la literatura [13]. En este caso se ha optado por simulaciones de 5000 segundos.

El tráfico está asociado a 10 fuentes CBR con una tasa cada una de ellas de 4 paquetes/s. El origen de estos datos se corresponde con un nodo móvil de la MANET mientras que el destino es un nodo fijo que se encuentra accesible a través del *router* de acceso. La tabla 1 resume los parámetros más significativos de las simulaciones realizadas.

La evaluación de este mecanismo se ha llevado a cabo a través de los siguientes parámetros:

- PDR (*Packet Delivery Ratio*). Se define como el cociente entre los paquetes recibidos en el nodo destino entre el número de paquetes de datos generados por los nodos fuentes de la MANET. En este caso, el nodo destino es un nodo fijo que se encuentra fuera de la red ad hoc y al que se accede a través de un *router* de acceso. El número de paquetes que llegan al destino es equivalente al número de paquetes que llegan al *router* de acceso ya que se asume que no existe ninguna pérdida en la ruta externa de Internet.
- Retardo extremo-extremo (*End-to-End Delay*). Representa el valor medio del tiempo que necesita un paquete recibido en llegar al destino desde la fuente. Este parámetro incluye el tiempo en que los paquetes permanecen en las colas internas, las retransmisiones a nivel MAC así como el retardo asociado al envío a través de varios nodos intermedios.

Las Figuras 4 y 5 representan los datos obtenidos. Para facilitar la comprensión de los mismos, se ha realizado una interpolación de los resultados dando lugar a las líneas continuas.

Tabla 1. Parámetros de las simulaciones

Área de simulación	1500 m x 300 m
Nº de terminales	50
Patrón de movilidad	Veloc. máx = [5,10,20] m/s. Velocidad mínima = 1 m/s Pausa = [0%, 50%]
Modelo de tráfico	10 fuentes CBR Tasa = 4 paquetes/s Tamaño paquete = 512 Bytes Destino: Un nodo externo
Tiempo simulación	5000 s
Rango de transmisión Inalámbrica	250 m
Nº de ejecuciones	3
Protocolo ad hoc	AODV
Nivel de enlace	802.11a
Tamaño cola interna	64 paquetes

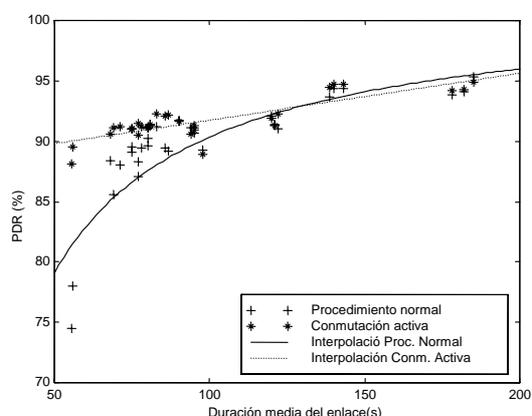


Figura 4. Resultados de PDR para conmutación normal y activa.

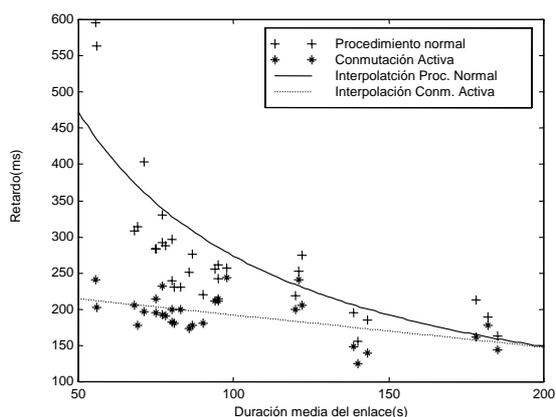


Figura 5. Resultados del retardo para conmutación normal y activa.

En aquellos escenarios que presentan una duración de enlace grande (< 150 s), el comportamiento de la

red no se ve afectado por la utilización de la técnica activa de conmutación de *gateway*. Bajo estas condiciones, el grado de movilidad de los nodos es bajo y por lo tanto el número de conmutaciones de *gateways* no resulta significativo como para poder apreciar claras diferencias.

Sin embargo, cuando se aumenta el grado de movilidad, esto es, se decrementa la duración media del enlace, se sucede un mayor número de conmutaciones de *gateway* durante la simulación. Como la técnica activa reduce el tiempo de conmutación, algunos paquetes no permanecerán tanto tiempo en la cola interna como sucede con la conmutación convencional. Esta reducción implica una disminución del retardo extremo-a-extremo así como un incremento del número de paquetes de datos recibidos en el destino. El aumento del PDR se ve motivado por dos razones principalmente. Por un lado, el porcentaje de paquetes perdidos en la cola debido a un excesivo retardo asociado a ellos disminuye. Por otro lado, el tiempo en el que los paquetes permanecen en la cola interna de los nodos se reduce. Con ello se reduce la probabilidad de pérdida de paquetes por escasez de espacio de la cola interna. Tal y como muestra la Figura 4, en aquellos escenarios de alta movilidad el PDR en la conmutación activa es mayor que el PDR para el procedimiento convencional. Los datos representados en la Figura 5 evidencian la mejora que consigue la técnica activa de conmutación.

Las interpolaciones de los resultados muestran distintas tendencias. Con la conmutación convencional se aprecia que existen diferencias importantes en aquellos escenarios con duración media de enlace distinta. Sin embargo, la inclusión de la técnica activa de conmutación resulta en un comportamiento lineal, reduciéndose la variación.

6. Conclusiones

En el presente artículo se ha analizado el mecanismo de conexión a Internet para MANETs basado en múltiples *gateways* móviles. Este mecanismo presenta como principal inconveniente el tiempo de conmutación de *gateways* ya que a menudo se generan largos periodos donde no existe ningún *gateway* configurado. Se ha propuesto una nueva técnica para la conmutación de *gateway* que no requiere la incorporación de nuevos tipos de mensajes ni la adición de funcionalidades extras en el *router* de acceso. Es simple de desarrollar y de usar.

Para aquellos escenarios con una duración media de enlace inferior a 150 segundos, se consigue una mejora del comportamiento de la red.

Agradecimientos

Los autores agradecen los útiles comentarios junto con las sugerencias de Shubhranshu Singh y Jaehoon Kim.

Este trabajo ha sido parcialmente costado por el proyecto de financiación pública N° TEL2003-07953-C02-01.

Referencias

- [1] S. Rufino, P. Stupar, T. Clausen, S.Singh, "Connectivity Scenarios for MANET", IETF Draft, "draft-ruffino-conn-scenarios-01", Julio 2005 (trabajo en progreso).
- [2] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP versión 6", IETF RFC 2461, diciembre 1998.
- [3] S. Singh, J H. Kim, YG. Choi, KL. Kang, YS. Roh, "Mobile multi-gateway support for IPv6 mobile ad hoc networks", IETF Internet Draft, "draft-singh-manet-mmg-00.txt", junio 2004. (trabajo en progreso)
- [4] Ryuji Wakikawa, Jari T. Malinen, Charles E. Perkins, Anders Nilsson, Antti J. Tuominen, "Global Connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks", IETF draft "draft-wakikawa-manet-globalv6-00.txt" Noviembre 2001 (trabajo en progreso).
- [5] Ali Hamidian, "A Study of Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks in NS 2", Master's thesis, Lund Institute of Technology, Sweden, Enero 2003.
- [6] Mona Ghassemian, Philipp Hofmann, A. Hamid Aghvami, Christian Prehofer, "Analyses of Addressing and QoS Approaches for Ad hoc Connectivity with the Internet", IEEE PIMRC 2003, Beijing, China, Septiembre 2003.
- [7] C. Jelger, T. Noel and A. Frey. "Gateway and address autoconfiguration for IPv6 adhoc networks". IETF draft, "draft-jelger-manet-gateway-autoconf-v6-01". Octubre 2003 (trabajo en progreso).
- [8] H. Ammari, H. El-Rewini, "Integration of Mobile Ad Hoc Networks and the Internet Using Mobile Gateways", 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium, Santa Fe, New Mexico, USA, Abril 2004.
- [9] Ruffino, S., Stupar, P., and T. Clausen, "Autoconfiguration in MANET: connectivity scenarios and technical issues", IETF Draft "draft-ruffino-manet-autoconf-scenarios-00", Octubre 2004 (trabajo en progreso).
- [10] Ryuji Wakikawa, Jari T. Malinen, Charles E. Perkins, Anders Nilsson, Antti J. Tuominen, "Global connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks", IETF draft "draft-wakikawa-manet-global6-04.txt" (work in progress), Julio 2005.
- [11] Kevin Fall and Kannan Varadhan, "ns Notes and Documentation", The VINT Project.
- [12] Jungkeun Yoon, Mingyan Liu, Brian Noble, "Random Waypoint Considered Harmful," Proceedings of Infocom'03, pp. 1312-1321. San Francisco, April 2003.
- [13] E. Casilari, A. Triviño, "A practical study of the Random Waypoint mobility model in simulations of ad hoc networks", The 19th International Teletraffic Conference, Beijing, Agosto 2005.
- [14] Boleng, W. Navidi and T. Camp, "Metrics to Enable Adaptive Protocols for Mobile Ad hoc Networks", Proceedings of the International Conference on Wireless Networks (ICWN '02), pp.293-298, 2002.