

VANET환경에서 도로의 차량 밀도를 이용한 라우팅 기법

유현, 안상현, 조권희

서울시립대학교 컴퓨터과학부

e-mail: finalyu@gmail.com, ahn@uos.ac.kr, cky585@gmail.com

A Routing Protocol using the Density of Vehicle on the Road for VANET

Hyun Yu, Sanghyun Ahn, Kwonhee Cho

School of Computer Science, University of Seoul

요 약

본 논문에서는 도시 기반의 VANET 환경에서 차량간의 안정적인 통신을 위한 차량 밀도를 이용한 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 라우팅 기법에서 차량들은 비콘 메시지와 도로 정보 테이블을 이용하여 자신이 속해있는 도로의 차량 밀도를 계산하고 있다. 소스 차량은 이 정보를 이용하여 안정적인 경로를 탐색하고 설정된 경로를 통해 패킷을 보낸다. 제안하는 기법을 평가하기 위해 NS-2를 이용하여 GPSR과 비교 실험을 하였고, 그 결과 GPSR보다 우수한 성능 결과를 보였다.

1. 서 론

VANET(Vehicular Ad Hoc Network)은 여러 종류의 무선 네트워크 기술을 통합하여 차량 간 무선 통신을 가능하도록 하는 네트워크로서 지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System) 구축에 필수적인 기술이다[1]. VANET은 차량 운전자에게 기본적인 인터넷 서비스뿐만 아니라, 교통 상황이나 사고 등의 차량 운행의 안정성을 높이는 데 유용한 정보를 제공할 수 있다.

VANET에서의 통신 방식은 차량 간의 통신인 V2V(Vehicle-to-Vehicle)와 차량과 외부 인터넷 간의 통신인 V2R(Vehicle-to-Roadside)로 나눌 수 있다. V2R은 기반망과의 통신을 통해 도로의 교통 상황이나 날씨, 기본적인 인터넷 서비스를 실시간으로 제공할 수 있다. 그리고, V2V는 차량 간의 무선 통신을 기반으로 교통 상황이나 사고 등의 자동차 운행의 안전을 높이는 등의 용도로 사용될 수 있다. 본 논문에서는 차량 간의 통신인 V2V 통신 방식에 초점을 맞춰 라우팅 프로토콜을 연구하였다.

차량 운전자에게 신속하고 신뢰적으로 정보를 제공하기 위해 중요하게 고려되어야 할 요소는 라우팅 프로토콜이다. VANET은 MANET(Mobile Ad Hoc

MANET과는 달리 전력과 단말의 크기에 대한 제약이 없는 VANET은 쉽게 GPS(Global Positioning System)를 쉽게 이용할 수 있다. 따라서 위치 기반 라우팅 프로토콜(geographical routing protocol)을 사용하기 용이하다.

대표적인 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜에는 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)[4]이 있다. 이 기법은 그리디 기법을 이용하여 이웃 노드들 중에 목적지 노드에 가장 근접한 노드로 패킷을 전달하는 방식이다. 이러한 라우팅 프로토콜은 소스 노드에서 목적지 노드까지의 경로를 설정하지 않고 목적지 노드의 위치와 이웃 노드의 위치만을 이용하여 데이터 패킷을 다음-홉(next-hop) 노드로 전달한다.

도시 기반의 VANET 환경에서는 차량들이 도로의 배치를 기반으로 토폴로지를 구축하고 있다. 따라서 소스 노드에서 목적지 노드로 패킷을 전달하는 것은 도로를 통해서 이루어 진다. 즉, 하나의 도로는 하나의 경로라고 생각할 수 있다. 이런 가정하에 그리디 포워딩을 사용하는 GPSR은 잘못된 경로로 패킷을 전달할 가능성이 크다. 예를 들어, 거리상으로는 가장 가까운 경로이지만 패킷을 전달해주는 매개체인 차량의 밀도가 낮은 경로로 패킷을 전달시키면, 중간에 경로 손실이 생기기 쉽기 때문에 목적지 노드까지 패킷을 전달할 수 없을 것이다.

본 논문에서는 이런 문제점을 해결하기 위해 도시 기반의 VANET 환경에서 차량간에 보다 안정적인 통신을 할 수 있는 도로의 차량 밀도를 이용한 라우팅

기법을 제안한다. 이 기법은 도로의 차량 밀도를 측정하여 보다 높은 차량 밀도를 갖는 도로로 경로를 설정할 수 있도록 한다.

2. 관련 연구

많은 VANET 라우팅 프로토콜에 대한 연구는 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜을 확장하는 데 초점을 두고 있다. GPSR은 대표적인 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜로서 그리디 포워딩을 사용한다. 그리디 포워딩은 소스 노드의 이웃 노드들 중에서 목적지 노드에 가장 가까운 노드를 선택하는 방식이다. 이 방식은 소스 노드와 목적지 노드 사이에 충분한 중간 노드들과 이동성이 적은 환경에서 좋은 성능을 나타낸다. 그러나 도시 기반의 VANET 환경과 같이 도로의 배치와 차량 밀도에 따라 토폴로지의 변화가 급격한 환경에는 적합하지 않다. 예를 들어 거리상으로는 가장 가까운 경로이지만 패킷을 전달해주는 매개체인 차량의 밀도가 낮아 쉽게 dead-end 문제[6]가 발생하고 패킷을 드랍될 수 있다. 그림 1과 같은 도시 기반의 VANET 환경에서 그리디 포워딩을 사용하면 패킷을 보내기 위해 빨간색 선과 같은 경로를 선택할 것이다. 이런 문제를 해결하고자 본 논문에서는 차량 밀도를 이용한 라우팅 기법을 제안하고자 한다. 제안하는 라우팅 기법은 그림 1에서 파란색 선과 같이 차량의 밀도가 충분한 경로를 설정한다.

3. 차량 밀도를 이용한 라우팅 기법

도로의 배치에 의해 불규칙한 토폴로지를 갖고 교통의 흐름에 따라서 각각의 도로마다 차량 밀도의 변화가 심한 도시 기반의 VANET 환경에서는 경로를 효율적으로 설정하여 차량간에 안정적인 통신을 할 수 있도록 해야 한다. 본 논문에서는 도로의 차량 밀도를 측정하여 경로를 설정하는 라우팅 기법을 제안한다. 이 기법은 소스 노드가 높은 차량 밀도를 갖고 있는 도로들을 선택하여 목적지 노드까지의 경로를 설정하는 기법이다. 이를 통해 소스 노드와 목적지 노드는 안정적인 통신을 할 수 있다.

본 논문에서 모든 노드는 GPS를 내장하고 있고 맵 정보를 알고 있어서 도로들의 위치정보를 알 수 있지만 교통정보는 수신할 수 없는 환경을 가정한다.

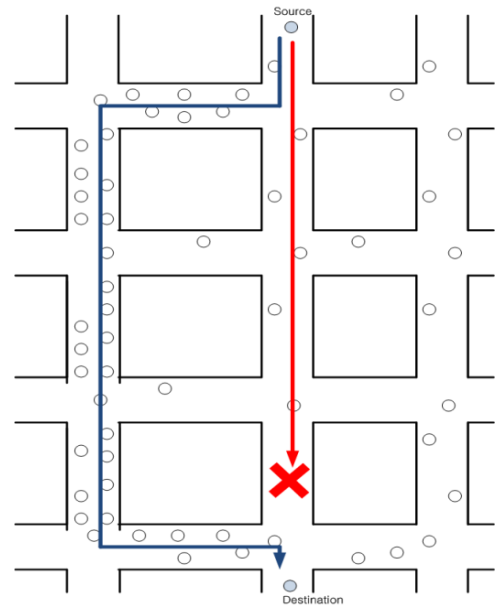


그림 1. 제안하는 라우팅 기법의 기본 개념

2.1 도로의 차량 밀도 측정 방법

제안하는 라우팅 기법을 사용하는 모든 노드는 이웃 노드들에게 주기적으로 비콘(beacon) 메시지를 1-홉 브로드캐스팅한다. 이것은 GPSR의 비콘 메시지와 비슷하지만 GPSR과는 달리 위치 정보 외에 이동 방향, 도로의 차량 밀도 정보를 포함하고 있다.

제안하는 라우팅 기법을 사용하는 각 노드는 자신이 속해있는 도로의 차량 밀도를 측정하고 유지하기 위해 도로 정보 테이블(Road Information Table; RIT)을 갖고 있다. 표 1은 RIT의 엔트리의 각 필드에 대해 기술하고 있다. RIT는 차량이 도로에 진입했을 때 갱신되고 역방향 차량들의 비콘 메시지를 통해 업데이트된다.

표 1. 도로 정보 테이블 엔트리의 필드들

필드 명	설명
Road	도로의 이름
Entrance Time	도로 진입 시각
The Density of Cars	도로의 차량 밀도
Reverse Cars	마주친 역방향 차량의 수

각 노드는 도로의 차량 밀도 정보를 측정하기 위해 다음과 같이 동작한다.

- 모든 노드는 다음과 같이 TRC를 계산하고 이 값을 비콘 메시지에 포함시켜 보낸다.

$$TRC = M_c \times \frac{R_d}{C_d} \quad (1)$$

수식 (1)에서 M_c 는 마주친 역방향의 차량 수, 즉 RIT의 Reverse Cars 필드의 값을 의미하고 R_d 는 도로의 전체길이이고 C_d 는 도로에 진입해서 이동한 거리를 의미한다.

- 비콘 메시지를 수신했을 때, 비콘 메시지를 보낸 노드의 이동 방향이 자신과 역방향이면 RIT의 Reverse Cars 필드 값을 1증가 시킨다. 그리고 다음과 같이 도로의 차량 밀도 계산하여 RIT의 The Density of Cars(DC) 필드 값(C_n)을 수정한다.

$$C_n = R_{TRC} + S_{TRC} \quad (2)$$

수식 (2)에서 R_{TRC} 는 비콘 메시지를 수신한 노드의 TRC 값을 의미하고 S_{TRC} 는 비콘 메시지 안에 포함되어 있는 TRC 값을 의미한다.

2.2 차량 밀도를 이용한 경로 설정

위와 같은 방법을 통해 각 노드는 자신이 속해있는 도로의 차량 밀도 정보를 RIT에 유지하고 있다. 이 정보를 이용하여 본 논문에서는 안정적인 경로를 설정하는 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서 경로를 탐색하기 위해 경로 요청 메시지(RREQ)와 경로 응답 메시지(RREP)를 생성하는 동작은 MANET을 위해 제안되었던 토폴로지 기반의 라우팅 방식인 DSR[7]와 유사하다. 그러나 차량 밀도를 이용하여 RREQ를 포워딩하는 방법은 기존의 방식과는 다르다. 제안하는 기법의 동작 과정에 대해서 설명하면 다음과 같다.

우선 RREQ 메시지에 차량 밀도를 고려한 경로를 설정하기 위해 몇 개의 필드를 정의한다. RoadList 필드는 RREQ가 거쳐가는 도로 정보를 넣기 위한 필드이고 거쳐온 도로의 수를 나타내는 RoadHop 필드와 가장 적은 도로의 차량 밀도를 저장하는 MinDensity 필드를 정의한다. 또한, 이와 같은 필드는 라우팅 테이블에도 존재한다.

제안하는 라우팅 기법에서 소스 노드가 데이터 패킷을 보낼 때 목적지 노드까지의 안정적인 경로 설정을 위해 경로 요청 메시지(RREQ)를 생성한 후에 자신이

속해있는 도로 정보를 RoadList 필드에 포함시키고 브로드캐스팅한다. RREQ 메시지는 목적지 노드까지 브로드캐스팅되면서 거쳐온 도로 정보들을 RoadList 필드에 저장한다. 중간 노드가 RREQ 메시지를 수신했을 때 다음과 같이 동작한다.

- RREQ의 소스 노드 주소가 라우팅 테이블에 없고 자신이 속해 있는 도로 정보가 RoadList 필드에 없으면 라우팅 테이블을 소스 노드 주소, RoadList 필드에 있는 도로 정보들, RoadHop 필드 값과 MinDensity 필드 값을 이용하여 추가한다. 그리고 RoadList 필드에 자신의 도로 정보를 추가하고 한 후 RIT의 DC필드 값이 MinDensity필드 값보다 적으면 MinDensity필드 값을 DC필드 값으로 교체하고 RREQ를 포워딩한다.

- RREQ의 소스 노드 주소가 라우팅 테이블에 있고 RoadList 필드 값과 자신의 라우팅 테이블이 일치하지 않으면, 거쳐온 도로의 수를 비교한다. RoadHop 필드의 값이 기존 라우팅 테이블의 것보다 3개 이상이면 RREQ를 드랍하고 그렇지 않으면 차량 밀도를 비교한다. 기존 라우팅 테이블의 MinDensity 필드 값이 RREQ의 MinDensity 필드 값보다 크면, RREQ를 드랍하고 그렇지 않으면 포워딩 한다.

- 목적지 노드는 처음 RREQ를 수신하면 바로 RREP를 보내지 않고 일정시간 동안 다른 경로를 통해서 오는 RREQ를 기다린 후에 MinDensity 필드 값이 가장 큰 경로를 선택하여 RREP를 소스 노드에게 보낸다.

- 소스 노드가 RREP를 수신하면 RREP안에 들어 있는 도로 정보들을 이용하여 source routing을 통해 데이터 패킷을 목적지 노드에게 보낸다.

위와 같은 동작을 수행함으로써 차량의 밀도가 높은 경로를 설정하여 차량간의 안정적인 통신을 할 수 있게 한다.

4. 실험 및 분석

4.1 실험 환경

본 논문에서는 NS-2[9]를 이용하여 기존 GPSR과 제안한 라우팅 기법의 성능을 비교했다. 모든 실험에서 이동 노드의 전송 범위는 250m로 하였고 간섭 범위는 500m로 설정했다. MAC 계층의 인터페이스는 IEEE에서 규정한 802.11을 사용하였고 2Mbps의 데이터 전송 대역을 가지는 것으로 하였다. 시뮬레이션을 위한 망으로 3000m x 3000m안에 도로들을 배치하고 그

도로를 따라 움직이는 차량의 수를 150대에서 300대까지 배치를 시켰다. 그리고 차량의 속도는 5m/s에서 15m/s까지 증가시키면서 실험을 하였다.

4.2 측정 및 분석

그림 2에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 라우팅 기법이 GPSR 기법에 비해 안정적인 경로를 설정하기 때문에 패킷 전송률이 높음을 알 수 있다. 그리고 그림 3는 전체 노드의 수를 증가시키면서 노드당 라우팅 메시지의 수를 측정한 그래프를 보여주고 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 제안한 라우팅 기법의 RREQ와 RREP에 대한 동작은 매우 적은 오버헤드를 발생시킨다.

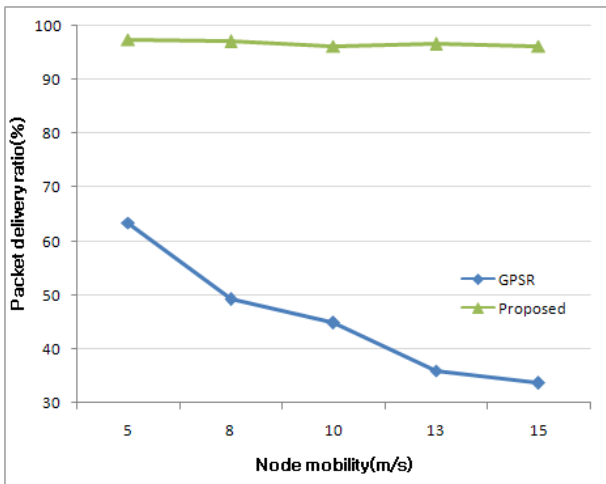


그림 2. 패킷 전송률 비교

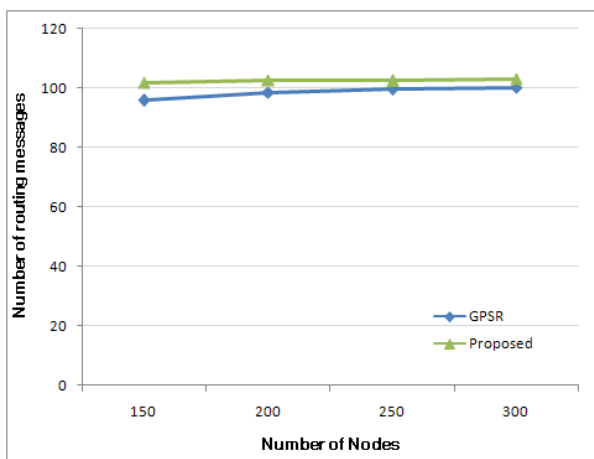


그림 3. 라우팅 오버헤드 비교

5. 결 론

도시 기반의 VANET 환경은 차량의 이동성, 교통의 흐름에 따른 차량 밀도의 변화, 도로의 배치에 의한 불규칙하게 토폴로지가 변하는 특징을 가지고 있다.

따라서 이를 고려한 라우팅 기법이 필요하다. 본 논문에서는 도로의 차량 밀도를 측정하고 보다 높은 차량 밀도를 갖는 도로로 경로를 설정하여 차량간에 안정적인 통신을 할 수 있도록 하는 라우팅 기법을 제안했다. 또한, 실험을 통해 기존의 그리디 포워딩을 사용하는 GPSR에 비해 성능이 향상되었음을 증명하였다.

참고문헌

[1] Jun Luo, Jean-Pierre Hubaux, "A survey of Inter-vehicle communication," Technical report IC, 2004.
 [2] Jeffery Miller, "Vehicle-to-vehicle-to-infrastructure (V2V2I) intelligent transportation system architecture," Intelligent vehicles symposium, IEEE, pp. 715-720, 2008.
 [3] Jing Tian, Lu Han, Rothermel K., "Spatially aware packet routing for mobile ad hoc inter-vehicle radio networks," Proceeding of Intelligent Transportation Systems, vol.2, pp. 1546-1551, 2003.
 [4] Rao S.A., Pai M., Bousedjra M., Mouzna J., "GPSR-L: Greedy perimeter stateless routing with lifetime for VANETs," ITS Telecommunications, pp. 299-304, 2008.
 [5] Taleb T., Sakhaee E., Jamalipour A., Hashimoto K., Kato N., Nemoto Y., "A stable routing protocol to support ITS services in VANET networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 56, pp. 3337-3347, 2007.
 [6] Chih-Hsun Chou, Kuo-Feng Ssu, "Geographic Forwarding With Dead-End Reduction in Mobile Ad Hoc Networks" IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, vol.57, 2008
 [7] David B. Johnson, David A. Maltz and Yih-Chun Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks(DSR)", Internet-RFC 4728, 2007
 [8] Bohm A., Jonsson M., "Position-based data traffic prioritization in safety-critical, real-time vehicle-to-infrastructure communication," ICC Workshops 2009, pp. 1-6, 2009.
 [9] The Network Simulator, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>