

# E-ODMRP의 신뢰성 향상에 관한 연구

정 영 우<sup>†</sup> · 박 준 상<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 모바일 에드혹 네트워크의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 E-ODMRP (Enhanced On-Demand Multicast Routing Protocol)의 신뢰성을 향상시키는 방안을 제안한다. E-ODMRP는 기존의 멀티캐스트 프로토콜들에서 나타나던 주기적으로 전체 경로를 재설정하여 경로 설정 비용이 큰 단점을 보완하여 새로운 노드가 나타나거나 순간적인 경로의 단절에 대해 지역 복구(local recovery) 기법을 사용하고, 이동성에 따라 경로 재설정 주기를 변경하여, 경로 설정에 드는 비용을 줄일 수 있었다. 그러나 E-ODMRP에서는 단순히 경로만을 복구하는 기법을 구현하여, 손실된 패킷을 복구를 하는 기능은 없다. 본 논문에서는 이런 한계를 극복하고자 각 노드들이 일정 크기의 패킷 저장소를 가지고 손실된 패킷을 탐색하고, 주위 노드들에게 손실된 패킷을 요청하여 수신 받을 수 있는 기능을 제안한다. 실험 결과, 본 논문에서 제안하는 신뢰성이 향상된 E-ODMRP는 기존 E-ODMRP와 비교하여 더 낮은 오버헤드와 높은 데이터 전송률을 보여준다.

키워드 : 에드혹 네트워크, 멀티캐스트, 라우팅

## On Improving Reliability of E-ODMRP

Young-woo Jung<sup>†</sup> · Joon-Sang Park<sup>††</sup>

### ABSTRACT

In this paper we propose a method which can be used to enhance the reliability of E-ODMRP (Enhanced On-Demand Multicast Routing Protocol). E-ODMRP has low overhead compared to its predecessors since it performs periodic refresh at a rate dynamically adapted to the nodes' mobility and adopts the local recovery. Upon detecting a broken route, a node performs a local search to graft to the forwarding mesh proactively. However in E-ODMRP there is no packet recovery mechanism. A receiver may lose some packets when it is detached from the multicast tree. We propose a simple packet recovery mechanism that can be incorporated into E-ODMRP for enhanced reliability. We show via simulation that our mechanism effectively enhances the reliability of E-ODMRP.

Keywords : Ad Hoc Networks, Multicast, Routing

### 1. 서 론

모바일 에드혹 네트워크(Mobile Ad hoc networks: MANET)는 네트워크 노드들이 스스로 네트워크를 구성하는 특징이 있어서, 유선 인프라나 중앙 집중 식 장치 없이, 동적으로 네트워크를 구성하는 할 수 있어 단체 컨퍼런스 시, 재난 복구 작업 시에 유용하게 사용될 수 있고 국방 전술망(tactical networks)등과 같이 네트워크 인프라가 없거나 파괴된 곳에서 임무를 수행하는 단체에서 유용하게 사용될 수 있다.

모바일 에드혹 네트워크에서 운영되는 멀티캐스트 프로토

콜은 기존의 유선 네트워크의 멀티캐스트 프로토콜과는 다른 특성을 고려하여 설계되어야 하는데 이는 무선 방송 매체, 동적인 토폴로지, 제한된 대역폭, 높은 패킷 에러율 등의 특성을 가지고 있기 때문이다. 이러한 특성들을 이용하거나 보완하기 위해, 여러 연구들이 이루어져 왔다[1-18].

모바일 에드혹 네트워크에서의 멀티 캐스트 라우팅 은 주로 온디맨드(on-demand) 방식을 이용하는데, 온디맨드 방식 은 네트워크에서 데이터 전송의 요구가 있을 때, 경로를 설정하는 방식을 지칭한다. 온디맨드 방식에서 사용하는 경로 설정의 일반적인 방법은 다음과 같다. 전송할 데이터가 발생되면 송/수신자 사이의 네트워크 경로를 찾기 위해, 먼저 송신자는 네트워크에 경로 요청 메시지를 전송한다. 네트워크 상의 모든 노드는 이 요청 메시지를 받아 한번 재전송을 하는데 이를 통하여 요청 메시지가 네트워크상의 모든 노드에게 전달된다. 경로 요청 메시지를 받은 멀티캐스트 그룹 멤버 또는 멀티캐스트 수신자는 송신자를 향하여 응답 메시

\* 연구는 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2010-0005334)이며 기초기술연구회의 NAP 과제 지원으로 수행되었음.

† 준 회 원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 학사과정

†† 종신회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 조교수

논문접수 : 2010년 5월 13일

심사완료 : 2010년 6월 21일

지를 보내는데 이 응답 메시지는 경로 요청 메시지가 전달된 경로의 역경로로 송신자에게 전달되며 이 때 사용한 경로를 데이터 전송 경로로 추후 사용한다.

E-ODMRP(Enhanced On-Demand Multicast Routing Protocol)[1]는 이러한 온디맨드 방식의 멀티캐스트 프로토콜로서 경로의 지역 복구(local recovery) 기법을 채택함으로써 경로 설정 비용이 매우 낮은 장점을 가지고 있다. 그러나 지역 복구를 수행하는 동안, 패킷 손실이 생기게 되는 단점이 있어 본 논문에서는 E-ODMRP에서 경로 지역 복구가 이루어지는 기간에 손실되는 패킷들을 지역적 재전송을 통하여 복구하여 손실되는 패킷의 수를 최소로 하는 기법을 제안한다. 또한 모의 실험을 통하여 본 논문에서 제안된 방식이 기존의 E-ODMRP에 비하여 신뢰성의 향상이 이루어짐을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 E-ODMRP의 원리를 설명하며, 3장에서는 E-ODMRP에 패킷 복구 매커니즘이 추가된 신뢰성이 향상된 E-ODMRP를 제안한다. 4장에서는 기존의 프로토콜들과 성능을 비교하는 실험 결과를 제시하고, 마지막으로 5장에서 논문의 결론을 도출한다.

## 2. E-ODMRP

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 기법의 바탕이 되는 E-ODMRP에 대하여 설명한다. E-ODMRP는 ODMRP[2]의 변형으로 ODMRP와 유사하게 멀티캐스트 전송자부터의 멀티캐스트 수신자로의 데이터 전송을 위하여 메쉬(Mesh)구조를 형성한다. 새로운 전송자가 전송하고 싶은 데이터가 존재하는 경우 첫 번째 데이터 패킷을 Join Query 패킷으로 표시하고 플러딩(flooding)한다. 플러딩 시, 중복되지 않는 Join Query를 받은 모든 노드는 자신이 어떤 노드로부터 Join Query를 받았는지 기억한다. Join Query가 멀티캐스트 수신자에게 전달되면 수신자는 Join Reply를 전송자에게 보낸다. Join Reply는 Join Query가 전달되었던 모든 중간 노드들을 거쳐서 전달되고 Join Reply를 받았던 중간노드들은 Forwarding Group(FG)이 된다. FG에 속해있는 노드를 FG 노드 또는 포워더(Forwarder)라 하고 모든 FG 노드들은 총괄적으로 멀티캐스트 데이터를 멀티캐스트 수신자에게 중복 없이 한번만 전달해주는 일을 담당한다.

ODMRP에서는 데이터 전달을 담당하는 FG 노드들의 이동으로 인한 데이터 손실을 막기 위해 노드들의 이동성이 증가하면 Join Query 패킷의 발생 빈도를 높여 자주 FG를 재구성할 것을 권장하고 있다. 그러나 Join Query 패킷은 망 전체에 플러딩되기 때문에 Join Query 패킷의 발생 빈도를 높이면 프로토콜 오버헤드가 급격히 증가하게 된다. 이러한 오버헤드의 급격한 증가를 방지하기 위해서 E-ODMRP에서는 적응형 경로재설정 기능과 경로 지역 복구 기능을 도입하였다.

### 2.1 수신자 참여 (Receiver Join)

수신자가 멀티캐스트그룹에 가입하면 현존하는 멀티캐스트 메쉬에 참여하기 위한 탐색을 수행한다. 수신자는 Receiver Join패킷을 주변 노드에게 방송 또는 브로드캐스트(broadcast)한다. 이 때, FG 노드와 인접한 노드를 리스너(Listener)노드라고 하는데 Receiver Join패킷을 받은 리스너노드는 임시적으로 포워더로 변하여 즉시 주변 노드들에게 FG노드로서의 역할을 수행한다. 즉, 데이터 패킷을 전달한다. 임시 포워더가 얼마간의 패킷을 전달하는 동안 수신자는 자신에게 패킷을 전달해줄 실제 포워더를 선택을 하고 다른 임시 포워더는 그 직분을 마치고 자신의 상태로 돌아간다. E-ODMRP에서 Receiver Join 패킷은 주변노드들에게만 전달되지만 리스너의 역할로 실제로 2홉(hop) 떨어져 있는 FG와도 연결이 가능하다. E-ODMRP에서의 수신자참여 기능은 경로 지역 복구 기능과 동일하다. E-ODMRP에서는 기존의 연결되었던 노드가 단절된 경우 수신자참여와 동일한 동작의 지역 복구를 수행하여 단절된 경로의 재설정을 시도한다.

### 2.2 지역 복구 (Local recovery)

FG와 수신자는 이동성 때문에 연결이 끊어질 수 있다. 일대일 통신에서는 통신이 단절된 것을 MAC레이어에서의 ACK기능으로 쉽게 감지할 수 있다. 그러나 멀티캐스트의 경우 MAC레이어 ACK을 지원하지 않기 때문에 다른 방법으로 감지해야 한다. E-ODMRP에서는 멀티캐스트 전송자가 응용프로그램으로부터의 패킷 발생 간격을 측정하여 Join Query에 기록한다. 만약 FG노드가 패킷 발생 간격의 3배 이상 동안 어떤 패킷도 받지 못한다면 FG로부터의 단절된 상황이라 판단하고 지역 복구를 실행한다. 상기된 바와 같이 지역 복구는 Receiver Join패킷을 전송하는 수신자 참여와 동일하다. 그러나 추가적으로 주변 노드들이 Receiver Join패킷을 부모노드로부터 받는다면 자신의 하부 포워더, 즉, 자신으로부터 전송된 데이터를 수신하는 포워더들에게 더미(Dummy)패킷을 전송하는데 이는 불필요한 지역 복구 기능의 실행을 막는 기능을 수행한다. 어떤 노드가 더미패킷을 받으면 지역 복구 기능을 수행하지 않고 대기하게 된다.

어플리케이션으로부터 더 이상 데이터가 없다는 정보를 받는다면 전송자는 더미패킷을 생성하고 전송한다. 그러면 FG에 있는 모든 노드들이 전송을 하지 않고 기다린다. 만약 일정시간이 지나면 전송자는 다시 더미패킷을 보낸다. 이 두 번째 더미패킷이 도달하면 멀티캐스트에 있는 모든 노드들은 데이터전송이 끝나는 것을 알고 다음 타임아웃까지 그들의 멀티캐스트 정보를 제거한다.

만약 첫 지역 복구 시도가 실패하면 노드는 재시도를 하고 재시도 또한 실패하게 된다면 이는 전송자가 Join Query를 다시 플러딩 하여 FG를 재설정해야 하는 상황이라 할 수 있다. 따라서 지역 복구를 실패한 노드는 Refresh Request 패킷을 플러딩 하여 멀티캐스트 소스(source)에게 Join Query 플러딩을 통한 경로 재설정을 요청한다.

### 2.3 적응형 경로 재설정

만약 어떤 노드가 지역 복구에 실패하면 Refresh Request 패킷을 플러딩 한다. 이는 멀티캐스트 소스에게 FG의 재설정을 요구하기 위해서이다. Refresh Request 을 수신한 멀티캐스트 전송자는 즉시 Join Query를 플러딩 하여 FG를 재설정하게 된다. Refresh Request 을 전송하는 노드는 Refresh Request 패킷에 Route Lifetime을 기록한다. 이것은 Join Reply수신 이후 경로 단절이 탐지된 사이 시간이다. Route Lifetime은 수신자들에게 데이터가 전달되는 경로가 설정된 이후 기능하게 하는 최대 시간이라 할 수 있다. 그 값은 Route Refresh패킷에 저장되어 멀티캐스트 소스에게 전달된다. 멀티캐스트 소스는 Refresh Request 패킷을 받았을 때 Join Query 전송 주기를 재설정한다. 전송자는 Join Query의 전송 주기를 Route Lifetime의 역수가 되도록 설정한다. 이후, 전송자는 Join Query의 전송 주기를 선형으로 점진적으로 증가시킨다. 즉 노드의 이동성이 심한 네트워크에서는 경로 재설정 주기의 간격을 줄일 수 있고 이동성이 심하지 않은 네트워크에서는 그에 맞게 경로 재설정 주기의 간격을 늘리는 것이다. 따라서 E-ODMRP에서는 노드들의 이동성에 적응하여 경로 재설정 주기가 정해진다. 경로 재설정 주기에는 상한 값과 하한 값이 존재하는데 추천되는 값은 최소 3초부터 최대 30초이다. 즉, 경로 재설정 주기가 3초 이하로는 내려가지 않고 30초 이상으로는 증가하지 않는다.

### 2.4 Passive ACK

경로 설정 시 포워더들이 생성되고 또는 지역 복구 시 또는 경로 재설정 시 또한 기존의 포워더와는 다른 새로운 포워더들이 생성된다. 많은 포워더들이 존재하면 보다 많은 패킷들이 브로드캐스트 되고 오버헤드가 커져 효율을 떨어뜨린다. E-ODMRP에서는 Passive ACK을 이용하여 꼭 필요한 포워더를 선정하는 방식으로 데이터의 불필요한 브로드캐스트를 줄인다. E-ODMRP에서는 모든 노드들은 자신의 상위노드와 하위노드를 라우팅테이블에 저장한다. 또한 모든 데이터 패킷에는 해당 패킷의 전송자 노드의 주소를 저장하고 있다. 그리고 무선 매체의 브로드캐스트 특성상 특정 노드는 자신의 하위노드가 전송하는 것을 들을 수 있다. 따라서 어떤 특정 노드는 자신의 하위 노드의 존재 유무를 알 수 있다. 즉, 자신이 전송한 데이터가 하위 노드에 의해서 재전송 되거나 또는 하위노드가 존재하지 않아 버려지는 지를 알 수 있다. 이러한 특성을 활용하여 하위노드에서 보내진 패킷은 passive ACK으로 받아들이고 만약 포워더가 몇몇의 연속적인 passive ACK을 수신하지 못한다면 자신이 더 이상 필요하지 않다고 판단하고 스스로 메쉬에서 탈퇴한다. 즉, 더 이상 포워더로서의 역할을 수행하지 않는다. 이와 같은 방법으로 E-ODMRP에서는 passive ACK 기법을 이용하여 추가적인 오버헤드 없이 불필요한 포워더를 줄일 수 있다.

## 3. 신뢰성이 향상된 E-ODMRP

기존 ODMRP에서는 경로 단절의 문제가 생기면 전체 멀티캐스트 경로를 재설정하는 방식으로 문제를 해결하였고 따라서 전체 경로 재설정 주기를 어떻게 결정하느냐가 효율적인 멀티캐스팅의 관건이었다. 이에 반하여 E-ODMRP에서는 새로 생성된 노드나 경로가 단절되어 재연결을 원하는 노드가 지역 복구 기능을 활용하여 전체 멀티캐스트 메쉬의 재설정 기존의 메쉬에 연결됨으로써 잦은 전체 경로 재설정의 필요성을 줄일 수 있었다. 또한 passive ACK과 터미패킷의 도입으로 경로 유지 오버헤드를 줄였다. 그러나 E-ODMRP에서 새로운 노드가 가입하거나 지역 복구를 통해 다시 멀티캐스트 메쉬에 연결되었다 하더라도 연결 시점 이후에 멀티캐스트 전송자가 보내주는 패킷밖에 받을 수 없다. 만약 A라는 그룹의 B노드가 이동성에 의해 그룹A의 메쉬에서 멀어져서 패킷을 받지 못하였다고 가정을 한다면 B노드는 이후 다시 그룹A의 메쉬에 연결되었다 하더라도 자신이 메쉬에 연결되지 않았던 시간 동안 전송된 패킷은 받지 못한 상태로 다음 패킷을 받게 되고 이때 패킷 손실이 발생하고 이러한 손실을 줄일 수 있다면 E-ODMRP의 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있다.

### 3.1 패킷큐와 재전송을 통한 패킷 복구

상기된 패킷 손실을 줄이기 위해서는 새로운 노드가 그룹에 참여하거나 네트워크 단절 문제로 지역 복구가 이루어졌을 때 해당 노드에게 필요한 모든 패킷을 재전송해주는 방법이 필요하다. 이를 위해 먼저 모든 노드가 데이터를 전송하거나 포워딩 할 때 보내는 패킷을 저장소 또는 큐에 저장한다. 특정 노드가 지역 복구를 수행하여 그룹에 참여하였을 때 E-ODMRP의 방법으로 지역 복구를 실시한다면 그룹에 가입된 시점 이후의 패킷만 전송 받을 수 있다. 하지만 모든 노드가 패킷큐를 가지고 있다면 지역 복구를 요청한 노드가 마지막으로 수신한 패킷의 일련번호 (sequence number)를 임시포워더에게 알려준다면 임시포워더는 해당 노드가 가지고 있지 않은 패킷을 모두 재전송 해줄 수 있다. 앞서 기술된 바와 같이 E-ODMRP에서 어떤 노드가 특정 시간 동안 패킷을 받지 못했다면 자신이 단절되었다고 판단하고 Receiver Join 패킷을 만들어 전송하는데 이 때 패킷 복구를 가능하게 하기 위해서 마지막으로 수신한 패킷의 일련번호를 담아서 전송한다. Receiver Join 패킷을 수신한 리스너노드는 임시포워더로 스스로를 전환하면서 Receiver Join 패킷에 기록되어 있는 일련번호 sb와 자신의 패킷큐에 저장되어 있는 패킷들의 일련번호를 비교하여 sb보다 더 큰 일련 번호를 가진 패킷들을 전송한다. E-ODMRP에서와 동일하게 첫 번째 지역 복구 시도가 실패하면 1회 재시도한다. 만일 새로운 노드가 멀티캐스트 그룹에 참여하는 상황이라면 새로 참여하는 노드는 일련번호 정보가 없는데 이 경우에는 Receiver Join 패킷에 무한대 값을 일련번호로 기록한다. 일반적으로 임시포워더는 순간적으로 다수 존재할 수

있다. 따라서 모든 임시포워더는 주변의 임시포워더가 전송하는 패킷을 수신 후 확인하여 만약 자신이 전송하려는 패킷이 다른 임시포워더에 의해 전송되었다면 중복 전송하지 않는다. 모든 임시포워더들이 다른 모든 임시포워더들이 전송하는 패킷을 수신할 수 있는 것은 아니나 이와 같은 방법으로 중복 전송되는 패킷 수를 최소화할 수 있다.

### 3.2 구현상의 문제점

앞서 언급한 바와 같이 E-ODMRP에서 데이터 전송이 끝나면 더미 패킷을 전송한다. 첫 더미 패킷을 수신한 노드는 상위 노드에서 네트워크가 단절됨을 인지하고 지역 복구를 시도하지 않는다. 두 번째 더미 패킷을 수신하면 노드는 데이터 전송의 종료 또는 네트워크의 종료로 인식한다. 이는 패킷 복구와 충돌을 일으킬 수 있다. 즉, 패킷 복구 수행 중 네트워크가 종료되면 패킷의 손실로 이어질 수 있다. 따라서 더미 패킷을 2회 수신하여 네트워크가 종료되는 상황에서도 모든 노드는 Receiver Join 패킷의 수신 시 패킷 재전송을 수행한다. 또한 마지막 더미 패킷을 수신하지 못하여 수행되는 불필요한 복구 시도가 있을 수 있다. 마지막 더미 패킷을 수신하지 못하는 경우 추가적인 데이터 패킷이 존재하지 않음에도 일정기간 동안 패킷 수신이 이루어지지 않으므로 특정 노드가 경로 단절 상황으로 오인하여 노드들이 지역 복구를 시도할 수 있는데 이는 지역 복구 재시도 횟수가 제한되어 있으므로 소수의 불필요한 패킷 전송만을 유발한다.

복구 기능이 구현되어 있지 않은 많은 프로토콜의 경우 생성되고 일정 시간이 지난 패킷은 더 이상 전달이 되지 않고 버려지도록 설계가 되어있다. 이는 일반적으로 패킷의 유효 기간이 존재한다고 가정했을 때, 생성된 이후 오랜 시간이 지난 패킷을 폐기함으로써 불필요한 오버헤드를 줄이고자 하는 노력의 일환이다. 일반적인 프로토콜에서는 필요한 부분일 수도 있지만 이는 복구 되는 패킷이 폐기될 수 있는 문제점이 있다. 일반적으로 패킷 복구는 순차적으로 이루어지지 않고 어떤 노드가 어떤 상황에서 어떤 패킷을 요청할지 모르기 때문에 생성된 지 일정시간이 지난 패킷을 받을 가능성은 충분히 크다고 볼 수 있다. 따라서 복구 기능이 구현된 프로토콜에서는 패킷 유효기간의 존재 여부를 확인하여 비디오/오디오등의 멀티미디어 스트리밍(streaming) 경우와 같이 유효기간이 있는 경우 유효기간 내에 있는 패킷들만 복구 시도를 하여야 하며 유효기간이 없는 경우 모든 패킷을 복구하고 생성된 지 일정시간이 지났다 하여 폐기하는 경우는 피해야 한다.

## 4. 성능 평가

기존의 E-ODMRP와 본 논문에서 제안하는 E-ODMRP의 신뢰성 향상 기법의 성능을 비교하기 위하여 ns2[19, 20]를 이용하여 시뮬레이션을 실험을 수행하였다. 구현과 실험은 ns-2.1b8 환경에서 이루어졌다.

### 4.1 실험 환경

멀티캐스트 멤버 또는 수신자 수와 노드 움직임의 변화가 있는 다양한 시나리오를 이용하여 전송률과 오버헤드를 측정하였다. 모든 시나리오에서는 100개의 노드들이 Random Waypoint[21] 모델에 따라 임의로 움직이며 실험치는 각 시나리오 별로 10번의 개별 실험의 평균치이다. 먼저 전송률은 실제로 멀티캐스트 소스가 보낸 패킷들 중 수신자가 수신한 패킷의 비율로

$$\text{전송률} = \frac{\sum \text{실제로 각 리시버(receiver)가 받은 패킷}}{\text{소스(source)가 보낸 패킷} \times \text{리시버 숫자}}$$

로 표현될 수 있다. 각 프로토콜의 신뢰성을 나타내어 주는 척도라 할 수 있다. 또한 오버헤드는 멀티캐스트 소스에서 발생한 하나의 패킷이 수신자에게로 전달될 때 얼마나 많은 패킷 전송이 이루어지는지 나타내는데 지표로 각 프로토콜의 효율성 지표로서

$$\text{오버헤드} = \frac{\text{데이터 패킷} + \text{컨트롤 패킷}}{\text{데이터 패킷}}$$

로 나타낼 수 있고 오버헤드가 클수록 노드 사이에 정상적인 데이터 송수신보다 경로 설정을 위한 부가적인 패킷이 많이 발생한 것이라고 볼 수 있다.

### 4.2 실험 결과

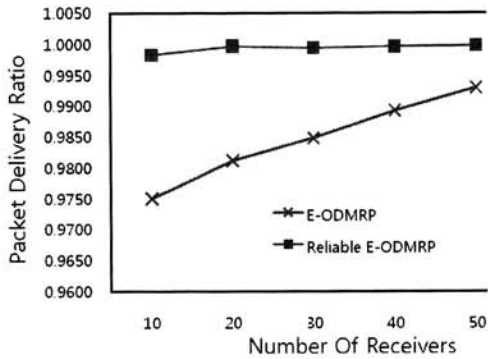
실험은 크게 두 가지로 나누어 진행하였다. 하나는 수신자의 숫자 별 각 프로토콜의 전송률, 오버헤드의 측정 또 하나는 노드들의 움직임 속도 별 각 프로토콜의 전송률과 오버헤드의 측정이다.

#### • 수신자 수의 변화에 따른 성능 변화

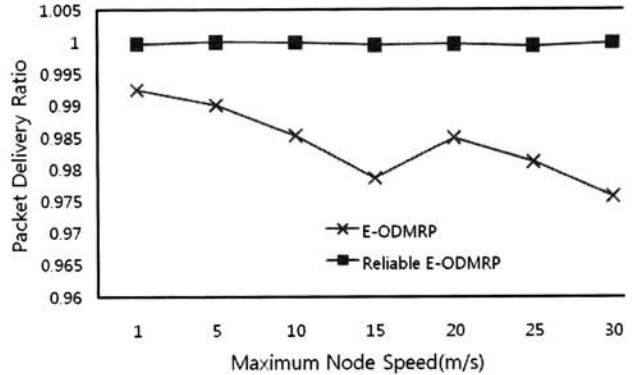
각 시뮬레이션에 참여하는 노드는 100개 이고 이들 중에 수신자의 수를 변화시켜 가며 실험을 하였다. 10개의 노드부터 20, 30, 40, 50개까지 10개씩 늘려가며 각 시나리오당 10개의 서로 다른 노드의 움직임을 적용하여 결과를 측정하였다. 여기서 노드의 최대 이동 속도는 20m/s, 최소 이동 속도는 0m/s로 동일하다. 이 후 나타나는 그래프에서 본 논문에서 제안된 신뢰성 향상기법이 적용된 E-ODMRP는 Reliable E-ODMRP로 표기되었다.

(그림 1)은 수신자 수의 변화에 따른 전송률의 변화를 나타낸 그래프이다. 기존 E-ODMRP의 경우 경로 지역 복구 경로가 수행되는 동안 패킷이 전달되지 못하여 전송률이 낮은 것을 볼 수 있다 하지만 Reliable E-ODMRP의 경우 받지 못한 패킷을 패킷 복구 기능을 통해 대부분 회복시킴으로써 훨씬 높은 수준의 전송률을 보여준다. 기존 E-ODMRP에서 리시버의 숫자가 많아질수록 FG 소속 포워더가 많아져 움직임에 따른 경로 단절 가능성이 낮아져 전송

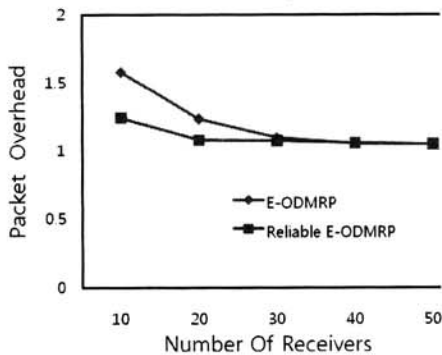




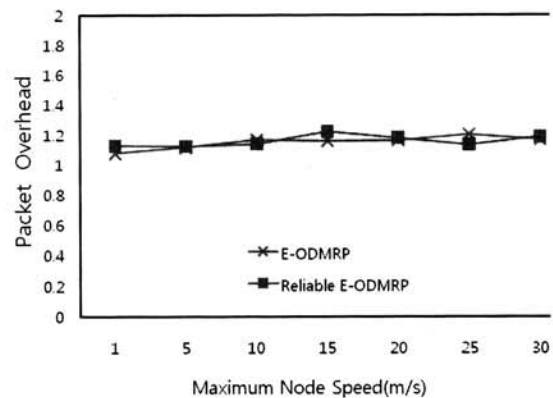
(그림 1) 수신자 숫자 변화에 따른 전송률



(그림 3) 노드 스피드별 전송률



(그림 2) 리시버 숫자에 따른 오버헤드



(그림 4) 노드 스피드별 오버헤드

률도 좋아지는 것을 볼 수 있다. Reliable E-ODMRP의 경우 수신자 수에 상관없는 패킷 복구 기능을 통해 필요한 정보를 모두 전해줄 수 있기 때문에 수신자의 숫자에 큰 영향을 받지 않는다.

(그림 2)에서는 수신자 수의 변화에 따른 오버헤드의 변화를 나타낸 것으로 E-ODMRP와 비교해서 Reliable E-ODMRP의 경우 리시버 숫자가 적을수록 오버헤드의 감소 폭이 더 큰 것을 알 수 있다. 이는 패킷 복구 기능으로 인하여 유발되는 추가적인 패킷 전송은 거의 없고 수신자 수가 낮을수록 전송률이 크게 증가하였기 때문이다. E-ODMRP에서는 노드 숫자가 10일 때 오버헤드가 1.5를 넘어가는 비교적 큰 값을 보이는데 이는 수신자의 수가 적을수록 포워더의 수가 작아지고 따라서 경로 단절과 경로 지역 복구의 수행이 빈번해지기 때문이다.

• 노드의 움직임 속도의 변화에 따른 성능 변화

앞의 실험과 마찬가지로 전체 노드의 개수는 100으로 동일하지만 각 노드가 움직이는 속도에 변화를 주어 실험을 하였다. 노드의 최대 속도는 1m/s부터 5, 10, 15, 20, 25, 30 까지 변화를 주었다. 여기서 수신자의 숫자는 20개이다.

(그림 3)을 보면 기존 E-ODMRP는 움직이는 노드의 스피드가 커지면 손실률이 높아지는 것을 볼 수 있다. 움직임이 커질수록 경로 단절이 많아지게 되며 이에 따라 패킷의 손실이 발생된다. 이에 반해 Reliable E-ODMRP의 경우 노드의 움직임에 따라 크게 달라지지 않고 매우 높은 수준의 전송율을 보이고 있다. 패킷 복구 메커니즘이 효과적으로

동작되고 있음을 보여준다.

(그림 4)의 경우 E-ODMRP와 Reliable E-ODMRP가 거의 같은 오버헤드를 보여주고 있다. 따라서 패킷 복구가 추가적인 오버헤드를 유발하지 않고 매우 효율적으로 동작되고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 E-ODMRP의 신뢰성을 개선하는 방법을 제안하였다. 기존의 E-ODMRP의 경로 지역 복구 방법을 보완하여 각 중계 노드들이 패킷을 저장하는 패킷큐를 유지하도록 하며 경로 복구 시 손실된 패킷을 재전송토록 함으로써 신뢰성을 높일 수 있었다. 실험결과 제안된 방식을 적용한 E-ODMRP의 경우 기존의 E-ODMRP에 비하여 전송률이 높아지고 오버헤드는 줄어드는 결과를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] S. Oh, J. Park, M. Gerla. Enhanced ODMRP with motion adaptive refresh. J. Parallel Distrib. Comput. 68(8), 2008.  
 [2] S. Lee, W. Su, M. Gerla. On-Demand multicast routing protocol in multihop wireless mobile networks. ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications, 7(6), (2000) 441-453.

- [3] Y. Kim, M. Lee. An Efficient Multicast Routing Protocol for Ad-Hoc Networks with High Mobility, 정보과학회논문지:정보통신 제28권 제 1호, 2001.
- [4] M. Lee, Y. Kim, PatchODMRP: An ad hoc multicast routing protocol, in: Proc. The 15th International Conference on Information Networking, 2001, pp.537-543.
- [5] J.J. Garcia-Luna-Aceves, E. Madruga, The core assisted mesh protocol, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 17(8) (1999) 1380-1394.
- [6] L. Ji, M. Corson, A lightweight adaptive multicast algorithm, in: Proc. 1998 IEEE GLOBECOM 1998, Sydney, Australia, 1998, pp.1036-1042.
- [7] J. Jetcheva, D. Johnson, Adaptive demand-driven multicast routing in multihop wireless ad hoc networks, in: Proc. The 2<sup>nd</sup> ACM MobiHoc '01, Long Beach, CA, USA, 2001, pp.33-44.
- [8] S. Lee, W. Su, M. Gerla, On-Demand multicast routing protocol in multihop wireless mobile networks, ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications 7 (6) (2000) 441-453.
- [9] S. Park, D. Park, Adaptive core multicast routing protocol, Wireless Networks 10 (1) (2004) 53-60.
- [10] E. Royer, C. Perkins, Multicast operation of the ad-hoc on-demand distance vector routing protocol, in: Proc. The 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, 1999, pp.207-218.
- [11] P.M. Ruiz, A.F. Gomez-Skarmeta, Reducing data-overhead of mesh-based ad hoc multicast routing protocols by steiner tree meshes, in: Proc. 2004 First Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, SECON '04, Santa Clara, CA, USA, 2004 pp.54-62.
- [12] P. Sinha, R. Sivakumar, V. Bharghavan, MCEDAR: Multicast core-extraction distributed ad hoc routing, in: Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC '99, New Orleans, LA, USA, 1999, pp.1313-1317.
- [13] B. So, H. Jeon, J. Lee, PEODMRP: Performance Enhanced On-Demand Multicast Routing Protocol, in: Proc. The 8th Joint Conference on Communications & Informations, JCCI '04, MooJoo Resort, Korea, 2004.
- [14] C.-K. Toh, G. Guichala, S. Bunchua, ABAM: On-demand associativity-based multicast routing for ad hoc mobile networks, in: Proc. IEEE Vehicular Technology Conference, VTC 2000, Tokyo, Japan, 2000, pp.987-993.
- [15] R. Vaishampayan, J.J. Garcia-Luna-Aceves, Efficient and robust multicast routing in mobile ad hoc networks, in: Proc. 2004 IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems, MASS, Fort Lauderdale, FL, USA, 2004, pp.304-313.
- [16] R. Vaishampayan, J.J. Garcia-Luna-Aceves, Robust tree-based multicasting in ad hoc networks, in: Proc 2004 IEEE International Conference on Performance, Computing, and Communications, IPCCC, Phoenix, AZ, USA, 2004, pp.647-652.
- [17] K. Viswanath, K. Obraczka, G. Tsudik, Exploring mesh and tree-based multicast routing protocols for MANETs, IEEE Transaction on Mobile Computing 5 (2006) 28-42.
- [18] 허준, 홍충선, 양육백, "모바일 애드혹 네트워크를 위한 링 기반 멀티캐스트 라우팅 구조", 정보처리학회논문지C, 제11-C권 제 7호, pp.895-904, 2004.
- [19] Network simulator ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [20] The monarch project, Monarch project: Mobile networking architectures. Available at: <http://www.monarch.cs.rice.edu/>
- [21] T. Camp, J. Boleng, V. Davies, A survey of mobility models for ad hoc network research, in: Mobile Ad Hoc Networking, Wireless Communication and Mobile Computing 2 (5) (2002) 483-502 (special issue)



**정 영 우**

e-mail : jungyoungwoo@naver.com

2008년~현 재 홍익대학교 컴퓨터공학과  
학사과정

관심분야: 무선 네트워크



**박 준 상**

e-mail : jsp@hongik.ac.kr

2006년 University of California, Los  
Angeles (전산학박사)

2006년~2007년 UCLA, Post-doctoral  
scholar

2007년~현 재 홍익대학교 컴퓨터공학과  
조교수

관심분야: 유무선 통신 및 통신망