

차량의 이동 방향과 거리 기반의 그리디 애니캐스트 포워딩 프로토콜*

차 시 호** · 이 종 언*** · 류 민 우****

Greedy Anycast Forwarding Protocol based on Vehicle Moving Direction and Distance

Cha Siho · Lee Jongeon · Ryu Minwoo

〈Abstract〉

Vehicular ad-hoc networks (VANETs) cause link disconnection problems due to the rapid speed and the frequent moving direction change of vehicles. Link disconnection in vehicle-to-vehicle communication is an important issue that must be solved because it decreases the reliability of packet forwarding. From the characteristics of VANETs, greedy forwarding protocols using the position information based on the inter-vehicle distance have gained attention. However, greedy forwarding protocols do not perform well in the urban environment where the direction of the vehicle changes greatly. It is because greedy forwarding protocols select the neighbor vehicle that is closest to the destination vehicle as the next transmission vehicle. In this paper, we propose a greedy anycast forwarding (GAF) protocol to improve the reliability of the inter-vehicle communication. The proposed GAF protocol combines the greedy forwarding scheme and the anycast forwarding method. Simulation results show that the GAF protocol can provide a better packet delivery rate than existing greedy forwarding protocols.

Key Words : Inter-Vehicle Communication, Greedy Forwarding, Anycast Forwarding, VANET

I. 서론

통신 및 네트워킹 기술의 진보로 인해 우리의 실생활에서 다양한 장치들이 빠르게 네트워크로 연결되고 있다. 최근에 차량 통신 네트워크(VANETs, Vehicular Ad-hoc Networks)는 이미 많은 대학 및

기업들에 의해 연구되고 있으며 사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 서브 도메인으로서도 다양한 연구들이 진행되고 있다. 차량 통신 네트워크에서의 차량들은 제한된 무선 전송 범위로 인해 패킷 데이터 전송 차량과 목적지 차량 간에 직접적인 통신이 불가능하다. 따라서 전송 차량과 목적지 차량 사이의 패킷을 포워딩해 줄 중계 차량들이 필요하다. 이러한 차량 네트워크에서의 라우팅은 매우 중요한 문제이며 가장 중요한 도전과제 중 하나이다.

차량 통신 네트워크내의 차량들은 이동속도가 매

* 본 논문은 2016학년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의해 수행되었음.

** 청운대학교 멀티미디어학과 교수

*** 한화시스템 지휘통제·통신연구소 수석연구원

**** KT 융합기술원 서비스연구소 전임연구원(교신저자)

우 높고 이동 방향이 매우 빨리 변하기 때문에 링크 단절이나 전송 지연 문제가 자주 발생한다. 따라서 차량 통신 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜로는 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)[1-4]과 같은 지리 기반 라우팅 프로토콜이 AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector)[5]와 같은 경로기반 라우팅 프로토콜보다 더 적합하다. 그러나 대부분의 지리 기반 라우팅 프로토콜들은 차량들의 이동 속도 변화와 이동 방향의 변화를 고려하지 않고 목적지 차량과의 거리만을 고려하여 중계 차량을 선정함으로써 링크 단절의 문제를 극복하지 못하였다. 또한 이러한 빈번한 링크 단절로 인해 차량 통신 네트워크에서의 패킷 데이터 전달은 신뢰성이 매우 떨어지는 결과를 보여주었다. 이를 극복하기 위해 다양한 브로드캐스팅(broadcasting) 프로토콜들이 연구되고 있다. 그러나 차량 통신 네트워크를 위한 브로드캐스팅 프로토콜들은 기본적으로 브로드캐스트 폭풍(broadcast storm) 문제를 야기한다. 이러한 브로드캐스트 폭풍 문제를 해결하기 위하여 선택적인 브로드캐스팅 차량 노드를 선정하는 다양한 연구들이 수행되고 있다[6-10].

본 논문에서는 이러한 차량 간 메시지 전송의 신뢰성을 향상시키기 위해 브로드캐스팅 프로토콜을 사용하는 대신에 몇 개의 경로로만 패킷을 전송하는 애니캐스트(anycast) 라우팅 기법을 지리 기반 라우팅 기법과 결합하는 그리디 애니캐스트 포워딩(GAF, Greedy Anycast Forwarding) 프로토콜을 제안한다. 애니캐스트 포워딩은 다음 중계 노드로 하나의 노드를 선정하는 대신에 잠재적인 다음 중계 노드로 선정된 순서를 갖는 노드들의 집합에 패킷을 전송하는 구조를 사용한다. 이를 통해 차량 통신 네트워크와 같은 신뢰성이 낮은 무선망에서 패킷 전달의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

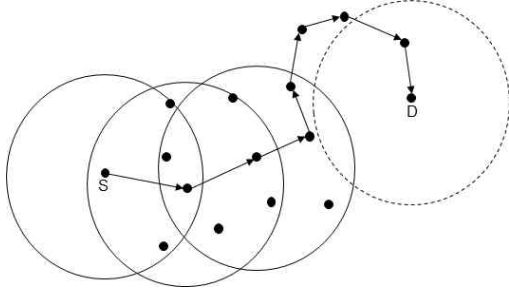
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장의 관련연구에

서는 대표적인 지리 기반 라우팅 프로토콜과 애니캐스트 포워딩에 대하여 간략히 기술한다. 3장에서는 제안된 GAF의 개념과 동작방식에 대하여 설명하고, 4장에서는 제안된 GAF 프로토콜의 우수성을 입증하기 한 시뮬레이션의 수행과 성능평가 결과에 대하여 기술한다. 5장에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구를 제시하였다.

II. 관련연구

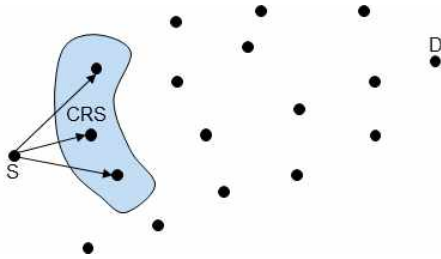
차량 통신 네트워크의 차량 노드들은 이동 속도가 매우 빠르고 이동 방향 또한 빈번히 발생한다. 따라서 차량 통신 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 이러한 특성을 반영하여야 한다. GPSR[1-4]은 대표적인 지리 기반 라우팅 프로토콜로 차량 통신 네트워크의 특성에 적합한 것으로 알려져 있다. 그 이유는 지리 기반 라우팅 프로토콜은 목적 차량 쪽으로 이동하는 차량들에 대해 최대한 탐욕적인 형태로 패킷을 전달함으로써 빠르게 움직이는 차량들과 이들 간의 전송 지연을 낮출 수 있기 때문이다[11, 12]. <그림 1>은 GPSR 프로토콜의 동작방식을 보여준다. GPSR은 기본적으로 탐욕모드와 복구모드로 구성된다. 탐욕모드에서는 전송 노드인 S는 주변 노드들 중 목적지와 가장 가까이 있는 노드들 다음 중계 노드로 선정하여 패킷을 전송한다. 만약 전송 노드보다 목적지 노드에 가까운 노드가 존재하지 않을 경우에는 다음 중계 노드를 선정할 수 없으므로 복구모드로 전환된다. 복구모드에서는 자신의 전송 범위 안에 목적지 노드에 더 가까운 노드가 존재할 때까지 우측에 위치한 노드들을 중심으로 패킷을 전송해 나간다. 이러한 GPSR의 복구모드는 노드들의 빠른 이동 및 빈번한 이동방향 변화로 인해 로컬 맥시멈(local maximum)에 직면하는 문제를 발생시킨다.

따라서 GPSR은 이러한 로컬 맥시멈으로 인하여 패킷 전송 지연이 발생 할뿐만 아니라 링크 단절로 인한 패킷 전송 실패를 야기할 수 있다.



<그림 1> GPSR 동작 방식

애니캐스트 포워딩은 GPSR의 이러한 문제점을 극복하는데 도움을 줄 수 있다. 무선 네트워크를 위해 제안된 전통적인 라우팅 프로토콜들은 주로 데이터를 전송하기 전에 미리 선정된 하나의 최적의 경로를 선정하여 이를 통해 라우팅을 수행하였다. 애니캐스트 포워딩은 하나의 특정 노드를 다음 중계 노드로 선정하는 대신에 후보 노드라 불리는 잠재적인 중계 노드들을 여러 개 선정하여 이들에게 패킷을 전송하는 방식이다. 이러한 중계 노드 집합을 후보 중계 집합(CRS, Candidates Relay Set)이라 한다. 따라서 소스 노드는 목적지로 패킷을 전송하기 위하여 다중의 잠재적인 경로를 사용할 수 있어서 패킷 전송의 신뢰성을 높일 수 있다. <그림 2>는 이러한 애니캐스트 포워딩의 동작 방식을 나타낸 것이다.



<그림 2> 애니캐스트 포워딩 동작 방식

GPSR과 같은 유니캐스트 포워딩은 k 개의 가능한 다음 중계 노드를 가질 수 있지만, 애니캐스트 포워딩 방법은 <그림 2>에서 볼 수 있듯이 2k 개의 중계 노드 집합을 가질 수 있어서 패킷 전송의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

III. 그리디 애니캐스트 포워딩(GAF) 프로토콜

본 논문에서 제안하는 그리디 애니캐스트 포워딩(GAF, Greedy Anycast Forwarding) 프로토콜의 기본적인 원리는 기존의 GPSR과 유사한 방식으로 동작하는 지리 기반 라우팅 프로토콜이다. 이를 위해 네트워크 내에는 소스 차량 v_s 와 목적 차량 v_d 를 갖는 V 차량들이 존재하고 모든 차량들 $v \in V$ 은 그들의 이웃 차량들 $N(v)$ 과 목적 차량 v_d 의 위치 좌표를 안다고 가정한다. 또한 두 차량 v_i 와 목적 차량 v_j 간의 지리적인 거리는 D_{v_i, v_j} 를 사용한다.

GAF는 각 차량에 대한 위치 정보와 이동 방향을 검출하기 위하여 비콘 메시지를 사용한다. 패킷을 전송하길 원하는 소스 차량은 비콘 메시지를 통해 얻어진 위치 정보와 이동 방향에 대한 정보를 바탕으로 (식 1)을 사용하여 GTX(Greedy Transmission Cost)를 구하게 된다.

$$GTX(i) = D_{v_i} \times |\theta_{v_d} - \theta_{v_i}| \quad (1)$$

$$D_{v_i} = 1 - \frac{D_{v_i, v_d}}{D_{v_s, v_d}} \quad (2)$$

$$D_{v_i, v_d} = \Delta S_{v_i, v_d} \times \Delta t \quad (3)$$

$$\Delta S_{v_i, v_d} = S_{v_i}^2 + S_{v_d}^2 - 2S_{v_i}S_{v_d} \times \cos(\theta_{v_i} - \theta_{v_d}) \quad (4)$$

(식 1)에서 D_{v_i} 는 소스 차량에서 목적 차량까지의

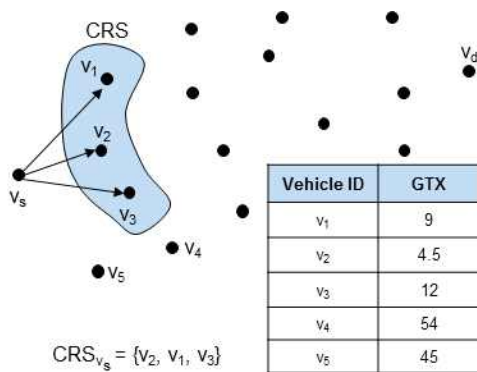
거리에 비례한 차량 v_i 의 거리를 의미하고, θ_{v_i} 는 차량 v_i 의 이동 방향을 의미한다. 따라서 목적 차량까지의 거리와 이동 방향 값 차이가 적은 값을 갖는 차량일수록 CRS에서 높은 우선순위를 갖게 된다.

(식 2)는 D_{v_i, v_d} 와 D_{v_s, v_d} 는 차량 v_i 와 소스 차량 v_s 에서 목적 차량 v_d 까지의 거리를 v_d 의 속도에 비례한 Δt 시간 후의 목적 차량까지의 거리로 구한 것이다. (식 3)과 (식 4)의 $\Delta S_{v_i, v_d}$ 는 차량 v_i 와 목적 차량 v_d 의 상대 속도를 의미하고 θ_{v_i} 는 차량 v_i 의 이동 방향을 의미하며 (식 5)에 의해 구할 수 있다.

$$\theta_{v_i} = \tan^{-1} \left(\frac{y_{v_{i2}} - y_{v_{i1}}}{x_{v_{i2}} - x_{v_{i1}}} \right) \quad (5)$$

(식 5)는 에서의 $(x_{v_{i2}}, y_{v_{i2}})$ 는 차량 v_i 의 현재 위치이고, $(x_{v_{i1}}, y_{v_{i1}})$ 는 v_i 의 이전 위치이다.

GAF에서는 전송 차량에서 주변 모든 차량들 $N(v)$ 에 대한 평균 GTX 값보다 작은 값을 갖는 차량들만 CRS에 포함시킨다. 이를 기반으로 잠정적인 CRS 내의 차량들로 패킷을 전송하는 애니캐스트 포워딩을 수행한다. 이때 CRS에 포함되는 차량들 중 최솟값을 갖는 차량이 가장 높은 우선순위를 갖게 된다. <그림 3>은 이러한 GAF 프로토콜이 수행하는 CRS 선정과정을 나타낸 것이다.



<그림 3> GAF의 CRS 선정과정

<그림 3>에서 보인 것처럼 소스 차량 v_s 의 무선 전송 범위에 포함된 모든 차량 $N(v_s) = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ 에 대하여 GTX를 구하고, $N(v_s)$ 의 평균 GTX 값인 24.5보다 큰 차량인 v_4 와 v_5 를 제외한 모든 주변 차량들로 구성된 $CRS_{v_s} = \{v_2, v_1, v_3\}$ 을 생성한다. v_2 는 패킷 전송 시 가장 우선순위가 높은 차량이 된다. 만일 v_1 과 v_3 모두 패킷을 수신하였지만 v_2 가 패킷을 수신하지 못하게 되면, v_1 이 v_3 보다 우선순위가 높기 때문에 패킷을 전송하게 되고 v_3 은 자신의 패킷을 전송하지 않고 폐기하게 된다. 이러한 애니캐스팅의 절차는 패킷이 목적 차량까지 전달될 때까지 반복하여 수행되며 이러한 CRS를 활용함으로써 패킷의 전달율을 높일 수 있게 된다.

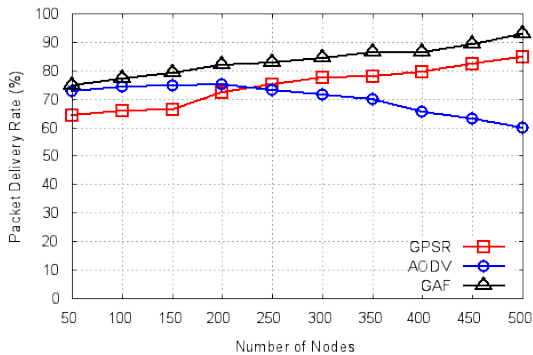
IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 GAF 프로토콜의 타당성을 증명하기 위해 ns-2를 통한 시뮬레이션을 수행한다. 이를 위해 GAF와 대표적인 라우팅 프로토콜인 GPSR 및 AODV와의 패킷 전달율을 비교 분석한다. 각 시뮬레이션은 200초 동안 수행하고 3번의 수행에서 최댓값과 최솟값을 제외한 평균값을 이용하였다. <표 1>은 본 실험을 위한 시뮬레이션 파라미터를 정의한 것이다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

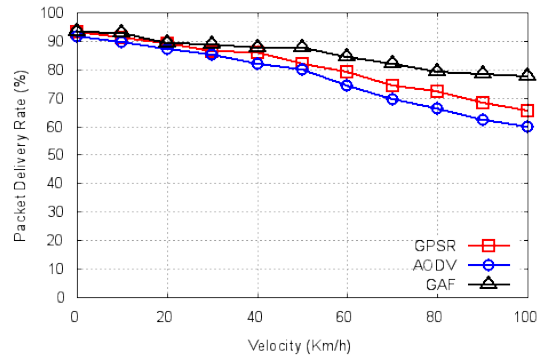
파라미터	정의
도로 크기	5000m × 5000m
무선 전송 범위	250m
MAC 프로토콜	IEEE 802.11b
트래픽 타입	CBR
대역폭	2Mbps
패킷 크기	512bytes
비콘 타임	2초
차량 수	50 ~ 500
차량의 속도	0km/h ~ 100km/h

<그림 4>는 차량의 수 변화에 따른 패킷 전송률을 나타낸 것이고, <그림 5>는 차량의 속도 변화에 따른 패킷 전송률을 나타낸 것이다.



<그림 4> 차량 수에 따른 전송률

<그림 4>에서 보인 것과 같이, 제안하는 GAF 프로토콜이 가장 높은 패킷 전송률을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 노드의 숫자가 증가되면 중계 노드 선정 시 패킷 충돌에 의하여 전송률이 감소하는 AODV와 다르게, GAF는 데이터 전송을 위한 중계노드 선정 시 GRS를 선정하여 전송하기 때문에 노드의 숫자가 증가되더라도 높은 패킷 전송률을 보인다.



<그림 5> 차량 속도에 따른 전송률

<그림 5>에서 보이는 것과 같이 노드의 속도가 증가될수록 모두 패킷 전송률이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 노드의 속도가 증가될수록 급격하게 데이터 전송률이 감소되는 AODV 및 GPSR과 다르게 GAF 프로토콜은 거의 일정한 패킷 전송률을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 데이터 전송을 위한 중계 노드 선정 시 높은 이동 속도로 인하여 링크 단절 현상이 반복되는 AODV와 GPSR과 달리, 제안하는 GAF 프로토콜은 GTX를 통하여 GRS를 선정하기 때문에 노드의 이동속도가 증가되더라도 높은 데이터 전송률을 보이는 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 차량 통신 네트워크에서 차량 간 데이터 전송의 신뢰성을 향상시키기 위한 지리 기반 애니캐스트 포워딩 프로토콜인 그리디 애니캐스트 포워딩(GAF) 프로토콜을 설계하였다. 차량 통신 네트워크는 차량의 빠른 이동 속도와 빈번한 이동 방향의 변화로 인한 링크 단절 문제가 발생한다. 차량 간 통신에서 링크 단절은 메시지 포워딩에 대한 신뢰성을 떨어뜨려 반드시 해결해야 할 중요 과제가

다. 제안된 GAF은 그리디 포워딩 방식과 애니캐스트 포워딩 기법을 결합함으로써 메시지 전송의 신뢰성을 높이고자 하였다. 시뮬레이션 결과 본 논문에서 제안한 GAF 프로토콜이 기존의 주요 라우팅 프로토콜인 GPSR과 AODV 보다 우수한 패킷 전달율을 제공할 수 있음을 입증하였다.

참고문헌

- [1] B. Karp, H. T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," Proceedings of the ACM/IEEE MOBICOM 2000, Boston MA USA, August, 2000, pp. 243-254.
- [2] B. Karp, "Geographic Routing for Wireless Networks," Ph.D. Dissertation, Harvard University, Cambridge, MA, October, 2000.
- [3] B. Karp, "Challenges in Geographic Routing: Sparse Networks, Obstacles, and Traffic Provisioning," Proceedings of the DIMACS Workshop on Pervasive Networking, Piscataway, NJ, May, 2001.
- [4] Y.-J. Kim, R. Govindan, B. Karp, S. Shenker, "Geographic Routing Made Practical," Proceedings of the Second USENIX/ACM Symposium on Networked System Design and Implementation (NSDI 2005), Boston, MA, May, 2005, pp. 217-230.
- [5] IETF, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing," RFC 3561, July 2003.
- [6] S.-H. Cha, J.-E. Lee, M. Ryu, "Directed broadcasting with mobility prediction for vehicular sensor networks," International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 12, No. 9, 2016, pp. 1-9.
- [7] G. Korkmaz, E. Ekici, F. Özgüner, et al., "Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems," Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, Philadelphia, USA October, 2004, pp. 76-85.
- [8] M.-T. Sun, W.-C. Feng, T.-H. Lai, et al., "GPS-based message broadcasting for inter-vehicle communication," Proceedings of the International Conference on Parallel Processing, August 2000, pp. 2685-2692.
- [9] F. J. Ros, P. M. Ruiz, I. Stojmenovic, "Acknowledgment based broadcast protocol for reliable and efficient data dissemination in vehicular ad-hoc networks," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 11, No. 1, 2012, pp. 33-46.
- [10] O. K. Tonguz, N. Wisitpongphan, F. Bai, "DV-CAST: a distributed vehicular broadcast protocol for vehicular ad hoc networks," IEEE Wireless Communications, Vol. 17, No. 2, 2010, pp. 47-57.
- [11] 차시호, 류민우, 조국현, "차량 밀도가 낮은 VANET 환경을 위한 지연 허용 차량 라우팅 프로토콜," 전자공학회논문지, 제49권, 제4(CI)호, 2012년 7월, pp. 82-88.
- [12] 류민우, 차시호, 조국현, "이동하는 차량 간 통신의 신뢰성 향상을 위한 개선된 탐욕 메시지 포워딩 프로토콜," 전자공학회논문지, 제47권, 제4(TC)호, 2010년 4월, pp. 43-50.

■ 저자소개 ■



차 시 호
(Cha Siho)

2009년 3월~현재
청운대학교 멀티미디어학과 교수
1997년 7월~2000년 2월 대우통신 종합연구소
선임연구원
2004년 2월 광운대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학박사)
1997년 8월 광운대학교 대학원 전산계산학과
(이학석사)

관심분야 : 네트워크 관리, 차량통신 네트워크,
무선 센서 네트워크, WoT
E-mail : shcha@chungwoon.ac.kr



이 종 언
(Lee Jongeon)

2008년 3월~현재
한화시스템 지휘통제-통신연구소
수석연구원
2007년 8월 광운대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학박사)
2003년 2월 광운대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학석사)

관심분야 : 네트워크 관리, 차세대 네트워크,
사물인터넷, 전송통신
E-mail : jong-eon.lee@hanwha.com



류 민 우
(Ryu Minwoo)

2017년 1월~현재
KT 융합기술원 서비스연구소
전임연구원
2011년 2월~2016년 12월 전자부품연구원
선임연구원
2012년 8월 광운대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학박사)
2009년 2월 광운대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학석사)

관심분야 : 사물인터넷, 시맨틱스, 인지 컴퓨팅,
지능 서비스, 차량통신 네트워크
E-mail : mw.ryu@kt.com

논문접수일 : 2017년 02월 16일
수정일 : 2017년 02월 27일
게재확정일 : 2017년 03월 07일