

# VANET에서 Advanced AODV 라우팅 성능평가

이정재\* · 이정재\*\*

Advanced AODV Routing Performance Evaluation in Vehicular Ad Hoc Networks

Jung-Jae Lee\* · Jung-Jai Lee \*\*

## 요약

고속 VANET(: Vehicular Ad Hoc Network)에서 네트워크 토폴로지의 급속한 변화는 라우팅 프로토콜 설계에 중요한 과제이다. 라우팅 프로토콜의 성능에 영향을 미치는 다음 홉 릴레이 노드를 선택하는 작업은 어려운 과정이다. VANET과 관련된 AODV(: Ad Hoc On-Demand Distance Vector)의 단점은 종단 간 지연 및 패킷 손실이다. 본 논문은 AODV 라우팅 프로토콜을 수정하여 방향 매개 변수와 2단계 필터링을 추가하여 RREQ(: Route Request) 및 RREP(: Route Reply) 메시지 수를 줄이는 AAODV(: Advanced AODV)기법을 제안한다. 제안된 AAODV는 패킷 손실을 줄이고 방향 매개 변수의 영향을 최소화 함으로서 패킷전달율이 증가하고, 종단 간 지연이 감소됨을 알 수 있다.

## ABSTRACT

Rapid change in network topology in high-speed VANET(: Vehicular Ad Hoc Network) is an important task for routing protocol design. Selecting the next hop relay node that affects the performance of the routing protocol is a difficult process. The disadvantages of AODV(: Ad Hoc On-Demand Distance Vector) related to VANET are end-to-end delay and packet loss. This paper proposes the AAODV (Advanced AODV) technique to reduce the number of RREQ (: Route Request) and RREP (: Route Reply) messages by modifying the AODV routing protocol and adding direction parameters and 2-step filtering. It can be seen that the proposed AAODV reduces packet loss and minimizes the effect of direction parameters, thereby increasing packet delivery rate and reducing end-to-end delay.

## 키워드

VANET, AODV, RREQ, RREP, Routing  
차량 애드혹 네트워크, 애드혹 주문형 벡터, 경로 요청, 경로 응답, 경로

## 1. 서론

VANET(: Vehicular Ad Hoc Networks)는 구조화된 이동성과 광범위한 영역을 커버하여 이동하는 차량 상호간에 무선 라우터 노드를 사용하여 교통 혼잡

을 줄이고 안전성을 높이기 위해 구축되었다[1]. 네트워크는 MANET(: Mobile Ad Hoc Networks)의 원리를 적용하여 데이터를 자발적으로 교환 할 수 있는 무선 네트워크와 차량에 장착된 무선 트랜시버를 사용하여 주변 차량과 데이터를 교환하거나 직접 통신

\* 송원대학교 컴퓨터정보학과 교수

(jjalee@songwon.ac.kr), leje@songwon.ac.kr

\*\* 교신저자 : 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수

• 접수 일 : 2020. 10. 31

• 수정완료일 : 2020. 11. 23

• 게재확정일 : 2020. 12. 15

• Received : Oct. 31, 2020, Revised : Nov. 23, 2020, Accepted : Dec. 15, 2020

• Corresponding Author : Jung-Jai Lee

Dept. of computer information sciences, Songwon University,

Email : leje0011@naver.com

범위 내에 있지 않은 인접의 목적지로 데이터 패킷을 전송할 수 있다[2].

그러나 왕복 차선 수, 도로상의 차량 수, RSUs(: Roadside Units)와 같은 도로 구조를 업데이트 하려면 지속적인 데이터 교환이 필요하고 VANET은 안전한 차량 탐색 및 속도 제어를 위해 빠르고 신뢰할 수 있는 데이터를 필요로 한다. 지속적으로 변화하는 노드 수 때문에 그들의 이동성, 처리량은 VANET에서 낮아질 수 있으며 연결 실패로 인해 패킷 손실이 높아진다.

VANET에서 생성된 토폴로지는 동적이며 대역폭이 제한되어 균일하게 분산되지 않기에 패킷 라우팅의 QoS(: Quality of Service)을 유지하는데 있어서 중요하다[3]. VANET에 사용되고 있는 AODV(: Ad Hoc On-Demand Vector)라우팅 전략은[4] 동적 링크의 변화에 대한 신속한 적응을 제공하고 처리 및 메모리 사용에 대한 오버 헤드가 낮으며, 네트워크 내의 객체에 대한 유니 캐스트 경로를 결정하기 위해 낮은 네트워크 사용률을 제공한다.

VANET에서 AODV의 성능을 향상시키기 위해 Abedi et al은 경로 탐색 단계에서 다음 홉을 선택하기 위한 매개 변수로 각 노드에 대한 방향 정보의 사용을 제안했으나 E2E(: End to End), 처리량 및 PDR(: Packet Delivery Rate)은 고려하지 않았다[5].

Wang et al은 경로결정을 위해 FCAR(: Fuzzy Control-based AODV) 라우팅 프로토콜을 개발하였다[6]. AODV와 FCAR을 비교하여 FCAR이 E2E 지연 및 패킷 드롭률에서 AODV보다 약간 우수하였으나 네트워크 크기가 70노드 이상이거나 노드의 차량 속도가 초당 10m 이상일 때 FCAR의 패킷 드롭률이 증가함에 따라 성능 향상을 위해 패킷 드롭률을 줄이기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

Ding et al은 안정성을 높이고 경로의 제어 오버 헤드를 줄이기 위해 경로 탐색 및 경로 선택에 2단계 최적화를 사용한 개선된 AODV 라우팅 프로토콜을 제안하였다[7]. 이 방법의 장점은 끊어진 링크의 수를 줄였으나 패킷전달 비율 측면에서 만족스러운 성능을 제공하지 못했다.

Sun et al은 경로 설정 성능을 향상하기 위한 GBAODV(: Global Positioning System-based AODV) 라우팅 프로토콜은 GPS장치를 사용하여 라우팅 패킷을 플러딩하는 방법을 제안하였다[8].

GBAODV 방법이 AODV 방법보다 네트워크 부하를 더 감소시켜 결과적으로 끊어진 링크의 수와 패킷 손실률이 감소 하였으며 평균 E2E 지연은 AODV보다 GBAODV를 사용할 때가 더 짧다. 그러나 고속도로 시나리오에서 8개의 노드를 기반으로 실험하였고 노드수가 많아지면 패킷 손실에 대한 GBAODV 성능이 9% 이상 개선되지 않았다.

본 연구는 패킷은 모든 방향에서 가장 가까운 차량으로 전송하고 패킷이 가장 가깝고 같은 방향으로 이동하는 노드로 라우팅 되는 우선 순위 기반 라우팅을 사용함으로써 다른 기법에 비해 처리량이 증가하고 패킷 손실을 줄였으며 다른 방법에 비해 E2E 지연이 개선 됨을 알 수 있었다. 2장은 RREQ Message Format 타입을 기술하고, 3장에서 AAODV(: Advanced AODV) 알고리즘을 제안하고 4장에서는 실험 및 고찰과 5장에서 결론을 맺고자 한다.

## II. RREQ Message Format

Hello메세지들은[9]는 주변 로컬을 감지하며 Hello 메세지가 사용되면 네트워크의 모든 활성 노드는 주기적으로 Hello 메시지를 이웃에게 전송한다. 프로토콜은 RREQ,RREP,RREP-ACK(: Route Reply Acknowledgement),RERR(: Route Error)등의 다양한 메시지를 발견하고 부서진 링크나 다른 경로 선택 링크를 유지 관리 한다.

소스가 RREP를 수신하면 라우팅 테이블에 목적지에 대한 경로를 등록하고 데이터는 출발하기 시작한다. 소스는 다중 경로 정보를 수신 한 후 홉 수가 가장 짧은 경로를 선택하고 데이터가 소스에서 목적지로 전송 될 때 노드는 라우팅 테이블을 유지하기 위해 소스와 목적지간에 경로가 사용되는 시간과 관련된 타이머를 업데이트한다.

경로가 2000ms 동안 비활성화 되면 무효선언하고 라우팅 테이블에서 제거하고 RREP-ACK 메시지는 경로 탐색 주기를 완료하기 위해 RREP 메시지에 대한 응답으로 전송한다. 타입은 이웃 라우팅 테이블의 갱신을 위한 RREQ,사고가 있을 때 라우팅 테이블의 정보를 나타내는 RREP이다. Reserved는 미지의 DSN, Hop\_Count는 REQUEST 동안 소스 IP 주소에

표 1. 개선된 AODV의 경로요청 메시지 형태  
Table 1. RREQ Message Format of the Advanced AODV

Type	Reserved	Hop_Count
RREQ Broadcast ID		
Destination IP Address		
DSN(: Destination Sequence Number)		
Originator IP Address		
Originator Sequence Number		
Length	Hash_Function	Max_Hop_Count

서 대상 IP 주소로의 총 홉 수이다. Hash\_Function은 사용된 해시함수의 타입을 지정하고 Max\_Hop\_Count는 필드를 설정하고 IP헤더의 시간 필드값을 입력하는데 사용한다. RREQ 메시지 형태는 표 1.에 제시하고 필드는[10]에 포함한다.

목적지에는 요청 노드에 메시지를 보낼 때 목적지 시퀀스 번호와 모든 경로 정보가 포함되며 노드는 RREQ를 모든 네트워크 노드에 브로드 캐스트하여 목적지 또는 목적지에 가장 최근 경로가 있는 다른 노드를 찾는 경로를 검색한다. AODV는 목적지 시퀀스 번호 DSN(: Destination Sequence Number)을 사용하여 목적지에 대한 가장 최근 경로를 결정한다.

라우팅 테이블의 항목은 목적지에서 생성된 시퀀스 번호로 DSN은 새로운 경로를 확인하는 경로 타임스탬프로 중간 노드가 RREQ 패킷을 수신하면 DSN과 비교한다. 저장된 DSN이 RREQ 패킷의 현재 DSN보다 크면 기존 경로가 최신 경로이고 이 시점에서 RREQ가 스스로 다시 전송되고 검색된 경로를 사용할게 된다. AODV의 경로 탐색은 소스 노드가 다른 인접 노드와 통신할 때 시작되며 각 노드는 broadcast\_id 및 node\_sequence\_number 두 개의 카운터를 유지하고 개별 노드를 인식하고 패킷의 중복을 방지할 수 있도록 RREQ를 유지한다[11].

소스 노드가 RREQ를 발행하면 broadcast\_id가 증가하고 각 인접 항목은 RREQ를 다시 보내거나 인접 항목의 홉 수를 늘린 후 RREQ를 다시 브로드 캐스트한다. 주기적인 Hello 메시지는 링크 계층 확인을 통해 노드 이동을 확인할 수 있다.

이웃이 Hello 간격 내에 패킷을 보내지 않으면 ID와 DSN이 포함된 Hello 메시지를 브로드 캐스트하고 AODV에는 라우팅 테이블 관리 시스템으로 인접 노드에 대한 정보가 주기적으로 업데이트 된다.

### III. 제안된 AAODV

최적 라우팅을 위한 전파방해 완화를 위한 2 단계 메커니즘으로 첫 번째 단계는 전파방해에 직접 노출되는 통신이 있는 노드를 감지하는 것이고 두 번째 단계는 제한을 받는 노드를 피하기 위해 경로를 재구성한다. 이 방식은 전파방해 노드를 제외하고 영향을 받지 않는 노드로 경로를 재구성하면 성능을 향상시킬 수 있고 전파방해로 전파와 패킷 재전송 및 라우팅 프로토콜의 오버 헤드로 인한 대역폭 및 에너지 낭비를 방지한다.

VANET에서 전파방해는 에너지 낭비를 초래하나 노드의 에너지 소비를 분석하여 제안된 완화 계획이 방해 전파로 인한 에너지 낭비를 감소시킨다. 감지 알고리즘은 센서 네트워크가 대규모 프로세스의 다른 부분을 주기적으로 타임 샘플링하고, 각 센서는 10초 내에 샘플링 하도록 구성한다. 전파방해 감지는 에너지 소비, 평균 패킷 재전송 횟수 및 CSMA/CA 알고리즘의 내부 루프에서 평균 재시도 횟수를 고려한다 [12]. 먼저, 네트워크가 공격없는 시나리오에서 작동할 때 얻은 관찰된 값의 데이터베이스로부터 각 메트릭을 훈련하여 네트워크의 메트릭 모델을 만들고 다음과 같이 각 노드에 대해 로컬로 주어진 변수  $v$ 에 대한 범위  $[v_{min}, v_{max}]$ 를 계산한다.  $v$ 의  $k$ 번째 훈련 값은  $v_k \in [v_{min}, v_{max}]$ 로 표시한다. 가짜 positive 수를 줄이기 위해 길이  $m$ 의 이동 평균 필터로 입력 데이터를 평활화하고 필터의 출력은 탐지 알고리즘의 학습값  $v_k$ 이다.

탐지 모델을 테스트하기 위해 결정 알고리즘이 각 노드에서 로컬로 실행되고,  $v$ 의  $i$ 번째 테스트 값  $v_i$ 를  $v_{max}$  값과 비교하여 만약  $v_i > v_{max} + \epsilon$  이면 노드

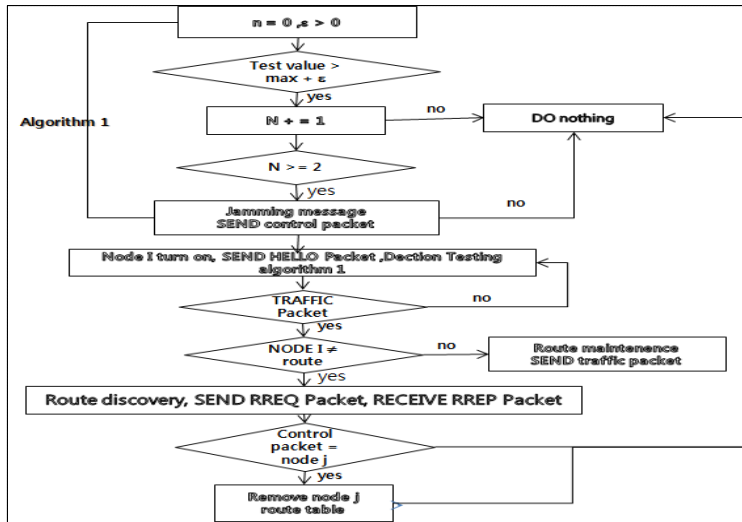


그림 1. 제안한 개선된 AAODV  
Fig. 1 Proposed AAODV

가 방해 공격을 받고 있는 상태이며 이 모델에서 고려되는 변수의 2개 또는 3개의 경우 해당 임계 값을 초과 할 때로 전파방해 표시가 생성된다. 전파방해 감지 알고리즘이 긍정적인 결과를 생성하면 제어 패킷을 전송하여 전파방해 공격 알림이 인접 노드로 전송된다. 제안된 AAODV 알고리즘은 그림 1과 같다.

#### IV. 실험 및 고찰

서로 다른 양의 데이터 트래픽이 라우팅 성능에 미치는 영향을 평가하기 위해 서로 다른 노드 수 시나리오에서 CBR( Constant Bit Rate)연결 수는 10, 20으로 설정하였다. 가중치 선택에 기반한 전달 전략은  $g1 = 0.2$  그리고  $g2 = 0.1$ 로 설정하였고 웨이트 선택에 따른 리페어 전략의 웨이트 비율은  $r1 = 0.2$ ,  $r2 = 0.1$ 로 설정하였다. 여기서  $g_n$ 은 다음 홉 노드의 가중값이고  $r$ 은 노드의 통신반경이다. 시뮬레이션을 통해 데이터의 평균값을 취하고 95% 신뢰 구간을 설정하였다.

##### 4.1 패킷 전달율

그림 2, 그림 3은 다양한 노드 수와 CBR 연결의 패킷 전달율을 보여준다. 네트워크의 노드 수가 증가

하면 네트워크의 연결성이 향상되고 라우팅 우회가 발생할 가능성이 줄어든다. 따라서 노드수의 증가와 함께 이 두가지 라우팅 프로토콜의 패킷 전달율이 증가하고 노드 수와 CBR이 다른 네트워크에서 AAODV는 패킷 전달율이 더 향상된다.

그림 2는 AODV는 CBR이 10, 그림 3은 CBR이 20인 최소 네트워크에서 AAODV의 패킷 전달율은 AODV보다 훨씬 높기 때문에 시스템의 안정성은 향상된다.

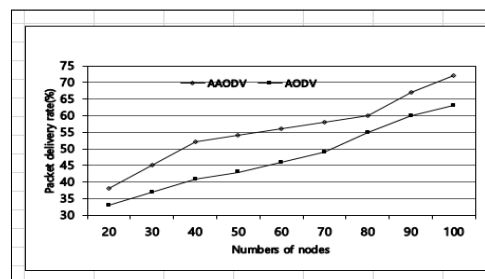


그림 2. 노드와 10 CBR 연결을 위한 패킷전달율.

Fig. 2 Packet Delivery Rate for nodes and 10 CBR Connections.

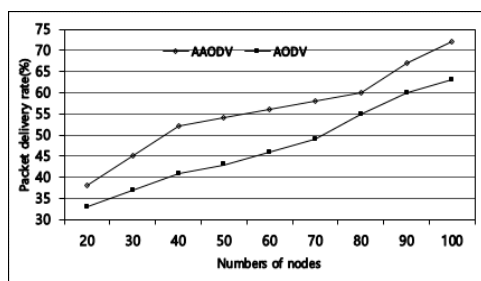


그림 3. 노드와 20 CBR 연결을 위한 패킷전달율.

Fig. 3 Packet Delivery Rate for nodes and 20 CBR Connections.

#### 4.2 평균 종단 간 지연

그림 4, 그림 5는 다양한 노드 수와 CBR 연결에 대한 평균 종단 간 지연을 보여주고 있다. 다른 수의 노드와 다른 CBR을 가진 네트워크에서 AAODV의 평균 종단 간 지연은 AODV 지연보다 낮다. 또한 동일한 CBR의 경우 평균 노드 수가 다른 네트워크 시나리오에서 AAODV의 종단 간 지연은 거의 동일하고 반대로 AODV의 지연은 매우 크다. 노드 수가 증가함에 따라 평균 종단 간 지연은 점차 감소하고 AODV의 안정성보다 AAODV의 안정성이 높다. 노드의 이동 방향과 노드 밀도를 고려하여 인접 노드 중 가장 큰 가중치 모드를 다음 홉 노드로 선택하여 패킷 전달을 이웃에 최적화 함으로서 AAODV의 E2E 지연성능을 향상시켰다. 그림4는 5개의 CBR연결한 경우이고 그림 5는 15개의 CBR에 대한 평균 E2E지연을 나타내고 있다.

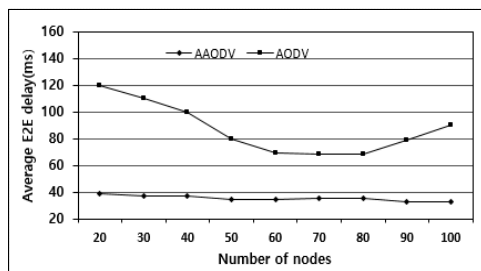


그림 4. 노드와 5 CBR 연결을 위한 평균 E2E지연.

Fig. 4 Average E2E delay for nodes and 5 CBR Connections.

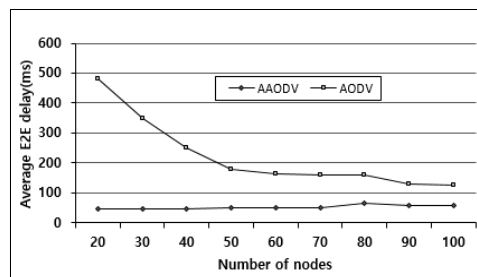


그림 5. 노드와 15 CBR 연결을 위한 평균 E2E 지연.

Fig. 5 Average E2E delay for nodes and 15 CBR Connections.

## V.결 론

차량 인터넷의 고속 모바일 노드와 토폴로지의 급격한 변화는 VANET에 적합한 라우팅 프로토콜을 설계하는 데 있어 중요하다. AAODV 방법은 목적지 노드와의 거리를 고려하여 노드의 이동 방향 및 밀도, 차량 인터넷의 다양한 시나리오에서 최적의 다음 홉을 얻기 위해 가중치 매개 변수 비율을 적응적으로 선택한다. 패킷 전달율은 라우팅 프로토콜의 안정성을 측정하는 데 사용되며 AAODV 프로토콜의 패킷 전달율은 AODV보다 높으며 다른 네트워크에서 AAODV 라우팅 종단 간 지연은 AODV보다 낮음을 알 수 있다.

### 감사의 글

본 논문은 “2020년도 송원대학교 학술연구비지원”을 받아 수행되었음.

## References

- [1] A. Benslimane, “Localization in Vehicular Ad Hoc networks,” *Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE)*, Piscataway, NJ, USA, 2005.
- [2] J. Lee, “Delay-Optimized Adaptive Multichannel Backoff Mechanism for

- VANET," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 5, Oct. 2019, pp. 837-844.
- [3] J.-G. Park, J.-D. Choi, and Y.-C. Bae, "Scientometric Analysis of Autonomous Vehicle through Paper Analysis of each Nation," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 2, 2013, pp.321-328.
- [4] A. Ahamed and H. Vakilzadian, "Issues and challenges in VANET routing protocols," In *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)*, Rochester, MI, USA, -May 2018, pp. 723-728.
- [5] C. Perkins and E. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," In *Proceedings of the WMCSA'99.Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, New Orleans, LA, USA, -Feb. 1999.
- [6] O. Abedi, M. Fathy, and J. Taghiloo, "Enhancing AODV routing protocol using mobility parameters in VANET," In *Proceedings of the 2008 IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications*, Doha, Qatar, Mar. 2008, pp. 229-235.
- [7] X. Wang, Y. Yang, and J. An, "Multi-metric routing decisions in VANET," In *Proceedings of the 2009 Eighth IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing*, Chengdu, China, Dec. 2009, pp. 551-556.
- [8] B. Ding, Z. Chen, Y. Wang, and H. Yu., "An improved AODV routing protocol for VANETs," In *Proceedings of the 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)*, Nanjing, China, Nov. 2011, pp. 1-5.
- [9] Y. Sun, Y. Chen, and Y. Xu, "A GPS enhanced routing protocol for vehicular Ad-hoc network," In *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, Phuket, Thailand, Dec. 2011, pp. 2096-2101.
- [10] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," *RFC Editor*, Santa Barbara, CA, USA, 2003.
- [11] B. Ding, Z. Chen, Y. Wang, and H. Yu, "An improved AODV routing protocol for VANETs," In *Proceedings of the 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing(WCSP)*, Nanjing, China, Nov. 2011, pp. 1-5.
- [12] S. Misra, R. Singh, and S. Mohan, "Information warfare-worthy jamming attack detection mechanism for wireless sensor networks using a fuzzy inference system," *J. Sens.* vol. 10, 2010, pp. 3444-3479.

저자 소개



**이정재(Jung-Jae Lee)**

1986년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1989년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

1997년 조선대학교대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1997년 송원대학교 컴퓨터정보학과 전임강사  
현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 인공지능



**이정재(Jung-Jai Lee)**

1985년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1987년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

1997년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1994년 송원대학교 컴퓨터정보학과 전임강사  
현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수

※ 관심분야 : 증강현실, 재난대응, 인공지능