

# 도심 교차로에서 효율적 경로 관리를 위한 자동차 통신용 라우팅 알고리즘

조성현\*, 김석우°

## Routing Algorithm of VANET for an Efficient Path Management in Urban Intersections

Sunghyun Cho\*, Seokwoo Kim°

### 요 약

본 논문에서는 도심 교차로에서 경로 이탈 확률을 낮추어 줄 수 있는 차량 통신용 라우팅 알고리즘을 제안한다. 차량이 밀집된 도심의 교차로 지역에서는 차량들의 방향 전환으로 잦은 네트워크 단절과 패킷 전송 지연 문제를 발생시킬 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 전송 노드 선정 과정에서 같은 진행방향의 노드를 이웃 노드로 선정하여 교차로에서 네트워크 단절의 비율을 낮출 수 있는 VANET (Vehicular Ad-hoc Network) 용 라우팅 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션을 통한 성능분석 결과는 제안하는 알고리즘이 기존 라우팅 알고리즘에 비해 도심 교차로에서 경로 이탈 확률을 약 10% 감소시키며 네트워크 단절 비율을 5% 감소시킴을 보인다.

**Key Words** : vehicular ad-hoc network (VANET), routing, intersection, routing path, delay

### ABSTRACT

This paper proposes a vehicle ad-hoc network (VANET) routing algorithm to reduce the probability of routing path discontinuity in urban intersections. In urban intersections, the vehicles may frequently change their moving directions. It can cause the disconnection of routing path and the increase of a packet transmission delay. In order to resolve this problem, the proposed routing algorithm exploits the information of moving directions in urban intersections. In this way, the proposed algorithm can reduce the probability of the local maximum which causes the increase of the number of routing hops and packet transmission delay. Simulation results show that the proposed algorithm can reduce the local maximum probability by 10% and increase the successful packet transmission ratio by 5% compared to the conventional VANET routing algorithms.

### I. 서 론

최근 자동차 통신 및 이를 활용한 지능형 자동차를 위한 ITS (Intelligent Transportation System)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. VANET (Vehicular Ad-hoc Network)<sup>[1,2]</sup>은 ITS구현을 위한

핵심 네트워크 구조로써 차량 간 무선 통신을 기반으로 하는 멀티-홉 방식의 네트워크이다. VANET은 운전자와 차량 그리고 인프라 (infrastructure) 간의 통신으로 정보교환을 하여 안전하고 효율적인 운행을 가능하게 한다. 또한 차량 간 무선 통신을 통해 교통흐름을 파악하고 도로에서 일어나는 긴급 상황

※이 논문은 2010년도 한세대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

♦ First Author : 한양대학교 컴퓨터공학과, chopro@hanyang.ac.kr, 종신회원

° Corresponding Author : 한세대학교 IT학부 정보통신공학전공, swkim@hanse.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2013-11-488, 접수일자 : 2013년 11월 8일, 심사일자 : 2013년 11월 15일, 최종논문접수일자 : 2013년 11월 22일

에 대한 예측 및 대처가 가능하도록 지원하는 무선 네트워크 기술을 통칭한다. VANET의 목표는 이동성이 높은 차량 간 통신에 있어서 네트워크 단절을 최소화하며 신뢰성 있는 정보 전달 및 안정적인 통신 기술을 차량 교통 시스템에 적용하는 것이다.

VANET은 Mobile Ad-hoc Network (MANET)<sup>[3]</sup>과 비교하여 노드(차량)의 이동 속도가 빠르고 노드의 움직임이 방향성을 가지는 특성이 있다. 특히 도심 도로상의 VANET에서는 고속의 노드 이동성과 높은 밀도, 노드들의 빈번한 토폴로지 변화 등으로 인해 잦은 네트워크 단절, 낮은 통신 처리율, 데이터 패킷 도착율의 저하로 인한 신뢰성의 문제 등을 가지게 된다.

이러한 문제점을 해결하는데 가장 중요한 기술적 요소는 VANET 라우팅 기법이다. 따라서 VANET 환경에서의 라우팅 기법에 대해 많은 연구결과들이 제안 되어왔다<sup>[4-8]</sup>. 그 중 도심도로 환경에 적합한 라우팅 기법으로는 위치기반(position-based)의 GPSR<sup>[9]</sup>, GSR<sup>[10]</sup>, A-STAR<sup>[11]</sup>, VADD<sup>[12]</sup> 등을 들 수 있다. 기존 방법들은 도심 VANET 환경에서 빈번한 네트워크 단절 및 패킷 전송 지연 문제를 해결하는데 집중하였다. 그러나 교차로 상황에서의 빈번한 노드 방향 전환 및 그로 인한 라우팅 단절 문제에 대해서는 적절히 대처하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 도심 교차로에서의 효율적인 이웃 노드 관리를 통해 네트워크 단절을 줄일 수 있는 라우팅 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VANET 환경에서의 기존 대표적인 라우팅 연구 결과들의 특징 및 문제점에 대해 기술한다. 3장에서는 제안하는 라우팅 알고리즘에 대해 구체적으로 정의한다. 4장에서는 제안하는 알고리즘과 기존 기법들 간의 성능평가 결과를 기술하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존 관련 연구

VANET에서의 라우팅 기법은 그림 1과 같이 링크 정보에 의존하는 토폴로지 기반 (topology-based) 라우팅과 지도를 제공 받아 주변 위치정보를 사용하는 위치정보 기반 (geographic) 라우팅으로 분류할 수 있다. 상기의 두 가지 분류 중 본 논문에서는 위치정보 기반 라우팅 기법에 대해 연구하고자 한다. 위치정보 기반 라우팅 기법은 적용대상 네트워크 종류에 따라 도심 도로 환경에 적합한 라우팅 알고리즘, 외곽 도로 환경에 적합한 라우팅 알고리즘, 고속 도로 환경에 적

합한 알고리즘 등으로 구분할 수 있다. 그 중 본 논문에서는 차량 이동 속도가 70km/h 이내이고 차량 밀집도가 높으며, 많은 교차로가 존재하는 도심환경에 적합한 라우팅 알고리즘에 대해 연구하고자 한다. 해당 분야의 대표적인 알고리즘으로써 GPSR 알고리즘, GSR 알고리즘, A-STAR 알고리즘을 들 수 있다. 상기 라우팅 알고리즘 들은 출발지에서 목적지까지 효율적인 라우팅을 위해 교차로 간 통신, 장애물 회피, 복구 방법을 통한 개선 방법 들을 제시하고 있다.

### 2.1. GPSR

GPSR (In Greedy Perimeter Stateless Routing)은 자신이 전송할 수 있는 범위 안에 속해 있는 노드들 중에서 목적지 노드에 가장 가까운 노드를 포워딩 노드로 선정하여 목적지까지 경로를 결정하는 그리디(greedy) 전송방식을 기본 라우팅 알고리즘으로 사용한다. GPSR은 교차로 및 차량의 진행변화가 많은 도심환경에서는 고층 건물이나 가로수 같은 장애물, 노드의 고밀도 분포 등의 원인으로 최적경로 선택에 실패하는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 GPCR (In Greedy Perimeter Coordinator Routing)<sup>[13]</sup>이 제안 되었다. GPSR은 도심환경을 고려하지 않고 목적지 노드로 데이터를 전송할 때 목적지 노드와 가장 가까운 에지 노드를 중계 노드를 선정한다. 반면 GPCR은 교차로 유무를 판단하여 인접한 도로에서 노드의 밀도가 높은 쪽에 속해 있는 노드를 중계 노드로 선정함으로써 도심에서 도로에 따른 제약 사항 문제를 해결하였다.

### 2.2. GSR

GPCR은 GPSR의 최적경로 선택에 따른 문제점을 보완하였다. 그러나 인접한 도로에서 밀도가 높은 쪽의 노드를 중계 노드로 선정하기 때문에 잘못된 경로를 설정하기 쉽다. 그 결과 네트워크 전체의 지연시간

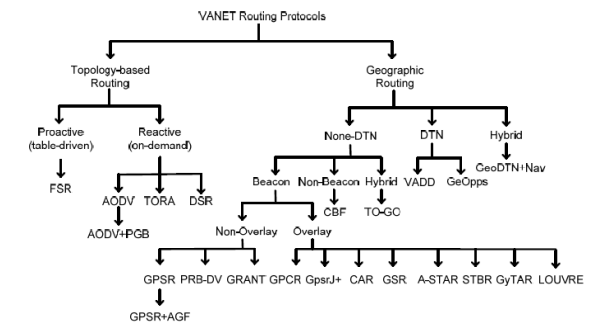


그림 1. VANET 라우팅 프로토콜의 분류  
Fig. 1. Taxonomy of VANET routing protocols

이 증가되고 기존의 그리디 포워딩 방식에서 나타나는 로컬 맥시멈 (local maximum) 문제는 해결하지 못하였다. 로컬 맥시멈이란 라우팅 경로 선정 과정에서 임의의 중간 노드가 자신보다 목적지 노드에 근접한 적절한 중계노드를 발견 할 수 없게 되는 상황을 의미한다. GSR (Geographic Source Routing)은 이러한 GPCR의 문제점을 보완하였다. GSR 역시 도시에 의해 제공되는 위치 기반 라우팅 방법이지만 기존 방식들과는 달리 토폴로지 정보를 결합한 맵 기반 라우팅 프로토콜이다. 위치정보를 토대로 라우팅을 함으로써 네트워크가 확장되어도 오버헤드가 적다. GSR은 경로 손상 시 패킷을 버리지 않고 패킷을 복구하기 때문에 경로 재설정에 따른 지연시간 감소의 효율적인 장점을 가지고 있다. 또한 GSR은 패킷 전송 속도와 대기시간 관련하여 DSR과 AODV와 같은 토폴로지 접근법에 비해 우수한 성능을 가진다. 그러나 교차로 사이에 충분한 노드가 있는지 고려하지 않기 때문에 세션 연결 신뢰성 혹은 연결성 측면에서 상대적으로 낮은 성능을 보인다.

### 2.3. A-STAR

GSR은 위치 정보를 토대로 라우팅을 하여 GPCR의 경로 손상에 따른 네트워크 지연 및 오버헤드를 감소시킴으로써 라우팅 성능을 보완하였다. 그러나 GSR은 교차로의 트래픽 상황을 고려하지 않기 때문에 높은 연결성을 보장 할 수 없는 문제점을 가진다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 제안된 프로토콜이 A-STAR (Anchor-based Street and Traffic Aware Routing)이다. 교차로 주변에 충분한 노드가 있는지 고려하며 연결성을 보장하기 위해 설계된 A-STAR 라우팅 프로토콜은 GSR과 동일하게 교차로마다 시퀀스 번호를 부여한다. 버스 루트정보와 도로의 트래픽 정보를 활용하여 교차로에 고정된 앵커를 설정함으로써 안정된 경로를 설정한다. 앵커패스를 형성한 A-STAR는 GSR에 비해 높은 연결성을 보장하여 대도시의 차량 통신에 적합한 라우팅 방식이다. 그러나 A-STAR는 앵커의 경로를 따라 가기 때문에 최적의 라우팅 경로를 제공하지 못하는 경우도 발생하며 그에 따라 전송 지연이 길어질 수도 있다. 따라서 A-STAR 역시 최적의 경로 설정 및 네트워크 지연 문제는 해결하지 못하였다.

상기 기술된 GPSR, GSR, 및 A-STAR 라우팅 알고리즘들은 모두 도심환경에 적합한 위치기반 라우팅 알고리즘이다. 상기 알고리즘들은 greedy forwarding 기반의 라우팅 기법을 택하고 있다. 즉, 목적지로부터

가장 가까운 노드를 다음 홉으로 선정하여 패킷 전송을 수행한다. 그러나 greedy forwarding 기법은 노드의 낮은 밀집도 혹은 높은 건물과 같은 통신 장애물 등으로 인해 다음 홉을 찾지 못하는 로컬 맥시멈 문제를 내포하고 있다. 이를 해결하기 위해 기존 기법들은 각각 로컬 맥시멈 상황에서도 네트워크 단절을 줄일 수 있는 복구모드를 제안하고 있다. 그러나 기존 기법들은 교차로 상황에서 발생할 수 있는 차량의 빈번한 방향 전환 및 이로 인한 잦은 로컬맥시멈 상황 야기에 대한 문제는 해결 하지 못하고 있다. A-STAR 알고리즘은 교차로에서 로컬 맥시멈 발생 시 이를 효과적으로 해결하기 위해 경로 재탐색 알고리즘을 수행하지만 현재 전송중인 패킷은 폐기함으로써 네트워크 단절을 피하기 어려운 문제점을 가진다. 본 논문에서는 상기와 같은 기존 기법들의 문제점을 해결 하고자 한다. 이를 위해 교차로 지역에 진입하는 이웃 노드와 교차로 지역을 벗어나는 이웃 노드 간에 방향성 정보를 담고 있는 개선된 비콘 (beacon) 메시지 기반의 이웃 리스트 관리 기법을 제안하고자 한다. 또한 제안된 이웃 리스트 관리 기법을 기반으로 도심 교차로에서 보다 효율적으로 라우팅을 할 수 있는 알고리즘을 제안 한다.

## III. 제안하는 라우팅 알고리즘

### 3.1. 시스템 모델

본 논문에서는 도심 교차로 환경을 적용대상 시스템으로 고려한다. 도심 교차로 환경에서는 일반적으로 차량들이 평균 시속 50km~70km로 이동한다. 또한 도로상에 평균적으로 400미터 간격으로 교차로가 존재함을 가정한다. 교차로는 도심 도로환경에서 차량의 밀집도가 높은 지역이며 차량들의 방향 전환으로 인해 진입 및 이탈이 빈번히 발생하는 지역이기도 하다. 교차로에서는 차량 밀도의 변화, 고속의 이동성, 통신 가능한 이웃 노드의 변화, 교차로에 대한 정보 수집 부족 이유 등으로 차량의 방향 전환을 예측하기 어렵다. 따라서 도심 교차로 상에서는 네트워크 단절 및 로컬 맥시멈이 발생할 확률이 상대적으로 높다. 본 논문에서는 이러한 교차로에서의 VANET 특성을 고려하여 효율적인 라우팅 알고리즘을 설계한다.

### 3.2. 제안하는 이웃 노드 선정 방법

VANET 환경에서 라우팅 알고리즘 설계 시 이웃 노드 (차량) 선정 방식은 라우팅 알고리즘 성능에 큰 영향을 미친다. 통상적으로 라우팅 기법에서 다음 홉

의 선정은 이웃 노드 정보에 기반 하기 때문이다. 이러한 이유로 기존 라우팅 기법들도 이웃 노드 선정 및 관리 방법들을 포함하고 있다. 본 논문에서는 교차로 지역에서 효율적인 라우팅이 가능한 이웃 노드 선정 및 관리 방법을 제안한다. 비콘은 전송반경 내의 노드들에게 브로드캐스트 되어 각 노드들이 이웃 노드 리스트를 효율적으로 관리할 수 있도록 정보를 제공한다. 기존 라우팅 알고리즘들에서는 모든 이웃 노드의 위치를 안다는 가정 하에서 노드의 ID와 현재 위치 정보를 포함하는 비콘을 주기적으로 전송하였다. 이러한 방법은 교차로에서의 진행방향 정보 없이 패킷을 전송하기 때문에 교차로에서 경로를 이탈하는 노드의 패킷이 손실되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 비콘 메시지에 현재의 위치정보뿐만 아니라 교차로에서의 진행방향 정보를 추가 하고자 한다.

본 논문에서 정의하는 비콘의 형태는 그림 2와 같다. VANET에서 비콘의 전송 주기는 통상적으로 1초로 설정된다. 본 논문에서는 효과적인 이웃 노드 선정을 위해 비콘 메시지의 형태를 다르게 정의할 뿐만 아니라 개선된 비콘 전송 주기 및 방법을 제안한다. 일반적인 상황에서는 기존 알고리즘과 동일하게 주기적으로 비콘을 전송한다. 그러나 노드가 교차로에 진입하는 상황에서는 진행방향에 따라 비콘 전송 방법을 달리 한다. 만약 노드가 다음 교차로에서 진행방향을 변경하게 될 경우 해당 노드는 전송 반경 내 교차로 진입 직전 비콘 전송 주기에 관계없이 진행정보를 포함한 비콘 메시지를 즉시 전송한다. 이때 기존의 비콘 전송 주기를 초기화하여 새로운 전송 주기를 시작한다. 해당 비콘 메시지를 수신한 이웃 노드들은 해당 노드의 진행방향 정보를 참조하여 라우팅을 위한 이웃노드 관리 목록을 갱신한다.

### 3.3. 제안하는 라우팅 알고리즘

제안하는 라우팅 알고리즘은 GPS 등을 통해 위치 정보를 획득 할 수 있음을 가정한다. 또한 획득된 위치 정보를 활용 하여 Dijkstra 알고리즘을 통해 출발지에서 목적지까지 최적의 경로 정보를 계산한다. 그림 3은 제안하는 라우팅 기법의 전체적인 동작 절차를 나타낸다. 각 단계별 세부 절차는 다음과 같다.

- (1) 소스 노드에서 전송하고자 하는 패킷이 발생하면 Dijkstra 알고리즘을 통하여 소스에서 목적지까지 교차로 간의 최단경로가 설정된다.
- (2) 주기적으로 전송되는 비콘 메시지 수신을 통해 자신의 이웃 리스트 생성 및 이웃 노드들

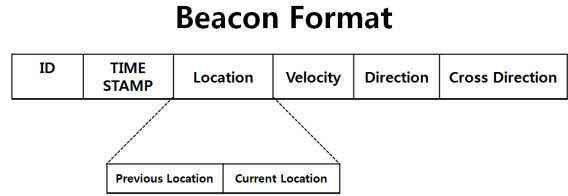


그림 2. 비콘 메시지 형태  
Fig. 2. Beacon message format

- 관리한다.
- (3) 패킷이 전송이 되는 동안 노드가 교차로 지역과 교차로를 벗어난 지역인지 현재 위치를 파악하게 된다.
- (4) 만약 교차로 지역이라면 교차로에서 진행 방향을 변경하는 이웃 노드가 존재 하는지 확인한다. 만일 진행방향이 자신과 다른 방향으로 변경되는 이웃 노드가 존재하면 해당 노드를 이웃 리스트에서 삭제한다. 또한 다른 방향의 차량들 중 교차로를 통과하여 자신과 동일 방향으로 진행하는 노드가 존재하면 해당 노드를 이웃 노드 리스트에 추가한다.
- (5) 교차로 상황에서 그리디 방식을 통해 성공적으로 다음 홉 (next-hop)이 선정되면 해당 노

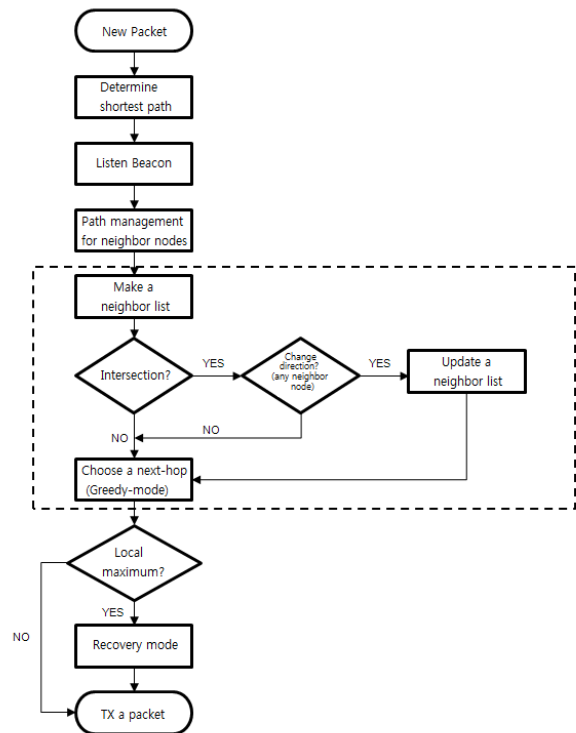


그림 3. 제안하는 라우팅 알고리즘  
Fig. 3. The proposed routing algorithm

드로 패킷을 전송한다. 만일 교차로 상황에서 그리디 방식을 통한 다음 홉 선정에 실패하면 로컬 맥시멈이 발생한다. 이 경우 복구모드로 전환 되어 경로 재탐색 및 패킷 전송을 계속하게 된다. 제안하는 라우팅 기법에서 로컬 맥시멈 해결을 위한 복구 모드는 GSR 에서 제안하는 방식을 따른다.

#### IV. 성능평가

##### 4.1. 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안하는 알고리즘의 성능을 분석한다. 시뮬레이션에서는 지도상의 모든 노드들이 GPS를 통해 자신의 위치 및 각 교차로와 통신의 장애가 될 수 있는 건물들의 위치를 알고 있다고 가정한다. 시뮬레이션에서는 그림 4와 같이 M-Grid 형태의 2500m x 2500m 크기의 도심 도로 환경을 모델링하였다. 각 도로는 왕복 8차선으로 구성하였으며 16개의 교차로를 가정하였다. 또한 우측 차선을 진행 차선으로 하여 노드들이 랜덤 하게 이동하도록 모델링 하였다. 소스에서 목적지까지의 경로는 지도상의 교차로 간 최단 경로를 설정 할 수 있도록 Dijkstra 알고리즘을 적용하였다. 교차로 지역에서 진행방향에 따른 패킷 폐기율과 전송지연을 분석하기 위해 각 이동 노드들은 교차로에서 랜덤하게 방향 전환함을 가정하였다. 또한 도로상에 평균 100~450개의 이동 노드들이 존재하며 각 차량은 50km~70km의 평균 속도를 유지하도록 모델링 하였다. 각 이동 노드들은 1초 간격의 주기로 자신의 위치 정보 및 진행방향

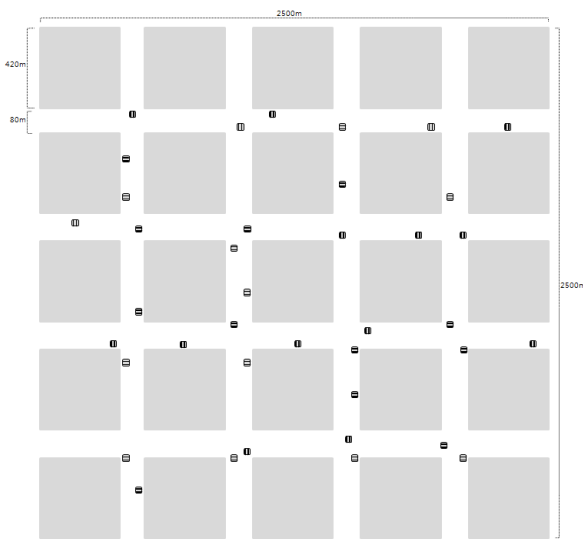


그림 4. 시뮬레이션 모델  
Fig. 4. Simulation topology

정보를 포함하는 비콘 메시지를 전송한다. 교차로 진입 후 차량 노드들은 랜덤하게 직진, 좌회전, 혹은 우회전 하도록 구성하였다. 주요 시뮬레이션 파라미터 값은 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation parameters

Parameters	Value
Simulation Area	2500*2500
Maximum Transmission Range	240m
Number of Node	450
Node Speed	50km/h~70km/h
Beacon Interval	1sec
Packet Size	32byte
Packet Inter-arrival Time	Exponential distribution (mean = 2sec)

##### 4.2. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 기존 도심환경에서 대표적인 VANET 라우팅 알고리즘인 GPSR 알고리즘 및 GSR 알고리즘과 제안하는 알고리즘 간의 성능을 비교 평가한다. 성능평가 지표로는 로컬 맥시멈 발생 비율, 성공적인 패킷 전달율, 및 평균 라우팅 홉 수를 사용한다. 로컬 맥시멈 비율은 패킷을 전달 받은 이웃 노드 중 로컬 맥시멈에 직면할 비율, 성공적인 패킷 전송률은 소스 노드에서 목적지 노드까지 성공적으로 전송된 패킷의 비율, 평균 라우팅 홉 수는 소스 노드에서 목적지 노드까지의 평균 라우팅 홉 수를 의미한다.

그림 5는 로컬 맥시멈 발생 비율을 나타낸다. 제안하는 알고리즘이 기존 GPSR 및 GSR보다 로컬 맥시

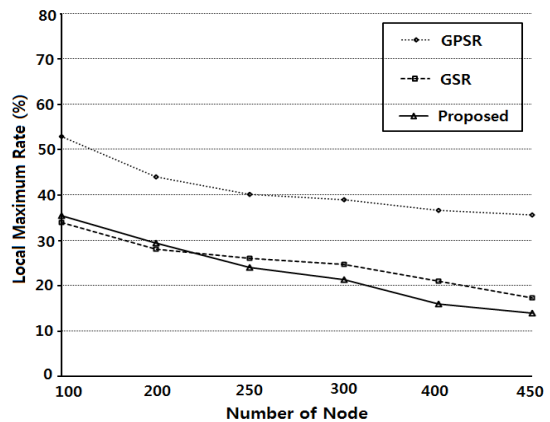


그림 5. 로컬 맥시멈 발생 비율  
Fig. 5. Local maximum ratio

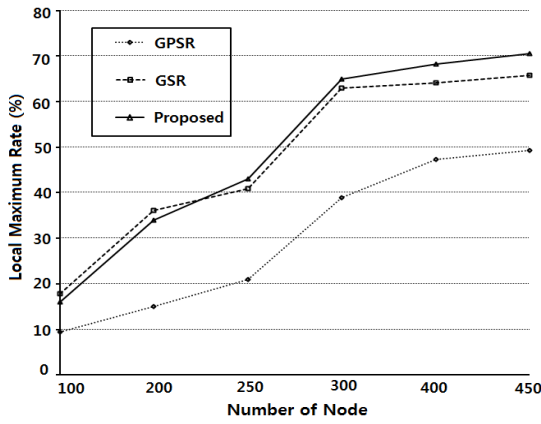


그림 6. 패킷 전달률  
Fig. 6. Packet delivery ratio

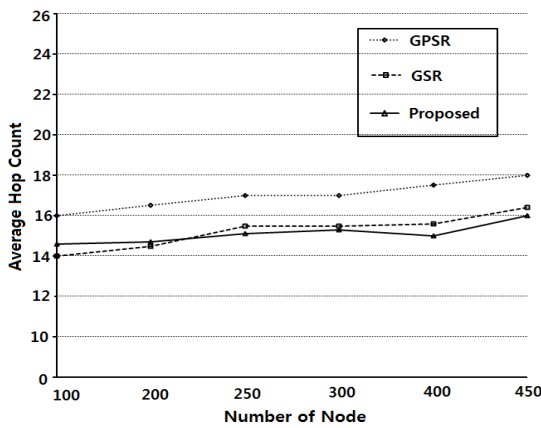


그림 7. 종단간 평균 라우팅 홉 수  
Fig. 7. Average end-to-end routing hop count

멈 발생 비율을 감소시키는 결과를 보인다. 기존 알고리즘에서는 교차로 상황에서 노드들의 급격한 방향 전환으로 인하여 소스 노드와 목적지 노드 사이에 전송 할 수신 노드가 존재 하지 않는 로컬 맥시멈이 발생할 확률이 존재한다. 그러나 제안하는 라우팅 알고리즘에서는 교차로에서의 항상된 이웃 노드 관리기법을 통해 경로를 이탈하는 중계 노드로 인한 로컬 맥시멈 발생 비율을 줄일 수 있다.

그림 6은 노드 수 변화에 따른 성공적인 패킷 전송률을 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과에서 GSR과 제안하는 알고리즘 모두 노드 수 증가에 따라 전달되는 패킷 전송률 역시 증가하였다. 특히 제안하는 알고리즘의 전송률이 GSR에 비해 더 높은 패킷 전송 성공률을 보이고 있다. 이는 제안하는 알고리즘에서 항상된 이웃 노드 관리기법을 통해 로컬 맥시멈에 직면 할 확률을 감소시킴으로써 경로를 이탈하는 중계 노드의 수를 줄여주기 때문이다.

그림 7은 차량의 노드 수의 변화에 따른 종단 간의

평균 라우팅 홉 수를 나타낸다. GSR과 제안하는 알고리즘은 기존 GPSR 보다 적은 라우팅 홉 수를 보인다. 이는 GPSR이 목적지에 가까워 질 때까지 greedy 모드와 복구 모드의 빈번한 발생으로 중계노드가 증가하는 반면 제안하는 알고리즘과 GSR은 맵 기반 방식으로 전송 반경 내의 이웃 노드로 패킷을 전송하기 때문이다. 또한 제안한 알고리즘은 항상된 이웃노드 관리기법을 통해 동일한 진행 방향의 노드를 다음 홉으로 선택함으로써 기존 GSR에 비해 평균 라우팅 홉 수를 줄일 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 차량이 밀집된 도심 교차로 지역에서의 VANET 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 교차로 진입 지역에서 이웃 노드의 진행 방향 탐지 및 관리를 통하여 로컬맥시멈 문제와 네트워크 단절의 문제를 최소화 하였다. 이를 통해 교차로 내에서 패킷의 경로 이탈 확률을 감소시켰으며 패킷 전송 성공률도 향상되었음을 확인하였다. 제안하는 알고리즘은 노드의 진입과 이탈이 잦은 네트워크 환경과 대도시의 혼잡한 교차로 환경에서 V2I 통신을 이용한 지능형 ITS 기술에 적용 가능할 것으로 기대된다. 그러나 교차로 지역에서 이웃 노드를 선정 하지 못하였을 경우 복구 모드로 전환이 되어 자연의 결과를 초래하는 문제는 여전히 남아있다. 향후의 이러한 문제를 해결하기 위한 추가적인 개선방안에 대한 연구가 필요하다.

## References

- [1] U.S. Dept. Transportation, *Vehicle Infrastructure Integration Project*, retrieved Aug, 20, 2013, from <http://www.its.dot.gov/vii/>.
- [2] T. Mishra, D. Garg, and M. M. Gore, "A publish/subscribe communication infrastructure for VANET applications," in *Proc. IEEE Workshop Int. Conf. Advanced Inform. Networking Applicat. (WAINA)*, pp. 442-446, Biopolis, Singapore, Mar. 2011.
- [3] J. Maker and I. Chakeres, *Mobile ad-hoc network(MANET)*, retrieved Aug., 20, 2013, from



http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html.

[4] J. Nzouonta, "VANET routing on city roads using real-time vehicular traffic information," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 58, no. 7, pp. 3609-3626, Sep. 2009.

[5] P. Rani, N. Sharma, and P. K. Singh, "Performance comparison of VANET routing protocols," in *Proc. Int. Conf. Wireless Commun., Networking, Mobile Comput. (WiCOM)*, pp. 1-4, Wuhan, China, Sep. 2011.

[6] W. Wang, F. Xie, and M. Chatterjee, "Small-scale and large-scale routing in vehicular ad hoc networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 58, no. 9, pp. 5200-5213, Nov. 2009.

[7] V. Govindaswamy, W. L. Blackstone, and G. Balasekara, "Survey of recent position based routing mobile ad-hoc network protocols," in *Proc. Int. Conf. Comput. Modeling Simulation (UKSim)*, pp. 467-471, Cambridge, U.K., Mar. 2011.

[8] S. Choi and J. Lee, "The AODV routing protocol for inter-vehicle automobility," in *Proc. Korea Multimedia Soc. (KMMS) 2010*, vol. 13, no. 1, pp. 452-455, Seoul, Korea, May 2010.

[9] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR : Greedy Perimeter Stateless Routing for wireless network," in *Proc. ACM/IEEE MobiCom '00*, pp. 243-254, Boston, U.S.A., Aug. 2000.

[10] C. Lochert, H. Hartenstein, J. Tian, and H. Fussler, D. Hermann, and M. Mauve, "A routing strategy for vehicle ad hoc networks in city environments," in *Proc. IEEE Intell. Veh. Symp. (IV 2003)*, pp. 156-161, Columbus, U.S.A., June 2003.

[11] B. Seet, G. Liu, B. Lee, C. Foh, K. Wong, and K. Lee, "A-star: A mobile ad hoc routing strategy for metropolis vehicular communications," *Lecture Notes Comput. Sci.*, vol. 3042, pp. 989-999, May 2004.

[12] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-assisted data delivery in vehicular ad hoc networks,"

*IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 57, no. 3, pp. 1910-1922, May 2008.

[13] C. Lochert, M. Mauve, H. Fussler, and H. Hartenstein, "Geographic routing in city scenarios," *ACM SIGMOBILE Mobile Comput. Commun. Review*, vol. 9, no. 1, pp. 69-72, Jan. 2005.

조 성 현 (Sunghyun Cho)



1995년 2월 한양대학교 컴퓨터공학과 공학사  
 1997년 2월 한양대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
 2001년 8월 한양대학교 컴퓨터학과 공학박사  
 2001년 9월~2006년 10월 삼성종합기술원 및 삼성전자정보통신연구소 전문연구원

2006년 10월~2008년 2월 Stanford University, Postdoctoral Visiting Scholar  
 2009년 9월~2012년 8월 경상대학교 컴퓨터과학과 조교수  
 2012년 9월~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 부교수 <관심분야> 차세대 이동통신 시스템, 차세대 무선랜 시스템, 자동차 통신

김 석 우 (Seokwoo Kim)



1979년 2월 한국항공대학교 통신공학과 공학사  
 1989년 10월 미국 뉴저지공대 전자계산학과 공학석사  
 1995년 2월 아주대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
 1980년 8월~1997년 3월 국 전자통신연구소 책임연구원 부호5실장

1997년 3월~현재 한세대학교 정보통신학과 교수 <관심분야> 시스템 보안, 네트워크 보안, 시스템 평가