

# 이동 애드혹 네트워크에서 경로의 안정성 향상을 위한 경로 설정 방식

정회원 조인휘\*

## A Path Establishment Method for Improving Path Stability in Mobile Ad-Hoc Networks

Inwhee Joe\* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 대규모 무선 이동 애드혹 네트워크에서 소스 노드에서 목적지 노드로의 데이터 전송을 위한 경로 설정 시 안정적 경로 유지를 위한 경로 설정 방식을 제안한다. 이동 애드혹 네트워크에서 경로 설정 방법은 유선 네트워크의 경로 설정 방법과는 달리 노드의 이동성을 고려한 라우팅 알고리즘을 통해 경로를 설정하고, 설정된 경로를 통하여 데이터를 전송하게 된다. 하지만, 경로 설정 시 목적지에 가장 먼저 도달한 경로 설정 메시지만을 고려한 경로 설정 방법은 노드의 이동성으로 인한 경로 단절이 발생할 확률이 높고, 패킷 전송 시 패킷 손실이나 지연이 발생할 확률이 크다. 특히 노드의 제어 및 안정적 데이터를 전송하기 위한 경로가 불안정적일 경우 큰 문제가 발생될 수 있다. 그래서 본 논문에서는 소스 노드에서 목적지 노드로의 경로 설정 시 노드의 이동성을 고려함으로써 패킷 전송 시 발생할 수 있는 노드 간 경로 단절 및 패킷 손실 등을 최소화 하는 방식을 제안 한다. 제안한 프로토콜은 노드의 이동 속도를 바탕으로 목적지에서 다수의 RREQ 메시지를 수신하고, MinMax 알고리즘을 통하여 적합한 경로를 선정하게 된다.

**Key Words** : Path Establishment, Path Stability, Node Speed, Mobile Ad-Hoc Networks

### ABSTRACT

This paper proposes a routing establishment method for improving path stability in mobile ad-hoc networks. In mobile ad-hoc networks, the network topology is highly dynamic due to the node mobility unlike wired networks. Since the existing methods are based on the shortest path algorithm with the minimum hop count regardless of the path stability, it could lead to packet loss and path disconnection in mobile ad-hoc networks. In particular, if control packets and critical data are transmitted on the unstable path, it causes serious problems. Therefore, this paper proposes one approach in order to minimize packet loss and path disconnection by considering the node mobility. After the destination node receives multiple RREQ messages, it selects the stable path through the proposed MinMax algorithm according to the node speed.

### I. 서 론

최근 이동통신 기술을 사용한 무선 네트워크는 기

술 개발과 함께 많은 변화와 다양한 기술이 등장하고 있다. 그 중 애드혹 네트워크 기술은 기지국과 무선 AP(Access point) 등의 무선 인프라를 사용하

\* 한양대학교 정보통신학부 이동네트워크 연구실 (iwjoe@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-12-535, 접수일자 : 2006년 12월 16일, 최종논문접수일자 : 2007년 8월 30일

지 않고, 1개 이상의 무선 주파수 채널에 의해 무선으로 연결된 단지 이동 가능한 다수의 노드들로 구성된다. 즉, 고정된 기반 망의 도움 없이 무선 인터페이스를 통해 네트워크 노드들 간에 자율적으로 구성하는 망으로써, 네트워크의 자율성과 융통성을 부여한 네트워크이다.

이동 애드혹 네트워크는 노드의 잦은 이동 및 상태 변화로 인하여 네트워크를 형성하는 노드의 구성이 자주 바뀔 뿐 만 아니라 기존의 네트워크 환경과는 달리 불안정한 상태로 존재하게 된다. 네트워크 망 구성이 수시로 바뀌기 때문에 일정한 전송 경로를 유지하기 어렵다.

한 노드에서 목적지 노드를 향해 패킷 전송시 경로 설정 후 목적지 노드를 향해 데이터를 전송하게 된다. 이때, 노드의 이동성으로 인하여 경로 설정 후 경로 상에 존재하는 소스 노드에서 목적지 노드 사이의 연결이 끊어지거나 경로에 장애가 발생하여 기존에 설정한 경로를 재설정해야 될 뿐만 아니라 중요한 데이터 전송시 심각한 문제가 발생 될 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 경로 설정시 노드의 이동성을 고려한 경로 설정으로 설정된 경로의 지속성 및 안정성을 높여야 한다<sup>[2]</sup>.

이와 같은 상황에서 본 논문에서는 대규모 이동 노드로 구성된 애드혹 네트워크에서 안정적인 데이터 전송을 위한 프로토콜을 살펴보고, 경로 설정시 노드의 이동속도 및 최소 비용을 고려한 경로 설정 방법을 제안한다. II장에서는 안정적 경로 유지를 위한 경로 설정 방식에 대하여 살펴보고, III장에서는 시뮬레이션을 보이고, IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 경로의 안정성 향상을 위한 경로 설정 방식

### 2.1 제안 경로 설정 알고리즘

본 논문에서는 기존 프로토콜의 단점을 보완하여 목적지 노드에서 가장 빨리 도착한 경로 설정 (RREQ: Route Request) 메시지만을 선택하는 것이 아니라 다수의 경로 설정 메시지를 수신하여 저장한 후, 각 경로 메시지를 분석하여 노드의 이동 속도를 고려하고 경로를 선택하는 경로 설정 방법을 제안한다.

제안한 경로 설정 알고리즘은 각 RREQ 메시지가 지나는 노드의 이동 속도 정보가 함께 추가되어 일정 시간 안에 도착한 RREQ 메시지를 목적지 노드의 버퍼에 각각 저장하게 된다.

그림 1은 이동 속도를 고려하여 경로를 선택하는 제안 경로 설정 방식을 보여준다. 즉, S120에서 소

스 노드에서 중간 노드를 거친 RREQ 메시지를 수신한 목적지 노드는 수신한 RREQ 메시지를 자신의 버퍼에 저장하고, 그 후 S130에서 임의로 정한 일정 시간 안에 도착하는 RREQ 메시지를 저장하며 Timeout 이후 도착하는 RREQ 메시지는 삭제하게 된다. 다시 말해서, 최초 RREQ 메시지를 수신 후 일정 시간 안에 도착하는 RREQ 메시지를 목적지 노드의 버퍼에 저장하게 된다.

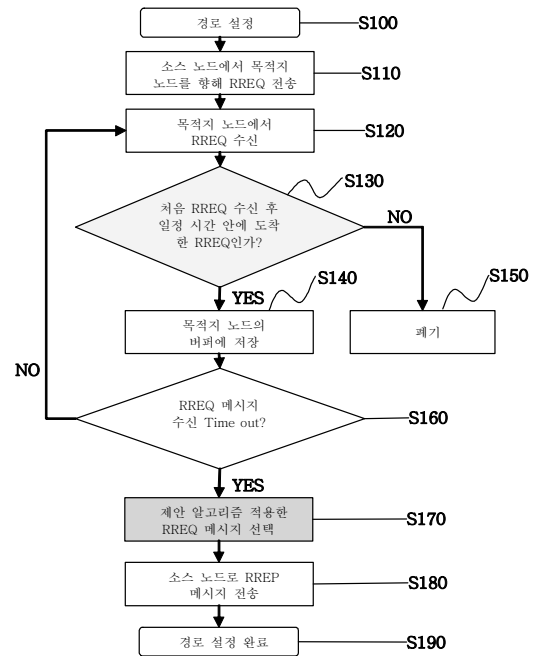


그림 1. 제안 경로 설정 방식

목적지 노드에서 일정시간동안 수신하는 RREQ 메시지를 수신하는 Timeout은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$Timeout \propto \{hop\_count, average\_velocity\_of\_nodes\} \quad (1)$$

목적지 노드에서 수신하는 RREQ 메시지의 수신 시간은 위에서 정의하는 것과 같이 RREQ 메시지가 거쳐 온 중간 노드의 수와 각 중간 노드들의 평균 속도에 비례하여 Timeout 시간을 설정할 수 있다.

S160에서 일정 시간 후 Timeout이 되면 목적지 노드가 수신한 각각의 RREQ 메시지들에 기록된 중간 노드들의 이동 속도 값을 기반으로 각 경로 메시지의 이동 속도관련 품질(QoS)을 본 논문에서 경로의 안정성 향상을 위해서 제안하는 MinMax 알고리

즘을 적용하여 비교하게 된다.

S170에서 연결성(Connectivity)이 가장 긴 RREQ 메시지를 선택하기 위하여 각 저장된 경로 설정 메시지 별로 각 경로 설정 메시지가 거처온 노드들 중 이동 속도가 가장 큰 값을 각각 검출하고, 검출된 각각의 최고 이동 속도 중 가장 작은 속도를 갖는 RREQ 메시지를 선택하게 된다. 그 후 선택한 경로 설정 메시지를 토대로 소스 노드를 향해 RREQ 메시지를 전송하게 된다. 결국 각 경로 설정 메시지의 최고 이동 속도들 중 가장 작은 이동 속도를 가진 경로를 선택하게 된다.

S200에서 제안 알고리즘을 적용한 RREQ 메시지 선택 알고리즘은 다음 그림 2와 같다.

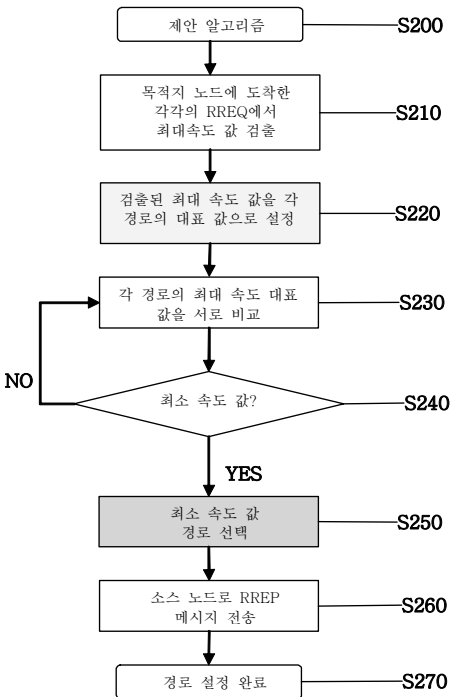


그림 2. 제안 MinMax 알고리즘

그림 3의 의사 코드에서 보듯이 먼저 목적지 노드의 버퍼에서 노드의 이동 속도 정보가 추가된 각각의 RREQ를 저장하고, 저장된 각각의 RREQ 메시지가 지나온 노드들 중 가장 이동 속도가 큰 값을 각각 검출하고, 각 RREQ 메시지를 대표하는 각각의 속도 값을 다시 비교하여 그 중 가장 작은 속도 값을 갖는 경로를 검출하게 되어, 검출된 경로를 토대로 RREP(Route Reply) 메시지를 작성하여 소스 노드에게 전달하게 된다.

```

Function Minimum Mobile Velocity (Num_node, Sour, Dest)
  Max_speed ← 0
  for i ← 0 to Num_node
    for j ← 0 to Num_node
      if buffer[i][j] != Dest
        tmp ← buffer[i][j]
        if node[tmp].speed > Max_speed
          Max_speed ← node[tmp].speed
        temp_speed[i] ← Max_speed
    for i ← 0 to Num_node
      if temp_speed[i] < compare_speed
        compare_speed ← temp_speed[i]
        Select_Path ← i
  return Select_Path
  
```

그림 3. 제안 알고리즘 의사 코드

RREP 메시지를 수신한 소스 노드는 RREP 메시지를 참조하여 목적지 노드로 전송할 패킷 헤더에 경로를 설정하고, 설정된 경로를 따라 데이터를 전송하게 된다.

이동 속도가 높은 노드가 속한 경로는 경로 단절 및 패킷 손실 등의 문제에 쉽게 노출됨으로, 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 최대 이동 속도가 작은 경로를 선택함으로써 노드의 이동성으로 발생할 수 있는 문제를 최소화 할 수 있다.

### 2.2 제안 경로 설정 방식의 메시지 구조

본 논문에서는 Reactive 애드혹 라우팅 프로토콜 중 DSR 프로토콜을 사용하였다. DSR 프로토콜은 이동 애드혹 네트워크에서 AODV 프로토콜에 비하여 전송 지연 측면에서 좀 더 우수한 성능을 보일 뿐만 아니라, 경로 설정 메시지 전송시 RREQ 메시지 헤더에 중간 노드의 주소를 기입하여 RREQ 메시지가 전송되는 중간 노드의 주소 정보 및 이동 속도 정보를 목적지 노드로 전달하기 용이하다. 또한 DSR 라우팅 프로토콜은 라우팅 테이블을 사용하여 여러 경로의 노드 정보를 보유하여 다중 경로를 유지하는데 유리하므로 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 변형된 DSR 프로토콜을 적용하였다.

NS-2 시뮬레이터를 사용하여 DSR 프로토콜과 AODV 프로토콜을 비교한 실험 환경과 실험 결과는 다음과 같다.

- Node Number : 10, 30, 50, 70, 90
- Connection : 10
- Moving Rate : 4 m/s

- Size : 670 X 670
- Simulation Time : 1000s
- Pause Time : 600s

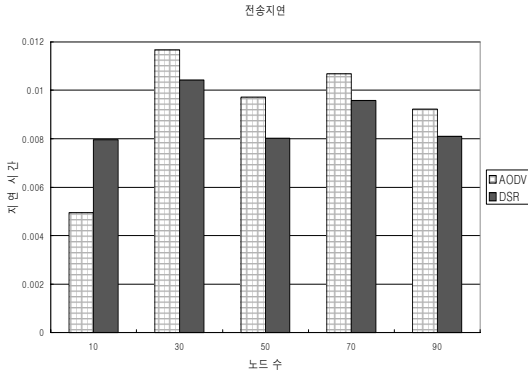


그림 4. AODV와 DSR의 전송지연 비교

$$Average\_delay = \frac{\sum time\_of\_packet(destination\_receive - source\_send)}{the\_number\_of\_data\_packets} \quad (2)$$

DSR 프로토콜은 경로 설정 메시지 전송시 RREQ 메시지 헤더에 중간 노드의 주소를 기입하여 RREQ 메시지가 전송되는 중간 노드의 주소 정보 및 이동 속도 정보를 목적지 노드로 전달하기 용이하다. 또한 DSR 라우팅 프로토콜은 라우팅 테이블을 사용하여 여러 경로의 노드 정보를 보유하여 다중 경로를 유지하는데 유리하므로 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 변형된 RREQ 메시지를 적용하였다.

이동 애드혹 네트워크는 노드의 이동성으로 인하여 네트워크의 환경이 쉽게 변하므로, 기존의 방법으로 소스 노드에서 목적지 노드 사이에 설정한 경로는 노드의 이동으로 인하여 경로가 쉽게 깨지게 된다. 그래서, 경로 설정시 노드의 이동 속도 정보를 기반으로 경로를 설정하기 위하여 RREQ 메시지의 헤더 필드에 각 노드의 속도 정보를 기입하여 목적지 노드를 향해 RREQ 메시지를 전송하게 되고, 목적지 노드에서 제안한 알고리즘을 적용하여 이동 속도를 고려한 경로를 선택하게 된다.

제안하는 경로 설정 메시지 헤더 필드는 다음 그림 5와 같다.

변형된 DSR 프로토콜 경로 설정 메시지 헤더에 기입하게 될 노드의 이동 속도 정보를 기입하기 위한 노드의 이동 속도 측정 방법으로는 크게 3가지 방법이 있다.

| Option type    | Opt Data Len |  | Identification |
|----------------|--------------|--|----------------|
| Target Address |              |  |                |
| Address[1]     |              |  |                |
| Velocity[1]    |              |  |                |
| Address[2]     |              |  |                |
| Velocity[2]    |              |  |                |
| ...            |              |  |                |
| Address[n]     |              |  |                |
| Velocity[n]    |              |  |                |

그림 5. 제안 DSR RREQ 메시지 구조

첫 번째는 GPS를 이용한 노드의 이동 속도 측정 방법이다. 이 방법은 노드에 각각 GPS 모듈을 장착하여 각각의 이동 속도를 측정 할 수 있다.

두 번째로는 기지국과 같은 고정된 장치를 이용하여 신호를 주고 받음으로써 이동 노드의 속도를 측정하는 방법이 있다. 고정 장치를 이용한 이동 노드의 속도 측정 방법으로는 다음과 같은 방법을 사용한다<sup>6)[7]</sup>.

두 개의 고정 기지국으로부터 송출하는 신호를 수신하는 이동 단말이 그 송신 신호의 강도를 측정하고, 측정된 신호 강도로부터 이동 단말의 위치를 추정하여, 이동 거리에 대한 소모 시간의 관계로부터 이동 속도를 검출하는 방법과, 수신신호의 일정 시간에 전기장 강도의 변화로부터 fading 주기를 검출하

고, 무선파장  $\lambda$ 과 이동속도와의 관계식  $f = \frac{v}{\lambda}$ 로부터 이동 속도를 검출하는 방법과, 무선-기지국이 이동단말로부터 burst 파를 수신하고, 기지국에서 다시 burst 파를 이동 단말로 송출하여, 이동 단말과 기지국의 거리변화를 검출하고, 그 단위 시간당 지연시간을 통하여 이동 단말의 속도를 측정하는 방법 등이 있다.

세 번째로, 이동 노드에 부착한 센서를 이용한 노드의 이동 속도 측정 방법이다. 이 방법은 자이로 센서(중력에 대한 기울기 측정)를 통해 각속도를 측정하고, 선형 가속도 측정을 위한 가속도 측정부와 이로부터 얻은 측정값을 처리하여 3차원적인 가속도 벡터 및 각속도 벡터를 구하고, 구해진 각 벡터들을 일정시간으로 적분하고 이동속도의 크기를 연산하여 이동속도 측정하게 된다<sup>8)</sup>.

위의 3가지 방법 중 적합한 방법을 선택하여 경로 설정 메시지에 노드의 이동 속도 정보를 기입하게 된다.

### Ⅲ. 시뮬레이션

앞서 제안한 대규모 이동 노드로 구성된 애드혹 네트워크 환경에서 경로 설정시 노드의 이동 속도를 고려하여 경로를 선택하고, 선택한 경로를 통하여 소스 노드에서 목적지 노드를 향해 데이터를 전송한다. 실험은 NS-2 시뮬레이터에서 노드의 이동 속도로 인한 네트워크의 문제점을 실험을 통하여 알아보고, 이동 속도를 고려하여 설정한 경로의 연결성(connectivity)의 지속성을 측정하였다.

애드혹 네트워크에서 소스 노드에서 목적지 노드로의 경로 설정시 노드의 이동성으로 인한 설정된 경로의 영향을 실험을 통하여 알아보았다.

NS-2 시뮬레이션을 동작시키기 위한 실험 환경은 다음과 같다.

표 1. NS-2 시뮬레이션 환경 설정

| 노드 수 | Max connect | Max speed | 사이즈       | simul time | pause time |
|------|-------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 50   | 10          | 4         | 1000x1000 | 1000       | 10         |
| 50   | 10          | 4         | 1000x1000 | 1000       | 100        |
| 50   | 10          | 4         | 1000x1000 | 1000       | 300        |
| 50   | 10          | 4         | 1000x1000 | 1000       | 500        |

위에서 pause time을 변화 시킨 것은 pause time이 작을수록 노드의 이동 속도가 커지는 특성을 이용하여 pause time을 변화시켜 Destination unreachables, Route changes 및 Link changes를 측정하였다.

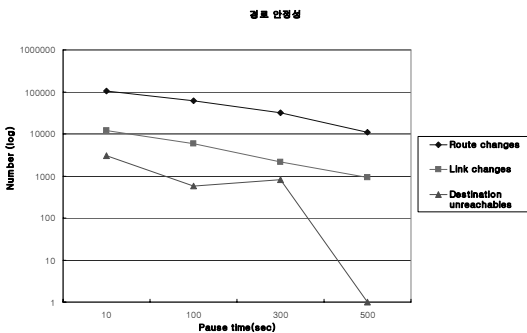


그림 6. 노드 이동성에 따른 경로의 안정성 평가

Pause time이 작으면 작을수록 NS-2 시뮬레이션에서 노드의 이동 속도는 증가하게 된다. 그 결과 노드의 이동 속도가 높을수록 경로의 Destination unreachables, Route changes 및 Link changes가 횟수가 높아짐을 알 수 있다. 그러므로 pause time이

갈어지면 질수록 노드의 이동 속도가 작아지게 되어 경로가 좀 더 안정적이게 된다.

경로 설정시 버퍼에 저장된 경로 설정 메시지들 중 최소 hop count 만을 고려한 방법과 노드의 이동 속도를 고려한 경로 설정 방법을 비교하기 위하여 다음과 같이 실험 환경을 설정하였다.

- 각 노드의 이동속도 : 0 ~ 5m/s, 0~10m/s, 0~15m/s, 0~20m/s, 0~25m/s
- 네트워크 사이즈 : 1000 x 1000m
- 전파 거리 : 300m
- 노드 개수 : 200

소스 노드에서 목적지 노드 사이에 경로 설정시 목적지 노드에서 가장 먼저 수신한 경로 설정 메시지에 대한 응답 메시지를 참조하여 경로 설정을 수행하게 되는데 이를 토대로 기존의 경로 설정 방법으로 목적지 노드에서 수신한 다수의 경로 중 최소 hop count를 갖는 경로와 각 경로의 가장 큰 이동 속도 값을 비교하여 이동 속도가 작은 경로를 소스 노드에서 목적지 노드로의 경로로 선정한 경로를 비교한 결과가 다음과 같다.

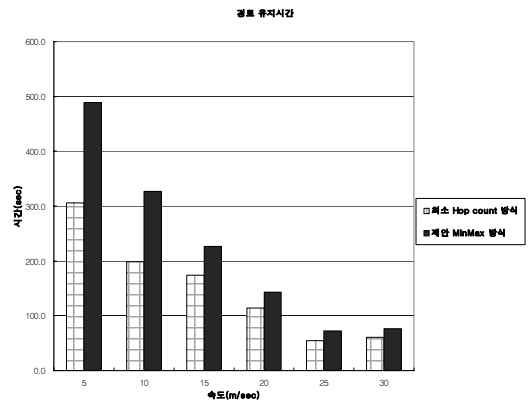


그림 7. 최소 hop count 방식과 제한 방식의 경로 안정성 비교

최소 hop count를 고려한 경로는 일반적인 애드혹 프로토콜에서 경로 설정 수행시 경로 설정 될 확률이 높다. 왜냐하면, 각 노드에서 RREQ 메시지 수신시 RREQ 메시지 수신 후 나중에 도착하는 RREQ 메시지를 폐기함으로 일반적인 애드혹 프로토콜에서의 경로 선택 방법과 유사하다.

위 실험 결과 최소 hop count를 고려한 경로에 비해 노드의 이동 속도를 고려한 방법이 경로 유지

시간에서 우수한 성능을 보인다. 왜냐하면, 목적지 노드에서 수신한 각 RREQ 메시지들의 최대 이동 속도 값들 중 가장 작은 이동 속도 값을 갖는 RREQ 메시지를 선택함으로써 노드의 이동으로 인한 경로 단절이 다른 경로를 선택했을 때보다 줄어들게 된다.

그러므로 소스 노드에서 목적지 노드로의 신뢰성 있는 데이터 전송이나 중요 제어 관련 패킷을 전송하는데 제안한 알고리즘을 사용하는 것이 안정적이고, 좀 더 지속적으로 경로를 유지하며 소스 노드에서 목적지 노드로의 패킷을 전송하는데 오랫동안 경로를 유지하게 된다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 앞서 실험 결과에 따라 경로 설정 시 소스 노드에서 목적지 노드로 송신하는 경로 설정 메시지를 수신하는 중간 노드들은 자신의 이동 속도 정보를 경로 설정 메시지에 추가하여 목적지 노드를 향해 전송하고, 목적지 노드에서는 다수의 경로 설정 메시지를 수신하여 저장하고, 일정 시간 후 저장된 경로 설정 메시지로부터 노드의 이동 속도가 적은 경로를 선택하여 선택된 경로에 대한 경로 응답 메시지를 소스 노드로 송신하여 경로를 설정하는 방법을 제안하였다.

노드의 이동 속도에 따른 경로 설정 방법을 실험을 통하여 다수의 경로 설정 메시지에서 최소 hop count를 갖는 경로 설정 메시지와 각 경로 설정 메시지에서 갖는 노드의 이동 속도 중 최고의 이동 속도들 중에서 작은 값을 갖는 경로 설정 메시지를 선택하여 경로 유지 시간을 비교하였고, 노드의 이동성을 고려한 경로가 경로 유지 측면에서 우수하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] D.B. Johnson, Y. Hu and D.A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4", IETF RFC 4728, Feb. 2007.

[2] H. Ehsan and Z.A. Uzmi, "Performance Comparison of Ad Hoc Wireless Network Routing Protocols", INMIC 2004, Multitopic Conference, Dec. 2004.

[3] C.E. Perkins, E.M. Belding-Royer, and S. Das, "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV)

Routing", IETF RFC 3561, July 2003.

[4] S.R. Chaudhry, et al., "A Performance Comparison of Multi On Demand Routing in Wireless Ad Hoc Networks", WiMob'2005, Wireless & Mobile Computing, Networking and Communications, Aug. 2005.

[5] F. Bertocchi, P. Bergamo, G. Mazzini and M. Zorzi, "Performance Comparison of Routing Protocols for Ad Hoc Networks", GLOBECOM 2003, pp. 1033-1037, Dec. 2003.

[6] C. Xiao, K.D. Mann and J.C. Olivier, "Mobile Speed Estimation for TDMA-Based Hierarchical Cellular Systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 50 pp. 981-991, July. 2001.

[7] O. Masaaki, "Moving-Speed Detection Apparatus", Japan Patent Number JP2931771 B2, Aug. 1999.

[8] H. Hong and K. Lee, "Method and Apparatus for Measuring Speed of Moving Body using Accelerometer", United States Patent Number US6928382 B2, Aug. 2005.

[9] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad hoc Networking (MANET) : Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations", IETF RFC 2501, Jan. 1999.

조 인 휘 (Inwhee Joe)

정회원



1983년 2월 한양대학교 전자 공학과 졸업  
 1994년 12월 미국 University of Arizona, Electrical and Computer Engineering, M.S.  
 1998년 9월 미국 Georgia Tech, Electrical and Computer Engineering, Ph.D.

1992년 12월 (주) 테이콤 종합연구소 선임연구원  
 2000년 6월 미국 Oak Ridge 국립연구소 연구원  
 2002년 8월 미국 Bellcore Lab (Telcordia) 연구원  
 2002년 9월~현재 한양대학교 정보통신학부 부교수  
 <관심분야> Mobile Internet, Cellular System and PCS, Sensor Networks, Mobility Management