

# Ad hoc 네트워크에서의 양방향 경로탐색을 이용한 경로복구 개선 방안

## (An Improved Route Recovery using Bidirectional Searching Method for Ad hoc Networks)

한 호 연 <sup>†</sup>                      남 두 희 <sup>\*\*</sup>                      김 승 천 <sup>\*\*\*</sup>  
(Hoyeon Han)                      (Doohee Nam)                      (Seungcheon Kim)

**요 약** 애드혹 네트워크는 기반 시설이나 사전 설정 작업 없이 간단하게 네트워크 구성할 수 있어 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적합한 통신 환경으로 각광받고 있다. 애드혹 네트워크에서는 기존 네트워크와는 달리 라우터와 같은 데이터 전송 경로를 관리하는 시스템이 없어, 노드의 이동으로 발생하는 링크 손실 문제를 해결할 수 있는 경로 복구 메커니즘이 큰 비중을 차지하고 있다. 본 논문에서는 AODV 기반 양방향 경로 탐색을 이용한 경로 복구 기법을 제안한다. 기존 AODV의 제한된 지역 복구 범위와는 달리, 링크 손실 지점을 기준으로 상/하류부에서 양방향 경로 복구를 시도하여 네트워크 전역에서 수행될 수 있는 지역 복구 기법을 제시한다. 또한 경로 복구 과정에서 발생하는 경로 요청 메시지의 플러딩을 제한하여, 지역 복구에 드는 비용을 최소화하였다. 제안하는 기법의 성능 평가를 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 전체 노드 수와 노드의 이동속도를 변경하는 두 가지 시나리오에서 제어 트래픽 오버헤드와 데이터 전송율을 측정하여 기존 AODV 및 다중 경로 탐색 프로토콜과의 성능 평가를 실시하였다.

**키워드** : 경로복구, 양방향 경로탐색, 애드혹 네트워크, Ad hoc, AODV, AOMDV

**Abstract** Since the ad-hoc network allow nodes to communicate each other without infrastructure system and predefined configuration, it comes into the spotlight that is suitable to ubiquitous society. In ad-hoc network, route recovery mechanism is considered important. Normally route recovery is needed to solve the link failure problem because there is no route maintaining system like a router in ad-hoc networks. In this paper we propose BS-AODV(Bidirectional Searching-AODV) route recovery method. The proposed method is a local repair method that can be applied in all of the network area. Unlike a limited local repair method in AODV, the proposed method adopts the bidirectional searching method where the upstream/downstream nodes can send the route maintenance messages. Restricting the flooding of route request messages, the proposed scheme attempts to minimize the costs of local repair. the performance of the proposed scheme is evaluated through the simulations. In two scenarios which variate the node numbers and node speed, the comparison among the proposed scheme, AODV and AOMDV is shown in terms of the control traffic and data delivery ratio.

**Key words** : route recovery, bidirectional route searching, ad hoc network, AODV, AOMDV

· 본 연구는 2009년도 한성대학교 교내연구비 지원과제임

<sup>†</sup> 비 회 원 : 한성대학교 정보시스템공학과  
hyhan061@gmail.com

<sup>\*\*</sup> 비 회 원 : 한성대학교 정보시스템공학과 교수  
doohee@hansung.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 정 회 원 : 한성대학교 정보통신공학과 교수  
kimsc@hansung.ac.kr

논문접수 : 2009년 3월 20일

심사완료 : 2009년 11월 30일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제37권 제1호(2010.2)

## 1. 서론

애드혹 네트워크는 네트워크 전체를 관리하는 시설 없이 자체적인 망을 구성하므로 언제 어디서나 네트워크 구성이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 네트워크의 범위가 제한적이지 않아 거리에 상관없이 데이터 전송이 가능하다. 또한 복잡한 사전 설정 작업 없이도 둘 이상의 통신 단말기만 있다면 언제 어디서나 손쉽게 네트워크를 구성할 수 있다. 반면, 애드혹 네트워크는 네트워크 관리에 대한 책임이 각 노드들에게 분산되어 있기 때문에 기존의 네트워크에서 사용되었던 통신 기법들을 그대로 적용하기 어렵다. 특히 라우팅의 경우, 통신 노드들의 이동으로 링크 손실(Link Failure) 현상이 빈번하게 발생되고 있어 이에 대한 해결 방안이 필요한 실정이다.

애드혹 네트워크에서 사용되고 있는 여러 표준 프로토콜과 여러 연구들에서 이런 링크 손실 문제를 해결하고자 하는 여러 기법들이 제시되었다. 하지만 지금까지 제시된 기법들은 경로 복구시 발생하는 제어 패킷으로 네트워크 혼잡을 유발하거나, 복구 시간이 지연되는 등 아직 개선되어야 할 점들이 많은 실정이다.

본 연구에서는 애드혹 네트워크에서 널리 쓰이고 있는 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)[1] 라우팅 프로토콜을 기반으로 통신 중에 발생하는 경로 손실 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 양방향 탐색 경로 복구 기법(Bidirectional Searching Route Recovery, BS-AODV)을 제시한다. 양방향 탐색을 통해 기존의 AODV 프로토콜에서 제시하고 있는 지역적 복구 기법(local repair)의 적용 범위를 확대하고, 플러딩(Flooding) 제한 기법으로 브로드캐스트 패킷 비용을 최소화시켜 네트워크 혼잡으로 인한 데이터 손실을 줄이고자 한다.

논문 구성은 다음과 같다. 2절에서는 AODV 라우팅 프로토콜과 경로 복구에 대한 기존 연구를 검토하고, 3절에서는 본 연구에서 제안하고자 하는 프로토콜을 설명한다. 4절에서는 시뮬레이션을 통해 제안 프로토콜의 성능을 평가하고, 5절에서는 결론 및 향후 과제를 제시한다.

## 2. 기존 연구

AODV는 대표적인 요구 기반(On-Demand) 방식의 라우팅 프로토콜로 기존 DSDV(Destination-Sequenced Distance-Vector)[2]의 목적지 일련번호(Destination Sequence Number)와 DSR(Dynamic Source Routing)[3]의 발신지 기반 라우팅 기법을 혼합하여 데이터 전송이 필요한 통신 경로만을 유지한다. 다른 모든 노드로의

라우팅 경로 정보를 유지하는 Table-driven 방식과는 달리 라우팅 정보를 모든 노드에 균등하게 분산시킴으로써, 제어 메시지로 인한 네트워크 트래픽을 최소화한다.

AODV는 크게 3가지 특징을 가지고 있다. 첫째, Hop-by-Hop 라우팅 방식을 사용한다. 네트워크의 노드들은 어떤 경로 상에서 이전 홉(Hop)과 다음 홉에 대한 경로 정보만을 유지한다. 둘째, 출발지 기반 경로 메커니즘을 제시하고 있다. 어떤 지점에서 링크 손실이 발생되면 이에 대한 에러 메시지가 경로의 출발지로 전송되면서, 해당 경로 선상에 있는 모든 노드들의 경로 정보가 삭제 또는 무효화된다. 에러 메시지를 수신한 출발지는 경로를 복구하기 위한 경로 요청 메시지를 브로드캐스트하여 기존 목적지까지의 경로를 탐색한다. 마지막으로, 경로 복구 과정에서 발생하는 제어 메시지를 줄이기 위한 지역 복구 메커니즘을 제시한다. 링크 손실이 발생한 지점이 출발지보다 목적지에 가까운 경우, 지역 복구 기법으로 경로가 복원된다. 출발지부터 링크 손실 지점까지의 경로는 유효하므로, 링크 손실 지점에서 목적지까지 경로 요청 메시지를 브로드캐스트하여 경로를 복원할 수 있다.

AODV에서는 RREQ(Route Request), RREP(Route Reply), RERR(Route Error) 패킷을 통해 데이터 전송 경로를 관리한다. RREQ 패킷은 경로 요청 메시지로써, 경로 탐색을 시작하는 출발지와 최종 목적지가 기록되어 출발지 노드에서부터 브로드캐스트 방식으로 인접 노드로 전달된다. RREP 패킷은 RREQ 패킷에 대한 응답 메시지로써, 경로 설정 확인 정보와 목적지 일련번호 등을 담고 있다. RERR 패킷은 이웃 노드와의 링크 손실이 발생했을 때 해당 경로 상의 중간 노드들을 통해 출발지로 전송된다.

기본적인 AODV 프로토콜에서는 링크 손실이 발생했을 때, 목적지까지의 홉수와 출발지까지의 홉수를 비교하여 지역 복구 수행 여부를 확인한다. 목적지가 출발지보다 가까운 경우, 링크 손실을 감지한 노드는 목적지로 RREQ를 브로드캐스트하여 지역 복구를 수행한다. 출발지가 목적지보다 가까운 경우에는, 출발지까지 RERR 메시지를 유니캐스트로 전송하여 출발지부터 재탐색 과정을 수행한다.

AODV의 경로 복구 메커니즘은 많은 수의 브로드캐스트 패킷을 발생시키므로 네트워크 혼잡과 데이터 손실을 유발하고 있다[4,5]. 이러한 AODV의 경로 복구 기법을 개선하기 위한 여러 연구들이 진행되고 있다. 기존의 AODV에서 사용하던 지역 복구 기법에서의 목적지 일련 번호 확인과 추가적으로 목적지 노드까지의 홉수를 비교하여 링크 손실이 발생되기 전의 경로를 최대한 활용하는 경로 복구 기법이 연구된 바 있다[6]. 또한,

지역적 복구 과정에 있어 RREQ 패킷의 플러딩을 제한하고 목적지까지의 홉수를 비교하여 RREP 패킷을 생성하는 범위 제한적 지역 복구 기법이 제안되었다[7]. 단일 경로만을 탐색하는 AODV와는 달리 차선 경로를 탐색하여 경로 손실 시 대체 수단으로 이용하는 AOMDV는 기존 AODV에 비해 뛰어난 성능 개선을 보인 것으로 나타났다[8,9]. 이 외에도 노드/링크 비중첩 다중 경로 탐색 기법[10], 통신 신호 세기를 이용한 사전 링크 손실 감지 기법[11] 등 다방면으로 연구가 진행되었다.

### 3. 제안 프로토콜

본 연구에서는 기존의 AODV의 지역 복구 기법을 개선하여 양방향 경로 탐색을 이용한 경로 복구 기법을 제안한다. 이웃 노드와의 링크 손실을 감지한 노드 중 해당 경로에서 출발지와 가까운 쪽을 상류부 노드(Upstream node)로, 목적지와 가까운 쪽을 하류부 노드(Downstream node)로 정의하여 두 노드 사이에서의 플러딩 과정과 경로 추적을 통해 지역 복구를 시도한다.

양방향 경로 탐색과 경로 응답 메시지를 위해 기본적으로 AODV에서 쓰이는 메시지 외에 B-RREQ, B-RREP 2가지 메시지를 사용하였다. B-RREQ는 경로 손실을 감지한 상류부/하류부 노드에서 전송하는 메시지이다. 기존 RREQ 메시지에 발신지 IP 주소(B-RREQ Source IP Address)와 상류부/하류부 노드를 식별하기 위한 필드를 예약 필드로 추가하였다. B-RREP는 각각 상류부/하류부에서 전송한 B-RREQ 메시지를 수신하고 이에 대한 경로 정보를 다시 상류부로 전달하기 위한 메시지이다. 각 메시지 헤더 구조는 그림 1, 그림 2와 같다.

본 연구에서 제안하는 기법은 총 6단계에 걸쳐 수행된다. 6단계는 경로 손실 감지, 에러 메시지 전송, 지역 경로 탐색, 경로 정보 응답, 경로 정보 전달, 전체 경로 복원 단계로 이루어진다.

첫 번째 단계인 경로 손실 감지는 주기적인 패킷 교

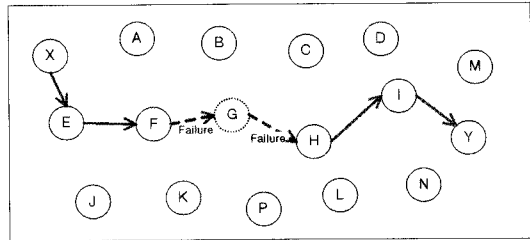


그림 3 경로 손실 감지 단계

환을 통해 이루어진다. 일정 시간동안 이웃 노드로부터의 Hello 패킷이 수신되지 않을 시 해당 노드와의 링크가 손실되었다고 판단한다. 그림 3에서와 같이 X->Y로의 전체 경로 중 노드 G가 어떤 이유로 인해 네트워크 범위 내에서 사라진 경우, 노드 G와 연결된 노드 F, H는 링크 손실 사실을 확인할 수 있다. 여기서 손실된 노드 G를 기준으로 송신지 X와 가까운 노드 F를 상류부 노드, 목적지 Y와 가까운 노드 H를 하류부 노드로 정의한다.

에러 메시지 전송 단계에서는 상류부/하류부 노드에서 각각 송신지/목적지로 RERR 메시지를 전송한다. 이는 경로 복구 중 추가적인 데이터 전송을 막기 위한 방법으로써 RERR 메시지가 송신지/목적지로 전달되면서 상류부/하류부 노드를 제외한 경로 상의 모든 노드들에서 해당 경로에 대한 정보를 무효화한다. 그림 4에서는 F, H 노드가 각각 X, Y 노드로 RERR 메시지를 전송하여 중간 경로들을 무효화하고 있다.

지역 경로 탐색에서는 실질적인 경로 설정을 위한 요청 패킷이 전송된다. 양방향 경로 탐색을 위한 B-RREQ 메시지는 상류부와 하류부 노드에서 생성되어 전송된다. B-RREQ 메시지는 TTL 값을 2로 주변 노드에 브로드캐스트 형식으로 전송된다. 이는 패킷의 플러딩 범위를 2홉으로 제한함으로써 1홉간의 경로 손실을 복구하는데 소요되는 브로드캐스트 전송을 최소화시키기 위함이다.

그림 5에서는 B-RREQ(A)와 B-RREQ(B)가 각각 F, H로부터 2홉 범위내에 있는 노드들까지 전송됨을 보여준다. 노드 A의 경우, 1홉 거리에 있는 F로부터 B-RREQ

|      |  |           |  |               |  |           |  |           |  |   |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |   |  |  |  |  |  |  |  |                             |  |   |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|--|-----------|--|---------------|--|-----------|--|-----------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|------------------------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0    |  |           |  |               |  |           |  |           |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |                        |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |                             |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Type |  | J R G D U |  | Up/Downstream |  | Hop Count |  | B-RREQ ID |  |   |  |  |  |  |  |  |  | Destination IP Address |  |   |  |  |  |  |  |  |  | Destination Sequence Number |  |   |  |  |  |  |  |  |  | Originator IP Address |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Originator Sequence Number |  |  |  |  |  |  |  |  |  | B-RREQ Source IP Address |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

그림 1 B-RREQ 메시지 헤더

|      |  |     |  |             |  |        |  |           |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|--|-----|--|-------------|--|--------|--|-----------|--|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0    |  |     |  |             |  |        |  |           |  | 1                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Type |  | R A |  | B-RREP Flag |  | Prefix |  | Hop Count |  | Destination IP Address |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Destination Sequence Number |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Originator IP Address |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Life Time(millisecond) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

그림 2 B-RREP 메시지 헤더

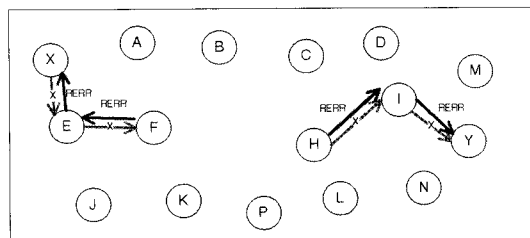


그림 4 에러 메시지 전송 단계

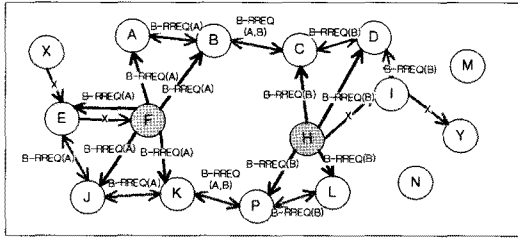


그림 5 지역 경로 탐색 단계

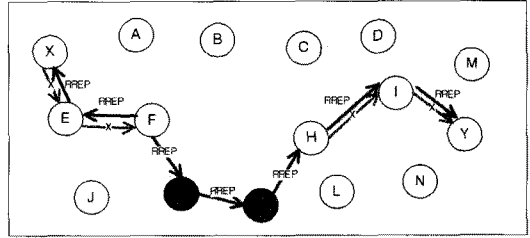


그림 7 경로 정보 전달 단계

(A)를 수신하고, 노드 B에서 동일한 메시지를 수신한다. 이 중, 먼저 도착한 메시지를 사용하며, 늦게 도착한 메시지는 폐기한다. 반면 노드 C의 경우, H로부터 B-RREQ(B)가 수신되며, F에서 B를 거친 B-RREQ(A)가 수신된다. 두 메시지의 목적지 일련번호는 같지만, 발신지가 서로 다르므로 노드 C에서는 경로 탐색을 완료하고 X, Y로 전송하기 위한 B-RREP 메시지를 생성한다.

지역 경로 탐색 과정을 거치면서 두 종류의 B-RREQ 메시지를 수신하여, B-RREP를 생성한 노드들이 존재하게 된다. 이 노드들은 지역 경로 정보를 담은 B-RREP 메시지를 상류부 노드로 전송한다. 다수의 B-RREP 메시지가 전송되는 현상이 발생할 수 있는데, 가장 먼저 수신된 메시지를 사용하며 뒤 이어 도착한 메시지는 무시한다. 또한 B-RREP 메시지는 B-RREQ가 전송되면서 생성된 노드 간의 역 경로를 따라 유니캐스트 방식으로 전송된다. 그림 6에서는 B, C, K, P 노드에서 B-RREP 패킷을 생성하여 상류부 노드인 F로 전송하고 있다. F에서는 4가지의 B-RREP 패킷이 수신되지만, 가장 먼저 도착한 패킷을 사용하며, 나머지 패킷은 폐기한다.

마지막으로 경로 정보 전달 단계에서는 상류부 노드가 수신한 응답 메시지를 전체 경로 상의 노드로 전파한다. 상류부 노드를 기준으로 송신지, 목적지 두 방향으로 RREP를 유니캐스트로 전송한다. RREP 메시지를 수신한 중간 노드는 기본적인 AODV에서의 동작과 동일하게 무효화된 경로를 복원시키고 전송되는 경로에 대한 역 경로를 저장한다. 또한 RREP의 목적지 일련번호

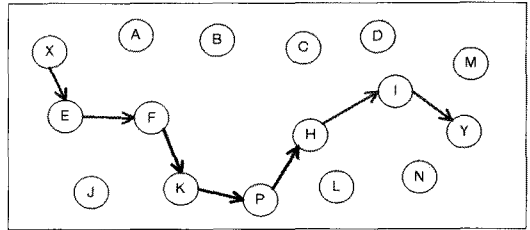


그림 8 전체 경로 복원

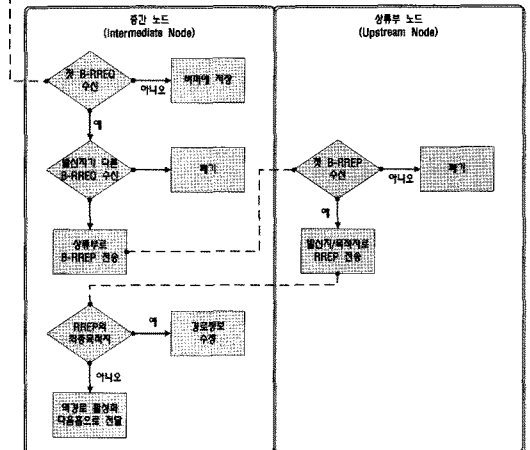
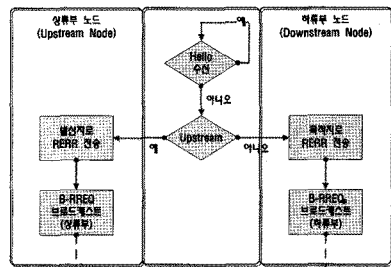


그림 9 경로 복원 수행 절차

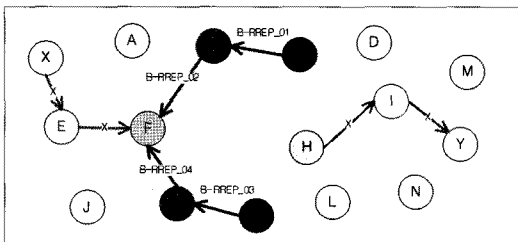


그림 6 경로 정보 응답 단계

호를 증가시켜 새롭게 설정된 경로 정보라는 사실을 경로 상의 모든 노드들에게 알린다.

RREP가 각각 송신지와 목적지로 전달되면서 무효화되었던 경로와 B-RREQ로 설정되었던 경로가 유효화되

어 전체 경로가 재설정된다. B-RREP 전송이 완료되면 송신자와 목적지간의 데이터 전송이 가능해진다. 그림 8에서는 지역 복구에 대한 결과로 F->K->P->H 경로가 설정되었다.

#### 4. 시뮬레이션

본 연구에서 제안한 프로토콜의 성능을 검증하기 위해 Network Simulator 2(NS-2)[12]를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 기본적인 실험환경은 표 1과 같다.

시뮬레이션 비교 대상은 기본적인 AODV와 다중경로 설정을 이용한 AOMDV(Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector)로 선정하였다. 기본적인 AODV 프로토콜과 이들의 단점을 개선한 AOMDV 프로토콜과의 비교를 통해 본 연구에서 제안하는 기법의 경로 복구 효율성을 테스트하였다. 성능평가 척도로는 실질적인 데이터 패킷 전송 성공률을 의미하는 패킷 전송률(Packet Delivery Ratio)과 경로 관리를 위한 제어 패킷의 수를 나타내는 제어 트래픽 오버헤드(Control Traffic Overhead)를 사용하였다. 패킷 전송률과 제어 트래픽 값을 통해 경로 복구 과정의 효율성과 전체 네트워크의 데이터 처리량을 가늠해볼 수 있다.

시뮬레이션은 두 가지 시나리오로 수행되었다. 첫 번째 시나리오는 전체 통신 노드 수를 변화시키는 것으로써, 기본적인 실험 환경을 유지한 채 전체 노드 수를 50개에서 20개씩 90개까지 증가시키면서 위의 평가 척도들을 측정하였다. 전체 노드의 수가 증가하면 인접 노드의 수가 증가하게 되므로, 우회로를 이용한 다중경로 프로토콜과의 성능평가에 적합하다고 할 수 있다. 두 번째 시나리오에서는 초기 실험 환경에서 각 노드의 이동속도를 5m/s에서 15m/s까지 5m/s씩 증가시키면서 시뮬레이션을 실시하였다. 각 노드들의 이동속도가 증가하면 링크 손실 빈도가 잦아지므로 기존 프로토콜의 경로 복구 메커니즘과의 성능 평가를 수행해볼 수 있다.

기본적인 환경에서의 시뮬레이션 결과는 그림 10에서와 같이 세 가지 프로토콜 모두 거의 비슷한 전송률을 나타내었다. 본 연구에서 제시한 BS-AODV의 경우, 가

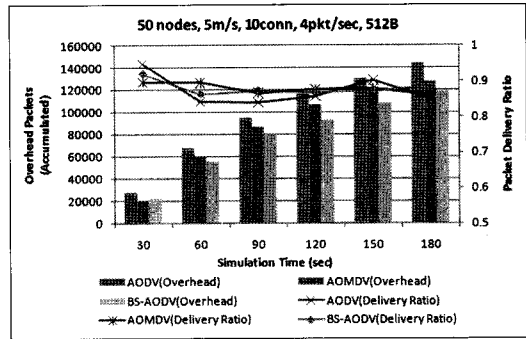


그림 10 시뮬레이션 결과 - 기본 환경

장 낮은 제어 오버헤드를 보이고 있다. 이는 송신자 기반의 재탐색 기법이 아닌 지역 복구 기법을 사용하기 때문에, 경로 복구를 위한 브로드캐스트 패킷이 상당 수 감소된 것으로 판단된다.

첫 번째 시나리오는 전체 노드의 수가 증가하므로, 단위 면적 당 노드 밀도가 높다. AODV는 높은 트래픽 오버헤드와 낮은 전송률을 보여, 노드 수에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. AODV는 송신자 기반 재탐색 기법에 기초하고 있으므로, 링크 복구 시 발생하는 브로드캐스트 패킷이 노드 수가 증가함에 따라, 기하급수적으로 증가하여 전체적인 네트워크 혼잡 현상을 유발하게 된다. AOMDV의 경우, 네트워크 형성 초기에 다른 프로토콜에 비해 제어 트래픽이 많은 것으로 나타났다. 이러한 제어 트래픽은 다중 경로 특성 상 네트워크 구성 초기 단계에서 발생하는 우회로 탐색 비용으로 경로 안정화 시기를 거친 60초후에는 75-80%에 이르는 양호한 전송률을 나타낸다. 본 연구에서 제안한 프로토콜은 전체 노드 수에 큰 영향을 받지 않고 비교적 평이한 성능을 나타내었다. 경로 손실로 인한 제어 트래픽은 AOMDV에 비해 높게 발생하지만, 실질적인 데이터 전송률은 AOMDV와 거의 비슷한 수치를 보이고 있다. 노드 수가 증가하더라도 제어 트래픽 발생범위를 제한하고 지역적 경로 복구를 수행하여 효율적인 데이터 전송을 가능케 한다.

두 번째 시나리오에서는 각 노드들의 이동 속도를 증가시키므로, 링크 손실 빈도가 높아진다. AODV는 다수의 링크 손실을 복구하기 위해 상당수의 브로드캐스트 패킷을 전송하여 네트워크 혼잡과 낮은 전송률 나타내었다. AOMDV는 링크 손실이 발생해도 우회로를 사용하여 데이터를 전송할 수 있어, 80% 이상의 좋은 전송률을 보였다. 하지만 노드 이동 속도를 15m/s로 설정한 환경에서는 급격한 전송률 저하와 높은 오버헤드를 보였다. 급격한 노드 이동 속도 증가로 인하여, 다중 경로로 설정된 모든 데이터 전송 경로들이 손실된 경우 초

표 1 시뮬레이션 기본조건

| 실험 변수    | 적용값                              |
|----------|----------------------------------|
| 공간면적     | 1000 m <sup>2</sup>              |
| 전체 노드 수  | 50                               |
| 노드 이동 속도 | 5 m/s                            |
| 이동 패턴    | 10초 이동 - 5초 정지                   |
| 데이터 전송   | 4Packets/s, 512Bytes/Packet, UDP |
| 통신 연결 수  | 10 connections                   |
| 전파 전송범위  | 100 m                            |

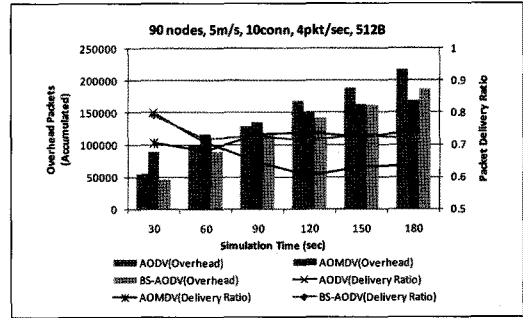
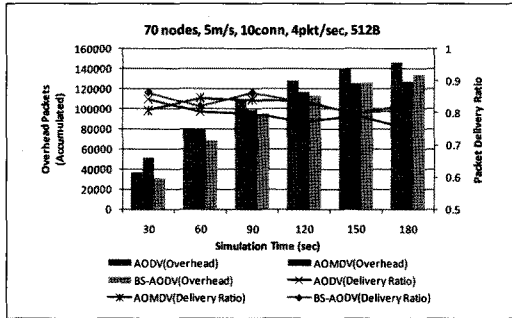


그림 11 시뮬레이션 결과 - 시나리오 1

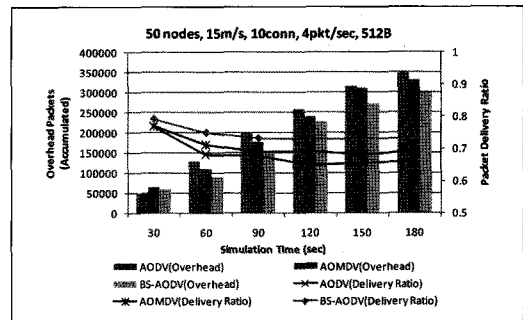
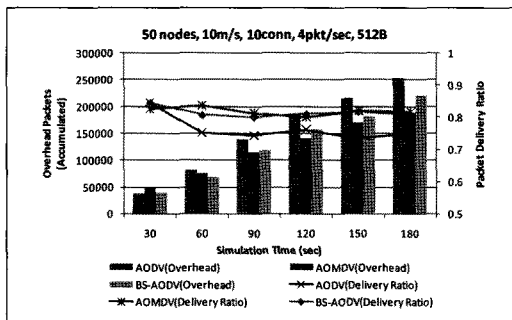


그림 12 시뮬레이션 결과 - 시나리오 2

기 네트워크 구성 과정에서 관측된 다수의 제어 트래픽과 데이터 손실을 유발시켰다. 반면, 제안 프로토콜은 다수의 링크 손실이 발생하는 환경에서도 효율적인 경로 복구 작업을 수행하고 있는 것으로 나타났다. 네트워크 전역에서 적용될 수 있는 지역 복구 기법을 사용하므로 국지적인 네트워크 혼잡만을 유발하여 실질적인 데이터 전송에 대한 방해 요소를 최소화 할 수 있다. 위 실험 환경의 15m/s(54km/h)에서도 75%에 이르는 안정된 전송률을 보여, 차량 주행 속도에서도 양호한 통신 환경을 제공하리라 판단된다.

### 5. 결론

에드후 네트워크는 군사 분야를 시작으로, 그 동안 여러 응용 분야에서 연구가 이루어져 왔다. 최근 실생활에 적용하기 위해 초기 네트워크 설정과 통신 보안, 라우팅 프로토콜, IP 주소 관리 등과 같은 주제들로 세계 각지에서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 라우팅 프로토콜 분야에서, 노드들의 이동으로 발생하는 링크 손실 문제를 해결하기 위한 많은 노력들이 이루어지고 있다.

이에 본 논문에서는 대표적인 On-Demand 방식의 AODV를 기반으로 양방향 경로 복구 기법을 제안하여, 지역 복구의 범위를 확대함으로써 경로 복구 과정에서 발생하는 제어 트래픽 문제와 데이터 전송률을 개선하

고자 하였다. 목적지와 가까운 경우에서만 수행되는 기본적인 AODV와는 달리, 손실된 링크를 기준으로 상류부/하류부 노드에서 각자 경로 오류 메시지와 요청 메시지를 전송하여 네트워크 전역에서 수행될 수 있는 지역 복구 기법을 제시하였다. 또한 2홉 범위로 플러딩을 제한하여, 1홉 범위의 링크 손실을 복구하기 위한 과도한 브로드캐스트 전송을 제어함으로써, 지역 복구에 소비되는 비용을 최소화하고자 하였다.

제한한 기법의 성능을 평가하기 위해 전체 통신 노드수와 각 통신 노드의 이동속도를 변화시키는 두 가지 시나리오로 시뮬레이션을 시행하였다. 각 시나리오 별 실험 결과, 본 연구에서 제시한 양방향 탐색 경로 복구 기법은 노드 수나 이동 속도에 관계없이 고른 성능을 나타내었다. 특히 노드 수가 적은 중·소규모 네트워크에서 다른 프로토콜에 비해 뛰어난 성능을 보여, 회의실이나 실내의 이동 센서 네트워크에서 효과적인 라우팅이 가능할 것으로 판단된다. 노드의 이동 속도에 대한 적응력 또한 우수한 것으로 나타나 V2V(Vehicle-To-Vehicle), V2I(Vehicle-To-Infrastructure) 응용 분야에도 적용 가능성이 높은 것으로 분석된다.

본 논문에서 제시된 프로토콜을 관련 응용 분야에 적용하거나, 다른 프로토콜의 장점을 도입하는 방법으로 향후 연구 방향을 제시할 수 있다. 본 프로토콜의 주 비

교 평가 대상인 AOMDV의 경우, 노드가 밀집된 공간에서 우수한 성능을 보여주는 점과 대체 경로를 이용함으로써 추가적인 제어 패킷이 필요 없다는 점 등을 도입할 수 있다. 특히 노드 및 링크가 중첩되지 않는 우회로 선정 기법에 대한 연구를 통해 링크 손실 문제에 보다 유연하게 대처할 수 있을 것이다. 교통 시뮬레이션과 연동한 차량 간 통신에서의 라우팅 기법, 주요 물품 관리 시스템 등과 같은 여러 응용 분야에 적용해봄으로써, 제시된 경로 복구 기법의 실용화 가능성을 가늠해볼 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] C. E. Perkins, E. M. Royer, and S. R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-10.txt>, IETF Internet Draft, Jan 2002.
- [2] Charles E. Perkins, Pravin Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers," London, United Kingdom, Sep. 1994.
- [3] D.B Johnson, D. A. Maltz, Yih-chun Hu and J. G. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks(DSR)," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-dsr-07.txt, Feb. 2002.
- [4] Micheal Pan, Sheng-Yan Chuang, Sheng-De Wang, "Local Repair Mechanisms for On-Demand Routing in Mobile Ad hoc Networks," *Proceedings of the 11th Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing*, pp.317-324, 2005.
- [5] Cigdem Sengul, "Local Route Recovery in Mobile Ad hoc Networks," Istanbul Technical University, 2000.
- [6] H. Seo, K. Kim, J. Seo, "AFLRS: An AODV-based Fast Local Repair Scheme in Ad Hoc Networks," *Journal of KIISE : Information Communication*, vol.31, no.1, pp.81-90, Feb. 2004. (in Korean)
- [7] S. Ahn, S. Cheon, S. Ahn, "Improvement of The AODV Routing Protocol for an Efficient Local Repair," *Proc. of the KIISE Fall Conference*, vol.30, no.2, pp.38-40, 2003. (in Korean)
- [8] Mahesh K. Marina, Samir R. Das, "Ad hoc on-demand multipath distance vector routing," *WIRELESS COMMUNICATIONS AND MOBILE COMPUTING*, vol.6, Issue7, pp.969-988, Oct. 2006.
- [9] Mahesh K. Marina, Samir R. Das, "On-Demand Multi Path Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks," *Proceedings of the Ninth International Conference on Network Protocols*, p.14, Nov, 2001.
- [10] D. Kim, Y. Kim, J. Kim, "A Node-disjoint Multipath Discovery Method by Local Route Discovery based on AODV," *Journal of KIPS*, vol.14-C, no.1, pp.87-94, Feb. 2007. (in Korean)
- [11] Srinath Perur, Abhilash P. and Sridhar Iyer, "Router Handoff: A Preemptive Route Repair Strategy for AODV," *Personal Wireless Communications, 2002 IEEE International Conference*, pp.168-171, Dec. 2002.
- [12] Network Simulator 2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>



한 호연

2007년 2월 한성대학교 정보시스템공학과 졸업. 2007년~2009년 한성대학교 GIS·ITS 연구소 연구원. 2009년 2월 한성대학교 정보시스템공학과 석사



남 두희

1997년 Univ. of Washington 교통공학 박사. 1997년~2000년 Univ. of Washington 선임연구원. 1998년~2000년 미국 워싱턴주 교통계획 감독관. 2001년~2006년 한국교통연구원 ITS연구센터/도로교통연구실 책임연구원. 2006년~현재 한성대학교 정보시스템공학과 교수



김 승천

1994년 2월 연세대학교 전자공학과 학사  
1996년 2월 연세대학교 전자공학과 석사  
1999년 8월 연세대학교 전기컴퓨터공학과 박사. 2000년~2001년 Post Doc. in Univ.ofSydney. 2001년~2003년 LG전자 DTV/DA연구소 선임연구원. 2003년~현재 한성대학교 정보통신공학과 교수