

# Ad-hoc 을 이용한 자동차 네트워크

김철우, 장주욱  
서강대학교 전자공학과

e-mail : [kps0517@eecl.sogang.ac.kr](mailto:kps0517@eecl.sogang.ac.kr), [jjang@sogang.ac.kr](mailto:jjang@sogang.ac.kr)

## The Vehicle network using Ad-hoc

Cheol-Woo Kim, Ju-Wook Jang  
Dept. of Electronics , Sogang University

### 요 약

자동차를 기반으로 한 애드혹 환경에서는 자동차의 움직임 패턴 특성을 고려하여 모빌리티 모델을 구축하여 시뮬레이션을 해야 한다. 일반적으로 사용되는 랜덤 웨이포인트 모빌리티 모델[7] 및 그룹 모빌리티 모델[2]은 자동차 특성의 움직임 패턴을 보여주지 못한다. 또한 Freeway 모빌리티 모델 및 맨하탄 모빌리티 모델[4]도 애드혹 망에 대한 전체적인 성능평가를 분석하기 용이하지만 자동차 그룹의 움직임 및 그룹내에서의 성능 평가를 분석하기에는 적합하지 않다. 본 논문에서는 Freeway 모빌리티 모델을 이용하여 그룹의 이동 시나리오를 제시하고 그룹내에서의 통신시 고려되어야 할 점 즉, 컨트롤 오버헤드 및 라우팅 경로의 발견등에 관하여 옵넷 시뮬레이터를 이용하여 분석하였다.

### 1. 서론

애드혹 네트워크는 기존의 베이스 스테이션을 이용한 통신 인프라를 이용하지 않고, 무선 인터페이스를 이용하여 데이터를 전송하는 무선 노드로 구성된 가변적인 네트워크이다. 애드혹 네트워크 내의 노드들은 라우터와 호스트로 동시에 이용되기 때문에 다른 노드의 데이터 송수신을 중계하며, 사용자 어플리케이션을 실행한다. 따라서 자원의 효율적인 활용이 중요한 문제가 된다.

또한 애드혹 네트워크 상의 모든 노드는 무선망을 이용하므로 자유롭게 이동할 수 있다. 이로 인하여 노드간 패킷 라우팅, 무선망에서 고려되어야 할 BER(bit error rate) 및 노드의 이동 속도등이 중요한 문제가 된다.

애드혹 관련 시뮬레이션은 랜덤 웨이포인트 모빌리티 모델[7]이나 그룹 모빌리티 모델[2]등이 시뮬레이션에 많이 이용된다. P2P 를 위한 그룹 이동성이 중요시 되면서 RPGM(Reference Point Group Mobility)[2]등이 많이 이용된다. 하지만 자동차 애드혹 네트워크를 위한 시뮬레이션을 위한 환경은 변화를 보여야 한다. 자동차는 랜덤하게 움직이지 않으며 과거의 속도와 방향에 의해 현재의 동작에 영향을 준다. 또한 같은 경

로 상에 있는 경우에는 가로질러 갈 수도 없다. 본 논문에서는 자동차 애드혹 네트워크를 위한 시뮬레이션 환경을 제안하고, 자동차 기반 애드혹 네트워크 적용의 타당성을 검증해 본다. 본 논문의 2 장에서는 관련 연구를 살펴보고 3 장에서는 연구 동기 및 제안 방법 4 장에서는 시뮬레이션 및 결과를 그리고 마지막으로 5 장에서는 결론 순으로 살펴본다.

### 2. 관련 연구

본 장에서는 현재 무선 애드혹 네트워크 환경을 위해 제안되고 있는 시뮬레이션을 위한 모빌리티 모델들을 분류하고 설명한다.

랜덤 웨이포인트 모델[7]은 애드혹 시뮬레이션을 하기 위한 가장 간단한 모델로 쉽게 분석 가능하고 용이하게 시뮬레이션 할 수 있기 때문에 널리 사용되고 있다. 반면에 랜덤 웨이포인트 모델은 일반적인 모델이어서 어플리케이션 특성에 적합한 환경요소를 제공하지 못한다. 예를 들어 그림 1 과 같이 그룹 리더로부터 움직임에 제약을 받는 상황에서는 더 이상 적합하지 않다. 따라서 RPGM(Reference Point Group Mobility) 모델[5]이 제안 되었다. 군대에서와 같이 팀 단위로 움직이는 경우 그룹리더의 지시에 의하여 움

직입에 제약을 받는 무선 노드들은 그룹 리더의 특정한 패턴에 맞추어 이동하게 된다. 또한 그림 2 와 같이 Freeway 모델리티 모델(a)[4]이나, 맨하탄 모델리티 모델(b)[4]등이 제안되었는데 자동차와 동떨어진 생활을 상상할 수 없는 생활에서 자동차 움직임에 의한 시뮬레이션 또한 중시 되었다.

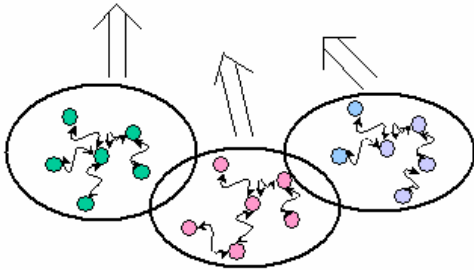


그림. 1. Group Mobility Model

Freeway 모델리티 모델[4]은 고속도로와 같은 곳에서 노드들의 움직임을 정의하여 시뮬레이션한다. 각 모바일 노드는 직선상의 도로 위에 존재하므로 선행하는 노드의 진로에 의해 영향을 받으며 또한 과거의 속도에 의하여 현재의 속도가 영향을 받아 이동하게 된다.

맨하탄 모델리티 모델[4]은 Freeway 모델리티 모델과 비슷하나. 코너에서 직진 및 좌우로 회전한다. 일반적으로 직진은 0.5, 좌우는 각각 0.25 의 확률로 이동하게 된다. 또한 교차로에서 노드는 정지시간을 갖는다.

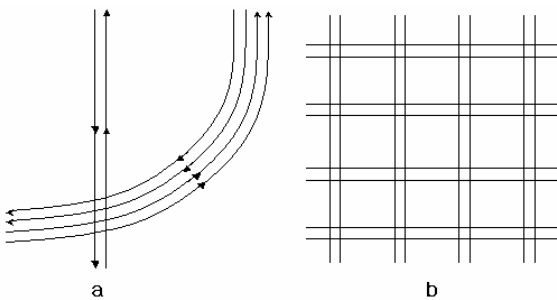


그림. 2. Map for Car Network

또한 장애물의 위치에 의하여 전파 경로의 변화 및 노드의 이동등을 고려한 시뮬레이션(Movement with Obstacles, Movement with Obstacles and Pre-Defined Pathways)[6] 등이 연구되어 움직이는 노드의 경로에 위치하는 경우 이동의 제약을 두어 실제 환경에 적합하도록 제안 하였다.

3. 연구 동기 및 제안 방법

애드혹 네트워크는 보통 랜덤하게 네트워크 망을 구성한다. 반면 자동차 네트워크는 램덤 구성과는 다르게 앞의 차량에 의하여 진행에 영향을 받으며 또한 앞 차량에 의해 속도의 영향 또한 받는다. 따라서 차

량에서의 애드혹 네트워크 시뮬레이션은 기존의 랜덤에 의한 네트워크 구성 시뮬레이션이나 RPGM 과는 다르게 진행되어야 한다.

이전에 제안되었던 Freeway 모델리티 모델이나 맨하탄 모델리티 모델은 자동차를 위한 모델을 지원한다. 하지만 전체적인 망에 대한 성능 평가를 위하여 모델을 지원하지만 실제 응용프로그램을 위한 성능 평가는 되지 못한다. 실제 자동차가 움직이는 경우 하나의 그룹이 형성 되고, 자동차 그룹간이나 그룹내의 자동차 사이에 데이터를 전송하는 경우가 많다. 따라서 일반적인 네트워크망에 대한 평가를 위한 시뮬레이션 모델로는 자동차 그룹내에서의 송수신 및 라우팅 컨트롤 오버헤드를 측정하여 성능을 평가하는 것은 바람직하지 않다.

따라서 본 논문에서는 그림 3 과 같이 하나의 그룹을 인위적으로 형성하여 그룹내에서 송수신 및 그룹내에 있는 노드들간의 속도 및 위치 변화에 따른 송수신의 변화, 라우팅 경로의 변경 및 컨트롤 오버헤드를 측정 한다. 또한 도로상에서 경로가 다른 즉, 다른 차선에 있는 노드의 의한 영향도 고려한다. 옆 차선으로 차량이 다가오는 경우 망 상황이 좋아져 라우팅 경로 및 전송에 영향을 주는 가를 살펴본다.

4 차선 도로를 가정하며 그룹리더를 중심으로 하나의 그룹은 일직선으로 주행하게 된다. 또한 주행 중 뒤 따르는 노드는 앞 노드를 추월 가능하며 각 모바일 노드는 다음 모바일 노드까지 언제나 전파 전달 반경내에 있다고 가정한다.

그룹리더는 속도  $V_i$ (시간  $t$  에서의 속도)로 이동하게 되며 그룹내에 속하는 노드 또한 같은 경로를  $V_i$  로 이동하게 된다. 이때 수신중이던 노드중에서 옆차선이 비어 있는 경우, 랜덤하게 진행 방향을 벗어나 앞 노드를 추월하게 되며 송신노드에 가까워 질때까지 속도  $V_i+a$  (시간  $t$  에서의 가속도)로 이동하게 된다. 가속도  $a$  는 두 노드사이의 거리를 1km 로 가정하고  $0 < a < 15m/s^2$  으로 하였다. 시간  $t$  는  $0 < t < 15s$  로 랜덤하게 주어진다.(단  $at^2 < 1000m$ )

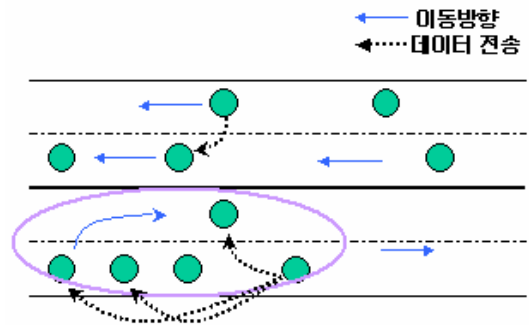


그림. 3. 자동차의 이동 및 데이터 전송

4. 실험 및 결과

실험은 OPNET 10.0a 를 이용하여 환경을 그림 4 과

같은 모빌리티 모델에서 모바일 노드 15 개를 2 줄로 나열하여 이동하게 하였다. 하나의 그룹 즉, 같은 방향으로 이동하는 가장 가까이에 있는 노드는 전과 전달 범위 내에 위치하도록 5 개의 노드를 배열한다. 5 개의 노드가 일렬로 되게 하고 첫번째 노드에서 4 번째 노드와 5 번째 노드로 각각 데이터를 전송하였다. 이때 첫번째 실험은 5 번째 노드가 4 번째 노드 뒤를 따르도록 했으며 2 번째 실험은 5 번째 노드가 4 번째 노드를 추월하여 1 번째 노드의 옆에 위치하도록 하였다.

또한 다른 차선에 있는 노드들의 간섭에 의한 라우팅 경로의 변화, 데이터 전송의 변화등을 살펴본다.

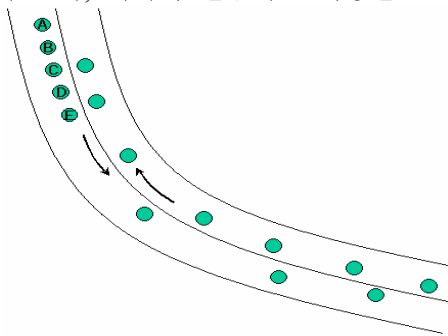


그림. 4. 시뮬레이션 전체 구성도

시뮬레이션은 900 초동안 노드가 10km 를 이동하도록 하였다. 이때 프로토콜은 DSR[1]과 TORA[3]를 이용하였다.

#### 4.1 데이터 전송

그림 5 는 DSR 을 이용하여 노드 E 에서 노드 B 와 A 로 각각 데이터를 전송하였을 때 데이터의 유실을 기록하였다. 그래프에서 볼 수있듯 거의 유실이 없음을 확인할 수 있다. 또한 노드의 경로가 변화되어 라우팅 경로가 변화할때도 데이터의 전송 유실이 거의 없음을 확인 하였다.

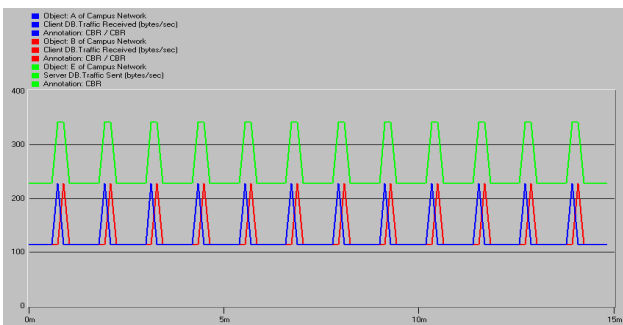


그림. 5. DSR 를 이용한 데이터 전송

그림 6 은 TORA 를 이용하여 시뮬레이션한 결과로 DSR 을 이용한 것과 같이 거의 유실이 없는 것을 확인할 수 있었다. 처음 데이터를 전송하기 전에 DSR 과는 달리 선형적으로 증가후 DSR 과 유사하게 전송하는 것을 볼 수 있다.

또한 그림 5 와 6 에서 보이는 것과 같이 송수신시 일정하게 유지하도록 하는 것을 볼 수 있다.

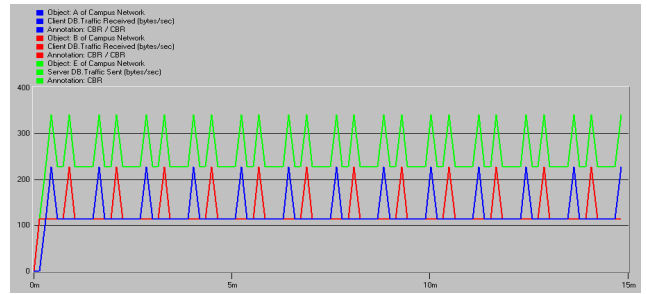


그림. 6. TORA 를 이용한 데이터 전송

#### 4.2 Route Discovery Time

그림 7 은 노드 경로의 변화에 따른 라우팅 경로의 변화를 관측한 것이다. 각 노드 A 와 B 에서 라우팅 경로 발견시 걸리는 시간을 측정하였다. 노드 A 와 노드 B 를 보면 노드 A 가 노드 B 보다 멀리 있다. 이로 인하여 라우팅 경로를 발견하는데 시간이 노드 A 는 평균 0.120s, 노드 B 는 0.0018s 정도 걸린다. 또한 노드의 추월에 의한 라우팅 경로 변경시 노드 사이가 가까워 질수록 빠른 시간 내에 경로를 찾는 것을 확인할 수 있다.

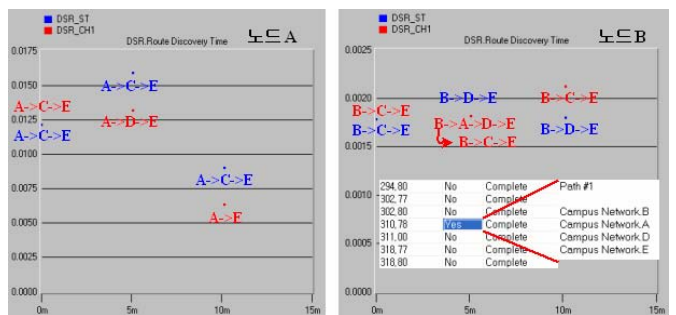


그림. 7. Route Discovery Time

노드 A 가 노드 B 를 추월하는 경우 노드 B 에서 보는 바와 같이 순간적으로 노드 A 가 중간 경로로 들어오는 것을 볼 수 있다. 하지만 곧 짧은 경로인 B->C->E 로 바뀌었음을 확인할 수 있다. 이는 좀더 안정적인 경로를 짧은 시간내에 능동적으로 찾는 것으로 보인다. DSR 의 경우 경로가 잘못 된 경우 대체 경로를 캐쉬에 저장하고 있다가 대체 하게 된다. 따라서 대체 경로가 있는 경우 빠르게 경로를 찾을 수 있다. 반면에 노드들의 움직임의 변화가 심한 경우 오히려 역효과를 볼 수 있다. 노드의 위치가 바뀌어 경로가 없음에도 불구하고 캐쉬를 보고 경로를 찾기 때문에 경로가 라우팅 경로를 찾는데 오히려 시간이 걸린다.

#### 4.3 Routing Overhead

그림 8 는 각 노드에서 DSR 라우팅 트래픽을 받는 것을 측정한 결과이다. 노드 A 에서 라우팅 트래픽이 증가하는 부분은 그림 7 에서의 라우팅 경로의 변화하

는 시점과 일치함을 확인 할 수 있다.

라우팅 경로가 변화하는 시점에서 라우팅 오버헤드가 증가한다. 하지만 그림 7 에서 보는 것과 같이 라우팅 경로 셋업이 빠른 시간내에 이루어져 데이터 전송에 영향을 주지 못함을 알 수 있다.

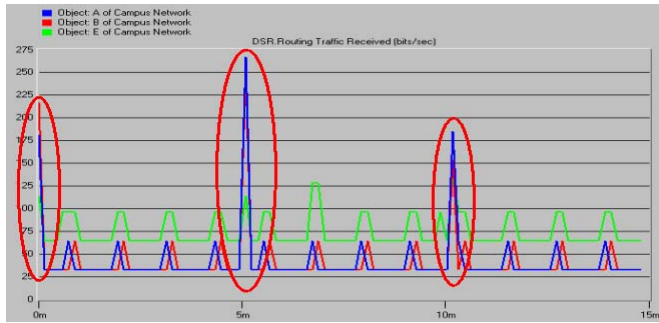


그림. 8. Routing Overhead

그림 9 은 각 노드에서 노드 A 가 노드 B 를 추월하면서 데이터를 수신하는 경우와 그렇지 않은 경우에 라우팅 오버헤드를 비교한 것이다. 라우팅 경로가 바뀔때 평소보다 오버헤드가 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 수신 노드에서 5분 경과 후 라우팅 경로가 변화하는데 라우팅 경로 검색과 관련하여 컨트롤 오버헤드가 증가하는 것을 확인 할 수 있다

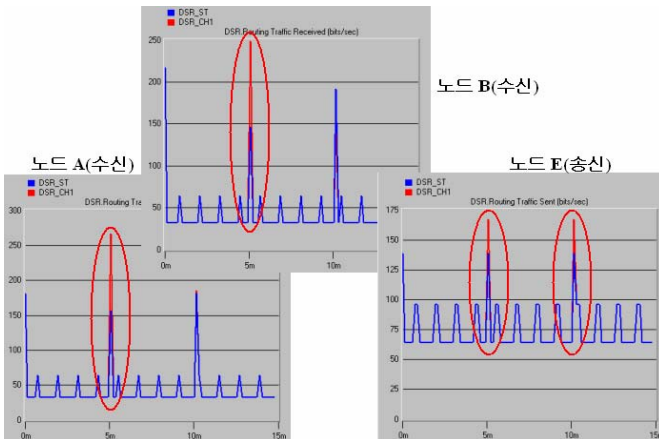


그림. 9. 노드에서의 Routing Overhead

## 5. 결론

실험 결과에서와 같이 40km/h 로 이동하는 경우 라우팅 경로가 변화 할 때 오버헤드가 증가하나 데이터 전송에는 크게 영향을 주지 못한다. 또한 노드간 이동 방향의 변화가 없는 경우, 라우팅 오버헤드가 변화가 있는 경우와 비교하여 적음을 확인할 수 있다.

향후 과제로 실제 임의의 그룹을 정해서 그룹간 통신이 이루어지기 위한 요건과 제약 요소를 살펴보아야 한다. 또한 고속도로와 같은 곳에서는 하나의 그룹 내에서의 통신 즉, 고속으로 이동하는 경우 및 매하탄 모델에서의 성능 평가가 이루어져야 한다. 또한 DSR

과 TORA 를 이용한 데이터 전송은 살펴보았지만 기타 다른 요소 또한 비교하여야 하며 AODV[5]등과 같은 여러 프로토콜에 의한 성능평가도 이루어져야 한다. 또한 고속으로 이동하므로 도플러 효과를 고려하여 데이터 전송 및 에러를 측정하여 반영하여야 한다.

## 참고문헌

- [1] D.B. Johnson, D.A. Maltz, and J. Broch, "DSR:The dynamic source routing protocol for multi-hop wireless ad hoc networks," in ACM SIGCOMM, 1994, pp.234-244.
- [2] X. Hong, M. Gerla, G. Pei, and C.-C. Chiang, "A group mobility model for ad-hoc wireless networks," in ACM/IEEE MSWiM, August 1999.
- [3] V.D. Park and M. S. Corson, "Temporally-ordered routing algorithm(TORA) version 1 : Functional specification, internet-draft, draft-ietf-manet-tora-spec-01.txt," August 1998.
- [4] F. Bai, N. Sadagopan, A. Helmy, " IMPORTANT: A framework to systematically analyze the Impact of Mobility on Performance of Routing protocols for Adhoc Networks", IEEE INFOCOM, March/April 2003.
- [5] C.Perkins, "Ad hoc on demand distance vector(AODV) routing, internet draft, draft-ietf-manet-aodv-00.txt."
- [6] Amit Jardosh, Elizabeth M. Belding-Royer, Kevin C. Almeroth, and Subhash Suri, "Towards Realistic Mobility Models For Mobile Ad hoc Networks" , in Proceedings of MobiCom '02, Sept. 2003, pp. 217-229.
- [7] J. Broch, D. A. Maltz, D. Johnson, Y.-C. Hu, and J. Jetcheva. "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols," In Proceedings of the 4th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), pages 85-97, Dallas, Texas, October 1998.