

VANET 환경의 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜 최적화기법¹⁾

김 연*, 조미영*, 김기천*²⁾
*건국대학교 컴퓨터공학과
e-mail:jinyan@konkuk.ac.kr

Optimization for Routing Protocol based on Location Information in VANET

Yan Jin*, Miyoung Jo*, Keecheon Kim*
*Dept of Computer Science & Engineering, Konkuk University

요 약

VANET(Vehicular Ad-hoc Network)은 노드를 차량으로 가정하는 개념의 MANET(Mobile Ad-hoc Network)로서 노드의 빠른 이동으로 인해 급격한 토폴로지의 변화가 일어난다. 하지만 차량 노드의 이동은 도로 상에서 제한되어 있기 때문에 토폴로지에 대한 상대적인 예측 가능성을 가지고 있다. 이는 교통이 혼잡한 도로 환경에서 그리디 기법을 이용하여 다음 홉을 결정할 때 보다 높은 정확성을 제공할 수 있어 경유 노드의 수와 포워딩 실패를 최소화한다. 본 논문은 위치 정보와 운전 시스템 정보를 기반으로 하는 차량 간 통신 라우팅 최적화 기법을 제안하고 기존의 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing) 기법과 SAR(Spatial Aware Routing) 기법과의 비교를 통해 효율성과 신뢰성의 향상을 증명하였다.

1. 서론

MANET에서 제안된 라우팅 알고리즘은 주기적으로 경로 정보를 교환하거나 필요에 따라 소스 노드가 목적지 노드의 경로 정보를 요청하는 방식으로 이루어져 있다. 하지만 VANET 환경에서는 차량을 각 노드로 가정하기 때문에 노드의 빠른 이동으로 인한 급격한 토폴로지의 변화가 발생된다. 따라서 주기적이거나 필요에 의해 경로 정보가 요청되는 MANET의 라우팅 알고리즘을 그대로 적용하는 것은 적합하지 않으므로 위치 정보를 이용한 라우팅 기법을 VANET에 적용하며, 그에 대한 다양한 연구도 진행되고 있다[1].

위치 정보를 이용한 라우팅 기법은 차량이 GPS와 같은 장치를 통해 자신의 위치 정보를 수신하고 있다고 가정하며, 별도의 경로 데이터를 유지할 필요가 없다. 대표적인 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜에는 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)이 있다. GPSR에서 각 노드는 그리디 기법을 이용하여 이웃한 노드들 중에 목적지

노드에 가장 근접한 노드로 패킷을 전달하는 방식으로 점차적으로 목적지 노드에 접근하는 방식을 통해 패킷을 전달한다[2].

SAR(Spatial Aware Routing)은 지리 정보를 이용한 소스 라우팅 기법으로서, 공간인식을 이용하여 패킷을 전달하는 방식을 취한다. 도로나 지형의 형태로 인해 차량 노드가 접근할 수 없는 지역이 존재할 수 있다. 이런 정보는 정적인 데이터로서 지리정보시스템을 통해 지형 정보를 예측하고 소스 노드에서 목적지 노드까지의 경로 설정에 이용된다[3]. 하지만 소스 노드는 목적지 노드까지의 경로 데이터를 저장하고 유지해야 하므로 중간 노드 데이터와 경로 테이블 유지를 위한 비용을 부담해야 한다.

본 논문은 SAR기법의 공간인식 개념을 GPSR기법에 적용하여 보다 효율적인 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜 최적화 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구와 배경기술을 소개한다. 3장은 기존에 라우팅 기법의 문제점을 제시하고 이러한 문제점을 극복하기 위한 최적화기법을 제안하고 분석을 진행하며 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

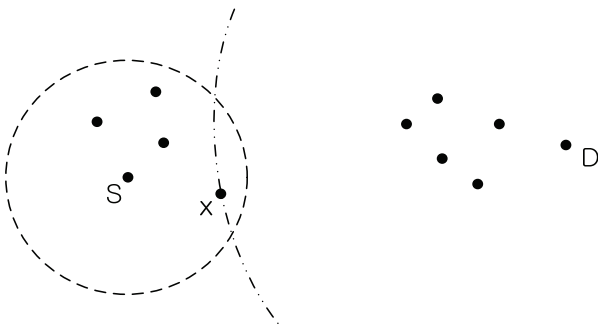
GPSR은 위치 정보 기반의 가장 대표적인 라우팅 프로토콜로 알려져 있다. [그림 1]과 같이 그리디 포워딩은 소스 노드에 근접한 노드들 중에서 목적지 노드에 가장

1) 본 연구는 지식경제 프론티어기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크 원천기반기술개발사업의 10C2-C1-30S 과제로 지원되었습니다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다. (NIPA-2010-C1090-1031-0004)

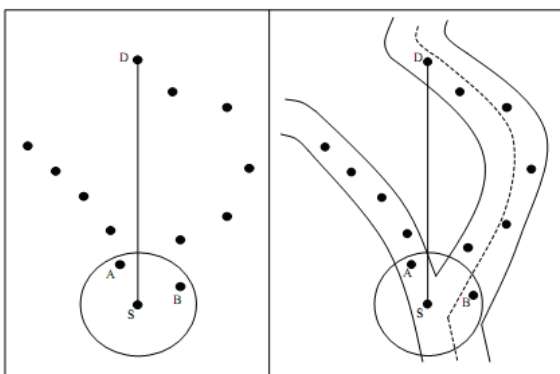
2) 교신저자

가까운 노드를 선택하는 방식이다. 그리디 포워딩 방식에서 Local Maximum 문제는 가장 중요하게 고려되는 사항이다. 이 경우에 경로를 복구하는 기법으로 평면 그래프 경유 (Planar graph traversal) 기법을 이용하여 경계선 전달(Perimeter forwarding)을 수행한다. 즉 Local Maximum 상태에서 Right hand rule을 이용하여 자신보다 목적지 노드에 먼 거리에 있는 주변 노드 중에 전달 받은 패킷 방향에서 바로 우측에 있는 노드에 패킷을 전달하게 된다. 그러나 이때 패킷이 이전 경로 노드에게 되돌아가게 되는 루프 상태에 빠지게 되는 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위한 방안으로 평면 그래프 기법을 이용한다.



[그림 1] 그리디 포워딩

GPSR은 VANET 환경에서 가장 적합한 위치 기반 라우팅 기법으로 알려져 있다. 그러나 차량의 고속 이동에 따른 주변 노드의 위치정보 업데이트를 위한 신속한 반응과 주변 노드들 중에서 다음 포워딩 노드를 선택함에 있어서의 정확성은 보장할 수 없다는 것이 단점을 가지고 있다[4].



[그림 2] 공간 인식 라우팅 기법

SAR(Spatial Aware Routing) 알고리즘은 공간 정보를 이용한 라우팅 과정에서 도로 인프라로 인한 빈번한 포워딩의 실패를 해결하기 위한 기법이다. 위치 기반 라우팅에서 패킷은 목적 노드에 가장 가까운 주변 노드에 전달된다. 하지만 도로 형태에 의해 토폴로지가 결정되는 차량

네트워크에서는 이런 기법이 오히려 역효과를 가져 올 수 있다. [그림 2]에서 보는 것과 같이 소스 노드 S는 목적 노드 D에게 패킷을 전달하고자 한다. 도로 상의 위치로 보면 노드 A는 D와 진행방향이 다른 도로 상에 있고 노드 B는 D를 향하는 도로 상에 있지만 D와 제일 가까운 위치에 있는 주변 노드는 아니다. 그리디 기법에 의해 포워딩이 이루어 질 경우 S는 A에 패킷을 전달하게 된다. 이와 같이 반복적인 포워딩 과정을 거치게 될 경우 패킷이 목적 노드 D와 점차 멀어지는 방향으로 전달되게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 기법이 바로 공간 인식 라우팅 기법인 SAR 알고리즘이다. SAR은 소스 노드로부터 목적지 노드까지의 최적 경로를 미리 결정하고 해당 경로를 유지한다. 그러나 고속으로 이동하는 차량 네트워크에서는 즉각적인 반응이 부족하며 중간 노드의 경로 테이블을 유지하는 면에서 stateless한 GPSR보다 떨어진다.

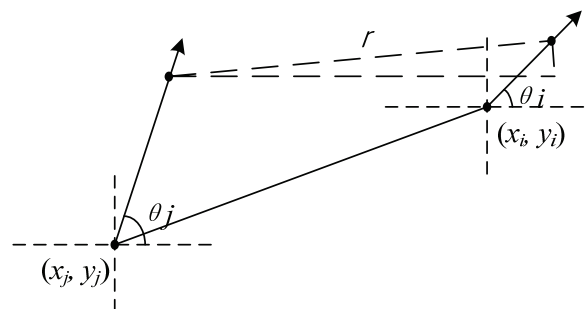
3. 위치 기반 라우팅 기법의 최적화

차량 간 네트워크에 GPSR과 SAR을 적용시에는 다음과 같은 문제점들이 있다.

- 소스 라우팅의 경우 경로 결정과 경로 테이블에 대한 유지가 진행되어야 한다.
- 소스 라우팅은 차량 간 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화에 대해 즉각적인 반응이 일어나지 못한다.
- 그리디 포워딩은 경계선 전달 모드를 통해 Local Maximum으로 발생하는 포워딩 실패 문제를 복구한다.
- 차량 간 네트워크의 토폴로지는 도로 인프라에 의존적이다.

3.1 링크 유지 시간

노드 간의 링크 유지 시간은 LET(Link Expiration Time)을 통해 계산된다. 해당 경로의 LET 값이 클수록 안정된 링크임을 알 수 있다. [그림 3]에 보여주듯이, LET는 노드(노드 i , 노드 j)의 위치 좌표 (x_i, y_i) 와 (x_j, y_j) , 이동 속도 v_i 와 v_j , 이동 방향 α_i 와 α_j 를 변수로 하는 수식으로 얻어진다.



(그림 3) LET 계산

$$LET = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2 - (ad - bc)^2}}{a^2 + c^2} \quad (1)$$

$$a = v_i \cos \theta_i - v_j \cos \theta_j$$

$$b = x_i - x_j$$

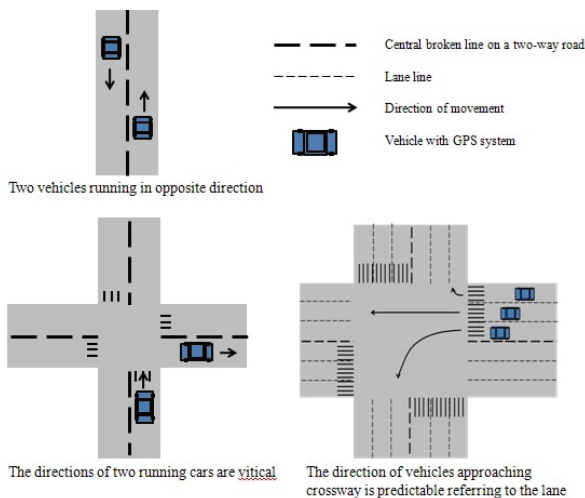
$$c = v_i \sin \theta_i - v_j \sin \theta_j$$

$$d = y_i - y_j$$

500미터 전송 범위에서 LET의 경험적 수치는 1분보다 작은 값을 가진다. [그림 4]로부터 알 수 있듯이, 두 노드의 이동 속도가 같은 경우에 이동 방향이 다를수록 LET가 작고, 이동 속도가 다를수록 이동 방향이 같을 경우 LET가 작다. 이러한 성질을 이용하여 LET을 도로 인식을 위한 파라미터로 적용할 수 있다.

3.2 다음 홉 결정

차량에 탑재된 GPS기기를 통해 차량의 현재 위치 좌표와 이동 속도를 알 수 있다. 또한 차량 제어 시스템을 통해 차량 회전 신호를 쉽게 얻을 수 있다. 차량 제어 시스템이 회전 신호를 발생했을 때 노드는 이 신호를 통신 범위 내에 있는 주변 노드에 전송한다. 일반적으로 차량은 회전하기 직전 20m 전에 회전 신호등을 켜기 때문에 실제 회전 액션이 이루어지기 전까지 다음 홉 선택을 위해 충분한 시간을 가진다.



[그림 4] 교통 상황에 따른 LET

노드 간의 링크 연결은 LET와 속도(vel) 이외에도 도로 환경에 따른 차량 위치(L)와 관계된다. 주변 차량이 위치한 도로는 차량 제어 시스템을 통해 예측 가능하다. 이렇게 세 요소와 연관되기 때문에 링크 연결 가중치는 수식 (2)를 통해 구현된다.

$$w = k_1 \cdot LET + k_2 \cdot vel + k_3 \cdot L \quad (2)$$

링크 연결 가중치에서 각 요소가 차지하는 비율을 결정하는 가중치 k_1, k_2, k_3 로 나타낸다. k_1, k_2, k_3 는 표 1과 같이 각 요소의 우선순위에 의해 결정된다.

<표 1> 각 요소의 가중치 및 우선순위

Parameter	Sub-weight	Priority
LET	k_1	1
Relative velocity	k_2	2
Light signal	k_3	3

3.3 분석 및 평가

본 논문에서 제안하는 위치 기반 최적화 라우팅 기법에 대해 평가하기 위해 GPSR, SAR 라우팅 기법과 비교를 진행하였다. 세 가지 기법 모두 위치 정보 기반의 라우팅 기법이다. 최적화 기법과 SAR기법은 교통 정보를 이용하여 포워딩 실패를 최소화 하였으며 GPSR과 최적화 기법은 stateless한 경로 설정 기법으로서 SAR처럼 경로 테이블을 유지하는 비용이 들지 않는다. 또한, CSMA/CA 기반의 802.11p표준이 차량 간 통신의 미디어 액세스 컨트롤로 채택됨으로 하여 RTS/CTS 및 ACK 메시지는 밀집된 환경에서 상당한 오버헤드가 될 수 있다. 표 2와 같이, 단순한 위치 정보를 이용한 GPSR 기법은 다른 두 기법에 비하여 오버헤드가 많이 발생하게 되고 차량 제어 시스템의 보조 역할을 통한 위치 정보 기반의 최적화 기법은 오버헤드를 가장 적게 발생한다.

<표 2> 라우팅 기법의 비교

	Stateless	Location Information	Traffic information	overhead
GPSR	✓	✓		Most
SAR		✓	✓	Middle
Optimized algorithm	✓	✓	✓	Least

4. 결론

본 논문에서는 VANET 환경에 보다 잘 적용할 수 있는 위치 정보 기반의 최적화 라우팅 기법에 대해 연구를 진행하였다. 제안하는 최적화 기법은 GPS 시스템을 통해 제공받는 차량 위치정보와 차량 제어 시스템을 통해 제공받는 제어 신호를 이용하여 도로 환경으로 인한 포워딩 실패 문제를 해결하였다. 위치 정보 기반 라우팅 프로토콜로서 잘 알려진 GPSR과 SAR 기법과의 비교와 분석을 통해 제안한 기법의 성능이 향상되었음을 증명하였다.

본 논문에서는 차량 노드가 밀집된 환경을 가정하여 최적화 기법에 대해 토론하였다. 차량 노드의 분포가 상대적으로 분산되어 있는 환경에서의 최적화 기법에 대한 연구와 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 향후 과제로 연구되어야 할 것이다.

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., Boussedjra 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] Xiaoyan Hong, Kaixin Xu, Gerla M., "Scalable routing protocols for mobile ad hoc networks," IEEE Network, vol. 16, pp. 11-21, 2002.
- [7] 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.
- [8] Zhang Ning, Yunho, Yan Jin, Kee-Cheon Kim, "Route Optimization for GPSR in VANET," Advance Computing Conference, IEEE International, pp. 569-573, 2009.