

# Ad-hoc망에서 ODMRP을 사용한 효율적인 유니캐스트 라우팅 프로토콜

백경호, 박재우, 이군하  
인하대학교 전자계산공학과  
e-mail:g2012031@inhavision.inha.ac.kr

## An Efficient Unicast using ODMRP in Ad Hoc Networks

Kyung-Ho Back, Jae-Woo Park, Kyoon-Ha Lee  
Department of Computer Science and Engineering,  
Inha University

### 요 약

본 논문에서는 Ad-hoc 망의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 ODMRP(On-Demand Multicast Routing Protocol)에서 효율적인 유니캐스트 라우팅 프로토콜을 제안한다. ODMRP는 네트워크 상에서 멀티캐스트 그룹의 송신원으로부터 수신원에 이르는 경로상에 있는 노드들을 FG(Forwarding Group) 노드로 선출하여 이들이 해당 멀티 캐스트 그룹에 속하는 패킷을 플러딩 하도록 함으로써 데이터를 전송하는 방안이다. 이러한 ODMRP에서는 어느 한 노드가 유니캐스트 모드로(end-to end) 데이터를 전송해야 하는 경우 경로를 찾기 위해 주기적인 플러딩 과정을 거쳐야 하고 이로 인해 오버헤드가 발생하게 된다. 본 논문에서는 이 문제점을 해결하고자 유니캐스트 모드에서 송신원에서 찾은 경로를 DR 라우팅 테이블에 저장해두고 데이터를 보낼 때 DR 라우팅 테이블의 정보를 참조함으로써 수신원에서의 불필요한 컨트롤 패킷(JOIN QUERY, JOIN REPLY)으로 인한 트래픽을 줄일 수 있는 방안을 제안한다. 또한 제안된 방식이 기존의 ODMRP 방식보다 데이터의 전송 시간과 경로를 찾는 시간에 있어 개선되었음을 시뮬레이션을 통해 입증한다.

### 1. 서론

Ad-hoc 네트워크는 라우터나 기지국 같은 네트워크 기반 구조가 없이 이동하는 노드들만으로 구성되는 네트워크이다. 최근 Ad-hoc 멀티캐스팅을 위해 MANET (IEEE Mobile Ad-hoc Networks Working Group)에서는 새로운 프로토콜들이 다양하게 연구되고 있다. 이러한 프로토콜들을 크게 분류하면, 최단 경로(shortest-path)를 통해 전달하는 트리 기반(Tree-based)방식과 하나 이상의 경로(redundant path)를 제공하여 전달하는 메쉬 기반(mesh-based)방식으로 분류할 수 있다. 트리 기반의 프로토콜로 제안된 것으로는 AMRoute (Ad-hoc Multicast Routing)[1]와 AMRIS(Ad-hoc Multicast Routing protocol utilizing Increasing id-numberS)[2] 등이 있고, 메쉬 기반 프로토콜로는 대표적인 것이 ODMRP(On-Demand Multicast Routing Protocol)[3]와 CAMP(Core-Assisted Mesh Protocol)[4] 등이 있다.

또한, 메쉬 기반 프로토콜들 중에서 ODMRP가

CAMP보다 호스트의 이동 정도가 커지더라도 높은 데이터 전송률을 유지하고 프로토콜의 효율면에서도 더 우수함을 볼 수 있었다[5]. 그런데 ODMRP에서 유니캐스트로 데이터를 전송할 경우 송/수신원 노드들에 대한 메시지를 유지하기 위하여 주기적인 플러딩을 하게 되고 이에 따른 오버헤드가 발생하게 된다.

ODMRP의 이러한 단점을 극복하고자, 본 논문에서는 송신원에서 컨트롤 패킷으로 찾은 경로를 테이블에 저장하고 수신원에서 데이터를 전송할 때 이를 참조함으로써 주기적인 플러딩에 따른 오버헤드를 줄이는 개선된 라우팅 알고리즘을 제안한다. 이는 ODMRP 방식에서의 불필요한 플러딩 과정을 제거함으로써 데이터의 전송 시간과 경로를 찾는 시간을 단축시킬 뿐만 아니라 데이터의 전송률도 향상시키는 결과를 보여주고 있다. 이 결과는 본 논문의 시뮬레이션을 통한 성능 분석 과정에서 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 ODMRP에 대한 개략적인 설명과 문제점을 제시한다. 그리고, 3장에서는 유니캐스트 모드에서 경로를

설정하는 라우팅 알고리즘에 대한 동작 방법과 설명을 제안하고, 4장에서는 기존 ODMRP의 유니캐스트와 확장된 유니캐스트 모드의 ODMRP 성능을 시뮬레이션을 통해 비교, 분석을 하여 그 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

**2. ODMRP 동작 방법**

ODMRP는 Ad-hoc 망에서의 멀티캐스팅을 위해 고안된 프로토콜로서 멀티캐스트 그룹의 멤버들을 연결하는 최단 경로상에 있는 노드들을 FG 노드로 선출하고 이들이 해당 멀티캐스트 그룹에 속하는 데이터를 플러딩하도록 하는 메쉬 기반 방식이다.

ODMRP는 일반적인 온디맨드 유니캐스트 라우팅 프로토콜(On-demand unicast routing protocol)처럼 두 단계 - 요구단계와 응답 단계 - 로 이루어진다. 송신원이 보낼 데이터가 있을 경우, 요구 단계에서는 (멀티캐스트 멤버들에 대한 경로와 정보가 전무하다는 전제 하에) 송신원의 정보를 담은 JOIN QUERY 패킷을 전체 호스트들에게 브로드캐스트한다. 네트워크의 각 호스트는 JOIN QUERY를 받으면, 메시지 캐쉬를 이용하여 패킷 중복을 체크한다. 받은 JOIN QUERY가 중복이 아니라면, 표 1과 같은 구조를 가지는 호스트의 라우팅 테이블에 JOIN QUERY의 송신원 IP와 이 패킷을 전달한 전홉 IP를 저장한다. 이렇게 JOIN QUERY 송신원으로서의 라우팅 정보를 저장하고 난 후 호스트는 JOIN QUERY를 자신의 이웃 호스트들에 다시 플러딩한다. 송신원은 자신이 멀티캐스트 데이터를 전송하는 한, 주기적으로 JOIN QUERY 패킷을 발생시킴으로써 노드 이동에 맞추어 메쉬를 재구성해 나간다.

표 1. 라우팅 테이블 구조

JOIN QUERY 의 송신원 주소(목적지)	JOIN QUERY를 전달해준 전홉 주소(Next Hop)
--------------------------	----------------------------------

수신원이 JOIN QUERY패킷을 받으면 응답 단계가 시작된다. 수신원은 자신이 참여하는 멀티캐스트 그룹의 송신원으로부터 JOIN QUERY 패킷을 받으면 그에 대한 응답으로 JOIN REPLY 패킷을 만들어 이웃 호스트들에게 브로드캐스트 한다. 이 JOIN REPLY 패킷의 NEXT\_NODE\_ID를 살펴 자신이 NEXT\_NODE인지 체크한다. 만일 NEXT\_NODE라면, 그 호스트는 송신원에서 수신원까지의 경로에 있음을 알고, 포워딩 그룹 멤버(forwarding node)가

된다. 그리고, 받은 JOIN REPLY 패킷의 NEXT\_NODE\_ID를 수정하여 이웃 호스트들에게 플러딩한다. 이렇게 수정되면서 JOIN REPLY가 송신원까지 전달되는 과정을 통해 JOIN REPLY를 발생시킨 수신원과 JOIN REPLY의 목적인 송신원 사이에 해당 멀티캐스트 그룹의 데이터 전송을 담당하는 FG 노드들이 선출된다.

메쉬가 구성된 상태에서 멀티캐스트 데이터 전송은 송신원이 이웃 호스트들에게 멀티캐스트 데이터를 브로드캐스트 하면, 이를 받은 이웃 호스트중 FG 노드들만이 이를 다시 이웃 호스트에게 제한적인 플러딩을 하고 이러한 과정을 반복하면서, FG 노드들로 이루어진 메쉬를 통해 데이터가 수신원까지 전달된다.

유니캐스트도 멀티캐스트와 같은 방법으로 데이터를 전송하는데 단 송신원에서도 데이터를 전송할 경우가 생기게 되고 주기적인 컨트롤 패킷으로 인한 망 전체에 트래픽과 오버헤드가 증가하게 된다.

**3. DR\_ODMRP 프로토콜**

본 장에서는 ODMRP에서 유니캐스트 모드로 데이터를 전송할 때 송신원에서 컨트롤 패킷으로 찾은 경로를 라우팅 테이블에 저장하여 수신원에서 불필요한 패킷의 플러딩을 줄이는 라우팅 알고리즘을 소개한다. ODMRP는 데이터를 전송 시 컨트롤 패킷의 플러딩 과정을 거쳐 송신원에서 수신원에 이르는 경로를 파악하게 된다. 그러나 유니캐스트일 경우 송신원 뿐만 아니라 수신원에서 데이터를 보낼때도 JOIN QUERY를 발생시킴으로써 메쉬를 구성해야 하는데 이는 망 전체에 오버헤드의 증가를 가져오게 되고 데이터 손실까지도 유발시킬 수 있는 문제점이 있다.

이를 해결하고자 제안하는 DR\_ODMRP는 송신원이 컨트롤 패킷으로 찾은 경로를 라우팅 테이블에 저장한 후 수신원이 데이터를 보낼 때 테이블에 있는 경로를 참조함으로써 기존 ODMRP에서 송/수신원이 데이터를 전송할 경우 플러딩 해야 하는 주기적인 컨트롤 패킷을 줄일 수 있고 이에 따른 오버헤드의 감소로 비교적 높은 데이터 전송률을 유지할 수 있다.

먼저 DR\_ODMRP의 동작을 위해 추가된 라우팅 테이블에 대해 설명하고자 한다. 표 2 는 DR\_ODMRP를 위해 추가된 라우팅 테이블의 구조를 보여주고 있다.

표 2. DR 라우팅 테이블 구조

JOIN REPLY 의 송신원 주소 (목적지)	JOIN REPLY를 전달해준 전 홉 주소(Next Hop)
---------------------------	-----------------------------------

표 2는 DR\_ODMRP를 위해 사용되어지는 DR 라우팅 테이블의 구조를 보여주고 있다. DR\_ODMRP에서 DR 라우팅 테이블은 기존 ODMRP에서 JOIN QUERY의 플러딩으로 만들어진 라우팅 테이블과 같은 형식을 사용한다. DR 라우팅 테이블은 송신원에서 데이터 패킷의 전송을 담당하며 다른 경로 상에 있는 FG노드들에 대한 불필요한 패킷을 방지할 수 있다. DR 라우팅 테이블에서 JOIN REPLY의 송신원 주소는 송신원에서 데이터를 전송할 때 송/수신원 사이에 있는 노드들이 수신원 주소를 확인하고 전송하기 위해 사용되고 JOIN REPLY를 전달해준 전 홉 주소는 송신원에서 수신원까지 데이터를 전송할 때 데이터 패킷의 전송 경로로 사용되어진다.

그림 1의 (A)는 라우팅 테이블을 이용하여 수신원에서 데이터 패킷의 전송 과정이고 (B)는 송신원에서의 데이터 패킷의 전송 과정을 보여 주고 있다.

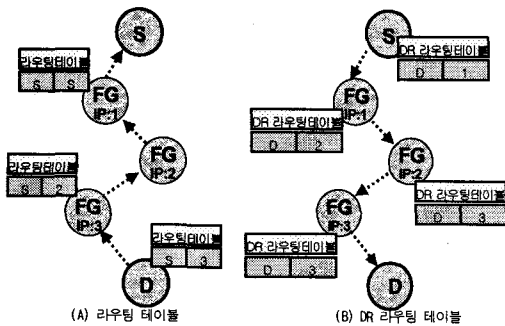


그림 1. 라우팅 테이블을 이용한 데이터 패킷 전송

DR\_ODMRP의 경로 설정에 대한 동작은 다음과 같다. 기존 ODMRP의 컨트롤 패킷으로 메쉬를 형성하고 송/수신원의 경로를 파악하게 된다. 컨트롤 패킷으로 만들어진 라우팅 테이블들은 송/수신원 각각의 데이터를 전송할 때 그림 1과 같이 사용되어진다. 송신원에서 플러딩 되는 컨트롤 패킷의 주기는 ODMRP의 권고안에[6] 따르며 수신원에서 데이터를 전송시 플러딩 해야 하는 컨트롤 패킷은 ODMRP에서 Soft state의(ODMRP에서 그룹에 참여/탈퇴를 할때, 컨트롤 패킷을 사용하지 않고 타이머에 의해 멤버 상태를 파악하는 것) 타이머를 사용하여 제한

적인 플러딩을 하도록 한다.

#### 4. 모의 실험 및 성능 평가

##### 4.1 실험 환경

본 논문에서는 성능평가를 위해 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 사용하였다.

모의 실험을 위한 환경으로는 우선 MAC 계층의 프로토콜로는 무선 LAN에서 IEEE 802.11 DCF(Distributed Coordination Function)를 사용하였다. 네트워크 계층에서는 IP 프로토콜을 사용하였고, 응용계층에서는 일정한 비트율로 데이터를 전송하는 CBR을 택하여 1초당 하나씩 전송했다. 또한 JOIN QUERY를 플러딩하는 주기는 ODMRP와 DR\_ODMRP가 가장 우수함을 보이는 3초로 설정한다.

##### 4.2 모의 실험 및 결과분석

###### 4.2.1 평균 데이터 패킷 전송률

송/수신원에서 보낸 데이터 패킷이 평균적으로 얼마나 제대로 전달되었는지를 보여준다. 먼저 송/수신원이 성공적으로 받은 데이터 패킷 수를 계산하고, 이 값과 송/수신원이 보낸 총 데이터 패킷수의 합에 대한 비율을 구함으로써 평균 데이터 패킷 전송률을 계산하였다.

$$\text{평균 데이터 패킷 전송률} = \frac{\text{송/수신원이 받은 데이터 패킷수}}{\text{송/수신원에서 보낸 총 데이터 패킷수}}$$

[그림 2]는 노드의 이동성이 변화함에 따라 데이터 패킷 전송률이 어떻게 변화하는지를 보여주고 있다. ODMRP의 경우에는 노드의 이동성이 없는 경우에 DR\_ODMRP 보다 데이터 전송률이 떨어지는 것을 볼 수 있는데 이는 불필요한 컨트롤 패킷의 플러딩으로 오버헤드가 발생하여 전송률이 떨어지는 것으로 해석된다. 반면에 DR\_ODMRP는 노드의 이동성이 없는 경우 ODMRP보다 데이터 전송률에 따른 성능이 좋음을 확인할 수 있었다. 또한 DR\_ODMRP는 노드의 이동에 따라 많은 변화가 없는 반면 기존 ODMRP에서는 데이터 전송률이 제한한 알고리즘에 비해 떨어지는 것을 볼 수 있는데 이는 호스트의 이동성이 커짐에 따라 메쉬를 재구성하기 위해 플러딩이 많아지게 되고 이에 따른 오버헤드가 생겨 데이터 전송률이 떨어지는 것을 볼 수 있다.

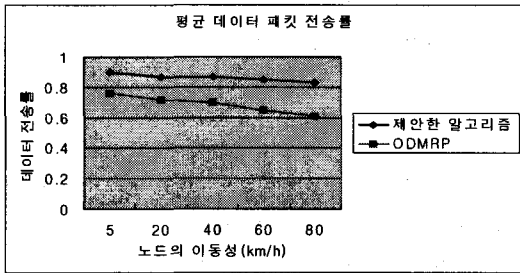


그림 2. 평균 데이터 패킷 전송률

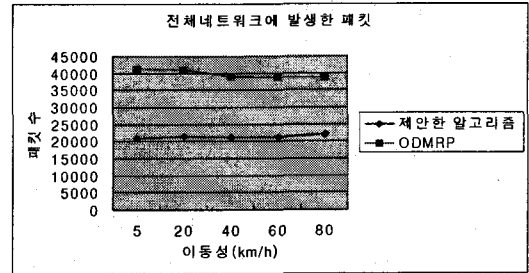


그림 3. 전체 네트워크에 생기는 오버헤드(패킷 수)

#### 4.2.2 전체 네트워크에 생기는 오버헤드

전체 네트워크에서 유니캐스트를 위해 시뮬레이션한 기간동안 발생되어진 모든 컨트롤 패킷 수와 중복적으로 전달된 데이터 패킷 수의 합으로써 계산하였다.

총 오버헤드 =

총 컨트롤 패킷 수 + 총 중복 데이터 패킷 수

그림 3은 노드의 이동성에 따라 전체 네트워크에 발생하는 패킷의 수가 어떻게 변화하는지를 보여주고 있다.

그림 3을 보면, ODMRP가 DR\_ODMRP보다 약 두 배 정도 패킷을 발생시키는 것을 볼 수 있고, 따라서 전체 네트워크에 오버헤드가 증가한다는 것을 알 수 있다. 그리고 ODMRP의 오버헤드 양이 중간에 약간 줄어든 이유는, 데이터 패킷이 수신원에 도착하지 못하고 중간에 손실되는 경우가 많이 발생하기 때문이다. 반면 DR\_ODMRP는 중복 데이터 패킷이 줄어들기 때문에 이동성과 무관하게 전체 오버헤드가 일정하게 유지되고 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 기존 ODMRP의 유니캐스트 모드에서 전체 네트워크에 발생하는 불필요한 컨트롤 패킷의 풀러딩을 줄임으로써 오버헤드를 줄이고 데이터 패킷의 전송 경로를 라우팅 테이블에 저장함으로써 데이터 전송률 또한 향상시킬 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

성능 평가를 위해 NS 시뮬레이션을 사용하여 평균 데이터 패킷 전송률과 전체 네트워크에 생기는 오버헤드를 측정하였다. 시뮬레이션 결과, 평균 데이터 패킷 전송률이 기존 ODMRP보다 제안한 알고리즘의 패킷 전송률이 우수해지며, ODMRP에 비하여 적

은 오버헤드로 높은 성능을 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

향후 연구과제로서는 기존 ODMRP의 유니캐스트 모드에서 데이터 전송률을 높이기 위한 방안으로 경로의 Caching을 할 때의 문제와 이를 해결을 위한 방안을 연구하는 것이 더 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] E. Bommaiah, M.Liu, A. McAuley, and R. Talpade, "AM-Route: Adhoc Multicast Routing Protocol," *Internet-Draft, draft-talpade-manet-amrout e-00.txt*, Aug. 1998, Work in progress.
- [2] C.W. WU, Y.C Tay, and C.-K. Toh, "Ad hoc Multicast Routing protocol utilizing Increasing id-numberS(AMRIS) Functional Specification," *Internet-Draft, draft-ietf-manet-amris-spec00.txt*, Nov.1998.
- [3] Sung-Ju Lee, Mario Gerla, Ching-chuan chiang, "On-Demand Multicast Routing Protocol", In Proceeding of IEEE WCNC'99. New Orleans, LA, Sep. 1999.
- [4] J.J. Garcia-Luna-Aceves, E.L. Madruga, "The Core-Assisted Mesh Protocol," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 17, no.8, Aug. 1999.
- [5] Sung-Ju Lee, William Su, Mario Gerla, and Rajive Bagrodia, "A Performance Comparison Study of Ad Hoc Wireless Multicast Protocols," In Proceeding of Inforcom'2000.
- [6] Sung-Ju Lee, Willizn Su, Mario Gerla, "On-Demand Multicast Routing Protocol (ODMRP) for Ad Hoc Networks," *Internet Draft, draft-ietf-manet-odmrp-02.txt*, July. 2000.