

VANET 환경에서의 라우팅 프로토콜 성능 실험에 관한 연구

정중범*

*고려대학교 컴퓨터정보통신대학원 컴퓨터정보통신공학과
latincheng@gmail.com

A Study of Experiment on Routing Protocols Performance for VANETs

Jong Beom Jeong*

*Dept of Computer Information & Communication,
Graduate School of Computer & Information Technology, Korea University

요 약

차로에서 차량의 많은 증가는 안전과 무선통신의 가용성에 대한 필요성을 높여 왔다. Vehicular ad hoc networks(VANETs)은 다양한 차량 어플리케이션을 위한 용도와 상용분야로의 개발을 점차적으로 해오고 있다. 차량 간의 효과적인 통신범위를 제공하기 위해서 최적화된 라우팅 프로토콜이 필요하다. 지금까지 목적지까지 최적의 경로를 찾는 mobile ad hoc networks(MANETs)를 위한 많은 기존의 프로토콜들이 존재한다. 본 논문에서는 두 개의 라우팅 프로토콜들을 비교함으로써 VANET 환경을 위한 프로토콜 개선방향을 제시하였다. Multicast Ad-hoc On-Demand Distance Vector(MAODV)[1][2] 라우팅 프로토콜의 솔루션은 목적지 대상으로 최적의 경로를 탐색함으로써 더욱 향상된 결과를 보여준다. NS-2[3]는 라우팅 프로토콜 실험을 수행하고 결과를 도출하는데 사용되어 왔다. 실험을 통하여 최적의 라우팅 프로토콜에 대한 연구방향 및 개선될 사항을 찾고자 한다.

Keyword : VANET; routing protocol; AODV; network simulation; MANET

1. 서론

수년간, Intelligent Transportation System(ITS)[4]은 집중적으로 진행되어 왔다. 차량 통신은 ITS를 통하여 차로 안전과 편리함을 향상하기 위한 핵심기술이다. 차량 환경에서 많은 무선기술 어플리케이션이 있다. 차량들은 차로에서 다른 차량들로 부터 다양하게 수신되는 어플리케이션의 메시지들을 수신 및 전달하기 위해서 센서와 통신장비를 장착한다. 차량 통신 네트워크의 배포는 차량 간의 정보공유를 위한 새로운 기회를 제공한다. 몇몇 어플리케이션은 능동적인 안전, 교통관리 그리고 엔터테인먼트에 사용된다. 게다가, 지난 수년간 Mobile Ad Hoc Networks(MANETs)에 관한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 MANETs의 널리 배포된 현실에 적용할 만한 어플리케이션 시나리오는 연구 중에 있다. 한 가지 예외사항은 차로 상에서 이동차량의 적용할 만한 네트워크는 Vehicular Ad Hoc Networks(VANETs)이다. VANETs의 주요목적은 차량 간 또는 차량과 인프라 간의 통신을 통하여 운전자의 안전과 편리성을 향상시키는 것이다. 차량 간의 통신을 한다는 점에서 VANETs은 MANETs의 특별한 유형이다. VANETs은 몇몇 방법론적으로 MANETs과 유사하다. 이들 네트워크에서 노드들은 기존의 인프라 지원의 존재성이 없어도 상호간의 통신이 가능하다. MANETs에서 임의의 네트워크 토폴로지 변화와 이동노드의 제한된 통신범위는 VANETs에서 유사한 라우팅 변화를 제기한다. 이것

은 의도된 목적지와의 직접적인 통신이기 보다 다중 홉과 의도된 목적지와의 필요한 루트 메시지를 포함하는 개념이다. 반면에 VANETs과 MANETs간의 몇 가지 차이점이 있다. 우선, 차이점은 어떠한 공간제약이 없이 임의의 방식으로 이동할 수 있는 노드들 간의 차이이다. 하지만, VANETs에서 노드들은 거리들과 빌딩들의 제약 때문에 일반적인 방향 패턴과 흐름에 이동할 뿐이다. 그러므로 토폴로지는 넓은 범위에서 변화한다. 추가적으로 VANETs에서 네트워크 사이즈, 차량스피드 그리고 차량 간의 산발적인 연결은 차량 간의 높은 이동 때문에 매우 동적이다. 그리하여 VANETs에서 이동 특성들을 도입함으로써 mobile ad hoc routing protocol들에서 얻는 성능은 향상될 수 있다. 본 논문에서는 VANETs환경의 이동 특성들을 각각의 라우팅 프로토콜에 적용하여 실험결과를 통하여 향후 라우팅 프로토콜 성능을 향상시키기 위한 고찰과 VANETs에 관한 최적화된 라우팅 프로토콜을 위한 방향을 제시한다. 본 논문의 구성은 2장에서 문헌 및 선행연구, 3장에서는 연구방법 및 실험방법, 4장에서는 실험결과를 그리고 5장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대하여 제시하고자 한다.

2. 문헌 및 선행연구

MANETs에서 라우팅 프로토콜은 세 개의 카테고리들로 나뉘며 파생된 프로토콜과 함께 제시하였다.

1) Proactive 라우팅 프로토콜

Proactive 라우팅 프로토콜은 table-driven 라우팅 프로토콜이다. 네트워크에서 모든 도달이 가능한 노드의 일관되고 최신 라우팅 정보를 유지하기 위한 프로토콜을 의미한다[5]. 네트워크 토폴로지가 변화하면 노드는 일관된 최신 상태로 테이블을 유지하기 위해서 전체 네트워크를 통하여 라우팅 갱신을 전파한다. 갱신은 심지어 데이터 전송이 아닌 경우에도 완료된다. 장점은 소스노드가 필요시 언제라도 쉽게 라우팅 패스를 얻을 수 있는 것이다. Proactive 라우팅 프로토콜의 예로는 Optimized Link State Routing(OLSR) 프로토콜[6], Topology Dissemination Based on Reverse Path Forwarding (TBRPF)[7] 그리고 Fisheys State Routing(FSR)[8]들이 있다. OLSR은 네트워크 토폴로지가 변경될 때마다 라우팅 테이블이 변경되고 네트워크에서 모든 다른 노드들을 위해서 경로들과 함께 라우팅 테이블을 유지시킨다. 그래서 매우 동적인 차량 네트워크에는 적합하지 않다. TBRPF에서는 각 노드가 정기적으로 제어 메시지를 교환함으로써 네트워크에서 모든 다른 노드들에게 경로를 계속적으로 갱신한다. TBRPF 프로토콜의 단점은 link state routing 전파 전략에 있다[4]. 인식된 링크변화는 네트워크 자원에 할당된 전체 네트워크로부터 제어패킷을 과다하게 유발시키는 노드들을 야기한다[9]. FSR은 link state routing을 기초로 하며 링크 실패에 no control 메시지를 발생하는 것처럼 이동 네트워크 환경에 적합하다. 하지만, FSR의 결점은 오버헤드와 라우팅 테이블 저장 complexity를 처리한다는 것이다.

2) Reactive 라우팅 프로토콜

Reactive 라우팅 프로토콜은 또한 “on-demand” 라우팅 프로토콜로 알려져 있다. 라우팅 패스는 소스가 자신의 라우팅 테이블에 기록되지 않은 목적지를 찾을 필요성이 있을 때만 검색되어진다[5]. 초기화된 경로발견은 경로가 찾아지거나 목적지가 가능한 경로가 없을 때 종료된다.

Reactive 프로토콜과 Proactive 프로토콜의 주요 차이점은 Reactive 프로토콜을 위한 제어 메시지에서 가장 작은 오버헤드를 발생한다는 것이다. 무선통신범위 내외에서 노드가 이동하는 무선이동 환경에서 Proactive 프로토콜에서의 빈번한 갱신은 더욱 큰 라우팅 제어 메시지를 발생시킬 것이다. Reactive 프로토콜의 예로는 Dynamic Source Routing(DSR) 프로토콜[5], Temporary Ordered Routing Algorithm(TORA)[10] 그리고 Ad hoc On Demand Distance Vector(AODV) 라우팅 프로토콜이 있다[11]. DSR에서 경로는 요청될 때 발견되고 수립한다. 하지만 단점은 경로 유지 알고리즘은 지역적으로 깨진 링크를 복구되지 않으며 이동함에 성능이 빠르게 줄어든다. TORA에서의 단점은 오버헤드의 양이 커질 수 있다는 점이다. AODV는 ad hoc mobile network를 위하여 특별히 설계된 라우팅 프로토콜이다. 발신과 수신으로부터의 경로는 항상 라우팅 테이블에서 모든 노드들에게 모든 경로를 유

지시키려는 시도를 하지 않고 단지 요청에 결정된다. AODV의 주요 장점은 경로들의 최적함을 확신하기 위한 시퀀스 번호를 사용한다. 이것은 노드 이동의 넓은 범위와 어떤 크기의 네트워크에 적합하다.

3) Hybrid 라우팅 프로토콜

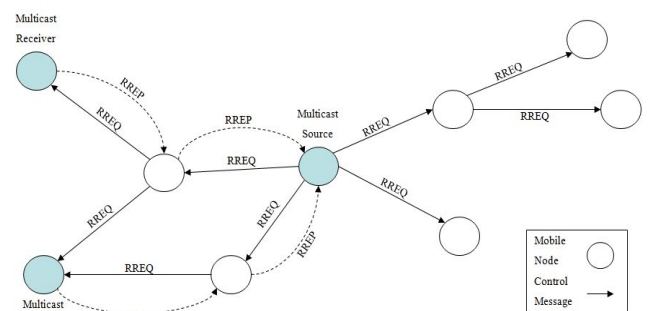
Hybrid 라우팅 프로토콜은 Proactive 프로토콜과 Reactive 프로토콜의 성격을 가진 프로토콜의 신세대이다[5]. 이 프로토콜은 더 낮은 라우팅 제어 메시지를 유지하는 동안 Proactive 프로토콜의 가용성을 향상시키기 위하여 설계되었다. Hybrid 프로토콜의 예로는 Zone Routing Protocol(ZRP)[12]이다. ZRP는 각각의 zone이 다른 크기를 가지는 곳의 다른 zone에서 네트워크를 분리한다. 단점은 새로운 경로가 발견했을 때 너무 많은 지연이 발생한다는 것이다.

4) Ad hoc On demand Distance Vector(AODV)

Ad hoc On demand Distance Vevtor(AODV) 라우팅 프로토콜은 빠른 네트워크 변화에 반응할 수 있도록 설계되어 있다. 무엇보다도 이 프로토콜은 요청메세지에 응답하는 목적지 노드에 유효한 경로를 가지는 중간노드를 허용하는 효율적인 경로 발견 방법을 가지고 있다. 또한 AODV는 network simulator(ns-2)에 쉽게 이용가능하고 호환이 가능하다. 게다가 프로토콜의 커널 버전은 리눅스 배포판과 이용이 가능하다.

5) Multicast Ad-hoc On-Demand Distance Vector

MAODV(Multicast Ad-hoc On-Demand Distance Vector) routing protocol[1][2]은 AODV에 멀티기능을 추가한 확장 프로토콜로써 기본적인 AODV방식 이외에 추가적인 메시지와 라우팅 테이블을 이용하여 멀티캐스트 기능을 구현하고 있다. RREQ 메시지를 브로드캐스트 하여 경로를 확인하고 패킷을 전송하는 기본적인 메커니즘은 기존 AODV방식과 동일하다. MAODV에서는 그룹의 리더노드를 설정하여 멀티캐스트 그룹의 트리 및 그룹의 정보를 관리한다. 메시지의 흐름과 컨트롤 메시지의 흐름은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) MAODV Packet Path Discovery

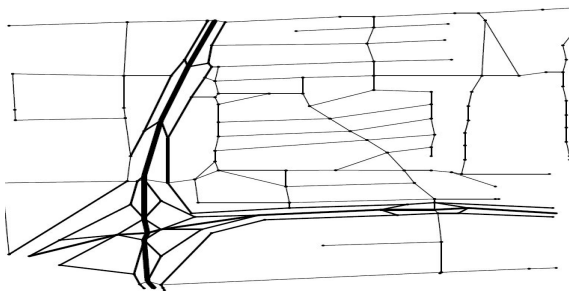
3. 연구 방법 및 실험 방법

1) 연구 수행범위

AODV 프로토콜과 MAODV 프로토콜을 VANET 환경의 시뮬레이션을 수행하고 특정 패킷 사이즈 구간에서 부하 테스트를 통하여 라우팅 프로토콜의 실험결과 자료를 바탕으로 하여 개선된 라우팅 프로토콜 설계방향에 대해 연구한다.

2) 실험 방법

시뮬레이션의 중요한 모델은 가능한 현실적인 VANET의 현실세계 제약을 유지시키는 것이다. 현실세계 제약은 거리배치, 교통 교차점 그리고 논리적 차량 흐름들이다. 시뮬레이션의 요소는 현실세계에서 시뮬레이션의 결과는 실제적인 프로토콜의 성능을 반영한다. 시뮬레이션에 앞서서 VANET에서 이동 모델을 선택하는 것은 중요하다. VANET 시뮬레이션 시에 두 가지의 고려사항이 있다[4]. 첫째 차량 간의 통신 구성 측면이다. 두 번째, 이동 모델을 선택하는 것이다. 네트워크 시뮬레이터는 Network Simulator 2(ns-2)로 선택하였다. NS-2는 802.11 MAC Layer를 기반으로 하는 무선 네트워크를 지원하는 오픈소스 네트워크 시뮬레이터이다. NS-2는 객체기반 이벤트 기반 네트워크 시뮬레이터이다. MOVE(Mobility model generator for VANET)[13]은 VANET 시뮬레이션을 위한 현실적인 이동 모델을 빠르게 생성하는데 있어 사용자에게 도움이 되는 툴이다. MOVE는 맵 형성 제작과 실제적인 차량 흐름을 제공한다. 이러한 기능은 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션에서 ns-2가 좀 더 현실적인 접근방식을 제공할 수 있다. 구현은 SUMO(Simulation of Urban Mobility) traffic simulator[14]와 ns-2를 사용한다. SUMO는 맵을 사용하는 시각적인 로드 배치와 생성에 사용되어지는 프로그램이다. MOVE는 ns-2 이동 trace-files을 생성하기 위해 맵 파일이 요구되어 진다. 그러므로 SUMO는 현실세계 맵으로부터 차도를 생성하거나 맵을 생성한다. 현재 MOVE는 dat-files(.dat)로 생성되며 맵은 Tiger Map database[15]로부터 맵이 생성된다. Tiger Map database는 미국의 주요도시의 도시 맵을 포함하고 있다. (그림 2)은 Tiger Map이다.



(그림 2) The Tiger Map

4. 실험 결과

각 시뮬레이션 시나리오는 특정 TCP 패킷 사이즈로 구

성되어 있으며 <표 1>과 같이 시뮬레이션을 위하여 조건을 설정하고 실험을 수행하였다.

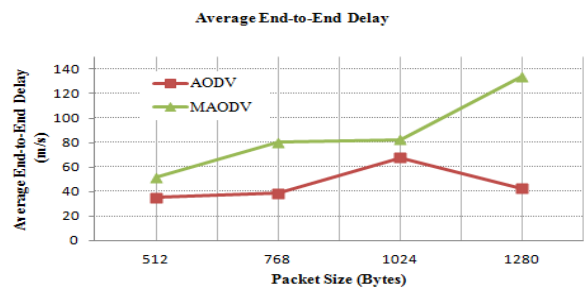
1) Simulation Parameters

<표 1> Simulation Parameters

Parameter	Value
Simulation Time	1800 (s)
Routing Protocol	AODV, MAODV
Ns-2 Version	NS-2.34
Communication range	100 (m)
Bandwidth	2 (Mb)
Number of Nodes	592
Map topology	2437 (m) x 2423 (m)
Map Source	Tiger Database
Vehicle speed	20 (km/h)
TCP Source	TCP Single

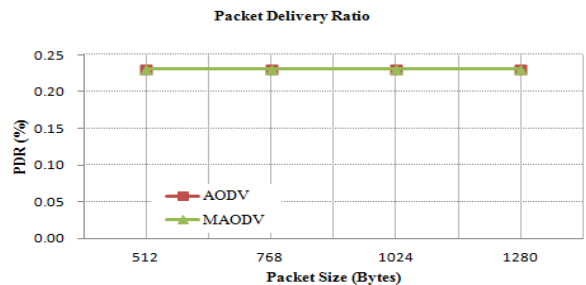
2) 실험 결과

(그림 3)은 각각의 패킷 사이즈별로 average end to end delay를 나타낸다. 패킷 사이즈 1024바이트 부분에서 결과치가 분기된다. MAODV 라우팅 프로토콜에서 차후 지연을 최소화하기 위한 수정된 알고리즘이 필요함을 알 수 있다.



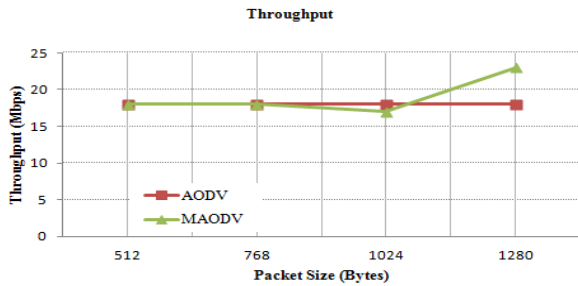
(그림 3) The average End-to-End delay

(그림 4)는 패킷 전달 비율을 나타낸다. 각 패킷 범위마다 패킷 전달 비율을 큰 차이가 없이 일정수치를 유지하고 있다.



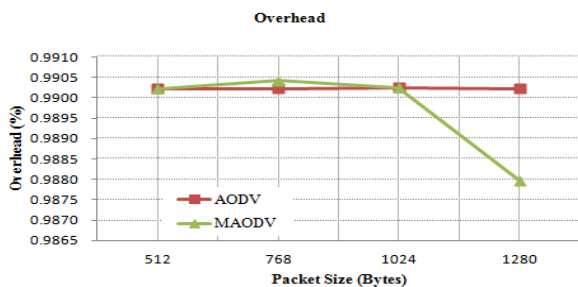
(그림 4) The Packet Delivery Ratio

(그림 5)는 패킷 사이트별 처리율을 나타낸다. 패킷 사이즈 1024바이트 구간에서 MAODV 프로토콜의 수치가 AODV 프로토콜 수치보다 상승하였다.



(그림 5) The Throughput

(그림 6)는 패킷 사이트별 오버헤드를 나타낸다. 패킷 사이즈 1280바이트에서 MAODV 프로토콜의 오버헤드가 감소하였다.



(그림 6) The Overhead

5. 결론 및 향후 연구방향

VANET 환경에서 라우팅 프로토콜들에 대한 실험수행과 기존의 라우팅 프로토콜의 사전연구를 통하여 향후의 라우팅 프로토콜의 연구 방향에 대하여 알아보았다. 실험 결과는 전체적으로 MAODV 프로토콜이 AODV 프로토콜보다 처리율, 패킷 전달율과 오버헤드 수치 부분에서 높았다. 향후의 연구방향은 본 연구를 바탕으로 하여 라우팅 프로토콜을 새롭게 설계하여 여러 조건에서의 성능평가를 수행하고 기존의 라우팅 프로토콜을 개선하고자 한다.

참고문헌

[1] Royer, E. M. and Perkins, C. E.; "Multicast Operation of the Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol", Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and networking (MOBICOM'99), Seattle, WA, USA, August 1999, pages 207-218.
 [2] Royer, E. M. and Perkins, C. E.; "Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector (MAODV) Routing", IETF, Internet Draft: draft-ietf-manet-maodv-00.txt, 2000.
 [3] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
 [4] H.Q. Guo (Ed.), "Automotive Informatics and Communicative Systems: Principles in Vehicular Networks and Data Exchange". Information Science Reference (an imprint of IGI Global), Hershey • New

York, PA, USA, April 2009.

[5] S.K. Sakar, T. G. Basavaraju, and C. Puttamadappa, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks," Auerbach Publications, 2007, pp. 23-112.
 [6] T. Clausen, Ed. P. Jacque, Ed. and Project Hipercom, INRIA, "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)," Request for Comments: 3626, The Internet Engineering Task Force (IETF), October 2003. Retrieved January 16, 2010, from <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>.
 [7] R. Ogier, F. Templin, and M. Lewis, "Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)," Request for Comments: 3684, The Internet Engineering Task Force (IETF), February 2004. Retrieved January 16, 2010, from <http://www.ietf.org/rfc/rfc3684.txt>.
 [8] G. Pei, M. Geria, and T.-W. Chen, "Fisheye state routing in mobile ad hoc network,". In Proceedings of the 2000 ICDCS Workshops, 2000.
 [9] X. Zou, B. Ramamurthy, and S. Magliveras, "Routing Techniques in Wireless Ad Hoc Networks Classification and Comparison," in Proceedings of the Sixth World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, SCI 2002.
 [10] V. Park, and S. Corson, "Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA) Version 1 Functional Specification," INTERNET-DRAFT, IETF MANET Working Group, July 2001.
 [11] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Request for Comments: 3561, The Internet Engineering Task Force (IETF), July 2003. Retrieved January 16, 2010, from <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>.
 [12] J. Haas, "A new routing protocol for the reconfigurable wireless networks", in Proc. of IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications, 1997, pp. 562-566.
 [13] F. K. Karnadi, Z. H. Mo and K. C. Lan, "Rapid Generation of Realistic Mobility Models for VANET", in Proc. of IEEE Communications Society subject matter experts for publication, WCNC 2007.
 [14] Simulation of Urban Mobility (SUMO). Retrieved January 16, 2010, from http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/index.php?title=Main_Page.
 [15] Tiger, Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing system. US Census Bureau. Retrieved January 16, 2010, from <http://www.census.gov/geo/www/tiger/>.