

# Vehicular ad hoc network 기반 교통 정보 시스템에서 차량간 통신에 의한 정보 전달 범위 측정

## Measuring a Range of Information Dissemination in a Traffic Information System Based on a Vehicular ad hoc Network

김형수\*      신민호\*\*      남범석\*\*\*      David J. Lovell\*\*\*\*  
(Hyoung-Soo Kim)    (Min-Ho Shin)    (Beom-Seok Nam)

### 요약

최근에 가속화된 무선 통신 기술의 발달은 교통 분야에도 새로운 가능성을 제시하고 있다. 무선 통신 기술의 하나인 애드혹 네트워크(ad hoc network)는 서비스를 제공하는 시설(Infrastructure) 없이도 노드간 통신을 통하여 데이터를 교환할 수 있는 기술이다. 특히, 차량에 의한 애드혹 네트워크를 가리키는 Vehicular ad hoc networks (VANETs)는 주행중 차량간 통신을 가능하게 하여, 차량들 스스로 자기가 경험한 교통정보를 공유하는 분산형 교통 정보 시스템을 구성할 수 있다. 본 연구에서는 VANET을 기반으로 하는 교통 정보 시스템에서 차량간 통신에 의하여 전달되는 교통정보의 전달 범위를 측정하였다. 정보의 전달 범위를 측정하기 위하여 미시적 모형의 교통 시뮬레이터인 Paramics와 네트워크 시뮬레이터인 QualNet을 통합한 컴퓨터 모의실험 환경을 구축하여, 실제 도로망과 교통수요를 바탕으로 실험을 실시하였다. 결과에 의하면, 제한속도가 97km/hr(60mile/hr)인 고속도로에서 시장점유율이 10%인 경우, 5km 전방의 교통 정보를 얻는데 비혼잡시(10veh/ln.km) 약 3분, 혼잡시(40veh/ln.km) 43초 소요되었다. 즉, 비혼잡시 대부분의 교통 정보는 반대 방향으로 진행중인 차량에 의하여 전달되고, 혼잡시에는 같은 방향으로 진행하는 차량에 의한 전달 기회가 많아진다는 사실을 보여준다. 특히, 비혼잡시 낮은 시장점유율(3%)에서도 교통 정보는 효율적으로 전달되고 있었다. 본 연구에서 소개된 VANETs은 발전 가능성이 높은 기술로, 정보를 신속하게 전달할 수 있는 장점과 함께 차량과 인프라간의 통신을 위한 시설의 설치시 밀도를 결정하는데 중요한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

### Abstract

Recent wireless communication technologies are envisioned as an innovative alternative to solve transportation problems. On ad hoc networks, as a wireless communication technology, nodes can communicate data without any infrastructure. In particular, vehicular ad hoc networks (VANETs), a specific ad hoc network applied to vehicles, enable vehicles equipped with a communication device to form decentralized traffic information systems in which vehicles share traffic information they experienced. This study investigated traffic information dissemination in a VANET-based traffic information system. For this study, an integrated transportation and communications simulation framework was developed, and experiments were conducted

\* 주저자 : 한국건설기술연구원 첨단도로교통연구실 선임연구원

\*\* 공저자 : Dartmouth College, ISTS 연구실, 박사후 연구원

\*\*\* 공저자 : Oracle USA, Server Technologies Division, Senior Member of Technical Staff

\*\*\*\* 공저자 : University of Maryland, Civil and Environmental Eng., Associate Professor

† 논문접수일 : 2008년 7월 27일

† 논문심사일 : 2008년 10월 24일(1차), 2008년 12월 11일(2차)

† 게재확정일 : 2008년 12월 12일

with real highway networks and traffic demands. The results showed that it took 3 minutes in the low traffic density situations (10 vehicle/lane.km) and 43 seconds in the high traffic density condition (40 vehicle/lane.km) to deliver traffic information of 5km away with 10% market penetration rate. In uncongested traffic conditions, information seems to be disseminated via equipped vehicles in the opposite direction. In congested traffic conditions, the sufficient availability of equipped vehicles traveling in the same direction reduces the chance to use vehicles in the opposing direction even though it is still possible.

**Key words:** Vehicular ad hoc network, simulation framework, information dissemination speed, traffic information system, market penetration

## 1. 연구의 배경 및 목적

최근 무선 인터넷의 확산과 함께 개발된 무선 통신 기술을 교통 문제 해결을 위한 수단으로 활용하고자 하는 노력이 있다. 예를 들어, ad hoc network는 핸드폰 기지국, 무선 공유기 등의 통신 서비스를 지원하는 인프라 없이, 통신을 하고자 하는 노드군 자체적으로 형성하는 통신 네트워크를 의미한다 [1]. 이 기술이 차량에 적용된다면, 이동 중인 차량 간 통신이 가능하여 각자가 갖고 있는 정보를 공유할 수 있을 것이다.

다양한 분야에 적용되는 ad hoc network 기술 중 차량에 관련된 경우를 Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETs) 이라고 한다. VANET을 통한 교통 정보의 전달이 가능하다면, 통신 장비(onboard unit)를 장착한 차량들은 도로 주행 중 자신이 경험한 교통 정보(예를 들어, 통행시간)를 차량 간 무선 통신을 통하여 그 정보가 필요한 다른 차량에게 제공할 수 있을 것이다. 이 모든 과정은 GPS, 디지털 지도 및 송수신 기능이 내장되어 있는 통신 장비에서 이루어진다. 이와 같은 교통 정보 시스템에서, 실제 차량들이 경험한 통행시간 정보가 교통 정보 센터 없이 시스템 참여 차량 간에 공유되므로 저 비용의 분산형 구조의 시스템이 가능할 것이다.

VANET을 이용한 분산형 교통 정보 시스템을 기존의 시스템과 비교하면 첫째, 시스템 구축 및 유지관리가 쉽다. 상당한 규모의 구축비용과 통신비를 포함한 유지관리 비용이 필수적인 기존의 교통 정보 시스템과 비교하여, VANET 기반 교통 정보 시스템은 각 차량내에 장착된 장비(많은 차량들이 사용하고 있는 내비게이션 시스템에 통신 및 정보처

리 기능을 추가한 수준)로 충분하므로 유지관리를 위한 추가적인 노력이 필요 없다. 둘째, 지점 정보가 아닌 구간 정보를 사용한다. 전통적인 교통 정보 시스템에서 교통 정보는 임의의 지점에 설치된 차량 검지기(예를 들어, 루프, 자기, 레이더, 영상 등)로부터 추출되어 구간 정보(예를 들어, 통행시간)로 추정된 값이 사용되지만, 분산형 구조에서는 구간 정보가 추출되므로 수정없이 그대로 사용된다. 셋째, 혼잡구간에서 정보의 전달 속도는 더욱 빨라진다. 혼잡구간의 경우, 차량의 밀도가 높아져 통신범위내의 차량의 수가 증가하므로 반대 방향으로 진행하는 차량에 의한 전달이 아닌 같은 방향으로 진행하는 차량에 의하여 정보가 전달된다.

차량간 통신에 의한 교통 정보의 전달은 교통 상황과 장비의 시장점유율 등에 따라 크게 좌우될 수 있으므로 다양한 환경에서 정보의 전달 성능이 검토되어야 한다. 하지만, VANET은 아직 개발중인 기술로 교통 정보 시스템에 적용된 사례가 없고 실제 실험을 하기에 너무 많은 비용이 소요된다. 그런 이유 때문에 대부분의 관련 연구들은 컴퓨터를 이용한 모의실험 환경에서 수행되었다 [2-8].

지금까지의 차량간 통신에 관련된 연구에서는 통신기술 및 가능성에 대한 연구결과를 제시하였을 뿐, 차량간 통신을 이용한 정보 전달 효과에 관한 구체적인 결과를 제시하지 못하였다. 본 연구에서는 교통 특성과 통신 특성이 반영된 컴퓨터 모의실험 환경에서 VANET 기반 교통 정보 시스템에서의 다양한 교통 밀도 및 시장점유율을 고려한 정보 전달 범위를 측정하였다. 모의실험을 위하여 Kim [9]의 논문에서 구축된 실험 환경이 사용되었다.

본 논문의 제2장에서는 연구의 진행에 앞서 지금

까지 수행된 관련 연구가 검토된다. 제3장에서 VANET을 이용한 교통 정보 시스템의 구성 및 정보 전달 방법이 소개되고, 제4장에서 모의실험 환경, 실험 대상 도로망, 실험에서 사용된 파라미터 등이 설명된다. 제 5장에서는 구성된 환경에서 수행된 실험의 결과가 설명되고, 마지막 장에서 모든 실험 결과에 대한 결론이 맺어 진다.

## II. 관련 연구

차량간 통신을 이용한 분산형 교통 정보 시스템에 관련된 연구들은 대부분 컴퓨터 모의실험 환경에서 이루어 졌다. 실험 환경을 구축하기 위하여 교통 특성을 표현하기 위한 미시적 교통 모형의 교통 시뮬레이터를 사용하였고, 무선 통신 특성의 표현을 위하여 네트워크 시뮬레이터를 사용하였다.

Yang[2]은 그의 학위논문에서 분산형 교통 정보 시스템을 제안하여 차량간 통신에 관련된 초기의 연구로서 개념정의에 공헌하였다. 하지만, 통신반경 내의 모든 차량은 100% 통신이 된다는 무리한 가정으로 인하여 의미 있는 결과를 제시하지 못하였다. Blum 외 2명[3]은 교통 시뮬레이터인 Corsim과 네트워크 시뮬레이터인 ns-2를 사용하여 통합 모의 실험 환경을 구축하였다. 그들은 차량간 무선통신의 가능성을 제시하였으나, 기술적으로 가능하다는 것을 보여주는데 그쳤다. 하지만, Goel 외 2명[4]은 복잡한 무선통신 과정을 2x2 km의 셀 개념을 적용하여 약식화하므로 계산을 단순화시켰고, 정보의 수명(Time To Live), 전달 범위 등 실제 시스템 적용시 고려해야할 구체적인 부분을 결과로 제시하였다. 그럼에도 불구하고 통신 과정을 너무 단순화하여 ISO(International Organization for Standardization)의 OSI(Open Systems interconnection) reference 모형 중 MAC(Medium Access Control) 레이어 및 Physical 레이어를 전혀 고려하지 못하여 현실을 반영하지 못했다는 한계를 벗어나지 못했다.

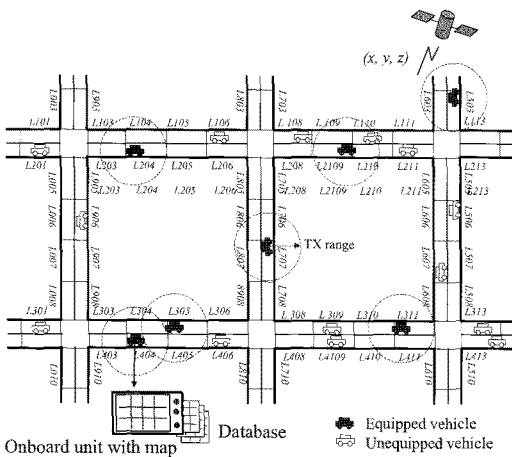
Wischhof 외 2명[5]은 좀 더 구체적인 방법으로 정보의 전달 범위를 측정하였다. 그들은 시스템의 성능을 측정하기 위한 척도로 정보의 전달 지체를

다양한 차량의 밀도와 시장점유율을 고려하여 측정 하였다. 하지만, 그들은 가상의 편도 2차선 도로에서 차량의 움직임을 위하여 cellular automaton approach를 적용하므로, 차선변경 등의 미시적인 차량의 움직임을 반영하지 못하여 도로의 시작점에서 진입한 수요에 의하여 교통 밀도가 결정되는 단순한 구조를 사용하였다. Wu[6], Xu와 Barth[7]도 교통 시뮬레이터와 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 차량간 통신을 실험하기 위한 환경을 구축하였으나, 통신의 신뢰성에 더 많은 관심을 가지므로 정보의 전달 범위에 대하여 결과를 제시하지 못했다. Saito 외 3명[8]은 Broadcast storm 현상을 방지하기 위하여 메시지의 수신 수가 많아지면 정보의 전달 간격을 늘리는 방법을 개발하였다. 그들은 정보의 전달율을 통하여 전달 범위를 제시하였으나, 다양한 교통 밀도와 시장점유율을 고려하지 못했다. 이와 같이, 교통과 통신을 통합한 모의실험 환경을 구축한 사례들은 있었으나, 시스템의 성능을 반영하는 정보의 전달 범위에 대한 현실적인 결과를 제시한 연구는 아직 없었다. 그러므로, 교통 및 통신 특성이 반영된 모의실험 환경에서 다양한 교통 밀도 및 시장점유율이 실험되어 차량간 통신에 의한 정보의 전달 범위가 조사되어야 할 것이다.

## III. VANET 기반 교통 정보 시스템

VANET 환경에서의 교통 정보 시스템은 현재 연구중인 존재하지 않는 시스템이므로 많은 가정이 수반된다. 예를 들어, 통신 방식, 도로의 링크와 노드에 대한 일관된 지도, 공유되는 자료의 처리 등은 실험 이전에 결정되어야 한다. <그림 1>은 VANET 환경에서의 교통 정보 시스템을 설명하고 있다.

<그림 1>에서 차량들은 차량내 장치(Onboard unit)를 보유한 차량(equipped vehicles)과 그렇지 않은 차량(unequipped vehicles)으로 구분되어 도로를 주행한다. 차량내 장치에는 도로망을 표현하는 전자 지도, 위치정보를 알려주는 GPS, 차량간 통신을 위한 통신 기능, 정보 처리 및 저장 기능이 내장되어 있다. 특히, 도로망 전자 지도는 모든 차량들이

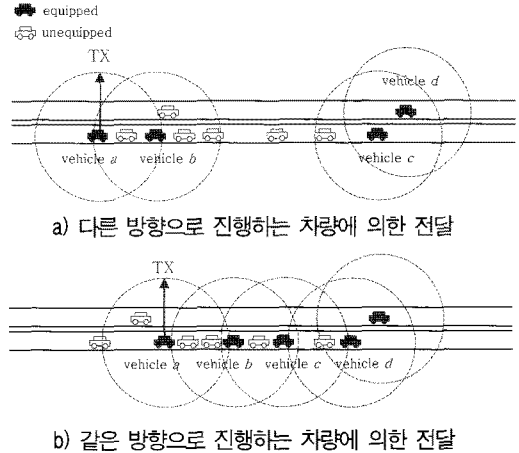


<그림 1> VANET 환경에서 교통 정보 시스템  
<Fig. 1> Traffic information system based on VANETs

같은 노드링크 체계를 가지고 있어야 한다. 차량내 장치를 보유한 차량은 GPS를 통하여 현재 자신의 위치를 알 수 있으므로 직접 경험한 통행시간 정보를 추출하여 다른 차량에게 제공한다. VANET을 통하여 주고받은 정보는 차량내 장치의 데이터베이스에 축적되어 목적지까지의 최단 경로를 선택할 때 사용된다.

본 시스템에 참여하는 차량들은 VANET을 이용하여 상호 정보를 교환한다. 주행중 통신이 가능한 범위내에 들어온 참여 차량과 통신을 하므로 자신이 가지고 있는 정보를 제공하고 상대 차량이 가지고 있는 정보를 얻는다. <그림 2>는 차량간 통신으로 정보를 주고받는 상황을 보여준다.

<그림 2a>에서 보는 것과 같이, 예를 들어, vehicle c는 자신의 경험으로 만들어진 통행시간 정보를 다른 차량들과 공유하고자 한다. 이런 경우, vehicle c의 정보는 상류 구간에 있는 vehicle a와 b에게 필요할 것이다. vehicle c의 정보를 vehicle a와 b에게 전달하기 위하여 우선, vehicle d에게 넘겨주고 vehicle d가 vehicle a와 b에게 전달한다. 또 다른 경로는 같은 방향으로 진행하는 차량간의 전달이다. <그림 2b>와 같이 혼잡이 심해질 경우, 차량 밀도가 증가하여 통신 영역내에 시스템 참여 차량의 수 또한 증가하므로 vehicle a, b, c, d 같이 통신이

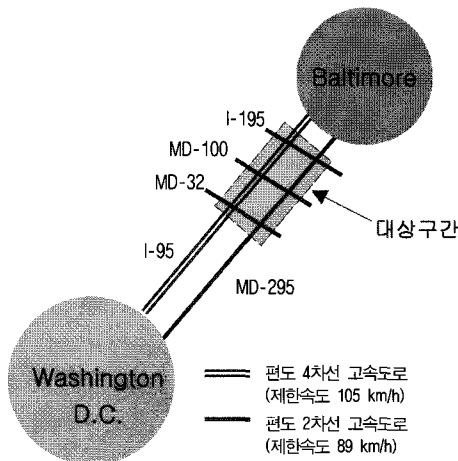


<그림 2> 교통정보의 전달 경로  
<Fig. 2> Example of traffic data exchange

가능한 범위내에 여러대의 시스템 참여 차량이 존재하게 된다. 이런 상황이 될 경우, 정보의 전달 속도는 차량에 의한 전달보다 훨씬 빨라 질 것으로 기대된다. 이 모든 행위는 차량내 장치에 의하여 이루어지므로 운전자가 관리할 필요가 없다.

#### IV. 모의실험

VANET 기반 교통 정보 시스템을 위한 모의실험 환경을 구성하기 위하여 교통 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터가 사용되었다. 실제 도로에서 차량이 주행할 때 나타나는 교통 특성을 표현하기 위하여 미시적 교통 시뮬레이터인 Paramics V5.2[11]가 선택되었고, 무선 통신상의 특성을 표현하기 위하여 통신 시뮬레이터인 QualNet V4[12]가 사용되었다. 두 시뮬레이터는 시간적 공간적으로 동기화 되어, 마치 하나의 시뮬레이터같이 수행하도록 구성되었다. 교통 시뮬레이터(Paramics)에서 구축된 도로망을 주행중인 장비 장착 차량들은 자신들이 경험한 통행시간을 측정하여 저장한다. 저장된 통행시간 정보는 주기적인 브로드캐스트(broadcast)를 통하여 무선 통신 범위내의 다른 장비 장착 차량에 전달된다. 교통 시뮬레이터와 시간적 공간적으로 동기화된 통신 시뮬레이터(QualNet)는 실제 무선 통신에서 거치



<그림 3> 모의실험 대상 구간  
<Fig. 3> Simulation site

<표 1> 모의실험 파라미터  
<Table 1> Simulation parameters

Demand level	DLs 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7
Market penetration	3, 5 and 10 [%]
Number of lanes	4 lanes on I-95 and 2 lanes on others per direction
Speed limits	65 mph (105 kph) on I-95 and 55 mph (89 kph) on others
Broadcasting interval	1 second
Protocol	Transport layer: UDP Network layer: IP MAC and Physical layer: 802.11a
Transmission range	250 meters
Simulation time	40 minutes

는 각 통신 레이어(five-layer TCP/IP model)를 모의 실험 한다. 전달된 통행시간 정보는 각 차량의 장비에 내장된 데이터베이스 안에 저장되어, 차량들이 갈림길에서 새로운 최적 경로를 찾는데 사용된다. 노선이 변경될 경우, 그 결과는 다시 새로운 교통 상황을 창출한다. 모의실험 환경구성에 관련된 더 자세한 내용은 Kim(2007)의 논문에 설명되어 있다.

실제 도로망과 교통 수요를 사용하여 VANET 기반 교통 정보 시스템에서 정보의 전달 속도를 조사하였다. 대상지역은 미국 워싱턴도시와 볼티모어시를 연결하는 격자형 고속도로 구간(22 km)이 선택되었고, 매릴랜드 도로청(Maryland State Highway Administration)에서 제공된 연평균일교통량(Annual Average Daily Traffic)이 사용되었다. <그림 3>은 모의실험을 위하여 선택된 대상구간을 보여준다.

본 실험에서 가장 중요한 변수는 교통 수요와 시장점유율(총 차량에 대한 시스템 참여 차량의 백분율)이므로 두개 변수의 변화에 따른 다양한 교통 상황을 만들려고 노력하였다. <표 1>은 모의실험에서 사용된 주요 파라미터를 정리한 것이다.

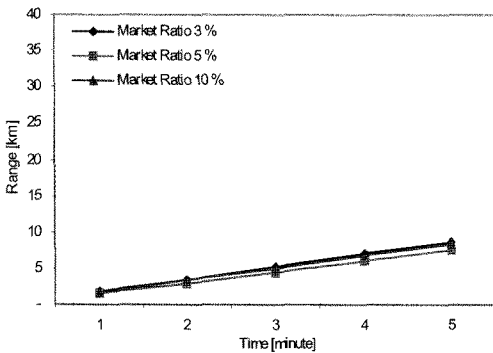
모의 실험에서 다양한 교통 상황을 연출하기 위하여 대상도로의 연평균일교통량을 근거로 1부터 7까지의 도로망 진입 교통량의 수준(Demand Level)을 정의하였다(DL1 은 가장 원활한 교통 상황, DL7

은 가장 혼잡한 교통상황). 시장점유율의 경우, 시스템 도입 초기를 고려하여 3, 5, 10%의 낮은 백분율을 적용하였다. 본 연구에서는 교통 정보 시스템을 대상으로 하므로 브로드캐스팅 간격을 1초로 가정하였으나, 만약 교차로의 충돌 방지 등의 교통 안전을 위한 시스템이라면 시간 간격은 0.1초 이하가 되어야 할 것이다. MAC 레이어와 Physical 레이어에 대한 프로토콜은 IEEE 802.11a를 사용하였다. 이는 US VII(Vehicle Infrastructure Integration) Coalition에서 802.11p를 가정하였으나, 시뮬레이터가 아직 802.11p를 지원하지 않기 때문에 가장 유사한 형태를 선택한 것이다 [13].

## V. 실험결과

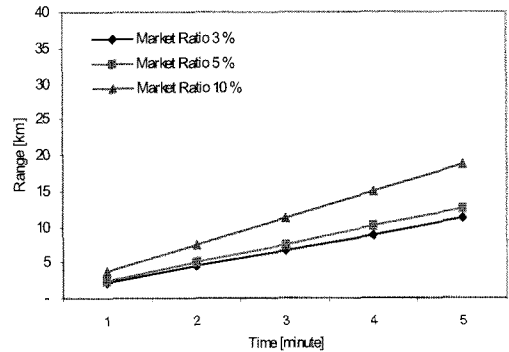
교통 특성과 통신 특성이 통합된 모의실험 환경에서 VANET 기반 교통 정보 시스템에 대한 실험이 수행되었다. DL 1부터 7까지의 교통 수요를 사용하여 대상 도로망에 다양한 통행 상황을 연출하였다. 모의실험 동안 매 분마다 현재 대상 도로망 전체에 존재하는 차량의 수를 도로 총 연장으로 나누어 평균 도로망 전체의 밀도를 계산하였다. 차량이 각 링크를 통과할 때 생성되는 개별 통행시간 정보를 분 단위로 추적하여 정보의 전달 범위를 구

하였다. 분 단위로 계산된 도로망 전체 차량 밀도와 정보의 전달 속도를 짝지어 차량 밀도와 정보 속도의 관계를 얻었다. 하지만, 얻어진 차량 밀도가 연속적인 분포(continuous distribution)를 형성하지 않기 때문에 일정 간격의 집계자료(aggregate)로 변환하였다. <그림 4>부터 <그림 7>은 차량간 통신에 의하여 전달되는 정보의 분당 전달 범위를 보여준다.



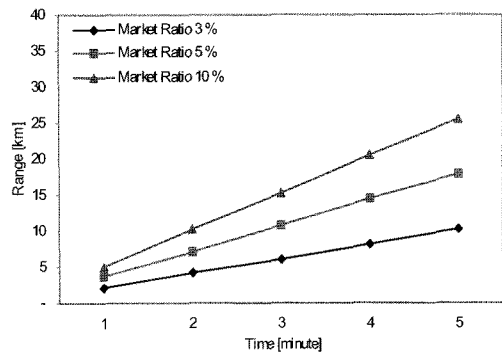
<그림 4> 교통 정보의 전달 범위 - 10 vehs/km. In  
<Fig. 4> Traffic data dissemination - 10 vehs/km. In

<그림 4>의 교통상황은 밀도가 10 vehicles/km. In으로 서비스 수준(Level Of Service) B에 해당하는 안정류 상태이며, 운전자는 자기가 원하는 속도와 차로를 자유로이 선택할 수 있다[13]. 이와 같은 교통상황에서 교통 정보는 3%의 낮은 시장점유율에서도 1분 동안에 1.7km를 5분 동안에 8.7km를 이동하였다. 즉, 5분이면 8.7km 떨어진 곳의 교통상황을 알 수 있다는 것이다. 이 수치는 도로의 제한 속도로 이동할 때의 거리와 유사하므로, 결국 대부분의 교통정보는 반대 방향으로 진행하는 차량에 의하여 전달된 것이라는 것을 반영한다. 서비스 수준 B에서 같은 방향으로 주행하는 차량중에 통신 환경내에 장비를 장착한 차량이 있을 가능성이 매우 적기 때문에 반대 방향으로 주행하는 차량들에 의하여 정보가 전달되고 그 차량들은 제한 속도에 가까운 속도로 주행하므로 이와 같은 결과를 얻었다고 판단된다. 한편, 원활한 교통상황에서 시장점유율은 정보의 속도에 거의 영향을 미치지 못했다. <그림 5>는 차량 밀도 20vehicles/km. In에서의 정보 전달 범위를 보여준다.



<그림 5> 교통 정보의 전달 범위 - 20 vehs/km. In  
<Fig. 5> Traffic data dissemination - 20 vehs/km. In

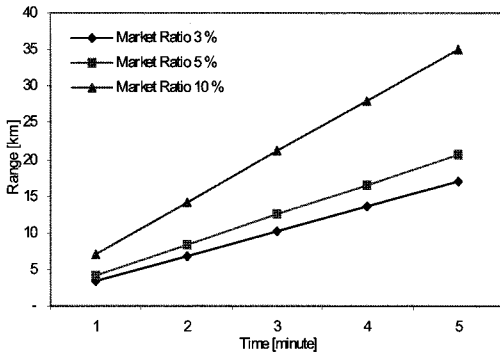
<그림 5>의 차량 밀도는 서비스 수준 D에 근접한 소통상태이다. 불안정류에 접근하면서, 운행조건의 변화에 크게 영향을 받지만 대체로 견딜만한 주행속도를 유지한다[13]. 드디어, 시장점유율에 영향을 받기 시작하였다. 교통 정보는 시장점유율 3%에서 1분 동안에 2.2km를 이동하였고, 10%에서 3.7km를 이동하였다. 이 수치를 5분으로 환산하면 3%에서 11.1km와 10%에서 18.6km를 이동한 것이다. <그림 6>은 차량 밀도 30vehicles/km. In에서의 정보 전달 범위를 보여준다.



<그림 6> 교통 정보의 전달 범위 - 30 vehs/km. In  
<Fig. 6> Traffic data dissemination - 30 vehs/km. In

<그림 6>의 차량 밀도는 서비스 수준 F에 해당하는 소통상태로 이미 불안정 교통류의 상태에 접어들었고 도착교통량이 용량을 초과한 상태이다. 전반적인 차량의 속도는 떨어졌음에도 불구하고 통신환경내의 장비

장착 차량이 증가하여 정보의 전달 범위는 증가하였다. 특히, 시장점유율에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 교통 정보는 시장점유율 3%에서 1분 동안에 2km를 이동하였고, 10%에서 5.1km를 이동하였다. <그림 7>은 차량 밀도 40vehicles/km.In에서의 정보 전달 범위를 보여준다.



<그림 7> 교통 정보의 전달 범위 - 40 vehs/km.In  
<Fig. 7> Traffic data dissemination - 40 vehs/km.In

<그림 7>의 교통 상황은 이미 서비스 수준 F를 넘어서 심각한 교통 혼잡(bumper-to-bumper)에 이르렀다. 교통 정보는 시장점유율 3%에서 1분 동안에 3.4km를 이동하였고, 10%에서 7km를 이동하였다. 통행 밀도의 의미를 생각해 볼 때, 40대의 차량이 1km 안에 있다면 250m인 통신 반경내에 20대의 차량이 통신 가능한 거리에 존재하는 것이다. 차로수를 4로 가정할 때, 총 차량수는 80대가 되므로 시장 점유율이 5%만 가정하더라도 3대(자신 제외)의 장비 장착 차량이 통신 가능 범위에 존재하는 것이다. 즉, 대부분의 상황에서 정보는 차량의 이동이 아닌 hopping으로 상류부의 차량에 전달될 수 있다.

## VI. 결 론

무선 통신 기술의 빠른 확산과 함께 교통 분야에도 새로운 시도가 이루어지고 있다. 무선 통신 기술의 하나인 ad hoc네트워크를 차량에 적용한 VANET은 주행중 차량간 통신을 가능하게 하여 교통안전, 교통 정보 전달 등에 응용될 수 있다. 본

연구에서는 VANET 기반의 교통 정보 시스템에서 정보의 전달 속도를 조사하기 위하여 다양한 교통 수요 및 시장점유율에 대한 컴퓨터 모의실험을 실시하였다. 실제 시스템에서 나타나는 차량 움직임의 교통 특성과 통신 특성을 표현하기 위하여 미시적 교통 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터를 시공간적으로 동기화한 모의실험 환경을 사용하였다. 실제로 도로 및 교통 수요를 기반으로 모의실험을 통하여 정보의 전달 범위를 측정하였다. 교통류의 흐름이 안정적인 상황에서 교통 정보는 반대 방향으로 진행하는 차량에 의하여 전달되므로 도로의 제한 속도에 영향을 받는 것으로 판단되고, 혼잡이 심해지면 통신 반경내에 같은 방향으로 진행하는 차량의 수가 늘어나 그 차량들에 의한 hopping으로 전파되므로 정보의 전달 범위는 더욱 빨리 넓어지는 것으로 나타났다. 즉, 차량간 통신에 의한 정보 전달은 혼잡이 가중될수록 단위 시간당 정보 전달 범위가 넓어지므로 더욱 효과적인 시스템이 된다.

본 연구에서 제시된 결과는 차량간 통신에 의한 것이지만, 차량과 인프라를 연결하는 시스템에서도 중요한 자료로 활용될 수 있다. 도로를 통행하는 차량과 도로시설 간의 상호 통신이 가능하게 하여 교통 정보를 수집 및 전달할 수 있도록 하는 Ubiquitous Transportation Sensor Network (u-TSN)에서 차량과 인프라의 통신을 위한 시설인 Ubiquitous Infra Sensor (UIS)의 밀도를 결정하는데 차량간 통신의 정보 전달 성능은 중요한 자료가 될 것이다[14].

차량간 통신의 정보 전달 범위에 대한 연구에서 결과에 가장 크게 영향을 미치는 변수가 교통 밀도와 시장점유율이지만, 그밖에 본 연구에서 고려하지 못한 중요한 사항들이 있다. 본 연구에서는 통신 장애물이 없는 고속도로를 대상으로 실험을 하였지만, 도시부에서 실험을 한다면 또 다른 결과를 얻을 수 있다. 즉, 도시부에서는 주변의 빌딩으로 인하여 통신상의 변화가 발생할 것이다. 이는 OSI 모형중에 Physical 레이어에 해당하는 것으로 좀 더 구체적인 연구가 이루어져야 한다. 통신 반경 또한 중요한 변수일 수 있다. 현재의 IEEE 802.11 Standard에서는 약 300 m 정도의 통신 반경이 가능하지만 기

술적으로 1000 m 까지 가능하다고 알려져 있다[15]. 이와 같은, 변화는 차량간 통신의 성능을 더욱 향상시킬 것으로 어느 정도의 성능 변화가 이루어지는가에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서 가정된 브로드캐스팅은 가장 단순한 통신 방법이다. 하지만, VANET과 같은 시스템이 잘 설계된다면 multi-cast 또는 uni-cast에 의한 multi-hopping이 가능할 것이다. 이와 같은 연구가 계속 진행되어야 하고, 특히 모의실험을 통하여 다양한 실험이 가능하리라 판단된다. 본 연구는 VANET 환경에서 정보 전달 성능에 가장 중요하게 영향을 주는 변수만을 고려하여 실험을 하였으나, 향후 위에서 언급된 고려 사항들에 대한 실험이 이루어진다면 더욱 현실에 근접한 결과를 얻을 것이라고 믿는다.

### 참고문헌

- [1] R. Ramanathan and J. Redi, "A brief overview of ad hoc networks: challenges and directions," *IEEE Communications Magazine*, 50th Anniversary Commemorative Issue, pp. 20-22, May 2002.
- [2] X. Yang, *Assessment a self-organizing distributed traffic information system: modeling and simulation*, Ph. D. dissertation, University of California, Irvine, US, 2003.
- [3] J. Blum, A. Eskandarian, and L. Hoffman, "Challenges of intervehicle ad hoc networks," *IEEE Transactions on ITS*, vol. 5, no. 4, pp. 347-351, Dec. 2004.
- [4] S. Goel, T. Imielinsk, and K. Ozbay, "Ascertaining viability of WiFi based vehicle-to-vehicle network for traffic information dissemination," *Proc. IEEE Conf. ITS*, pp.1086-1091, Oct. 2004.
- [5] L. Wischhof, A. Ebner, and H. Rohling, "Information dissemination in self-organizing intervehicle networks," *IEEE Trans. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 90-101, Mar. 2005.
- [6] H. Wu, *Analysis and design of vehiculatr networks*, Ph. D. dissertation, Georgia Institute of Technology, Atlanta, US, 2005.
- [7] H. Xu and M. Barth, "Travel time estimation techniques for traffic information systems based on intervehicle communications," *In Transportation Research Record: J. Transportation Research Board*, no. 1944, TRB National Research Council, Washington, D.C., pp. 72-81, Jan. 2006.
- [8] M. Saito, J. Tsukamoto, T. Umedu, and T. Higashino, "Design and evaluation of intervehicle dissemination protocol for propagation of preceding traffic information," *IEEE Trans. ITS*, vol. 8, no. 3, pp. 379-390, Sept. 2007.
- [9] H. Kim, *A simulation framework for traffic information dissemination in ubiquitous vehicular ad hoc networks*, Ph. D. dissertation, University of Maryland, Maryland, US, 2007.
- [10] 도철웅, *교통공학원론(상)*, 청문각, 제2개정판, 2007.
- [11] Paramics Homepage, Quadstone Paramics, United Kingdom, www.paramics-online.com, accessed May, 2008.
- [12] QualNet Homepage, Scalable Network Technologies, California. www.scalable-networks.com, accessed May, 2008.
- [13] ITS America, "VII Public Meeting," Feb. 2005, www.itsa.org/VII\_Public\_Meeting.html, accessed May, 2008.
- [14] 강연수, u-Transportation의 비전 및 전망, *한국 ITS 학회 학회지*, 제4권 제1호, pp. 7-16, 2007. 6.
- [15] Y. Liu, D. Francois, and B. Subir, "Dedicated Short-range wireless communications for intelligent transportation system applications-state of the art," *In Transportation Research Record: J. Transportation Research Board*, no. 1910, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 29-37, Jan. 2005.



저자소개



김 형 수 (Kim, Hyoungsoo)

2007년 12월 University of Maryland 공학박사(교통공학전공)

1995년 2월 연세대학교 공학석사(교통전공)

2008년 3월~현재: 한국건설기술연구원 첨단도로교통연구실 선임연구원

1995년 1월~1999년 11월: 한국건설기술연구원 첨단도로교통연구실 연구원



신 민 호 (Shin, Minho)

2008년 5월 University of Maryland 이학박사(컴퓨터학전공)

2003년 5월 University of Maryland 이학석사(컴퓨터학전공)

2007년 11월~현재: Dartmouth College, ISTS 연구실, 박사후 연구원



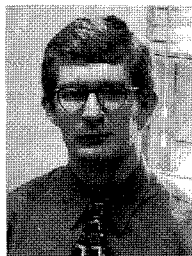
남 범 석 (Nam, Beomseok)

2007년 5월 University of Maryland 이학박사(컴퓨터학전공)

1999년 2월~서울대학교 이학석사(전산과학전공)

2007년 10월~현재: Oracle USA, Server Technologies Division, Senior Member of Technical Staff

2007년 5월~2007년 10월: University of Maryland 박사후 연구원



David J. Lovell

1997년 8월 University of California at Berkeley 공학박사(교통전공)

1993년 8월 University of California at Berkeley 공학석사(교통전공)

1997년 8월~현재: University of Maryland, Civil and Environmental Eng., Associate Professor