
Mobile IPv6망에서 소스 이동성을 갖는 멀티캐스트 라우팅 및 비용모델

Multicast Routing and Cost Model with Source Mobility in Mobile IPv6 Networks

박병섭

인하공업전문대학 컴퓨터정보공학부

Byoung-Seob Park(bspark@inhac.ac.kr)

요약

모바일 네트워크에서 멀티캐스팅 알고리즘을 구현시에는, 호스트 그룹핑이나 멀티캐스트 제공 트리를 효율적으로 관리하는 것이 주요한 이슈이다. 본 논문에서는 Mobile-IPv6 기반에서 멀티캐스트 문제 등을 고찰하며, MLD 프로토콜을 사용하여 수신자뿐만 아니라 소스도 이동성을 갖는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 터널을 사용하여 그룹에 대한 멀티캐스팅을 중단하도록 HA에 요청하는 방식이며, 비용분석 모델을 통하여 그 효율성을 입증한다.

■ 중심어 : | Mobile-IPv6 | 멀티캐스트 | MLD | 소스 이동성 | 트리 결합 |

Abstract

In mobile network, the maintenance of host grouping or the multicast delivery tree for multicasting algorithm becomes a major issues. In this paper, we explore the issues of mobile Multicast scheme using Mobile-IPv6, and addresses case when a mobile host is a source as well as a recipient of a given multicast operation using MLD(Multicast Listener Discovery) scheme, and the proposed MLD-based multicasting protocol asks its HA(Home Agent) to stop forwarding multicast for group using tunneling. We examine and compare our model to existing approaches by proposed cost model, and observe an improved performacne.

■ keyword : | Mobile-IPv6 | Multicast | MLD | Source mobility | Tree join |

1. 서론

IETF를 중심으로 이동성을 지원하는 인터넷 프로토콜에 대한 연구가 진행되어 Mobile-IP 프로토콜에 관련된 표준안이 제안되었다[1]. 이동 인터넷 프로토콜은

단말이 새로운 서브 네트워크로 이동하여트의 네트워크가 변경되더라도 이음매 없는 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 인터넷 멀티캐스트 프로토콜은 원격 교육, 다자간 영상회의, VoD(Video on Demand), 원격 공동작업과 같은 일반적인 그룹 통신 서비스에서부

* 본 연구는 2004년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

접수번호 : #041111-001

접수일자 : 2004년 11월 11일

심사완료일 : 2004년 11월 29일

교신저자 : 박병섭, e-mail : bspark@inhac.ac.kr

터 푸시기술을 기반으로하는 뉴스,광고, 멀티미디어 통신 등 다양한 멀티미디어 응용에 널리 사용되고 있다. 이러한 IP 멀티캐스트 기술은 유선 우주에서 휴대단말을 근간으로 하는 무선 단말을 지원하기 위한 Mobile-IP 멀티캐스트에 대한 관심이 고조되고 있다[2]. IP 멀티캐스트에 이동성을 제공하기 위해서는 메시지를 받는 호스트들이 복수라는 것과 가우팅 경로 설정이 목적지 주소가 아닌 소스 주소를 이용한다는 점을 고려해 한다.

IETF Mobile-IP 스펙에서는 이동 호스트(MH : mobile host)에서의 멀티캐스트를 지원하기 위해 2가지 방법을 제안하고 있다[1-4]; 첫째는 MIP-RS (remote subscription)이고 다른 하나는 MIP-BT (bidirectional tunneling) 기법이다. RS 멀티캐스트 기법에서는 이동 호스트는 외부 네트워크(foreign network)으로 이동할 때마다 멀티캐스트 그룹에 가입해야만 한다. 이것은 매우 단순한 기법이고 어떤 캡슐화도 요구하지 않는다. 이 기법은 최적 라우팅 경로와 중복된 패킷이 존재하지 않는 장점을 제공한다. 그러나, 이동 호스트가 자주 이동할 때는 멀티캐스트 트리를 관리하는데 있어서의 어려움으로 인해 멀티캐스트 서비스 비용이 많이 들 수 있다. 더욱이, 멀티캐스트 트리를 재구성하는데 드는 지연시간으로 인해 멀티캐스트 데이터 전송이 실패할 가능성을 야기할 수 있다. BT 멀티캐스트 기법에서, 데이터 전송은 홈 에이전트(home agent)를 통한 단일전송(unicast) Mobile-IP 터널링으로 이루어진다. 홈 에이전트가 이동 호스트로 향하는 멀티캐스트 데이터그램을 받았을 때, 두 번 데이터그램을 캡슐화한다.(한번은 이동 호스트 주소로, 또 한번은 이동 호스트의 CoA(Care-of-Address로)). 그리고 단일전송 패킷으로 데이터그램을 이동 호스트로 전송한다.

이 외에도 터널 수렴 문제(tunnel convergence problem)가 존재하는 MoM[5], Mobile-IP상에서 멀티캐스팅을 위해 마이크로 이동성(micro mobility)을 고려하는 MMP[6], 신뢰성 있는 전송에 초점을 맞춘 RMDP[7]기법과 RMMP[8]. MMROP[9]는 수신자 이동성에 초점을 맞춘 기법으로 RT 기법의 한 부류로 제안 되었다. MobiCast[10]는 작은 무선 셀을 가진 인터넷 워킹 환경에서 계층적인 이동성 관리 모델을 사용

하여 분석하였다. 이들 기법들은 모두 수신자 이동성은 고려했지만 소스 이동성은 다루지 않고 있다. 본 논문에서는 MLD를 기반으로 하여, 멀티캐스트 제공트리를 관리하는데 커다란 오버헤드인 트리 결합에 걸리는 시간과 메시지 제공 시간을 줄이고, 수신자 및 소스 이동성을 모두 고려하는 Mobile-IPv6 멀티캐스트 기법을 제안하고, 시스템 비용 모델을 사용하여 처리비용 및 전송비용 측면에서 기존 방법과 제안된 방법을 비교하여 비용을 분석하고자 한다.

II. 연구배경

1. Mobile-IPv6 망 모델

그림 1은 본 논문에서 고려하는 네트워크 모델이다. 망 구성은 홈 에이전트(HA), 멀티캐스트 소스노드, 액세스 라우터(AR : Access Router), 멀티캐스트 그룹의 고정 호스트 등으로 구성된다. 이동 호스트는 새로운 망에서 외부 링크에 접속하며, 라우팅 정보의 처리는 액세스 라우터 중의 하나가 멀티캐스트 라우터(MR : Multicast router) 역할을 수행하도록 한다. Mobile-IPv6을 사용할 경우 그림에서와 같이 소스에서 MH로의 멀티캐스트 데이터그램의 직접 전송이 가능하다.

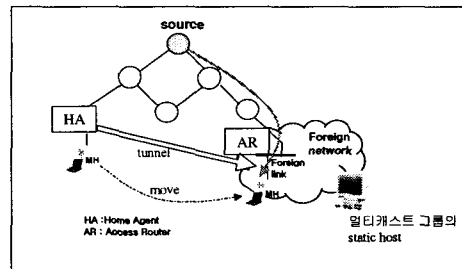


그림 1. Mobile-IPv6 네트워크 모델

2. Mobile-IPv6 전송 모델

IETF의 Mobile-IPv4는 HA, FA(Foreign Agent), MH등으로 구성되며, 이동 호스트 MH는 UDP/IP (User Datagram Protocol/ Internet Protocol) 데이

터그랩내에 등록 메시지(registration message)를 통하여 HA의 CoA를 HA에 알리게 된다. 반대로, Mobile-IPv6[3]에 있는 MH는 그들의 CoA를 다른 호스트에 알리기 위해 목적지 옵션(Destination Option)을 사용한다. 따라서, CNs(Correspondent Node)은 MH의 CoA를 사용할 수 있어, MH의 홈 에이전트로 데이터그램을 보내지 않고 MH와 직접 통신한다. 이것은 Mobile-IPv6은 기본적으로 경로 최적화를 지원하지 않음을 보여준다. 그림 2에서 실선이 Mobile-IPv6를 위한 최적화된 라우팅 경로이다. 점선은 Mobile-IPv4에서의 HA를 경유, 터널링을 통한 데이터그램 전송 경로이다.

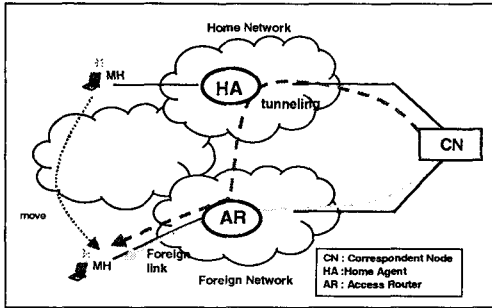


그림 2. Mobile-IPv4 vs. Mobile-IPv6 전송 모델

포워딩 테이블(forwarding table)을 가지고 있다. MLD 동작은 모든 MH로부터의 멤버십 정보를 모으기 위해 각 터널상에 유지되어야 한다. MLD 기능을 가진 HA는 모든 레포트를 분석하여, 모든 터널에 대한 전역 멤버십 정보를 만든다. 그리고 나서, HA는 자신이 서비스하는 모든 MH에 대표하여 그룹 멤버가 된다.

본 논문에서는 터널링 경로를 줄이기 위해, MLD 프로토콜을 확장하고, MDA(Multicast Delivery Agent) 노드를 도입한다. MDA는 외부 네트워크로 이동시 터널링 경로를 최소로 해주는 AR중의 하나이다. 이 노드는 외부 네트워크에서 해당 그룹 멤버십을 가진 가장 가까운 노드로 선택된다.

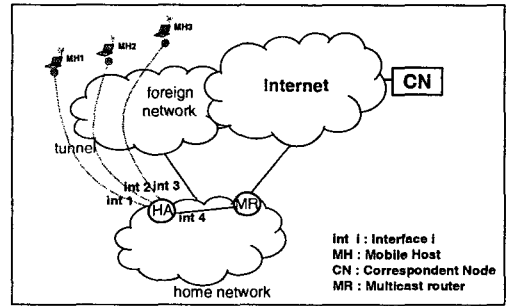


그림 3. 멀티캐스트를 위한 MLD 동작

III. 제안된 MLD-기반 멀티캐스팅 기법

1. MLD 동작

제안된 멀티캐스트 기법은 멀티캐스트 그룹 멤버십 정보를 모으기 위해 MLD[11]를 사용한다. MLD는 해당 링크에 연결되어 있는 멀티캐스트 그룹 멤버를 학습하기 위해 IPv6 멀티캐스트 라우터가 사용한다. 이것은 주기적으로 질의(query)를 보내 이루어지며, 호스트는 그들의 멀티캐스트 그룹 멤버십에 대한 리포트(Report)를 보낸다. 수집된 멤버십 정보는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 제공된다. 각 링크상에서 하나의 MR이 질의자(querier)로 선택된다. 이 MR은 각 링크상에서 주기적으로 질의를 보내 정보를 수집한다. 그림 3에서 각 MH로의 터널은 하나의 인터페이스(interface)로 볼 수 있다. HA는 그룹 멤버십을 위한

2. 제안기법(MIP-MDA)

제안된 Mobile-IPv6 멀티캐스팅 기법을 지원하기 위해 새로운 2개의 MLD 메시지를 도입한다. 하나는 MLD Stop 메시지이고, 다른 하나는 멤버십 확인을 위한 MEM-ACK 메시지이다. MH가 자신의 HA에게 Stop 메시지를 보내면, HA는 멀티캐스트 데이터그램의 포워딩을 멈추게 된다. MEM-ACK 메시지는 MDA에서 보내게 되는데, 그룹 멤버 소유권에 대한 응답 메시지로 사용한다.

2.1 기법 1 : 트리 결합을 사용하는 그룹 멤버십

MH가 외부 네트워크로 이동하였을 때, 멀티캐스트 그룹 멤버십을 갖지 않는 경우, MH의 외부 링크상에서 지역 AR을 통하여 멀티캐스트 그룹에 결합한다. 멀티캐스트 제공 트리는 이 노드까지 확장된다. MR가 MH

로부터 MLD Report를 받았을 때, 멀티캐스트 제공 트리에 연결하고, 멀티캐스트 데이터그램의 포워딩을 시작한다. 이 과정이 그림 4에 도시되어 있다.

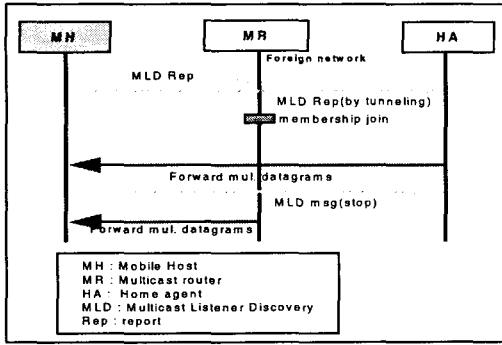


그림 4. 트리 결합 연산을 사용하는 멀티캐스트 동작

2.2 기법 2 : MDA를 사용하는 그룹 멤버십

다음 그림 5는 MDA 개념을 사용하여 트리 결합없이 멀티캐스트 라우팅을 수행한다. 따라서 중복된 데이터그램의 수를 줄여주고, 데이터그램이 MDA에 의해 제공되어 긴 멀티캐스트 제공 경로를 줄일 수 있다. MH가 자신의 MDA로부터 MLD MEM-ACK 메시지를 받자마자, HA에 stop 메시지를 보낸다. 이제 멀티캐스트 데이터그램은 트리 결합없이 MDA로부터의 터널링 경로를 통하여 MH에 직접 전달된다.

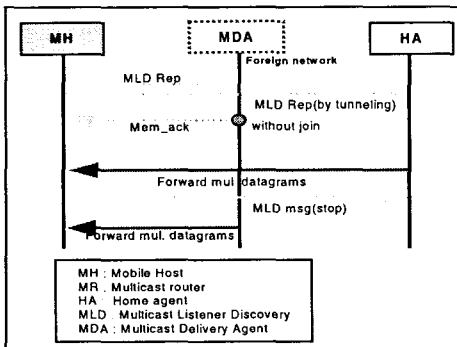


그림 5. 트리 결합 지연이 없는 MDA-기반 멀티캐스트 동작

2.3 소스 이동성 모델

수신자의 이동성뿐만 아니라 소스의 이동성도 효율적

을 보장하기 위해서 MLD와 MDA 기능, 그리고 트리 결합 연산을 도입한다. 스스로 동작하는 MH가 새로운 AR로부터 MLD MEM-ACK를 받을때까지, 멀티캐스트 데이터그램은 HA를 통해 보내진다. MH가 MLD report를 통해 MDA 기능을 갖는 새로운 AR이 식별하면 HA에 stop 메시지를 보낸다. 이제 멀티캐스트 데이터그램은 HA로부터가 아니라 새로운 AR에 접속한 스스로로부터 보내진다. 이러한 동작 시나리오가 그림 6에 도시되어 있다. (a) 그림은 초기 멀티캐스트 트리 구조를 보여주며, (b) 그림은 소스 이동후에 새로 형성된 멀티캐스트 그룹 트리를 보여준다. 새로운 AR가 MDA 노드가 되어 이 노드를 통한 MH의 연결이 가능하며, 이 노를 중심으로 새로운 멀티캐스트 제공 트리를 구성할 수 있다. 따라서 HA로부터 제공되던 긴 터널링 경로를 피할 수 있다.

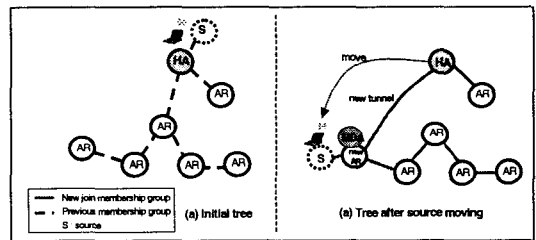


그림 6. 데이터그램 전송시의 소스의 이동

IV. 비용 분석 모델

1. 시스템 비용 모델

제안된 모델의 성능 평가를 위해 MH별 평균 비용 분석을 위한 시스템 비용분석 개발한다. 그리고 나서 3가지 모델, 즉, MIP-RT, MIP-BT, 제안된 기법 (MIP-MDA)의 비용이 비교된다. 비용분석을 위한 척도는 처리비용(processing cost)와 전송비용(transmission cost)로 사용한다. 다음 [그림 7]은 각 멀티캐스트 모델의 비교를 위한 시스템 비용 구조모델이다. 분석을 위해 두 노드사이의 거리(distance)는 홉 수로 H_a, H_b, H_c, H_d, H_e 로 표현한다.

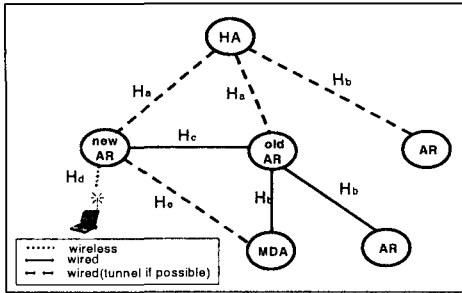


그림 7. 시스템 비용 모델

2. 비용 분석

비용 모델은 3가지 각 기법에 대해 각 서브넷에서 MH별 평균 비용을 계산한다. 비용은 2가지 요소로 구성된다. 하나는 바인딩 및 그룹 구성을 포함하는 제어 데이터의 처리 비용($C_{control}$), 다른 하나는 방문한 서브넷에서 MH에 데이터그램을 전송하는 비용(C_{data})이다; $C_{control} + C_{data}$. 그리고 PMR(Packet Mobility Ratio), p 는 λ/μ . 여기서 λ 는 MH에 대한 데이터 생성율이고, μ 는 서브넷간의 이동성 비율이다. 분석을 위한 비용 매개변수는 다음과 같다.

- ℓ : 데이터 길이 비율, $\ell_{data}/\ell_{control}$
- m : MH가 다른 멤버가 없는 서브넷을 방문할 확률
- r : 임의의 호스트에서 제어 메시지 처리 평균 비용
- N : 그룹당 MH 평균 개수

$C_{control}$ 은 등록 비용과 멤버십 구성 오버헤드가 되며, C_{data} 는 PMR과 MH로의 데이터그램 제공 비용으로 구성된다. 결과적으로 평균 비용, 3개의 각 기법에서 MH당 C_{total} 은 다음과 같이 계산된다.

i) MIP-BT

$$C_{total} = (2(H_a + H_d) + 5r) + p[l(H_b + H_c + H_d) + 2r]$$

ii) MIP-RS

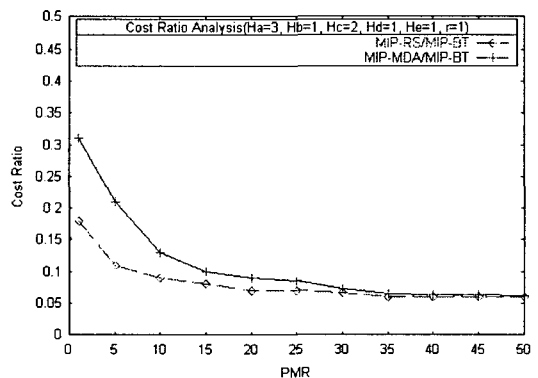
$$C_{total} = (2(H_a + H_d) + 5r) + m[(H_b + H_d) + 2r] + p[l(H_b + H_d)/N]$$

ii) MIP-MDA(ours scheme)

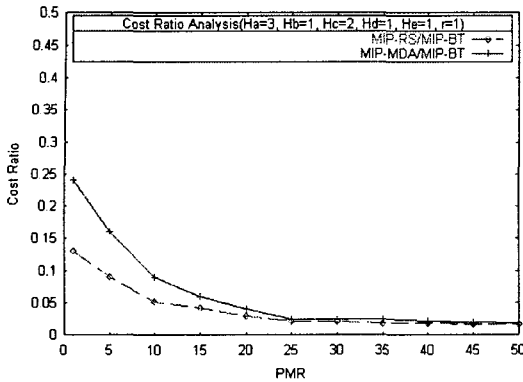
$$C_{total} = (2(H_a + H_d) + 5r) + m[2H_c + 3r] + p[l(H_c + H_d)/N]$$

3. 수치분석

위에서 계산된 비용 모델을 MIP-BT를 베이스로 하여 PMR값을 1~50까지 변경하면서, MIP-RS, MIP-MDA 비용을 비교하였다. 그림 8에서 낮은 커브는 더 나은 성능을 나타낸다. PMR 값은 MH가 얼마나 빠르게 이동하는가를 나타내는 매개변수이다. 즉, PMR 값이 커지면, 한 서브넷에서 머무르는 시간이 길어지게 됨을 의미한다. 따라서 PMR 값이 증가하게되면 MH가 고정된 스테이션처럼 보이게 됨으로 그래프는 평평하게 나타난다. 결과적으로 MIP-BT가 최악의 성능을 보이므로 비용 비율(cost ratio)인 MIP-RS/ MIP-BT, MIP-MDA/MIP-BT 값은 모든 커브에서 1보다 작게 나타난다. 분석을 위해 상대적인 거리를 반영하여 $H_a=3, H_b=1, H_c=2, H_d=1, H_e=1, r=1$ 을 가정하였고, ℓ 은 100과 1000의 경우에 대해 분석하였다. 그림 8의 그래프에서 보면, MIP-BT는 삼각 라우팅과 터널링 수렴문제에 기인하여 최악의 비용을 갖게된다. MIP-RS는 최고의 성능을 보여주는데, 이것은 트리결합을 통한 짧은 데이터그램 제공 비용에 기인한다. 그러나 소스 이동성을 제공하지는 못한다. 그래프에서 보면, 제안된 기법(MIP-MDA)은 소스 이동성을 제공하면서 MIP-RS에 근접한 성능을 보여주고 있다.



(a) 작은 데이터그램에서의 비용비율($\ell=100$)



(b) 큰 데이터그램에서의 비용비율($\ell=1000$)

그림 8. 멀티캐스트 기법의 비용비교

V. 결론

이동망에서 이동 호스트를 위한 원격화상회의, 방송, VoD 등의 서비스에서 필수적으로 요구되는 기술이 이동 멀티캐스트 알고리즘이다. 일반적으로, 모바일 네트워크에서 멀티캐스팅 알고리즘을 구현시에는 호스트 그룹핑이나 멀티캐스트 제공 트리를 효율적으로 관리하는 것이 주요한 이슈이다. 대부분의 알고리즘들은 수신자 이동성만을 고려한 멀티캐스팅 알고리즘을 제안하고 있다. 본 논문에서는 IPv6의 기본 프로토콜중의 하나인 MLD를 기반으로하고, 멀티캐스트 트리 구성에 소요되는 비용 및 시간을 줄이기 위해 MDA 노드를 제안하여, 이 노드로부터 해당 멀티캐스트 데이터그램을 받을 수 있게 하는 새로운 기법을 제안하였다. 최종적으로 제안된 기법의 성능을 분석하기 위해 비용 분석 모델을 통하여 기존 알고리즘 보다 처리비용 및 전송 비용에서 효율적임을 보였다. 특히 PMR 값에 클 경우는 MIT-MDA와 MIP-RS는 거의 동일한 결과를 보여주었다. 향후 연구 내용으로는 정확한 매개변수 정의를 통한 상세한 시뮬레이션 분석이 요구된다.

참고 문헌

- [1] W. Fenner, Internet Group Management Protocol. RFC 2236, 1997.
- [2] J. Mysore and V. Bharghavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," Proc. ACM / IEEE MOBICOM'97, pp. 161-172, Sep. 1997.
- [3] D. B. Johnson and C. E. Perkins, "Mobility Support in IPv6," Internet Draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-10.txt, Feb. 2000.
- [4] J. D. Solomon, "Mobile IP-The Internet Unplugged," Prentice-Hall, 1998.
- [5] T. G Harrison, C. L. Williamson, W. L. Mackrell, and R.B.Bunt, "Mobile Multicast (MoM) Protocol : Multicast support for Mobile Host," Proc. ACM/IEEE MOBICOM '97, pp. 151-160, Sep. 1997.
- [6] C. R. Lin and K. M. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks," IEEE INFOCOM' 2000, pp. 1664-1672, 2000.
- [7] Luigi Rizzo, Lorenzo Vicisano, "RMDP: an FEC-based Reliable Multicast protocol for Wireless environments," ACM Mobile Computer and Communication Review, Vol.2, No.2, April 1998.
- [8] Chien-An Ke and Wanjiun Liao, "Reliable Mobile Multicast Protocol (RMMP):A Reliable Multicast Protocol for Mobile IP Networks," Proc. of IEEE WCNC 2000, Sep. 2000.
- [9] Jiunn-Ru Lai, Wanjiun Liao, Ming-Yu Jiang, and Chien-An Ke, "Mobile multicast with routing optimization for recipient mobility," Proc. of IEEE ICC 2001, June 2001.
- [10] Cheng Lin Tan and Stephen Pink, "MobiCast: A multicast scheme for wireless networks," Mobile Networks and Applications, Vol.5, No.4, Dec. 2000.
- [11] S. Deering and et al., "Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6," RFC 2710, Oct. 1999.

