

논문 2007-44TC-10-8

커뮤니티 그룹 통신을 위한 효율적인 데이터 전달 트리 구성 방안

(An Efficient Scheme to Create Data Delivery Tree for Community
Group Communication)

오 제 준*, 강 남 희**, 김 용 혁*, 김 영 한*

(Jejun Oh, Namhi Kang, Yonghyuk Kim, and Younghan Kim)

요 약

멀티캐스트는 커뮤니티 기반의 그룹 통신에 효과적인 전달 수단이 되고, MANET은 최근 유비쿼터스 컴퓨팅을 지원하는 하부 네트워크 기술로 주목받고 있다. 하지만 MANET은 한정된 무선 채널 자원 및 이동노드들의 제한된 에너지 용량과 같은 문제를 가지고 있으므로 멀티캐스트 메커니즘을 적용 할 경우 이러한 사항들이 충분히 고려되어야 한다. 이를 해결하기 위해 기존 MANET에서의 여러 멀티캐스트 프로토콜들이 제안되었다. 특히 최근 제안되고 있는 응용 계층에서의 오버레이 멀티캐스팅 기술은 네트워크 계층에서의 멀티캐스팅보다 많은 장점을 제공하고 있다. 하지만 여전히 데이터 전달시 많은 불필요한 전송이 일어난다. 이는 네트워크의 자원을 낭비할 뿐만 아니라 전달하는 노드들의 에너지 소모를 가중시킴으로써 네트워크 성능 저하를 가져온다. 본 논문에서는 이러한 불필요한 전송을 없애기 위해 분기 노드를 제안하고 이를 통해 효율적인 멀티캐스트 데이터 전달 구조를 생성하는 방안을 제안한다. 네트워크 시뮬레이션을 통한 검증결과 제안하는 방안은 기존 방안 대비 패킷 전달율이 향상되었고 전송 비용은 감소했다.

Abstract

Multicast is an efficient transport mechanism for community communications and MANET is recently regarded as a promising solution for support ubiquitous computing as an underlying network technology. However, it is hard to deploy multicast mechanism into MANET owing to scarce resources in wireless networks and unpredictable changes in network topology. Several multicast mechanisms have been proposed in the literature to overcome the limitations. Especially, overlay multicasting schemes present several advantages over network based multicasting schemes. Yet, the overlay multicasting schemes still introduce redundant data transmissions that waste network bandwidth and battery of relay nodes. As a result the performance of the network is degraded. To reduce the redundancy, we propose an efficient way to construct an overlay structure as a multicast data delivery tree that utilizes a branch node which belongs to the tree. By using network simulation, we show that the proposed scheme presents higher packet delivery ratio and lower transmission cost than previously proposed schemes.

Keywords : Mobile Ad hoc Network, Overlay Ad hoc Multicast, Redundancy Problem, Branch Node

I. 서 론

* 정희원, 숭실대학교 정보통신전자공학부
(Dept. I&C, Soongsil University)

** 정희원, 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부
(The Catholic University of Korea)

※ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크 원천 기반 기술 개발 사업의 지원에 의한 것임

접수일자: 2007년8월27일, 수정완료일: 2007년10월18일

MANET(Mobile Ad Hoc Network)은 기반 구조의 도움 없이 모바일 노드들에 의해 자가 구성 되는 네트워크이다^[1]. MANET의 응용으로는 군사 작전이나 긴급 재난 지역 등의 특수 상황에서의 네트워크를 포함하여, 네트워크 게임이나 컨퍼런스와 같은 커뮤니티 기반의 그룹 통신 응용들을 들 수 있다. 이러한 응용에서 노

드들은 동일한 목적을 갖는 하나의 커뮤니티 네트워크를 구성한다. MANET은 이러한 그룹기반의 임시적인 네트워크를 쉽고 빠르게 자가 구성 할 수 있는 장점이 있다. 또한 커뮤니티 기반의 그룹 통신에서 멀티캐스트는 효과적인 전달 수단이다. 멀티캐스트는 다수의 수신자에게 데이터를 동시에 전달해 주므로 MANET의 한정된 무선자원을 효율적으로 사용할 수 있다^[2].

이러한 MANET을 적용하기 위한 실제 환경에서는 지형적 영향이나 혹은 도시의 건물 및 구조물들의 영향으로 노드들의 분포가 특정 부분에 집중 될 수 있다. 예를 들어 하나의 건물 내부에서도 복도와 같은 곳은 적은 노드들이 존재 할 수 있고, 강의실이나 회의 장소와 같은 곳에서는 노드들의 밀집도가 증가한다. 이는 집합적 성질을 가지는 커뮤니티 그룹에도 동일하게 적용 될 수 있다. 자신의 주위 네트워크를 검색하여 동일한 응용에 관심을 가지는 사람들을 찾거나 혹은 컨퍼런스의 참가자중 같은 세션의 참가자들로부터 발표 자료를 다룬 받는 일과 같이 커뮤니티 중심적 네트워크는 동일 커뮤니티 특성을 가지는 노드들의 집합적 성질을 고려해야 한다. 특히 MANET과 같이 제약이 심한 네트워크에서 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 이러한 특성을 고려해야 한다.

기존 MANET에서의 멀티캐스트는 지원하는 방법에 따라 크게 네트워크 계층에서의 멀티캐스트와 응용계층에서의 오버레이 멀티캐스트로 구분된다. 표 1은 이러한 계층별 주요 멀티캐스트 프로토콜의 특성과 장단점을 나타낸다. ODMRP^[3], MAODV^[4], FGMP^[5]와 같은 네트워크 계층에서의 멀티캐스트 프로토콜에서는 멀티캐스트 데이터 전송을 위해 멤버 노드와 비멤버 노드를 모두 포함한 전달 구조를 형성한다. 따라서 그룹과 관련이 없는 비멤버 노드인 경우에도 그룹의 ID나 전달 대상과 같은 그룹의 상태 관리를 해야 한다. 많은 그룹이 존재하거나 노드의 이동성이 크고 멤버쉽 변화가 잦을수록 이러한 비멤버 노드의 그룹 관리는 멀티캐스팅의 효율성을 저하시킨다.

위와 같은 기존 네트워크 계층 멀티캐스트의 문제를 해결하기 위해 AMRoute^[6], PAST-DM^[7], ODOMP^[8], ALMA^[9]와 같은 오버레이 멀티캐스트에서는 가상의 경로를 통해 멤버 노드들을 연결한다. 가상의 경로는 실제적인 경로 위에 오버레이 형태로 구성되며 가상 경로의 양 끝단은 IP-in-IP 터널^[10]을 통해 연결된다. 따라서 경로 상의 비멤버 노드는 멀티캐스트 그룹의 상태 관리 없이 유니캐스트 라우터처럼 전달 역할만을 수행하면 된다.

표 1. MANET 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 비교
Table 1. Comparison of MANET multicast routing protocol.

	ODMRP	MAODV	AMRoute	PAST-DM	ODOMP
멀티캐스트 계층	네트워크 계층	네트워크 계층	오버레이 (응용 계층)	오버레이 (응용 계층)	오버레이 (응용 계층)
유니캐스트 라우팅 프로토콜과의 독립성	독립	독립	의존	의존	의존
상태 관리	경로 상의 모든 노드	경로 상의 모든 노드	멤버 노드	멤버 노드	멤버 노드
전달 구조	메쉬	공유 트리	메쉬 위에서의 트리	소스 기반 steiner 트리	소스 트리
장점	트리 방식에 비해 이동성에 강하다.	소스 트리 방식보다 scalable 하다	비 멤버 노드는 그룹 상태 관리를 하지 않는다.	이동성을 고려한 오버레이 트리 최적화를 한다.	이동성을 고려한 오버레이 트리 최적화를 한다.
단점	여분의 경로 전송으로 인한 자원이 낭비됨	트래픽이 하나의 공유 트리에 집중됨	노드의 이동성에 의해 고정된 메쉬가 비효율적인 구조를 생성	주기적인 제어 메시지로 많은 오버헤드가 발생	비 멤버 노드의 제어메시지 지연 처리에 비해 충분한 최적화가 되지 않음

하지만 이러한 가상의 경로는 실제 물리적인 네트워크 구조를 적절히 반영하지 못하므로 최적의 전달 구조를 갖기 어렵다. 특히 MANET과 같은 이동성을 갖는 네트워크에서 가상의 전달 구조는 노드가 이동함에 따라 점차 비효율성도 같이 커진다. 이는 무선 자원이 제한적인 이동 노드들간의 불필요한 전송을 유발하여 채널 사용을 위한 경쟁 및 간섭을 증가시키고 패킷 전달율의 저하를 가져온다. 따라서 이러한 오버레이 멀티캐스트 프로토콜의 비효율적인 전달 구조 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 분기 노드를 통한 가상의 전달 구조를 생성하여 불필요한 전송을 없애고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 MANET 오버레이 멀티캐스트의 문제점을 살펴본다. III장에서는 제안된 멀티캐스트 방법을 설명하고 IV장에서 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 방법의 효율성을 검증한다. V장에서 결론을 맺는다.

II. 오버레이 멀티캐스트의 문제점

오버레이 멀티캐스트 방식에서는 그룹의 멤버 노드들이 IP 터널링을 통해 연결이 이루어진다. 터널의 양 끝단의 노드들은 하부의 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 연결이 생성, 유지된다. 따라서 비멤버 노드들은 멀티캐스트 그룹에 대한 상태 정보를 관리 하지 않고 단순 전달만을 수행함으로써 메모리 효율의 장점을 가진다. 하지만 MANET과 같이 이동성이 있는 네트워크에서의 오버레이 멀티캐스트 프로토콜은 실제 물리적인 네트워크 형태가 변함에 따라 이를 반영하지 못하여 점차 비효율적인 전달 구조가 된다. 최초 제안된 오버레이 멀티캐스트 프로토콜인 AMRoute의 이러한 문제점을 해결하기 위해 PAST-DM과 ODOMP는 가상의 오버레이 구조를 실제 물리적인 네트워크 형태에 따라 계속적으로 갱신한다. 그렇지만 기존의 제안된 이러한 오버레이 멀티캐스트 프로토콜들은 집합적 성질의 커뮤니티 중심적 응용에 대한 고려 없이 멤버와 멤버 노드간의 가상의 경로만을 갱신함으로써 실제적인 경로에서는 불필요한 전송을 유발한다. 즉 공통된 경로를 통해 동일한 멀티캐스트 데이터가 여러 번 전송되는 문제점을 갖는다.

여기서의 공통 경로란 지역적으로 떨어진 커뮤니티 멤버들이 여러 커뮤니티 존을 형성하는 경우 이러한 커뮤니티 존에 의해 공유되는 실제 경로를 말한다. 예를 들어 그림 1에서 CZ_2 (커뮤니티 존 2), CZ_3 와 CZ_4 는 경로

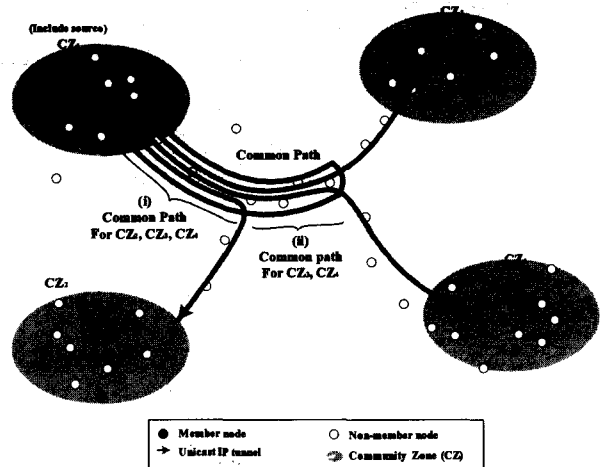


그림 1. 오버레이 멀티캐스트에서의 중복된 전달 구조
Fig. 1. Redundant delivery tree in overlay multicast.

2(i)를 공유한다. 그리고 CZ_3 와 CZ_4 는 또 다른 경로(ii)를 공유한다. 그림1에서는 2개 이상의 불필요한 동일 데이터가 공통 경로인 (i)따라 전송된다. 이러한 네트워크 구조는 많은 커뮤니티 중심적 응용에서 나타날 수 있다. 멤버들은 지형적 이유나 응용의 특성에 따라 특정 장소에 모여 있을 수 있고, 이러한 커뮤니티 존들이 모여 하나의 큰 커뮤니티를 형성 할 수 있다. 이러한 응용으로는 캠퍼스 내의 실시간 동영상 강의를 듣는 학생들이나, 컨퍼런스의 참가자들, 군 작전 수행 및 긴급 구호와 같은 것들이 있을 수 있다. 이러한 집합적 성질의 커뮤니티 중심적 응용을 고려하지 않는 기존 오버레이 멀티캐스트 프로토콜들은 공통된 경로임에도 불구하고 동일한 패킷을 여러 번 전송함으로써 제한적인 무선 자원의 소모를 증가시킨다. 이는 무선 채널의 경쟁 및 간섭을 증가 시키고, 패킷 지연 시간을 늘리며, 전송의 손실 및 빠른 에너지 소모를 가중시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 여러 커뮤니티 존에 의해 공유되는 공통 경로상의 불필요한 전송을 분기 노드를 통해 없애고자 한다.

III. 분기 노드 기반의 멀티캐스트

제안한 방법은 소스 트리 기반의 멀티캐스트 트리를 구성한다. 멤버 노드간의 가상의 링크(양방향 IP 터널)는 AODV^[11]나 DYMO^[12]와 같은 하부의 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 연결이 생성되고 유지된다. 본 장에서는 멀티캐스트 데이터를 그룹 멤버에게 전송 시 불필요한 전송이 없도록 전달 구조 생성에 초점을 맞춘다.

1. 네트워크 모델

제안한 네트워크 모델에는 그림 2와 같이 멤버 노드, 비 멤버 노드, 분기 노드가 존재 한다. 분기 노드가 위치하는 곳은 서로 다른 커뮤니티 존의 멤버 노드들이 공유하는 공통 경로상의 분기 지점이다 (BN_1, BN_2).

분기 노드를 통한 동일 데이터 패킷의 불필요한 전송의 제거는 다음과 같다. 그림 1에서 각각의 서로 다른 커뮤니티 존으로 데이터를 전달하기 위해서는 3개 이상의 다른 IP 터널링을 설정해야 한다. 이는 공통 경로 (i)에서 둘 이상의 동일 데이터 전송이 일어남을 말한다. 또한 또 다른 공통 경로인 (ii)에서도 마찬가지로 하나 이상의 동일 데이터 전송이 일어난다. 하지만 제안한 방법은 공통 경로 상에서 하나의 IP 터널링으로 멤버 노드들이 연결된다. 터널링은 2개로 분리 되어 각각 CZ_1 과 BN_1 사이를 연결하고, BN_1 과 BN_2 를 연결한다. 따라서 CZ_1 에 소스 노드가 존재하는 경우 소스 노드뿐만 아니라 공통 경로 상에 있는 모든 노드들도 불필요한 동일 패킷의 전송을 제거할 수 있다. 이를 통해 제안한 방법은 네트워크의 활용성을 높이고, IP터널을 따라 존재하는 중간 노드들의 에너지 소모를 줄인다.

제안한 방법의 단점은 경로 상의 일부 비 멤버 노드가 분기 노드로 될 수 있는 점이다. 하지만 몇몇의 비 멤버 노드가 멀티캐스트를 도움으로써 대부분의 비 멤버 노드의 그룹 참여를 없애며 동시에 전체 네트워크의 효율성을 증가시키게 된다. 이는 분기 노드가 비멤버 노드라 할지라도 데이터 전달을 위한 에너지 소모를 줄임으로써 스스로에게 이득을 가져온다.

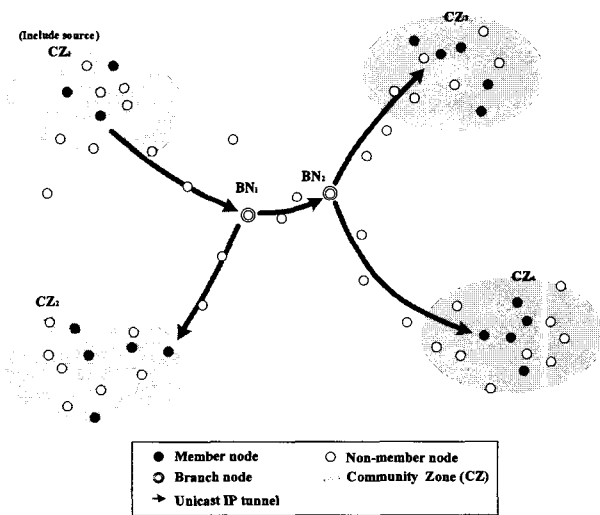


그림 2. 네트워크 모델
Fig. 2. Network model.

2. 분기 노드 기반 멀티캐스트 트리 설정

그룹의 소스 노드는 멀티캐스트 패킷 전송 시 수신하고자 하는 멤버 노드를 찾기 위해 JOIN REQUEST (JREQ)를 브로드캐스트한다. JREQ를 수신한 멤버 노드는 응답 메시지로 JOIN REPLY(JREP)를 유니캐스트 하고 수신한 JREQ를 다시 전달함으로써 또 다른 멤버 노드를 찾는다. 이때 마지막으로 거쳐 간 멤버 노드의 IP 주소를 JREQ안에 기록함으로써 가까이 있는 멤버들이 서로 연결되도록 한다.

일반 노드가 JREP를 수신하는 경우 메시지 캐시에 저장한다. 만약 동일한 멀티캐스트 세션으로부터 2개 이상의 JREP를 수신하는 경우 해당 노드는 브랜치 노드로 역할을 하게 되고 메시지 캐시로부터 자신이 멀티캐스트 패킷을 전달해주어야 할 멤버 노드들을 등록한다. 또한 최초 JREP를 2개 이상 수신하는 노드는 JREP를 변경함으로써 다른 노드가 분기 노드로 설정되는 것을 막는다. 메시지 캐시는 트리 생성 동안만 임시적으로 JREP를 저장하는 캐시이다. 따라서 2개 이상 수신하지 않는 일반 노드들은 일정 시간 이후 삭제된다. 즉 분기 노드로 설정이 된 노드만이 메시지 캐시로부터 JREP를 처리 하게 된다.

JREQ 메시지는 순서 번호(SeqNum), 홉 수(HopCnt) 소스 IP 주소(SrcAddr), 그룹 IP 주소(GroupAddr)와 부모 멤버 노드의 IP 주소(ParentAddr)을 가진다. SeqNum는 패킷의 중복 여부를 검사하고 HopCnt는 제어 메시지가 퍼지는 영역을 제한한다. SrcAddr은 GroupAddr과 함께 멀티캐스트 세션을 구분한다. ParentAddr은 마지막으로 거쳐 간 멤버 노드의 IP 주

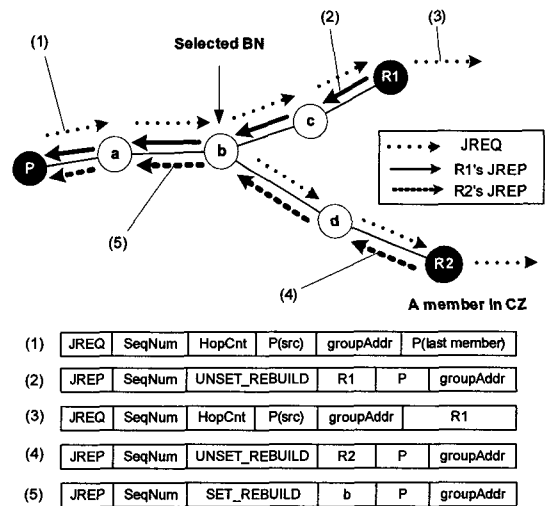


그림 3. 제어 메시지 흐름
Fig. 3. Flow of control message.

소를 기록함으로써 이를 수신하는 멤버 노드가 가까운 멤버 노드에게 연결되도록 한다. 초기의 ParentAddr은 srcAddr과 같다.

JREP 메시지는 순서 번호(SeqNum), 트리 갱신(Rebuild-Tree), 부모 멤버 노드의 IP 주소(ParentAddr), 그룹 IP 주소(GroupAddr)와 자신의 IP주소인 (Own-Addr)을 가진다. Rebuild-Tree는 새롭게 분기 노드로 설정된 노드가 JREP 메시지에 기록된 부모 노드에게 전달 시 자신이 분기 노드로 설정되었음을 알리고 새롭게 트리를 갱신하도록 알린다. 초기에 UNSET_REBUILD에서 분기 노드가 되면 SET_REBUILD로 플래그를 설정한다. 그림 4는 위와 같은 분기 노드의 설정과정을 알고리즘으로 나타낸 것이다.

그림 3과 같이 노드 P가 처음 R1에 의해 생성된 JREP 메시지를 수신하는 경우 Rebuild-Tree 플래그가 UNSET_REBUILD이므로 자신의 자식 멤버 노드로 등록한다. 이후 P가 분기 노드로 설정된 b에 의해서 SET_REBUILD로 변경된 R2의 JREP 메시지를 수신하는 경우 동일 경로 상의 멤버 노드인 R1 을 멤버 테이블에서 삭제한다. 그리고 분기 노드인 b를 멤버 테이블에 새롭게 추가한다. 이를 통해 IP 터널은 P에서 분기 노드인 b로 연결된다. 멀티캐스트 데이터가 분기 노드 b에 전달되면 b에서 R1, R2로 연결되는 각각의 IP터널을 통해 전달이 이루어진다. 이때, 분기 노드인 b는 멀티캐스트 패킷을 전달해주는 P 입장에서의 분기 지점이므로 R1과 R2에서는 단지 P만 멤버 노드로 보일 뿐이다. 따라서 R1과 R2는 b가 분기노드로 설정되었음을

Procedure of Set Branch Node

```

if (nodeI || I ∈ member) then
    Degree ← Degree+1
    Insert_MessageCache[] ← JREP
    if (Degree > 1) then
        Set Branch-Node & Reset Degree
        memTable.node ← JREP.OwnAddr
        /*Inserted member Table as child member */
        Insert_preMemberToMemTable(MessageCache[])
        /*previous member inserted member Table as child member */
        JREP.Rebuild_Tree ← SET_REBUILD
        relay JREP
    end if
else /* received only one JREP */
    relay JREP
end else
end if
    
```

그림 4. 분기 노드 설정 알고리즘
Fig. 4. Algorithm for determining branch node.

모르더라도, 부모 노드인 P에서 b를 거쳐 멀티캐스트 패킷을 수신하는데 문제가 없다.

3. 공통 경로에서의 전송 횟수 분석

멀티캐스트 트리상의 부모노드와 자식노드를 $N_{parent} \rightarrow x, N_{child} \rightarrow y_i$ 라 할 때 부모 노드 x에서 자식 노드인 y_i 까지의 경로를 $P(x, y_i)$ 라 정의한다. 또한 x에서 y_i 까지의 홑 카운트를 $P(x, y_i)^{HC} = |P_{x, y_i}|$ 로 정의 했을 때 ODOMP같은 기존 오버레이 방법과 공통 경로 구간에서의 전송 횟수를 비교하면 다음과 같다.

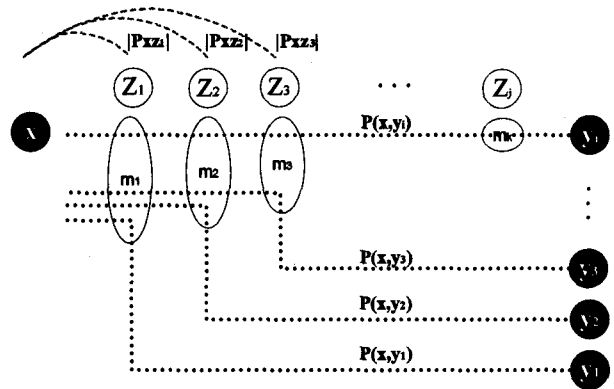


그림 5. 공통 경로에서 전송 횟수
Fig. 5. The number of transmissions in Common Path.

그림 5에 나타낸 것처럼, n개의 $P(x, y_i)$ 가 있을 때 각각 서로 다른 중간 노드인 $\{z_1, z_2, \dots, z_j\}$ 에서 $\{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ ($MAX m_k = n$) 개의 경로가 거쳐 가는 경우 전송횟수(Transmission count)는 다음과 같다.

$$T_{overlay} = \sum m_k |P_{x, z_j}| \quad (j=k) \tag{1}$$

하지만 분기 노드를 통해 멀티캐스트 트리를 구성하는 경우 $m_k = 1$ 이 된다. 만약 n개의 자식 노드가 모두 동일한 z만을 거쳐 가는 경우는 다음과 같다.

$$T_{overlay} = n |P_{x, z}| \tag{2}$$

IV. 실험

1. 시뮬레이션 환경

제안하는 방안의 성능을 보이기 위한 시뮬레이션은 QualNet v3.9 시뮬레이터를 사용 한다^[13]. 본 실험에서 MANET 네트워크 계층 멀티캐스트 프로토콜인 ODMRP 및 오버레이 멀티캐스트 프로토콜인 ODOMP와의 성능을 비교 분석한다. ODOMP와 제안

표 2. 시뮬레이션 환경 설정

Table 2. Simulation parameters.

number of nodes	50
simulation area	1500m x 1500m
simulation time	300s
transmission range	250m
channel capacity	2Mbit/s
MAC layer protocol	IEEE 802.11b ^[14]
traffic	MCBR, 4 packets/s 512 byte/packet
number of member nodes per CZ	5

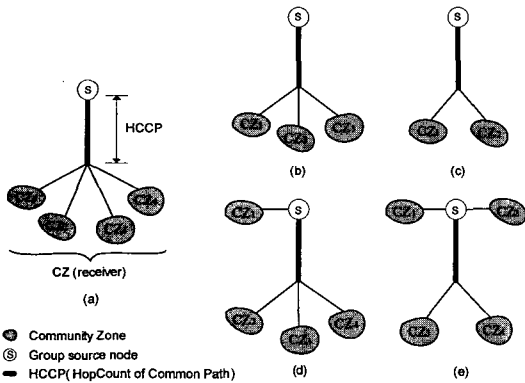


그림 6. 시뮬레이션 환경
Fig. 6. Simulation topology.

한 방법의 경우 하부의 유니캐스트 라우팅 프로토콜로 QualNet에서 제공하는 AODV를 사용한다. 그림 2와 같은 네트워크 모델을 위해 멤버 노드들은 자신의 커뮤니티 존 내에서만 움직인다. 자세한 시뮬레이션 환경은 표 2와 같다.

그림 6은 시뮬레이션에서 노드들의 분포를 나타낸다. 각 커뮤니티 존은 모두 동일한 멤버 노드를 포함하고 소스 노드로부터 같은 거리에 있다. 시뮬레이션의 성능 평가 기준은 커뮤니티 존의 수와 함께 소스 노드에서부터 분기 노드까지의 홉 수를 기준으로 한다. 이를 HCCP(hop counts in common path)라 정의한다.

하나의 커뮤니티 존을 가지는 경우에는 공통 경로가 생기지 않으므로 제외한다. 또한 그림 5에서 (d),(e)와 같은 경우는 (b),(c)의 결과를 통해 이끌어 낼 수 있으므로 시뮬레이션에서는 (a),(b)와 (c) 같이 기본적인 구조에 초점을 맞춘다. 서로 다른 각 3가지 프로토콜은 데이터 패킷 전달율(delivery ratio)과 전송 비용(transmission cost) 측면에서 비교한다. 각각은 다음과 같이 정의된다.

1) 데이터 패킷 전달율 : 모든 멤버 노드에게 전달되어야 하는 멀티캐스트 데이터 패킷의 개수와 실제

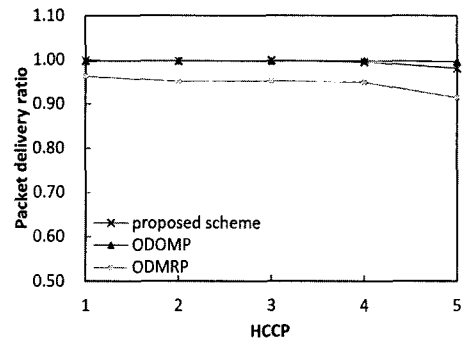
받은 패킷 개수의 비율

2) 전송 비용 : 모든 멤버 노드에게 멀티캐스트 데이터를 전달하기 위해 전체 네트워크에서 일어난 전송 횟수 / 모든 멤버 노드에게 전달되어야 하는 멀티캐스트 데이터 패킷의 개수

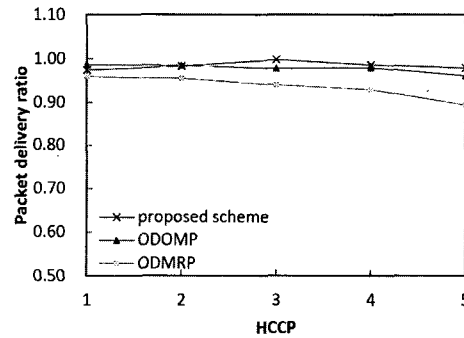
전송 비용은 동일한 데이터양을 전달하는데 필요한 전체 네트워크에서의 전송 횟수의 차이를 상대적으로 비교 할 수 있다.

2. 시뮬레이션 결과

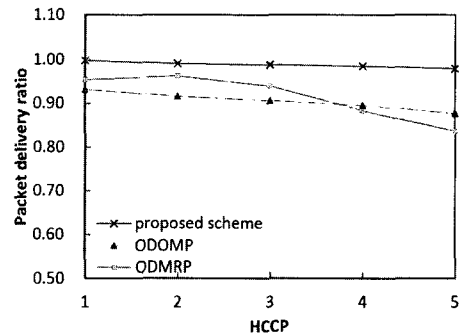
그림 7은 각각 커뮤니티 존인 CZ의 증가와 공통 경



(a) 커뮤니티 존 = 2



(b) 커뮤니티 존 = 3



(c) 커뮤니티 존 = 4

그림 7. CZ와 HCCP 증가에 따른 패킷 전송율

Fig. 7. Effects of increasing number of CZ and HCCP on packet delivery ratio.

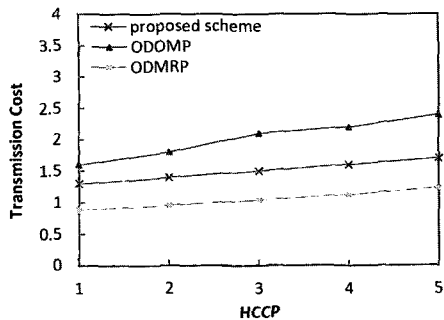
로 홉 수인 *HCCP* 증가에 대한 데이터 패킷 전달율의 변화를 나타낸다.

*CZ*의 수가 적은 경우 제안한 방법과 *ODOMP*는 비슷한 데이터 패킷 전달율을 가진다. 반면 *ODMRP*는 멀티캐스트로 데이터 패킷을 전달하기 때문에 *ACK*가 없다. 따라서 공통 홉 수와 *CZ*가 증가함에 따라 충돌로 인한 손실로 패킷 전달율이 감소한다. 제안한 방법과 *ODOMP*는 유니캐스트로 데이터를 전달하므로 *HCCP* 증가에 따른 전달율의 감소폭이 적다. *CZ*의 수가 증가함에 따라 *ODOMP*는 *HCCP* 구간에서의 불필요한 전송의 증가로 채널 경쟁과 손실이 늘어나 전달율이 감소함을 알 수 있다. 반면 제안한 방법은 *HCCP* 구간에서도 단 한번의 전송으로 전달이 이루어지기 때문에 전달율

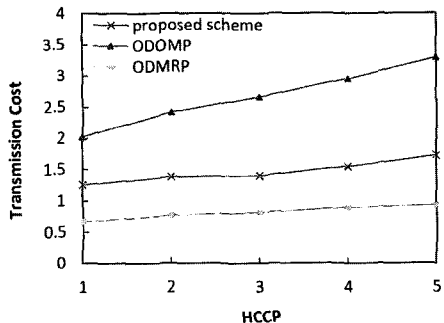
감소폭이 적다.

그림 8은 *CZ*와 *HCCP*가 증가함에 따른 전송 비용의 차이를 보여준다. *ODOMP*와 제안된 방법의 전송 비용을 비교해보면 기존의 *ODOMP*는 제안된 방법을 기준으로 23% ~ 91% 까지 패킷 전송 횟수가 증가한다. 즉 네트워크 전체에 많은 전송이 일어나는 것을 보여준다. 이는 공통 경로상에 있는 노드들의 에너지 소모뿐만 아니라 노드의 전송 범위 내의 채널 경쟁을 증가시킨다. 따라서 많은 커뮤니티 그룹들이 존재하는 경우 급격한 성능 저하를 가져온다. 하지만 제안한 분기 노드 방식은 비 멤버 노드로부터 선택되어야하는 단점이 있음에도 전체 네트워크 성능 향상에 크게 기여할 수 있다. *HCCP* 증가에 따른 전송 비용 증가량의 경우 *ODOMP*는 최대 1.26의 증가율을, *ODMRP*는 0.35를, 제안된 방법은 0.46의 증가율을 가진다. 따라서 *ODOMP*와 비교했을 때 네트워크에 전송되는 전체 데이터 패킷 전송량의 차이를 확인할 수 있다. *CZ* 증가에 따른 전송 비용의 경우 제안한 방법의 경우 *CZ*가 증가하더라도 *HCCP*에서의 전송은 한번만 이루어지므로 전송 비용의 차이가 적다 하지만 *ODOMP*의 경우 *CZ* 증가에 따라 전송 비용이 증가함을 알 수 있다. *ODMRP*는 가장 낮은 전송 비용을 갖는다. 이는 멀티캐스트로 데이터를 전달하므로 인접한 노드들은 한번에 수신이 가능하기 때문이다.

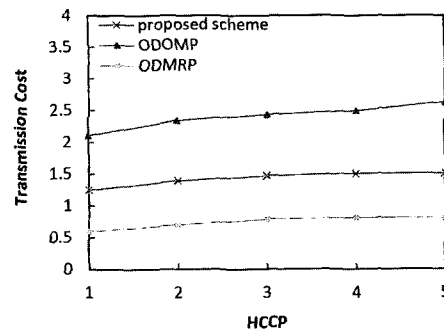
그림 9는 *CZ*가 4개인 경우 전체 네트워크에서 데이터 패킷 전달에 참여하는 노드의 평균 총 수를 나타낸다. 즉 수신만 하는 노드는 제외된다. 제안한 방식은 *ODOMP*와 비슷한 전송 노드의 수를 갖는다. 이는 제안한 방식이 *ODOMP*와 비교하여 트리 구조의 차이가 크지 않음을 나타낸다. 즉 오버레이 트리 구조에서 중복



(a) 커뮤니티 존 = 2



(b) 커뮤니티 존 = 3



(c) 커뮤니티 존 = 4

그림 8. *CZ*와 *HCCP* 증가에 따른 전송 비용
Fig. 8. Effects of increasing number of *CZ* and *HCCP* on Transmission cost.

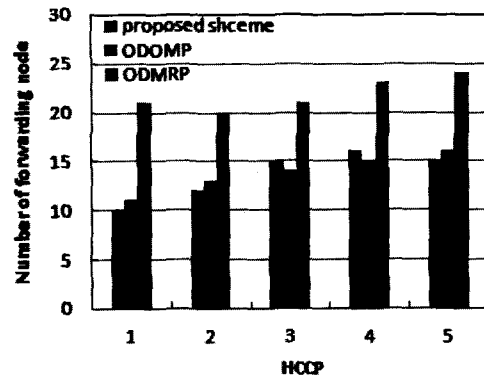


그림 9. 평균 전달 노드의 수
Fig. 9. Average number of relaying nodes.

되는 경로만을 제거한다는 것을 의미한다.

ODMRP는 전달(fowarding) 노드들에 의해 여분의 경로로 데이터 전송이 이루어지므로 많은 전송 노드를 갖는다. 즉 물리적인 관점에서 볼 때 ODMRP는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 노드의 수가 많음을 의미한다.

V. 결 론

본 논문에서는 분기 노드를 통한 MANET에서의 멀티캐스트 방법을 제안하였다. 분기 노드는 기존의 오버레이 멀티캐스트 트리의 중복 경로 설정을 없애면서 동시에 실제 네트워크 형태를 반영한 멀티캐스트 트리를 생성하여 최적의 전달 구조를 만든다. 또한 오버레이 멀티캐스트와 같이 분기 노드 및 멤버 노드들은 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 멀티캐스트 데이터를 전달함으로써 멀티캐스트 패킷 전송의 신뢰성을 높인다. 또한 분기 노드와 멤버 노드를 제외한 전달 경로상의 비 멤버 노드들은 그룹 관리를 하지 않는다.

시뮬레이션을 통해 기존의 MANET 멀티캐스트 프로토콜과 특성을 비교하고 성능을 분석하였다. 이를 통해 공통 경로 상의 불필요한 전송이 많아질수록 채널 경쟁과 간섭으로 낮은 패킷 전달율을 유발하고 많은 중복된 전송으로 에너지 소모를 가중시킨다는 것을 확인하였다. 제안한 방식은 이러한 불필요한 전송을 제거하여 전체 네트워크 성능을 향상 시킬 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] IETF MANET(Mobile Ad hoc Networks) Working Group, Available URL:<http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>

[2] C. Cordeiro, H. Gossain, and D. Agrawal, "Multicast over Wireless Mobile Ad Hoc Netowrks: Present and Future Directions," *IEEE Network Magazine*, vol. 17, no. 1, pp. 52-59, Jan/Feb 2003.

[3] S.-J Lee, M. Gerla, and C.-C. Chiang, "On-Demand Multicast Routing Protocol," *IEEE WCNC'99*, Sep. 1999.

[4] E. M. Royer and C. E. Perkins, "Multicast Operation of the Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol," *ACM MOBICOM'99*, Aug. 1999.

[5] C.-C. Chiang, M. Gerla, and L. Zhang, "Forwarding Group Multicast Protocol(FGMP)

for multihop, mobile wireless networks," *ACM Baltzer Journal of Cluster Computing*, vol. 1, no. 2, 1998.

[6] E. Bommaiah, M. Liu, A. MvAuley, and R. Talpade, *AMRoute: Ad hoc Multicast Routing Protocol*, Internet Draft, draft-manet-amroute-00.txt.

[7] C. Gui and P. Mohapatra, "Efficient Overlay Multicast for Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE WCNC'03*, Mar. 2003.

[8] O. Stanze and M. Zitterbart, "On-Demand Overlay Multicast in Mobile Ad hoc Networks," *IEEE WCNC'05*, Mar. 2005.

[9] M. Ge, S. V. Krishnamurthy and M. Faloutsos, "Application versus network layer multicasting in ad hoc networks:the ALMA routing protocol," *Ad Hoc Networks*, vol. 4, Iss. 2, pp. 283-300, Mar. 2006.

[10] W. Simpson, "IP in IP Tunneling," *IETF RFC 1853*, Oct. 1995.

[11] C. Perkins and E. Royer, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *IETF RFC 3561*, 2003.

[12] I. Chakeres, E. Belding-Royer and C. Perkins. "Dynamic MANET On-demand Routing Protocol (DYMO)," Internet Draft, Mar. 2007. (Work in Progress).

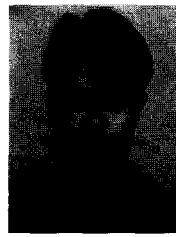
[13] *Qualnet Network Simulator*, Available URL: <http://www.scalable-networks.com>

[14] ANSI/IEEE "Standard 802.11b - Part 11: Wireless LAN Medium Access Contorl (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifiications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz band," Sep. 1999.

저 자 소 개



오 제 준(정회원)
 2006년 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사 졸업.
 2007년 현재 숭실대학교 정보통신공학부 석사과정
 <주관심분야 : 컴퓨터통신, 애드혹, 라우팅>



강 남 희(정회원)
 1999년 숭실대학교 정보통신공학 학사
 2001년 숭실대학교 정보통신공학 석사
 2005년 Siegen University(독일) 컴퓨터공학 박사
 2006년 다산네트웍스 선임연구원
 2007년 현재 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 초빙교수
 <주관심분야 : 컴퓨터 통신, 인터넷보안>



김 용 혁(정회원)
 1999년 숭실대학교 정보통신공학 학사
 2001년 숭실대학교 정보통신공학 석사
 2003년 숭실대학교 정보통신공학 박사 수료
 2006년 코어세스 선임연구원
 2007년 현재 숭실대학교 유비쿼터스 네트워크 연구센터 연구원
 <주관심분야 : 애드혹 네트워크, 무선 네트워크>



김 영 한(정회원)
 1984년 서울대학교 전자공학 학사
 1986년 한국과학기술원 전기전자공학 석사
 1990년 한국과학기술원 전기전자공학 박사
 1990년~1994년 디지콤정보통신연구소 연구부장
 2006년~현재 숭실대학교 정보통신공학과 교수
 2006년~현재 통신학회 인터넷연구회위원장
 2006년~현재 VoIP포럼 차세대분과 위원장
 <주관심분야 : BcN, IMS, VoIP, QoS, MANET>