

위치기반 오버레이 애드 혹 멀티캐스트에서의 네트워크 확장성 개선 방안

김봉수⁰, 정관수, 조호중, 최영환, 김상하
충남대학교 컴퓨터공학과

{bskim⁰, ksjung, chohc99, yhchoi}@cclab.cnu.ac.kr, and shkim@cnu.ac.kr

A Mechanism for Improving Network Scalability of Location-based Overlay Multicast in Mobile Ad hoc Networks

Bongsoo kim⁰, Kwansoo Jung, Hochoong Cho, Younghwan Choi, and Sang-Ha Kim
Department of Computer Engineering, Chungnam National University

요 약

이동 애드 혹 네트워크는 빈번한 위상 변화가 일어난다. 이에 대처하기 위해 비상태 멀티캐스팅이나 위상 변화에 강한 특성을 지니는 오버레이 멀티캐스트 프로토콜들이 제안되고 있다. 하지만 이들의 대부분은 소규모 그룹에 대한 멀티캐스트만을 지원한다. 그러나 이동 애드 혹 네트워크의 대표적인 응용들은 대규모 그룹 통신을 사용하므로 확장성 문제는 해결되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 이를 개선하기 위해 단일 홉 클러스터링과 프록시 노드 사용을 제안한다. 단일 홉 클러스터링은 구조적인 관리가 필요한 노드 수를 줄일 수 있으며 프록시 노드는 단일 홉 클러스터링으로 줄어든 노드들에게 계층화된 포워딩을 제공한다.

1. 서론

이동 애드 혹 네트워크는 자유롭게 이동할 수 있고 다른 노드를 위하여 패킷을 전달하는데 협력할 수 있는 무선 기기의 집합으로 이루어진다. 또한 고정된 기반 구조나 중앙 집중형 관리가 필요하지 않는다. 이동 노드들은 전송 범위가 한정되어 있어, 멀리 있는 노드들은 멀티 홉 경로를 통해 통신한다.

이런 배치의 용이성은 이동 애드 혹 네트워크를 응용의 다양성을 지니도록 한다. 전쟁터에서의 통신, 재난 복구 지역에서의 통신, 섬과 배들 간의 그룹 통신, 유선 기반 구조의 지원이 없는 회의, 그리고 상호 작용 방식의 정보 공유가 그 사례이다. 전형적인 인터넷 응용과 다르게, 대부분의 이동 애드 혹 네트워크 응용은 일-대-다 또는 다-대-다 패턴을 수반한다[1].

따라서 그룹 통신의 효율적인 지원은 대부분 애드 혹 네트워크 응용에서 중요한 문제이다. 그런데 이동 애드 혹 네트워크 환경에서는 노드 이동성으로 인해 라우팅 경로들의 생성과 소멸로 네트워크 위상이 지속적으로 변화한

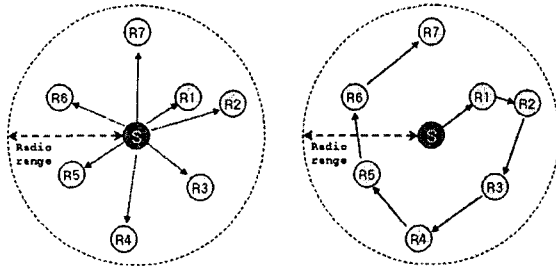
다. 그리고 빈번한 네트워크 위상의 변화는 정확한 멀티캐스트 상태 정보를 유지하는 것이 힘들게 한다. 이를 해결하기 위해 변화하는 멀티캐스트 프로토콜 상태를 유지하기 위한 여러 기술들이 제안되어 왔다[2, 3, 4, 6].

그 제안들 중, 중간 노드들은 상태정보를 유지하지 않는 비상태 멀티캐스팅이나 위상 변화에 강한 특성을 지니는 오버레이 멀티캐스트 프로토콜들은 위상 변화에 강한 장점을 지닌다. 그런데 이들의 대부분은 소규모 그룹에 대한 멀티캐스트만을 지원하는 경우가 많다. 하지만 이동 애드 혹 네트워크에서는 재난 구조나 군사 작전이 대표적인 응용인 만큼, 확장성 문제는 꼭 해결되어야 한다. 따라서 우리는 오버레이 멀티캐스트 프로토콜에서 확장성 문제를 개선하는 메커니즘을 제안한다.

제안된 메커니즘에 대해서는 다음 장에서 설명한다. 그리고 이어서 3장에서 본 논문의 결론을 제시한다.

2. 제안 메커니즘

이 장에서는 네트워크 위상 변화에 적응성이 강한 오버레이



(a) 단일 홉 브로드캐스팅 (b) 기존 오버레이 멀티캐스팅
[그림 1] 오버레이 애드 멀티캐스팅에서의 비효율적 전송

이 멀티캐스트 방안에 대해서 확장성 문제를 개선하기 위한 메커니즘을 설명한다. 우리가 제안하는 메커니즘은 단일 홉 클러스터링과 프록시 노드 설정, 두 단계로 나누어진다.

2.1 단일 홉 클러스터링

기존 오버레이 멀티캐스트는 유니캐스트를 기반으로 하기 때문에 무선 네트워크의 특성을 활용하지 못 한다. 즉 무선 노드들 역시 전송 반경 안에 존재한다면 물리적으로 그 데이터를 받을 수 있다. 그런데 대부분의 기존 오버레이 멀티캐스트에서는 수신 노드들이 물리계층에서 중복된 메시지를 여러 번 수신해야 한다. 이에 대해 [그림 1]과 같은 예시를 들 수 있다. [그림 1]의 (a)와 같이 브로드캐스팅을 사용할 경우, 송신 노드 S는 수신 노드 R1~R7에게 단 한번의 전송으로 데이터를 전송할 수 있다. 반면 유니캐스트를 사용할 경우, 최악의 경우에는 (b)와 같이 7번의 데이터 전송이 필요하다. 이러한 사실은 오버레이 멀티캐스트라 할지라도 유니캐스트뿐만 아니라 멀티캐스트 프로토콜의 제한적인 활용의 필요성을 제시한다.

단일 홉 클러스터의 유지는 어렵지 않게 이루어질 수 있다. 클러스터 리더는 소스에게 등록되어 오버레이 멀티캐스트의 데이터 전송에 대해 책임을 지고 있는 노드를 말한다. 단일 홉 클러스터는 리더의 주기적인 메시지에 의해 유지 된다. 이 메시지의 수신 여부를 통해 그룹 멤버는 자신이 클러스터의 멤버가 될지 리더가 될지를 판단한다. 클러스터의 멤버는 단지 리더가 보내는 1홉 멀티캐스트 데이터를 받는다. 즉, 클러스터 멤버 노드는 멀티캐스트 데이터를 다른 멤버 노드에게 전송하기 위한 어떤 노력도 하지 않는다. 하지만 클러스터의 리더는 멀티캐스트 데이터를 다른 멤버노드에게 전송하기 위한 책임을 지닌다.

2.2 프록시 노드 설정

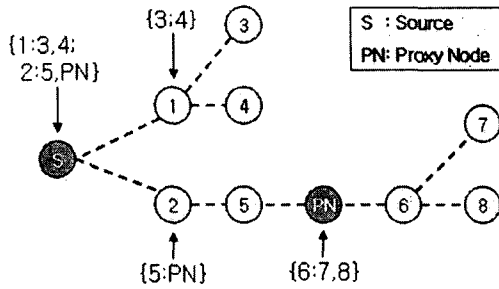
이동 애드 혹 네트워크의 오버레이 멀티캐스팅은 유니캐스팅을 이용한다. 따라서 오버레이 멀티캐스팅은 유니캐스팅의 목적지를 멀티캐스트 그룹의 멤버 리스트에서 차례로 선택해야 한다. 이런 오버레이 멀티캐스팅 방법은 보다 효율적인 데이터 전달을 위해 선형적인 데이터 전송이 아니라 트리 형식의 데이터 전송을 사용한다. 따라서 데이터 전송의 중간 노드들은 자신이 담당해야 할 목적지 리스트를 알아야 한다. 이를 위해 가장 간단하고 제어 오버헤드가 작은 방법은 패킷에 목적지 리스트를 분배해 전송하는 방법이다. 그리고 이는 가장 잘 알려진 오버레이 멀티캐스트 프로토콜인 LGT[2]나 PAST-DM[3]에서도 사용된다. 하지만 이 방법은 패킷의 크기가 한정되어 있기 때문에 리스트의 크기가 제한을 가져온다. 따라서 리스트의 크기가 제한되기 때문에 이 방법은 소규모 멀티캐스트 그룹에서만 적용될 수 있다. 또한 리스트를 각 패킷에 담아 야 하기 때문에 소스가 그룹 멤버 노드들 정보를 전부 알아야 한다. 그런데 모든 그룹 노드들이 소스에게 직접 정보를 전달한다면 대역폭 오버헤드가 커지게 되는 문제가 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 프록시 노드를 사용하는 계층적인 포워딩 메커니즘을 제안한다. 프록시 노드는 E²M[5]의 XF(Xcast Forwarder)와 유사한 일을 수행한다. 프록시 노드는 자신이 담당하는 멤버 노드들에게 멀티캐스트 소스의 역할을 대행한다. 그리고 프록시 노드가 담당하는 멤버 노드들과 소스와의 연결고리로서 동작한다.

프록시 노드 설정에 관해 본 논문은 다음의 세 가지 가정을 전제로 한다.

- 그룹에 참여하려는 노드는 소스를 알고 있다.
- 모든 노드는 자신의 위치정보를 알 수 있다.
- 프록시 노드 설정 및 데이터 전달은 단일 홉 클러스터링의 리더들만으로 구성된 계층에서 이루어진다.

멀티캐스트에 참여하려는 노드와 참여하고 있는 노드는 소스에게 주기적으로 Join_MSG 메시지를 보낸다. Join_MSG에는 그 노드의 위치 정보와 기타 다른 정보가 들어 있다. 소스는 이 메시지를 통해 자신의 그룹에 참여한 노드를 테이블에 유지한다.



[그림 2] 프록시 노드를 이용한 위치기반 데이터 전송

소스에서 가장 가까운 순서의 노드들 중 패킷 리스트에 담을 수 있는 만큼의 노드를 선발한다. 그리고 선택된 노드들 중에서 다음의 두 가지 조건을 고려해 프록시 노드를 선택한다.

- 소스와의 거리
- 선택되지 않은 노드들이 위치한 방향

멀티캐스트 소스는 그룹 노드 테이블과 위의 두 가지 사항을 고려해 적합한 프록시 노드를 동적으로 선택한다. 그리고 소스는 선택된 노드에게 VirSource_MSG 메시지를 보낸다.

VirSource_MSG는 프록시 노드가 담당해야 할 노드들의 정보를 포함한다. VirSource_MSG를 받은 노드는 자신이 맡게 된 노드들에게 멀티캐스트 소스를 대신해 Join_MSG에 대한 Reply_MSG를 보낸다. 멤버 노드들은 소스가 아닌 다른 노드로부터 온 Reply_MSG를 보고 자신의 프록시 노드를 인식하게 된다. 그리고 프록시 노드를 인식한 멤버 노드는 Join_MSG를 프록시 노드에게 보낸다. 프록시 노드는 Join_MSG에 대한 응답, 하위 프록시 노드의 선택 등 소스의 일을 분산 수행한다. 그리고 프록시 노드는 멀티캐스트 소스나 상위 프록시 노드에게 Join_MSG를 보낸다. 이 Join_MSG 메시지에는 자신에게 Join_MSG를 보내오는 멤버 노드의 정보가 들어 있다. 이런 계층적인 정보 수집을 통해 전체적인 Join_MSG 메시지 수의 감소로 인한 대역폭을 절약할 수 있다. 또한 소스는 지속적인 전체 그룹 멤버 노드들에 대한 정보를 유지할 수 있다.

[그림 2]는 프록시 노드를 이용했을 때 오버레이 위치기반 데이터 전송과정을 보여준다. 기존 오버레이 멀티캐스트에서는 패킷 리스트에 그룹 멤버 모두를 담아야 했다. 하지만 프록시 노드를 이용할 경우 멀티캐스트 소스는 프

록시 노드까지만 리스트에 담으면 된다. 그 이후의 노드(노드 6, 7, 8)에 대해서는 프록시 노드가 데이터 전달을 책임진다.

3. 결론

본 논문에서는 단일 홉 클러스터링과 프록시 노드 설정을 사용하여 이동 애드 혹 네트워크에서 오버레이 멀티캐스트의 관리 오버헤드 감소와 확장성을 개선하는 메커니즘을 제안하였다. 이 연구와 관련하여 시뮬레이션을 통한 정량적 성능 향상에 대한 분석이 계속 될 것이다.

참고 문헌

- [1] P. Mohapatra, G. Chao, and L. Jian, " Group communications in mobile ad hoc networks," IEEE Journal on Computer, Vol. 37, Feb. 2004, pp. 52-59.
- [2] K. Chen and K. Nahrstedt, " Effective location-guided tree construction algorithms for small group multicast in MANET," in Proceedings of IEEE INFOCOM 2002, Vol. 3, June 2002, pp.1180-1189.
- [3] C. Cui and P. Mohapatra, " Efficient Overlay Multicast for Mobile Ad Hoc Networks," in Proceedings of IEEE WCNC, Vol. 2, Mar. 2003, pp. 1118-1123.
- [4] Steffen Blodt, " Efficient End System Multicast for Mobile Ad Hoc Networks," In Proceedings of IEEE PERCOMW' 04, Mar. 2004, pp. 75-80.
- [5] H. Gossain *et al.*, " E²M: a scalable explicit multicast protocol for MANETs," in Proceedings of IEEE ICC 2004, Vol. 6, Jun. 2004, pp. 3628-2632.
- [6] A. Patil *et al.*, " SOLONet: sub-optimal location-aided overlay network for MANETs," in Proceedings of IEEE MASS, Oct. 2004, pp.324-333.