

애드혹을 이용한 자동차 네트워크에서 이동성에 따른 네트워크 성능 분석

김재현^o 최우혁 황윤일 김태환 한우진 장주욱 엄재용 임준채
서강대학교 전자공학과, 현대자동차, 엔지비
{aldea^o, taeyup, yunil, taefan, birth0531, jjang}@sogang.ac.kr
jyum@hyundai-motor.com, jclim@ngvtek.com

KISS Korea Computer Congress 2005

Jaehyun Kim^o Woohyuk Choi Yunil Hwang Taehwan Kim Woojin Han Juwook Jang
Jaeyong Um JunChae Lim
Electronic Engineering, Sogang University
Hyundai Motors, NGV Technology

요 약

본 논문은 애드혹을 이용한 자동차간 네트워크에서 도심 및 고속도로에서 소규모로 그룹을 지어 이동할 때의 네트워크 성능을 분석한다. 자동차를 위한 무선 네트워크를 구축하기 위하여 IEEE 802.11b를 이용한 애드혹 네트워크를 사용한다. 그리고 이러한 네트워크에서 다양한 이동성 환경에서 IEEE 802.11b를 이용한 네트워크의 성능을 분석한다. 이를 위하여 네트워크 시뮬레이터인 OPNET을 이용하여 실제 자동차가 이동하는 이동성 모델을 적용한 후 TCP와 UDP를 이용하여 대용량의 데이터를 전송할 때의 네트워크 성능을 측정한다. 또한 실제 자동차에 애드혹 네트워크를 구축하여 TCP와 UDP를 이용한 대용량의 자료를 주고받을 때의 네트워크 성능을 측정한다.

1. 서 론

텔레매틱스는 차량에 IT 기술을 적용하기 위한 선두적인 위치에 있고, 또한 홈 네트워크와의 연계를 통한 유비쿼터스 사회의 기반으로서 핵심적인 역할을 담당할 것으로 기대된다.[1] 현재까지 이동수단으로서만 생각해온 차량을 이동통신망 및 DMB(디지털 멀티미디어 방송) 등의 방송망을 통해 외부의 정보와 소통하는 정보의 장으로 바꿈으로써 언제 어디서나 누구와도 통신할 수 있는 유비쿼터스 패러다임의 중요한 축을 담당하고 있다. 이러한 패러다임을 구축하기 위해서는 텔레매틱스의 기본 기술 중 하나인 차량과 센터를 연결해 주는 이동 통신 기술 및 차량과 차량 사이의 광대역 데이터 전송을 위한 기술이 확보되어야 한다.

베이스 스테이션이 중심이 된 기존의 네트워크와 비교하여 애드혹 네트워크는 자동차간에 정보 교환이 잦은 환경에서 보다 적합한 네트워크이다. 이를 구성하기 위하여 현재 가장 많이 이용되고 있는 무선 네트워크 표준인 IEEE 802.11을 이용한다. 하지만 이렇게 고속으로 이동 중인 자동차 간의 네트워크는 일반적으로 가정이나 회사에서 사용되고 있는 네트워크와의 환경이 다르기 때문에 이에 대한 분석이 필요하다. 기존에는 사무실 같은 실내 환경에서 802.11을 기반으로 한 무선 LAN을 이용한 네트워크의 성능 분석을 하였다[2]. 이러한 환경은 고정된 베이스 스테이션이 있고, 한정되고 빠르지 않은 노드간의 통신이기 때문에 고속으로 이동 중인 자동차를 이용한 네트워크에서의 환경과는 다르다. 따라서 속도, 이동성을 고려한 환경에서

의 네트워크 성능 분석이 필요하다.

위에서 설명한 대로 자동차에 적용할 수 있는 네트워크는 두 가지 방식이 있다. 하나는 베이스 스테이션을 이용하여 네트워크를 구성하는 방식이고[3], 다른 하나는 애드혹 네트워크를 이용하여 네트워크를 구성하는 방식이다. 그러나 베이스 스테이션을 이용한 방식은 베이스 스테이션을 설치하는데 너무 많은 비용이 필요하다. 각 거리의 코너, 신호등, 주유소, 비상 전화, 주차장 등 곳곳에 베이스 스테이션을 설치해야 한다. 또한 이러한 베이스 스테이션을 연결하기 위한 별도의 비용도 필요하다.

차량과 차량 사이에 데이터 통신이 필요한 경우는 보통 여러 차량이 같은 방향으로 그룹을 이루어 움직이는 경우이다. 회사 내의 출장이나 동호회 모임 등의 차량들이 그룹 통신 및 차량과 차량 사이에 데이터를 전송하는 경우가 많다. 따라서 이러한 네트워크 환경에서의 성능 분석이 필요하다.

2. 실제 자동차를 이용한 애드혹 네트워크 실험

2.1. 실험 환경

그림 1에서와 같이 노트북을 설치한 차량을 이용하여 실험하였다. 노트북에는 802.11b를 지원하는 무선 랜카드를 설치하였고, 통신할 수 있는 거리를 늘리기 위하여 외부 안테나를 연결하였다. 무선 랜카드는 IEEE 802.11b를 지원하고 외부 안테나는 실외용 무지향성 안테나를 이용하였다. 무선 랜카드는 무선 랜카드 사이에 통신할 수 있는 애드혹 모드로 설정하여 Access Point를 사용하지 않도록 하였다. 모든 무선 랜카드는 같은 ESSID를 사용하도록 하고, WEP encryption은 사용하지 않았다. 또한 대부분의 Access

Point의 기본 설정처럼 1초의 간격으로 탐색 신호를 보낸다. 그리고 노트북은 고정 주소를 사용하도록 하였다.

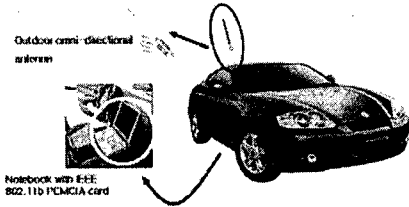


그림 1 실험에 사용한 자동차의 설정

여기서는 UDP와 TCP 두 가지 프로토콜을 이용하여 실험하였다. 프로그램은 직접 제작한 프로그램으로서 하나의 프로그램은 패킷을 생성하여 전송하고, 다른 한 프로그램은 전송된 패킷을 받는 역할을 수행한다. 이 실험에서는 전송률을 3.8Mbps와 4.8Mbps 두 가지의 경우에 대하여 실험하였다.

실험을 수행한 장소는 실내와 실외에서 실험하였다. 실내에는 두 노트북이 가까이 있어서 다른 환경적인 영향을 거의 받지 않는 환경에서의 실험이고 실외에서의 실험은 서강대학교 인근 장소에서 자동차를 이용하여 이동하면서 실험하였다. 실외에서 실험을 수행한 장소는 그림 2에서의 지역에서 실험하였다. 서강대학교 정문에서 출발하여 신촌 - 이대역 - 서강대학교 후문을 거쳐 다시 정문으로 돌아오는 지역에서 실험하였다. 실험한 거리는 약 2.7km로서 신호등이 많고 다른 차량이 많기 때문에 최대 속도 40km/h로 운전하였다. 두 차량 간의 거리는 10m 이내로 하여 실험하였다.

2.2. 실험결과

표 1은 TCP와 UDP에 대하여 실제 전송 받은 전송률을 나타낸다. TCP의 경우 실외에서의 실제전송률이 3.8Mbps 일 때 Throughput은 1.76Mbps가 나온 반면 실제 전송률이 4.8Mbps일 때에는 1.43Mbps가 나왔다. UDP의 경우 각각 1.45Mbps와 1.07Mbps가 나왔다. 실내의 경우와 비교하여 실외에서의 Throughput은 전체적으로 낮게 나왔다. 또한 실제전송률을 높이면 오히려 Throughput은 떨어지는 현상이 나타났다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 전송하고자 하는 패킷을 전송하지 못하였을 때 무선 랜카드에서 전송률을 낮추는 현상이 발생하기 때문이다. 이는 IEEE 802.11b의 media access mechanism인 Distributed Coordination Function(DCF) 때문이다[2]. DCF는 CSMA/CA에 이용되는 방식으로 collision을 피하기 위하여 전송 슬롯을 할당하는 방식으로 이러한 할당이 늦어질 수 있다. 가령 전송률이 너무 많은 경우이다. 일반적으로 IEEE 802.11의 실제 적용된 장치에서는 이러한 경우 상위 레이어의 전송률을 조절한다. 이러한 현상은 실제 프로그램에서 높은 전송률로 데이터를 보내도록 설정하여도 실제 전송되는 전송률은 적어지는 현상을 나타낸다[3]. 또한 TCP의 Throughput이 UDP의 Throughput보다 높게 나타났는데,

이는 TCP의 congestion control이 사용 가능한 대역폭을 더 효율적으로 사용했기 때문이다[3].

표 1 자동차를 이용한 애드혹 네트워크의 실험 결과
단위 : Mbps

실제전송률		TCP		UDP	
		3.8	4.8	3.8	4.8
Throughput	실내	3.60	2.91	3.72	3.38
	실외	1.76	1.43	1.45	1.07

3. OPNET을 이용한 시뮬레이션

OPNET[6]을 이용하여 여러 가지 이동성 모델과 애드혹 라우팅 프로토콜에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 각 환경에 대하여 실험한 후 그 결과를 분석하였다.

3.1. 이동성 모델

고속도로 이동성 모델 : 고속도로와 같이 직선의 도로에서 자동차들이 고속으로 이동하는 이동성 모델이다. 이 실험에서 사용한 시나리오는 그림 3과 같다. 일직선으로 이동하는 자동차가 5대가 있고 데이터는 E에서 A와 B로 전송한다. 시간이 지날수록 A는 B, C, D를 추월하고 E로 접근하게 된다. 이러한 모델에서 중간 라우팅 경로가 변하게 된다.

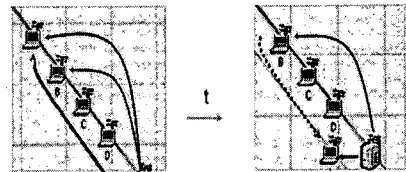


그림 2 고속도로 이동성 모델

도시 이동성 모델 : 도시에서와 같이 자동차가 바둑판 모양의 도로를 이동하는 이동성 모델이다. 이 실험에서 사용한 시나리오는 그림 4와 같다. 이 실험에서 10km×10km의 지도에서 25개의 자동차가 이동한다. 이 중에서 4개의 자동차가 그룹을 지어 같이 이동한다. 데이터는 A에서 B와 C로 전송한다. 자동차는 임의의 속도로 이동하면서 교차로에서 30초간 정지한다.

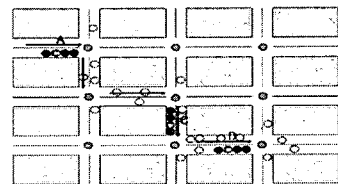


그림 3 도시 이동성 모델

3.2. 시뮬레이션 결과

그림 5와 그림 6은 고속도로 모델에서 각각 Throughput과 메시지의 양에 대한 결과이다. 이 시뮬레이션에서 애드

혹 알고리즘으로는 DSR을 이용하였고 900초 동안 시뮬레이션을 하였다. 전송계층에서는 TCP를 사용하였고 전송률은 400Kbps이다. E에서 A, B로 데이터를 전송할 때 라우팅 경로의 변화가 나타나고 Throughput과 라우팅 메시지의 양을 측정하였다. 시뮬레이션이 시작한 후 5분과 10분이 되었을 때 라우팅의 경로가 바뀌도록 설정하였다.

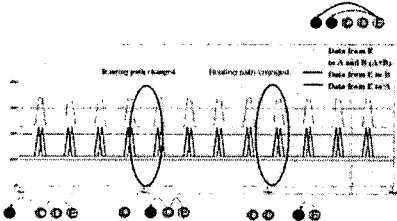


그림 4 고속도로 이동성 모델에서의 Throughput

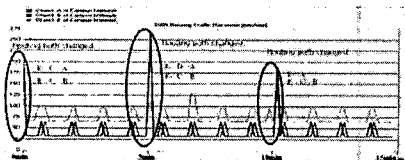


그림 5 고속도로 이동성 모델에서의 라우팅 메시지

그림 5에서 라우팅 경로가 바뀐 5분과 10분에서 전송률의 변화가 거의 없다. 즉 이러한 라우팅의 경로 변화가 데이터의 전송에 전혀 영향을 미치지 못한다는 것을 의미한다. 또한 그림 6에서 라우팅의 경로가 변화했을 때 라우팅 메시지의 양이 증가하는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션을 시작할 때 경로를 설정하기 위하여 메시지 양이 증가하였다가 메시지 양이 감소한다. 라우팅 경로가 바뀌는 5분과 10분에 메시지 양이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 게다가 경로가 바뀌지 않는 E->C->B 경로에서도 메시지 양이 증가하는 것을 볼 수 있다. 왜냐하면 A가 라우팅 경로의 변화를 브로드캐스팅 하기 때문에 그러한 메시지를 받은 노드는 메시지 양이 증가한다.

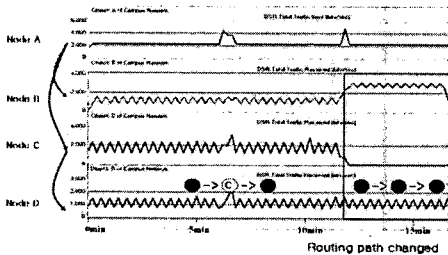


그림 6 시가지 이동성 모델에서의 Throughput

그림 7에서 자동차가 이동하면서 구간 B를 거쳐 데이터를 전송하더라도 D에서 데이터를 손실 없이 수신하는 것을 확인할 수 있다. 또한 12분이 지났을 때 라우팅 경로가 바뀌어 각 자동차의 데이터 송수신량이 중간에서 데이터 전달만을 하는 C에서는 수신데이터가 없고, A에서 D로 보내는 데이터량이 모두 B를 거치므로 전송량이 두 배가 된 것을 확인할 수 있다. 또한 라우팅 경로가 변화하는 시점 및 주기적으로 검색하는 시점에서 라우팅 메시지량이 증가하

는 것을 확인할 수 있다. 시가지 이동성 모델에서는 애드혹 라우팅 알고리즘에 의해 경로가 정해진 경우 주위의 차량에 의한 경로 변화에 민감하게 반응하지 않는다. 따라서 애드혹 라우팅 알고리즘을 이용하여 경로가 정해지고 데이터가 전송되게 되면 안정적으로 데이터를 전송할 수 있다.

4. 결론

본 논문은 차량과 차량 사이에 데이터 전송을 위하여 애드혹 라우팅 알고리즘을 이용하여 베이스 스테이션 없이 애드혹 네트워크를 이용하여 자율적으로 구성된 차량 네트워크를 분석하였다. 이러한 애드혹 네트워크를 차량에 적용하였을 때의 상황을 검증하기 위하여 실제 자동차에 애드혹 네트워크를 구축하고 TCP 및 UDP를 이용하여 많은 용량의 데이터를 실제로 전송하여 Throughput을 측정하였다. 실내에서 전송할 경우보다 실외에서 전송할 경우 전송률이 더 낮게 나왔고, 전송률을 높일수록 오히려 전송률이 떨어지는 현상이 나타났다. 이는 IEEE 802.11b의 media access mechanism인 Distributed Coordination Function 때문이다. 또한 TCP의 congestion control 때문에 TCP의 Throughput이 UDP의 Throughput보다 높게 나타났다.

다음은 애드혹 라우팅 알고리즘을 적용하였을 때 다양한 이동성 모델에서의 시뮬레이션을 수행하였다. 고속도로 이동성 모델을 적용한 경우, 차량이 그룹으로 이동하면서 데이터를 수신하는 도중에 다른 차량을 추월하여 라우팅 경로가 변경되는 경우의 시나리오를 실험하였다. 실험결과 라우팅 경로가 변경되어도 Throughput에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 라우팅 메시지 양이 증가하기는 하지만 라우팅 메시지가 그다지 크지 않아 전체적인 성능에는 영향을 주지 않는다. 또한 도시 이동성 모델을 적용한 경우에도 노드가 이동하거나 정지하는 경우가 데이터의 전송량에 영향을 주지 않는다.

실제 자동차를 이용하여 애드혹 네트워크를 실험한 경우 본 논문에서는 자동차를 두 대만을 이용하여 실험하였다. 보다 많은 차량에 애드혹 네트워크를 적용했을 경우의 실험이 필요하다. 또한 자동차 사이의 상대속도 및 거리가 전송률 및 Throughput에 어떠한 영향을 미치는 가에 대한 연구가 필요하다. 또한 이동성 이외에 도시 건물에 의한 간섭 등 자동차가 많이 사용되는 환경에서의 분석이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] www.wince.or.kr/pda/dt/cache/20040726n00471_img.htm
- [2] Measured Performance of 5-GHz 802.11a wireless LAN System", Atheros Communication's White paper on 802.11a Range and System Capacity." H. Poor, An Introduction to Signal Detection and Estimation. New York: Springer-Verlag, 1985, ch. 4.
- [3] Jorg Ott, Dirk Kutscher "Drive-thru Internet: IEEE 802.11b for "Automobile" Users", IEEE INFOCOMM 2004.
- [4] www.leearmstrong.com/DSRC/DSRCHomeset.htm
- [5] Tatsuaki Osafune, Kazuya Monden, Shoji Fukuzawa, Susumu Matsui, "Performance Measurement of Mobile Ad Hoc Network for Application to Internet-ITS (Intelligent Transportation System)", Proceedings of the 2004 International Symposium on Applications and the Internet (SAINT '04)
- [6] Opnet <http://www.opnet.com>