

# AODV탑재 Ad-Hoc단말을 통한 이동차량간 무선 네트워크 구현<sup>1)</sup>

Implementation of Wireless Network through the Ad-Hoc Terminal between the automobile

김응도

(광운대학교 전자통신공학과, 석사과정)

김화성

(광운대학교 전자통신공학과, 교수)

## 목 차

- I. 서론
- II. 관련 연구
  - 1. 텔레메틱스
  - 2. Ad-Hoc 라우팅 프로토콜
  - 3. AODV 라우팅 프로토콜
- III. 임베디드 장비에 AODV 구현
  - 1. AODV 넷필터 프레임워크
  - 2. AODV 패킷 핸들링
- IV. 시험망 구성 및 동작 테스트
- V. 결론

## I. 서론

움직이는 사람이나 차량에 대하여 정보통신으로 묶는 고도화된 텔레메틱스 서비스 분야는 차량과 관련된 컴퓨터 및 무선통신의 혼합기술로서 산업 발전 및 공공서비스의 개선을 위하여 광대한 네트워크로 정보를 효율적으로 발전하는 분야임에는 틀림없다.

특히 4G 텔레메틱스 서비스는 단순히 통신서비스의 진화 수준에만 머무르지 않는다. 자동차라는 물리적인 공간을 운전자가 능동적으로 선택할 수 있는 여러개의 가상공간으로 변화시킨다. 자동차가 영화, 콘서트, 연극을 공연하는 달리는 문화공간으로 탈바꿈했다가 사이버 강의를 들을 수 있는 대학 강의실이 되기도 한다. 자동차 안에서 증권거래를 하고 회사의 인터넷에 접속해 업무를 처리하는 모바일 오피스 구현도 가능하다. 운송수단이라는 자동차 본래 기능도 차세대 텔레메틱스로 더욱 강화된다. 텔레메틱스는 가고자 하는 목적지까지의 최단경로와 최적경로를 실시간으로 추적해 차량이 가장 빠르고 안전하게 이동할 수 있게 한다. 유무선통신, 개인 무선네트워크, 의 용량, 디스크 저장 용량 등이 계속 발전하고 있는 가운데 무선 근거리네트워크(LAN), 위성 등 모든 통신기술이 융합된 4G 또는 차세대통신이 이러한 모든 서비스를 가능하게 한다.[1][2]

최근 노트북 컴퓨터나 PDA와 같은 소형 컴퓨터의 메모리 IETF에서는 사용자들에게 있어 휴대성이나 이동성이 용이한 Ad-Hoc 무선망을 규정하였다. Ad-Hoc 무선망은 기지국이나 고정된 유선 망 등의 하부 기반 구조를 가지고 있지 않는 망이다. 이런 Ad-Hoc 무선망은 이동하는 차량간의 통신을 위해 이용될 수 있기 때문에 상당히 텔레메틱스의 한 부분을

차지하고 있는 실정이다. 이동하는 차량간에 대화를 할 수 있게 되면 앞선의 도로 조건이나 신호등, 충돌 위험등을 서로간에 주고받음으로 효율적이며 원활한 교통 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 이런 Ad-Hoc 무선망을 지원하기 위한 라우팅 프로토콜로 AODV[4]나 DSR과 같은 프로토콜들이 제안되고 있는데 유선에서와 같이 무선망에서도 라우팅 프로토콜의 성능은 무선망의 성능을 결정하는 주요 요인이 아닐 수 없다. 이에 따라 이동차량간의 Ad-Hoc 무선망을 지원하기 위한 효율적인 Ad-Hoc 프로토콜들이 연구되어야 한다.

본 논문에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 Ad-Hoc 단말에 탑재하여 빠르게 움직이는 이동차량 간에 효율적으로 서로간의 정보를 교환할 수 있는 무선 네트워크를 구성하고 검증하도록 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 텔레메틱스 및 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜에 대한 설명과 AODV 라우팅 프로토콜에 대하여 기술하였고, 3장에서는 AODV를 임베디드 장비에 탑재시키는 것에 대하여 기술하였다. 4장에서는 Ad-Hoc 네트워크를 구현하기 위한 망 구성과 동작 테스트를 기술하였고, 끝으로 5장에서 결론을 맺었다.

## II. 관련 연구

### 1. 텔레메틱스

텔레메틱스는 통신(Telecommunication)과 정보과학(Informatics)을 합친 합성어이다. 무선 이동통신과 위치추적(GPS)기술, 첨단지리정보시스템(GIS)-폴리터 기술 등을 자동차에 결합시켜 지리정보는 물론 사고감지, 교통정보, 인터넷 접속, 차량 원격 제어 등 다양한 서비스를 제공한다. 또한 이미지-음성-영상-비디오 등 디지털 정보를 유무선 네트워크에 연결

1) 본 연구는 2002년 산학연 공동 기술 개발사업으로 수행되었음.

해 다중 미디어 커뮤니케이션을 가능하게 해주는 서비스로 무선 통신을 이용해 차내 운전자에게 실시간 교통정보와 응급상황 대체방법, 원격차량진단, 인터넷 등 각종 모바일 서비스를 할 수 있는 단말기와 정보체계를 말한다.

텔레매틱스는 업무 목적 또는 정부 관련 공공 서비스의 주취를 개선하기 위해 대규모 네트워크 상에서 정보를 효율적으로 전송하고자 하는 표면상의 목표가 있지만, 기본적으로는 컴퓨터와 무선 통신 기술이 혼합된 결정체라 정의할 수 있다. 가장 주목 할만한 텔레매틱스의 예로는 인터넷 그 자체가 될 수 있는데, 그 이유는 인터넷은 통신 백본(자신에게 연결되어 있는 소형 회선들로부터 데이터를 모아 빠르게 전송할 수 있는 대규모 전송회선을 말한다)을 통하여 전세계적으로 연결된 컴퓨터 네트워크의 수에 좌우되기 때문이다. 이 용어는 행선지까지 찾아가는 경로를 안내해 주는 장치와 원격 진단 등을 위해, GPS 추적장치와 무선 통신 등이 결합된 자동차 시스템을 지칭하는 쪽으로 진화해 왔다.

제너럴 모터스는 처음으로 자사의 온스타 시스템에 자동차용 텔레매틱스를 적용하여 대중화하였다. 주요 자동차 제조업체들은 새로운 시제품 자동차에 음성으로 명령을 내릴 수 있는 무선 서비스를 장착하고 있다. 이러한 종류의 텔레매틱스는 자동차 운전자들이 인터넷 접속, 전자우편 송수신, 디지털 비디오나 오디오 파일의 다운로드, 수시로 변화하는 교통 정보의 획득 등, 다양한 무선 서비스 기능들을 이용할 수 있게 해준다. 텔레매틱스 산업은 비단 자동차 분야의 응용에만 국한되지는 않는다. 다른 텔레매틱스 응용 분야로는 수질 및 대기 공해의 감시, 의료정보 및 건강관리 그리고 원격 학습 등에서 현재 연구되거나 개발이 진행 중이다. 유럽의 많은 국가들이 텔레매틱스를 정부나 기업 및 교육분야에 통합하기 위한 동일 표준의 정책들을 개발하고 있다.

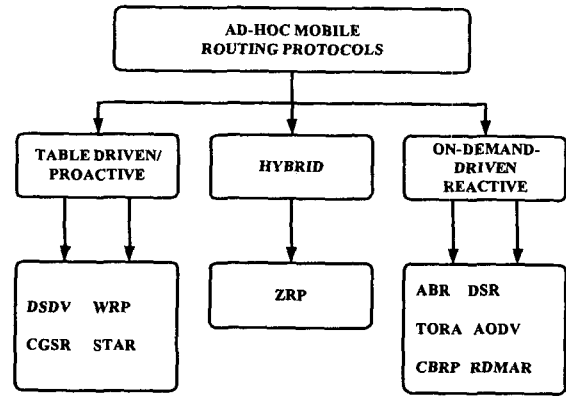
## 2. Ad-Hoc 라우팅 프로토콜

Ad-Hoc 무선망에서 사용되는 라우팅 프로토콜은 그림 1에서와 같이 크게 Table-Driven 방식과 On-Demand 방식 그리고 Hybrid 방식의 세 가지 부류로 나눌 수 있다.[3]

Table-Driven 프로토콜은 각각의 이동 노드가 무선망 내의 모든 경로의 정보를 유지하고 있기 때문에 경로 요구 시 최적의 경로를 설정 할 수 있다. 그러나 최신의 정보를 유지하기 위해, 제어 패킷을 통해 주기적으로 정보를 갱신해야 하므로 실제 전달하는 데이터 외에 많은 망 트래픽을 유발하는 단점을 가진다. 대표적인 Table-Driven 라우팅 프로토콜에는 DSDV, WRP, GSR, FSR 등이 있다.

On-Demand 라우팅 프로토콜은 특정 목적지에 대한 경로를 요구하였을 때만 경로 설정 단계가 수행된다. 경로 설정 단계가 완료되어 새로운 경로가 발견되면 경로 유지 단계가 수행된다. 경로 유지는 목적지에게 더 이상의 요구 패킷이 없거나, 목적지까지의 경로를 사용할 수 없을 때까지 계속 수행된다. 이런 프로토콜의 단점은 경로 설정 과정에서 지연이 발생한다는 점과 홉 거리에 따른 관점에서 볼 때 최적의 경로를 보장하지 못한다는 점이다. 대표적인 On-Demand 라우팅 프로토콜에는 CBRP, DSR, AODV, TORA 등이 있다.

그리고 Hybrid 방식의 라우팅 프로토콜로는 ZRP가 있는데 이는 위의 두 가지 방식을 결합한 것이다.

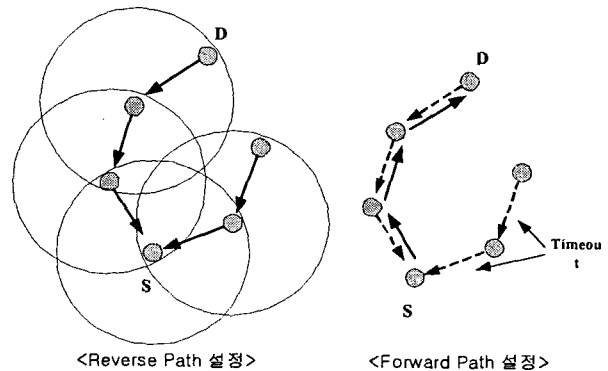


<그림 1 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜의 분류>

## 3. AODV 라우팅 프로토콜

기존의 방식에 비해 ON-DEMAND 방식은 특정 목적지에 대한 경로설정 요구가 있을 때만 수행하기 때문에 다른 방식들에 비해 효율적이라 할 수 있다. 이런 ON-DEMAND 방식 중 AODV 라우팅 프로토콜에 대해서 알아보도록 한다.[5]

AODV는 크게 경로발견(Route Discovery)과 경로유지(Route Maintenance)의 메커니즘으로 동작을 하게 된다. 먼저 소스 단말로 데이터를 전송하기 위해 목적지까지의 경로를 필요로 하게 되면 경로발견 과정을 거치게 되는데 이는 그림 2와 같이 목적지 단말로 향하는 RREQ(Route Request) 패킷을 flooding 하고 목적지 단말로 부터 RREP(Route Reply)를 받는 과정을 포함한다. 이때 중간 단말은 RREQ를 송신한 단말을 향하는 소스 단말까지의 역 경로를 설정하게 된다. 만약 중간 단말에서 목적지 단말로 향하는 유효한 경로를 유지하고 있는 경우 RREQ 패킷을 다시 flooding 하기보다는 중간단말에서 직접 소스 단말로 RREP 패킷을 전송하게 된다. RREQ 패킷이 목적지 단말까지 전송이 이루어진 경우는 역시 RREP 패킷을 flooding 과정을 통해 설정이 된 역 경로를 통해 소스 단말로 전송하게 된다. 이렇게 소스 단말이 RREP 패킷을 수신함으로써 데이터 전송을 위한 경로설정이 이루어지게 된다.



<그림 2 AODV 경로 설정 과정>

경로유지는 RERR(Route Error) 패킷을 이용하여 이루어 지는데 어떤 단말이 이동해서 목적지 단말로 데이터를 전달할 수 없게 되면, 상향 스트림이 파괴된 이전의 단말은 새로운 순서

번호와 ∞의 홑 카운트를 가지는 RERR 패킷을 전송한다. 소스 단말에서 이런 RERR 패킷을 수신하게 되면 데이터 전송을 위해 경로가 계속 필요한 경우 소스 단말은 새로운 경로발견 과정으로 초기화 한다. 각 단말에서 사용되지 않는 경로는 타이머를 이용하여 삭제 되게 된다.

### III. 임베디드 장비에 AODV 구현

임베디드 장비에 탑재될 AODV 코드(kaadv.o, ip\_queue.o)를 ARM용으로 크로스 컴파일한후 이를 임베디드 장비에 탑재하여 Ad\_Hoc 단말을 만든다. 이 코드들은 다음과 같이 넷필터(Netfilter)부분과 패킷 핸들링 부분으로 나뉘어 얘기할 수 있다.[6]

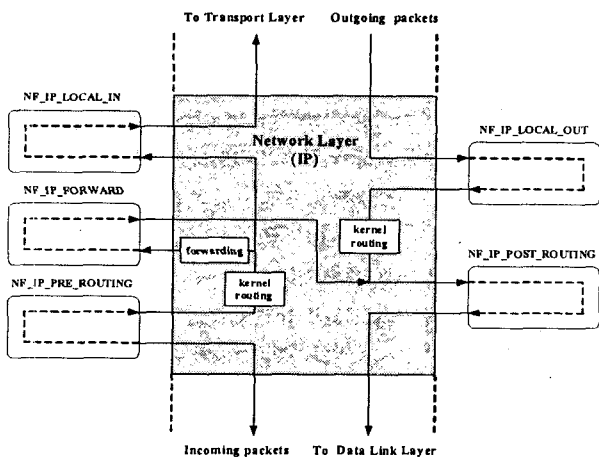
#### 1. AODV 넷필터 프레임워크

포팅된 aodv는 커널의 수정을 최소화하기 위해 유저 영역에서 데몬으로 동작하게 된다. 그리고 aodv는 데이터 전송시 경로의 요구가 있을 경우에만 동작하는 프로토콜이므로 유효한 경로가 aodv의 라우팅 테이블에 없는 경우의 경로요구에 대해서 경로발견을 위해서는 유저 레벨에서 패킷을 처리할 수 있도록 해줄 수 있는 기능이 필요하다. 또한 Ad-Hoc 네트워크에서는 네트워크의 위상이 자주 변화하게 되므로 각 목적지 단말에 대한 경로정보를 가장 최근의 것으로 유지하기 위해서 각 단말로 향하는 패킷에 대한 모니터링을 할 수 있는 기능도 또한 요구 될 것이다.

이를 위해서 넷필터 소프트웨어 프레임워크를 이용하여 aodv의 모든 패킷에 관련된 처리를 수행하도록 설계하였다. 모든 패킷의 처리를 유저 영역에서 수행함으로써 발생하는 라우팅 프로토콜 성능의 저하는 여기에서는 고려하지 않는다.

넷필터에서는 각각의 네트워크 프로토콜에 대하여 hook를 정의 하고 있는데 아래의 그림3은 넷필터에서 IP에 관련된 hook과 패킷의 처리를 나타내고 있다.

그림3에서 hooks 통해 수신된 패킷은 그 hook에 대해 등록된 커널 모듈로 전달되게 되고 커널 모듈에 의해 패킷의 삭제, 재경로 설정, 수정 등이 이루어지게 된다



<그림 3 IP에 대한 넷필터 hook>

패킷의 저장(queueing)은 커널에서 이루어지게 되는데 이때 패킷에 관련된 정보는 네트워크 링크 소켓을 통하여 유저 영역의 데몬으로 전달된다.

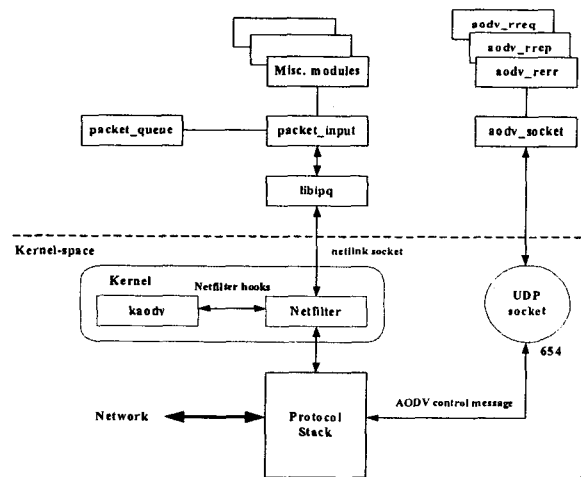
포팅된 AODV는 넷필터 혹은 커널 모듈을 등록하여 들어오고 나가는 모든 패킷에 대하여 모니터링을 수행하게 되는데 이를 통해 유저 영역에서의 패킷 처리를 가능하게 해 준다

#### 2. AODV 패킷 핸들링

임베디드 리눅스 상에서 동작하도록 구현된 aodv는 일반 데이터 패킷과 aodv 제어 메시지를 분리하여 처리하도록 설계 되었는데 이는 서로 다른 모듈에 의해서 이루어지게 된다.

우선 패킷이 프로토콜 스택에 도착하게 되면 넷필터를 통해 넷필터 혹은 등록된 커널 모듈이 있는지 확인하게 되고 이때 등록된 kaadv 모듈의 nf\_aodv\_hook() 함수가 호출되어 도착한 패킷을 확인하여 넷필터로 하여 패킷을 수용할지 여부를 알려주게 된다. 이때 일반 패킷의 경우는 커널 영역에서 처리가 되고 aodv 제어 메시지인 경우는 aodv 데몬에 의해서 패킷이 처리되어야 하기 때문에 유저 영역으로 저장되게 된다.

그림 4에서 libipq 모듈이 이러한 IP 패킷의 유저 영역 저장을 지원하는 기능을 하게 된다. 이렇게 유저 영역으로 전달된 IP 패킷은 packet\_input 모듈의 packet\_input() 함수에 의해서 처리 되는데 aodv 제어 메시지인 경우 libipq 모듈로 패킷을 수용할 것을 요구하는 리턴 값을 보내게 되고 aodv 제어 메시지는 UDP 소켓 654을 통하여 aodv\_socket 모듈로 전달되게 된다.



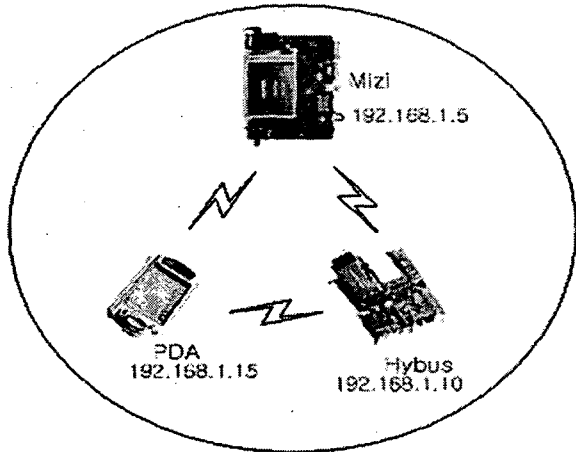
<그림 4 AODV 패킷 핸들링>

데이터를 전송하고자 하는 경우 또는 다른 목적지 단말로 가는 패킷을 수신한 경우는 먼저 aodv의 라우팅 테이블에 데이터를 전송하고자 하는 목적지 단말에 대한 경로정보가 있는지 확인하게 되고 라우팅 테이블에 이런 정보가 있으면 패킷을 포워딩하게 되고 없을 경우는 libipq에서 제공하는 Packet ID를 부여하여 packet\_queue 모듈에 의해서 간접적으로 저장이 되게 된다. aodv 제어 메시지에 의해 새로운 경로가 발견될 때까지 저장이 되게 되고 일정 시간의 초과하게 되면 저장된 메시지는 삭제된다.

#### IV. 시험 망 구성 및 동작 테스트

Ad-Hoc 단말을 구현하기 위하여 사용한 플랫폼은 Mizi board, Hybus board, compaq IPAQ PDA이다. Ad-Hoc 네트워크 토폴로지는 아래 그림5와 같이 구성하였다. 구현을 위해 사용한 운영체제는 각각 StronaARM 기반의 리눅스(커널 2.4.5, 2.4.18)를 사용하였다. 또한, 탑재된 AODV는 kaodv 데몬과 ipqueue.o 모듈이 각각의 단말들에 탑재되었다. 여기서 kaodv 데몬은 일반 패킷과 aodv 제어 패킷을 구분하고, ipqueue.o 모듈은 패킷의 유제 영역 저장(user-space queueing)을 지원하기 위하여 사용된다.

실험은 같은 토폴로지 안에 있는 상황과 단말의 이동으로 인하여 서로 다른 토폴로지에 존재할 때로 나누어서 실험하였다. 검증은 IPAQ에 구현되어 있는 Ping 프로그램을 이용하였으며, 이 가운데 패킷이 이동하는 경로를 추적함으로써 확인할 수 있었다.



<그림 5. Ad-Hoc 네트워크 토폴로지>

첫 번째로 그림6은 현재 서로 다른 Ad-Hoc 단말이 같은 영역 내에서 서로 간에 정보를 교환할 수 있는 설정을 보이고 있다. 이때 IPAQ 단말의 라우팅 테이블을 보면 아래 그림과 같다. 그림 5에서와 같이 같은 토폴로지 내에 존재할 때는 Next Hop과 Destination이 동일한 모습을 확인할 수 있다. 이 그림은 현재의 토폴로지 안에 자신이 전송할 수 있는 단말이 2개 (192.168.1.5, 192.168.1.10) 있음을 인식하게 된다.

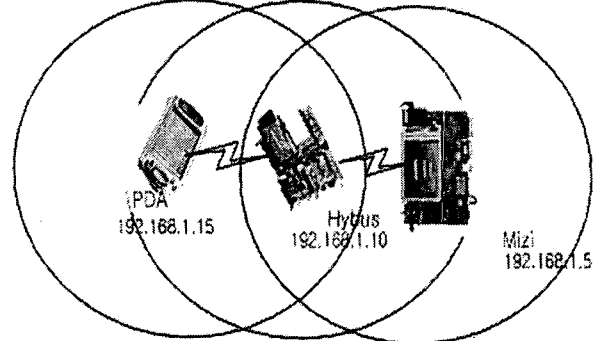
```
CNU nano 1.0.6      File: aodvd_rt.log
192.168.1.5  192.168.1.5  1  1  0  1709  0  eth0
192.168.1.10 192.168.1.10 1  1  0  1155  0  eth0
# Time: 23:10:13.750 IP: 192.168.1.15, seqno: 0
Destination  Next hop      H0  L0  Seqno  Expire  Flags  Iface  Precursors
192.168.1.5  192.168.1.5  1  1  0  1729  0  eth0
192.168.1.10 192.168.1.10 1  1  0  1225  0  eth0
# Time: 23:10:16.750 IP: 192.168.1.15, seqno: 0
Destination  Next hop      H0  L0  Seqno  Expire  Flags  Iface  Precursors
```

<그림 6. 토폴로지 이동 전 라우팅 테이블>

두 번째로 이 Ad-Hoc 단말들이 서로 이동하여 아래 그림7

과 같이 직접적으로 IPAQ -> Mizi 간에 정보를 주고 받을 수 없는 상황에 놓이게 될 경우를 고려한다.

그림 7과 같은 토폴로지로 변환된 환경 하에서 IPAQ 단말 (192.168.1.15) 에서 MIZI 단말(192.168.1.5) 로 ICMP 패킷을 주고 받는 것을 확인하도록 한다.



<그림 7. 단말의 이동으로 인한 토폴로지 변화>

그림 8에서 'RR'(routing route)로 시작하는 부분을 보게 되면 ping 프로그램을 통해 전달되는 ICMP 패킷이 IPAQ 단말 (192.168.1.15)에서 출발하여 Hybus 단말(192.168.1.10)을 거쳐 Mizi 단말(192.168.1.5)로 전달되고 거기에 대한 응답으로 ACK 패킷이 반대의 경로를 통하여 전달되는 것을 확인할 수 있다. 이를 통하여 우리는 AODV Ad-Hoc 프로토콜을 이용하여 현재 패킷을 전송하는 IPAQ 단말의 영역 내에 Mizi 단말이 있지 않음에도 패킷이 전송됨을 확인할 수 있다.

```
20 bytes from 192.168.1.5: icmp_seq=181 ttl=64
time=38541.2 ms
RR:  192.168.1.15
    192.168.1.10
    192.168.1.5
    192.168.1.5
    192.168.1.10
    192.168.1.15
```

<그림 8. IPAQ에서 Ping 실행 모습>

그림 9은 이때 IPAQ의 라우팅 테이블을 보이고 있다. 그림 9에서는 이전의 그림 6에서의 모습과는 다르게 Next Hop과 Destination이 다름을 확인할 수 있다. 이는 IPAQ 단말에서 전송된 ICMP 패킷이 중간의 Hybus 단말을 거쳐서 최종 목적지인 MIZI 단말로 이동되는 것을 나타내고 있는 것이다.

```
# Time: 23:16:39.470 IP: 192.168.1.15, seqno: 23
Destination  Next hop      H0  L0  Seqno  Expire  Flags  Iface  Precursors
192.168.1.5  192.168.1.10 2  255  10  2260  F  eth0
192.168.1.10 192.168.1.10 1  1  0  1631  H  eth0
# Time: 23:16:43.460 IP: 192.168.1.15, seqno: 23
Destination  Next hop      H0  L0  Seqno  Expire  Flags  Iface  Precursors
192.168.1.5  192.168.1.10 2  255  10  2250  F  eth0
192.168.1.10 192.168.1.10 1  1  0  1731  H  eth0
# Time: 23:16:45.490 IP: 192.168.1.15, seqno: 23
Destination  Next hop      H0  L0  Seqno  Expire  Flags  Iface  Precursors
```

<그림 9 토폴로지 이동 후 라우팅 테이블>

실험은 지리적인 제약과 장비(차량) 등을 이유로 실질적인

차량 탑승후 이동간에 측정하지는 못하였다. 사람이 단말을 들고 이동하는 가운데 측정하였지만, 이후 차량 내에서도 동일한 방식으로 진행되리라 예상된다.

## V. 결 론

차량을 이용한 서비스에 초유의 관심을 갖고 있는 가운데 텔레매틱스 기술은 꾸준히 발전하리라 예상된다.

Ad-Hoc 네트워킹 기술은 기존의 기지국이 없이도 단말끼리 통신을 할 수 있어서 이동성이 잦은 차량간 서비스를 제공하기 위하여 이용될 수 있다.

유선에서보다 특히 무선에서는 단말의 이동성을 고려해야 하기 때문에 실질적인 데이터 전송시 라우팅 프로토콜의 기능이 중요한 부분을 차지한다고 할 수 있다.

본 논문에서는 AODV 라우팅 기술을 이용하여 이동 시스템간의 데이터 서비스를 검증하였다. AODV 라우팅 기술은 근거리의 차량간 차량 정보를 주고받거나 교통정보등을 주고받으자 할때 이용될 수 있을 것이며, 향후 Ad-Hoc 라우팅 기술이 텔레매틱스에 적용됨에 있어서 좋은 예시가 될 수 있을 것이다.

이후에는 기존의 AODV 라우팅 기술을 발전하여 좀더 이동

성을 보장할 수 있는 라우팅 기술을 제안하고 또한 QoS를 보장하기 위한 기술들을 추가해야 하겠다.

## 참고문헌

1. 텔레매틱스 워크숍, 통신학회, 2002.11.
2. R. Kohno, "ITS and Mobile Multi-Media Communication in Japan", Proc. of Telecommunication Technique Workshop for ITS, May 2000.
3. C. E. Perkins and E. M. Royer. "Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing.", In Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA), pages 90-100, 1999
4. Charles E. Perkins and E. Royer "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", Jan. 19 , 2002. <<http://kahuna.telstra.net/ietf/ids/draft-ietf-manet-aodv-10.txt>>
5. C-K Toh "Ad Hoc Mobile Wireless Networks (Protocols And Systems)" 2002 Pentice Hall
6. The AODV-UU webpage, <http://www.ocs.uu.se/scanet/aodv/>