

# 실 도로 환경 하에서 차량의 이동 모델을 이용한 위치 기반 라우팅 프로토콜

Location based routing protocol using the mobility model in the real urban environment

정운호

(건국대학교 컴퓨터공학과, 석사과정)

김기천

(건국대학교 컴퓨터공학과, 교수)

Key Words : VANET, Realistic mobility model, Intersection area routing

## 목 차

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| I. 서론                              | IV. 도심지 도로환경에서 교차로 라우팅 프로토콜 |
| II. 관련 연구                          | V. 결론                       |
| III. 도심지 도로환경에서 위치기반 라우팅 프로토콜의 문제점 | 참고문헌                        |

## I. 서론

무선 네트워크의 발전과 차량의 전자 기술에 발전에 따라 차량은 운송 수단으로써의 역할 뿐만 아니라, 운전자에서 안전 정보, 편의 시설 정보와 같은 다양한 정보를 제공하기 위해 발전하고 있다. 이를 위해 최근 VANET(Vehicular Ad-hoc Network)에 대해 많은 관심이 집중되고 있다. 이중 차량 간 이동통신 (V2V : Vehicle-to-Vehicle)을 통해 충돌 방지, 사고 정보와 같은 운전자 안전 정보 서비스를 받을 수 있는 기술이 연구 중에 있다. 이를 위해 차량이 이동단말의 역할을 수행하여 원거리의 차량 간 에도 정보를 주고 받기 위한 라우팅 기술이 연구되고 있다. 하지만 실제 도시의 도로 환경에는 도로의 배치, 교차로의 분포 및 신호대기 시간, 건물 같은 장애물 등 많은 요소들이 차량 간 네트워크 통신 시 중대한 영향을 미치게 된다. 특히 현재 많은 분야에서 소개되고 있는 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing) 과 같은 위치 기반 라우팅 프로토콜은 네트워크 토폴로지 변화가 아주 빠르고 빈번한 고속도로에서의 차량 간 통신 환경에 최적화 되어있으며, 빌딩과 같은 장애물이 존재하는 도심지의 도로 환경에서는 라우팅 프로토콜의 성능(데이터 전송률)이 많이 떨어지는 것으로 기존의 연구에서 논의되고 있다 [1][2].

본 논문에서는 실 도심지 도로 환경에서의 보다 신뢰적인 차량 간 데이터 통신을 위해 교차로 기반 라우팅 프로토콜을 제시한다. 특히 교차로가 많은 Grid 와 같은 형태로 도로가 분포된 도심지 환경에서 원거리의 차량 간에

효율적이고 빠른 데이터 통신 라우팅 알고리즘을 제시한다. 이를 위해 교차로 지역의 신호등과 같은 고정된 시설물에 교차로 지역의 차량 간 이동 데이터를 주기적으로 수집하는 Control Node 두고, 차량 간 통신 시 목적지의 라우팅 경로를 결정하는 알고리즘을 제시한다. 이를 위해 각 차량은 GPS와 같은 단거리 무선 통신 장비를 탑재하고 있으며 교차로 지역에서의 Control Node에서 이를 이용하여 각 차량의 위치정보를 수집하는 방식을 취하고 있다.

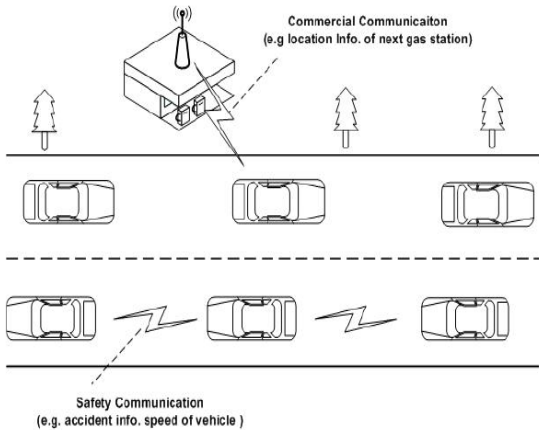
본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 VANET의 연구 동향과 위치 기반 라우팅의 연구 내용을 간략히 소개하고, III장에서는 실 도심지 도로 환경에서 기존의 위치기반 라우팅 프로토콜의 문제점을 분석한다. 그리고 IV장에서는 도심지 도로환경에서 효율적인 데이터 통신을 위한 교차로 기반 라우팅 프로토콜을 소개한 후, 마지막 V에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. VANET 연구동향

미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 국가 차원의 프로젝트를 추진을 통해 인프라 구축을 추진하고 있으며, 또한 표준 규격 확립을 위해 노력하고 있다. IEEE 802.11 위원회에서는 미국 민간 표준화 단체인 ASTM (American Society for Testing and Materials) 사양을 WAVE(Wireless Access in Vehicular

Environment)라 명하고 2004년 표준화 작업을 위한 TGP (Task Group)를 설립하였다. 이동성을 거의 충족시키지 못하며 주로 실내에서 준정적인 통신 대역폭을 사용하는 IEEE 802.11a/g와는 달리, WAVE는 높은 이동성을 제공하며 도플러 전이 (Doppler Shift) 등의 간섭이 잘 발생하는 실외에서의 환경에 적합한 특성을 가진다.[4]



<그림 1> VANET에서의 ITS서비스

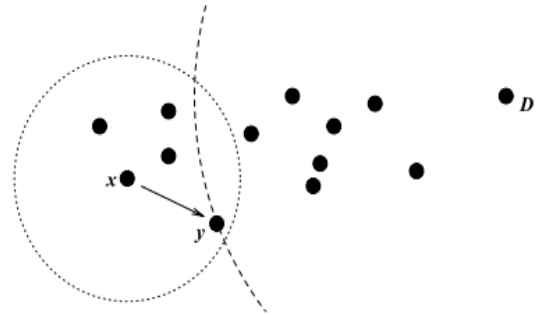
표준화가 추진 중인 IEEE 802.11p WAVE는 기존의 IEEE 802.11a의 내용을 일부 수정하고 ASTM 사양을 바탕으로 하고 있으며 IEEE 802.11p와 IEEE 1609를 합쳐서 WAVE라 한다.

## 2. 위치기반 라우팅 프로토콜

위반 라우팅은 네트워크의 토폴로지가 아닌, 지도 정보에 의해 제공되는 차량의 지리적인 위치 정보를 이용하여 차량 간 통신을 하는 방법으로 차량이 내비게이션 시스템 등의 지도 시스템을 가지고 있음을 전제로 한다. 각 차량은 자신의 지리 시스템 정보를 이웃노드의 차량에게 전달한다. 이를 받은 차량은 자신의 이웃노드들의 위치를 기반으로 패킷을 포워딩을 하게 된다. 이와 같은 위치 기반 라우팅은 네트워크의 토폴로지가 자주 변화는 도로 환경에 적합하다. 다음은 위치기반 라우팅의 방식을 이용한 차량 간 통신 방법을 소개한다.

### 1) GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)[3]

GPSR은 stateless 상태의 노드에 토폴로지 전송을 위한 방법으로 geographic routing 방법을 사용하고 있다. 이를 위해 self-describing nature of position을 사용하고 있다. 이는 정확히 패킷이 목적지 위치에 도달하기 위해 다른 노드들의 토폴로지 정보 없이 패킷을 전달할 이웃 hops의 위치를 결정하는 것이다.

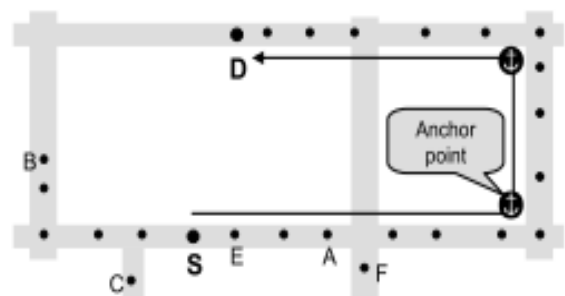


<그림 2> GPSR 라우팅 프로토콜

<그림 2>에서와 같이 source 노드에서 목적지 노드로 패킷을 전달하기 위해 source 노드는 목적지 노드로 부티의 위치를 계산하여 목적지 노드에 가장 근접해 있는 노드에 패킷을 전달하고 이를 받은 노드는 다시 브로드캐스트를 통해 목적지 노드에 가장 근접한 노드에 패킷을 전달하는 방식으로 목적지 노드로 데이터를 전달하는 알고리즘이다. Greedy forwarding은 노드들이 밀집한 상태에서 적합한 알고리즘으로 이웃노드 간의 즉각적인 패킷 릴레이가 가능하여 신뢰성 있는 패킷전달을 하는 장점을 가지고 있다. 이웃노드를 찾는 beaconing 비용을 줄이기 위해 GPSR은 보내는 노드의 위치를 패킷에 함께 실어(piggyback) 보낸다. 이를 받은 각 노드는 자신의 범위 안의 모든 노드에 대한 위치 정보를 받게 된다.

### 2) CAR(Connectivity-Aware Routing)[2]

CAR에서는 목적 노드의 routing 경로를 찾기 위해 PGB(Preferred Group Broadcasting)와 Guard를 사용한다. PGB를 이용하여 목적노드를 찾는 과정은 불필요한 데이터의 전달을 제거하여 메시지의 오버헤드를 줄일 수 있다. source에서 브로드캐스트 메시지를 이웃노드들에게 보내면 이를 받은 이웃 노드들은 자신의 노드 정보와 함께 브로드 캐스트 메시지를 포워딩 하여 전달한다. 이때 velocity vector를 계산하여 anchor 포인트 지역인지를 기록하여 둔다. 이를 마지막으로 받은 목적지 노드는 PGB 메시지를 통하여 소스노드까지의 최적 경로를 구하여 다시 이 경로를 통하여 reply 메시지를 전달한다. 소스노드 까지는 AGF(Advanced Greedy Forwarding) 알고리즘을 사용하게 된다.

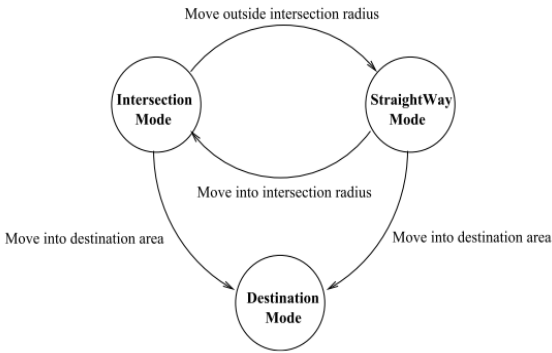


<그림 3> CAR 라우팅 프로토콜

### 3) VADD(Vehicle-Assisted Data Delivery)[1]

기존의 GPSR 라우팅 알고리즘은 목적지에 가장 가까운 다음 홉(Next hop)을 포워딩 패스로 선정하기 때문에 차량통신에 적용하기 적합하지 않으나 VADD는 차량의 움직임을 고려하여 차량통신에 적합하게 설계되었다.

VADD 프로토콜은 움직이는 차량 간에 Adhoc 통신을 할 때, 패킷의 전달 과정에서 최종 목적지까지의 가장 최소의 경로를 찾는 프로토콜이다. 기본적으로 저장 후 전달(Carry and Forward)의 개념을 갖고 있기 때문에 패킷 지연이 작은 가장 최적의 전달패스를 찾게 된다.[5] <그림4>는 VADD에서는 도로상황에 따라 교차로 모드, 직선모드, 목적지 모드로 패킷을 전달하게는 방식을 소개하고 있다.



<그림 4> VADD 데이터 전달방식

이러한 차량 간 통신환경에 따른 전달 방식은 패킷 전송의 지연문제를 해결에 높은 효율성을 보여 준다.

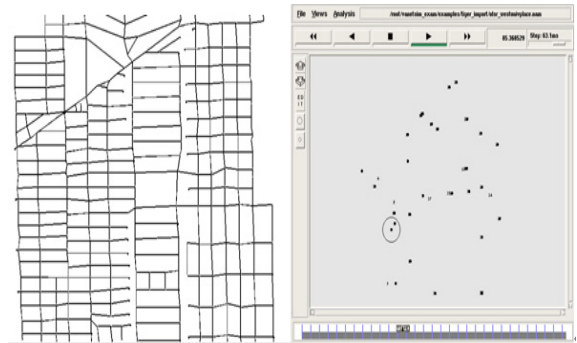
### III. 도심지 도로환경에서 위치기반 라우팅 프로토콜의 문제점

실 도심지의 도로 환경에서 차량 간 통신을 하기 위해서는 도로의 배치, 교차로 지역의 신호대기 시간, 혹은 차량들의 교통흐름 등 많은 요소가 라우팅 프로토콜의 성능에 중요한 영향을 미친다. 하지만 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하기 위해 많이 사용되는 Random-Way point Model은 이러한 차량 간 흐름에 영향을 미치는 요소를 배제한 채, 단지 무작위로 움직이는 노드의 흐름만을 이용하여 VANET 라우팅 프로토콜의 성능을 측정한다. 따라서 이러한 차량의 흐름에 영향을 미치는 요소를 고려하여 실 도심지 환경과 유사한 모델(Realistic Mobility Model)로 VANET 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하는 것이 중요하다.[7]

이에 도심지와 유사한 환경에서 라우팅 프로토콜을 성능을 측정하기 위해, 우리는 MMTS(Multi agent Microscopic Traffic Simulator) 모델[8][9]을 이용하여 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하였다. MMTS 모델은 스위스의 ETH에서 개발

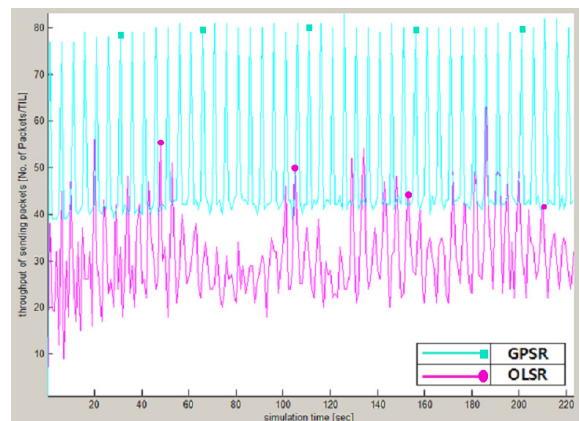
한 시뮬레이터로 스위스의 실 지형의 도로정보를 이용하여 보다 현실적으로 공공과 개인 교통흐름을 시뮬레이터 한 것으로, 특정 지역에서 24시간 동안 차량을 탄 사람들의 움직임에 대한 정보를 센터에서 수집하여 이 정보를 바탕으로 행동 패턴을 모델화 하였다.[6]. 이와 같은 차량의 이동 정보와 도로의 배치 정보를 NS-2 에서 인식할 수 있는 데이터로 변환한 후, 이를 이용하여 실 환경과 유사하게 움직이는 이동 노드를 이용하여 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하게 된다.

아래 <그림 4>는 성능 측정에 사용된 도로의 배치와 NS-2(Version 2.32)[10]를 이용하여 시뮬레이션 되는 노드의 이동 모습을 나타낸 것이다.

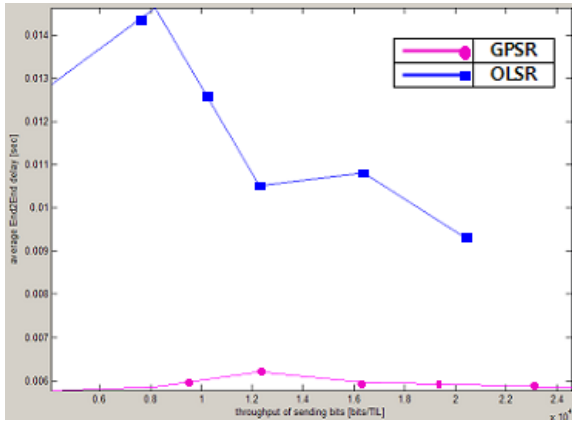


<그림 5> Road layout

우선, 위치기반 라우팅 프로토콜 중 가장 많이 사용되는 GPSR 라우팅 프로토콜과 Reactive 라우팅 프로토콜인 OLSR을 이용한 VANET 라우팅 프로토콜의 성능을 비교하였다. 실험 환경으로는 2164m x 2195m 크기의 도로 환경에 39개의 이동 노드를 두고, 모든 노드에 약 3'000번의 이동 변화가 있는 행동 패턴을 주어 실험을 하였다. 라우팅 프로토콜의 성능 측정을 위해 무작위로 선정된 6개의 임의의 노드들이 일정시간 동안 이동하는 다른 노드에게 CBR패킷을 보내어 발생되는 보내는 패킷의 양과 평균 데이터 지연시간, 그리고 전체 데이터 발생 수를 측정하였다. 아래 그림[5][6][7]은 산출된 데이터의 내용을 그래프 형식으로 도식화 하였다.

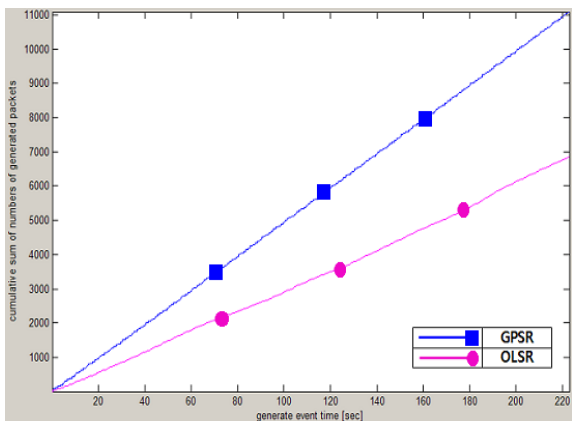


<그림 6> 보내는 패킷의 양



<그림 7> 평균 데이터 지연시간

<그림 5>에서 측정된 결과에 따라 GPSR 라우팅 프로토콜이 OLSR 라우팅 프로토콜 보다 보내는 패킷의 수가 더 많음을 알 수 있다. 이는 GPSR 라우팅 프로토콜이 주기적인 beacon을 통해 이웃 노드들에 대한 정보 및 새 노드를 찾기 위해 보내는 패킷의 발생 횟수가 더 많기 때문이다. 하지만 데이터를 보내 때 발생하는 지연시간은 GPSR이 OLSR보다 더 적음을 <그림 6>에서 나타내고 있다.



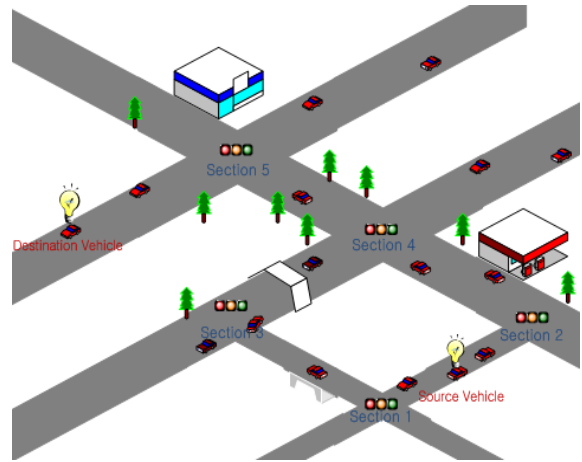
<그림 8> 패킷 발생 수

<그림 7>은 시간에 따라 발생하는 데이터의 누적 양을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 나타나는 것과 같이 시간이 지날수록 GPSR 라우팅 프로토콜과 OLSR 라우팅 프로토콜 모두 패킷의 발생량이 일정하게 증가된다. 하지만 누적 되는 비율이 서로 상이함을 알 수 있다. 이는 GPSR 라우팅 프로토콜 이웃 노드의 대한 정보를 업데이트 하기위해 주기적으로 더 많은 패킷을 발생시키기 때문이다. 이로 인해 데이터 전송에서 패킷의 충돌과 같은 문제를 야기할 수 있다.

#### IV. 도심지 도로환경에서 교차로 라우팅 프로토콜

실 도심지 도로환경에서는 많은 교차로 지역을 통해 차량

들이 이동을 한다. 이로 인해 차량 간 무선통신 시 교차로를 통한 데이터의 이동이 빈번하게 일어날 수 있다. 그러므로 도심지 지역에서의 차량 간 데이터 전송은 교차로 지역의 위치가 중요한 요소가 된다. 또한 교차로 지역에서 많은 차량들이 서로 데이터를 전송하는 과정에서 발생하는 오버헤드 역시 간가할 수 없는 요소가 된다.



<그림 8> 도심지 도로 상황

<그림 8>은 도심지의 도로 상황에서 소스 차량 S가 목적 차량 D로 패킷을 전송할 상황을 도식화 한 것이다. 위와 같은 상황에서 GPSR 라우팅 프로토콜을 이용하여 데이터를 전송한다면, 패킷은 다음과 같은 방향으로 전송이 될 것이다.

GPSR 라우팅을 이용한 데이터 전송 경로  
 S→section 1→section 3→section 4→section 5→D

하지만 이와 같은 전송 루틴은 패킷 전송에 있어 좋은 선택이 아니다. 이와 같은 상황을 고려하였을 경우, 본 논문에서는 교차로 지역의 신호등 시설에 Control Node를 부착하여 신호등을 이용한 최적 경로 탐색 알고리즘을 제안한다.

교차로 라우팅 알고리즘에서는 교차로 지역에서 차량의 정보를 수집하는 컨트롤 노드를 이용하여 패킷의 최적 경로를 찾는 제안한다. 컨트롤 노드는 교차로 지역에서 신호등과 같은 시설물에서 교차로 지역을 지나는 차량의 정보(차량의 이동방향, 이동 속도)를 수집하게 된다. 교차로 지역의 컨트롤 노드에 패킷이 오면, 수집된 정보를 통해 목적노드에 전달하기 위한 다음 교차로 지역에 패킷을 전달할 이동 노드를 결정 후 패킷을 포워딩한다. 이동 노드는 Greedy Forwarding 방식으로 다음 교차로 까지 패킷을 전달한다.

<그림 9>의 상황에서 교차로 라우팅을 하게 된다면, 패킷을 전달하기 원하는 소스노드(S)는 목적노드 까지 가장 가까운 교차로를 찾기 위해, 양 방향의 교차로 지역에 패킷을 전달한 후, 이를 받은 컨트롤 노드는 목적노드까지 교차로 이동 Hop 수를 소스노드(S)로 보내게 된다. 이를 받은 소스노드(S)는 보다 적은 Hop 수의 교차로로 패킷을 전달 한 후, 교차로는 이를 최단 교차로 알고리즘을 통해 다음 교차로 패

킷을 포워딩하게 된다. 이와 같은 방식으로 마지막 교차로에 패킷이 오면, 마지막 컨트롤 노드는 목적노드로 패킷을 포워딩 하게 된다.

교차로 라우팅을 이용한 데이터 전송 경로  
 S→section 2→section 4→section 5→D

아래 <그림 9>는 목적 노드로 패킷을 전달하게 위해 목적 노드와 가장 가까운 교차로를 찾기 위한 알고리즘을 pseudo 코드형식으로 나타낸 것이다.

```

Sx, Sy - source node geographical location
Dx, Dy - destination node geographical location

/* initializing the min distance: distance from first intersection entry */
mindis = get_distance(intersect_entry->x, intersect_entry->y, Sx, Sy);

/* find nearest intersection node from source node */
WHILE end of intersection list DO
/* initializing the minimal distance */
tempdis = get_distance(intersect_entry->x, intersect_entry->y, Sx, Sy);

IF tempdis < mindis THEN
set nearest intersection id is current entry
ELSE IF (distance is equal to min) THEN /* source node in the intersection area */
IF (Cannot found neighbor intersection node) then
RETURN nearest_intersection_ID
ENDIF
WHILE end of neighbor intersection list DO
neighbor = Find_Neighbor_Intersec();
tempdis = get_distance(neighbor->x, neighbor->y, Dx, Dy);
IF tempdis < mindis THEN
set nearest intersection id is current entry
ENDIF
next neighbor intersection entry
ENDWHILE
RETURN nearest_intersection_ID
ENDIF
next intersection entry
ENDWHILE
RETURN nearest_intersection_ID
  
```

<그림 9> 최적 교차로 탐색 알고리즘

## V. 결론

본 논문에서는 실 도심지 도로환경과 유사하나 모델을 이용하여 위치기반 라우팅에 대한 시뮬레이션을 통해 보다 기존 GPSR 라우팅의 문제점을 제시한 후, 보다 효율적인 경로 선택 알고리즘으로 교차로 라우팅 프로토콜을 제시하였다. 보다 실제적인 도로 환경에서 실험하기 위해 MMTS 모델을 이용한 라우팅 프로토콜을 실험하였다. MMTS 모델은 실 도심지 환경과 유사한 모델(Realistic Mobility Model)로 실 도심지의 도로 환경에서 차량 간 통신을 하기 위해서는 도로의 배치, 교차로 지역의 신호대기 시간, 혹은 차량들의 교통흐름 등 많은 요소가 라우팅 프로토콜의 성능에 중요한 영향을 미치므로, 이를 고려하여 VANET 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하는 것이 중요하다.

이와 같은 환경에서 GPSR 라우팅 프로토콜과 OLSR 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션 한 후, GPSR 라우팅의 패킷 오버헤드가 많음을 도출하였다. 이는 GPSR 라우팅 프로토콜 이웃 노드의 대한 정보를 업데이트 하기위해 주기적으로 더

많은 패킷을 발생시키기 때문이다. 이와 같은 상황을 고려하여 교차로 지역을 이용한 패킷 라우팅 프로토콜을 제안하였다.

## 참고문헌

- [1] Valery Naumov, Thomas R. Gross, "Connectivity-Aware Routing(CAR) in Vehicular Ad Hoc Networks", InfoCom, 2007.
- [2] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks," in InfoCom 2006.
- [3] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," in Proceedings of ACM MOBICOM-00, August 2000.
- [4] 이성렬, 유준, 정지우, 정승은, 김종권, "VANET에서의 무선 전송 기술: IEEE802.11p WAVE Standard 중심으로", 정보통신 소사이터
- [5] 이상선, "VANET(Vehicle Ad-hoc Network)환경에서의라우팅 기술 및 서비스 개발 동향"
- [6] M.Fiore, J.Hári, F.Filali, and C.Bonnet, "Vehicular mobility simulation for vanets", in Proceedings of the 40th IEEE Annual Simulation Symposium(ANSS-40 2007), 2007
- [7] F. Karnadi, Z. Mo, K. Lan "Rapid Generation of Realistic Mobility. Models for VANET," WCNC'07.
- [8] <http://1st.inf.ethz.ch/ad-hoc/car-traces/index.html>
- [9] <http://polar9.ethz.ch/gmsf/>
- [10] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>