

Proxy Mobile IPv6 기반 실시간 멀티캐스트 서비스를 위한 효율적인 핸드오버 방안에 대한 연구

A Study on an efficient handover scheme for real-time multicast services in PMIPv6 network

김정훈*, 유인태*, 나원식**

Jung-Hoon Kim*, In-Tae Ryoo* and Won-Shik Na**

요 약

PMIPv6는 네트워크 기반 이동성 프로토콜로서 모바일 노드가 어떠한 IP 이동성 프로토콜 시그널링에도 관여하지 않는다. PMIPv6에서는 이동성 관리 기능이 네트워크에 있기 때문에 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위한 새로운 요소가 추가되고 기능을 변경해야 하는 문제가 있다. 현재 PMIPv6에서 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위한 표준화 작업이 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 PMIPv6에서 효율적인 실시간 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 현재 진행중인 표준화 작업의 문제점을 살펴보고 Neighbor Cell Reporting 기법을 사용하여 핸드오버로 인한 지연을 줄이고 패킷의 손실을 줄이는 방법을 제안한다. 제안한 방법이 기존 방법들에 비해 핸드오버로 인한 지연과 패킷의 손실을 감소시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 입증한다.

Abstract

The PMIPv6 is a network controlled mobility management protocol in which mobile nodes never participate in IP mobility protocol signaling. One issue in using PMIPv6 for multicast service is that a new component should be added as the mobility management functions are located not on the device but on the network. Currently, standardization activities for providing multicast services with PMIPv6 have been actively in progress. This paper addresses some issues about the on-going standardization works for providing efficient real-time multicast services with PMIPv6, and proposes a scheme for minimizing hand over delays and packet losses by using a new neighbor cell reporting method. The proposed scheme has been verified to outperform the existing scheme in hand over delay and packet loss performances by using computer simulations.

Key words : pmipv6, multicast, handover

I. 서 론

무선 네트워크 기술의 눈부신 발전에 힘입어 유선

네트워크에서만 제공되던 다양한 멀티미디어 콘텐츠와 서비스를 무선에서도 사용하고자 하는 사용자의 욕구가 커졌다. 이는 무선 모바일 네트워크라는 새로

* 경희대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Kyung-Hee University)

** 남서울대학교 교양과정부(Dept. of General Education Namseoul University)

· 교신저자 (Corresponding Author) : 유인태

· 투고일자 : 2010년 8월 10일

· 심사(수정)일자 : 2010년 8월 11일 (수정일자 : 2010년 8월 25일)

· 게재일자 : 2010년 8월 30일

운 환경을 만들었고 모바일 네트워크 기술은 나날이 발전을 거듭하고 있다.

모바일 네트워크에서 다양한 서비스를 이용하기 위해서는 멀티캐스트 기술 제공이 필수적인데, 모바일 환경에서 고정 호스트를 대상으로 하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 그대로 적용하는 것은 많은 문제점이 있다. 유선 네트워크에서 호스트의 이동에 따른 그룹 멤버의 변화를 해결하는 방법[1],[2]이 제시되었다. 하지만 모바일 환경은 유선 환경과 비교하였을 때 이동성이 크고, MN (Mobile Node)의 이동 속도가 매우 빠르다. 이는 멀티캐스트 트리의 잦은 변화를 유발하고, 새로운 트리를 구성하기 위한 오버헤드가 크며, 불완전한 트리 구성에 따른 지연, 멀티캐스트 데이터의 손실 등의 문제를 발생시킨다.

서론에 이어 2장에서는 모바일 멀티캐스트 환경에서 호스트의 이동성을 보장하기 위한 PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6)[3]에서의 멀티캐스트 서비스 제공을 위한 표준화 현황과 제안된 사항의 문제점에 대해 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 Neighbor Cell Reporting 기법을 통해 핸드오프 지연을 줄이고 패킷의 손실을 줄이기 위한 방법에 대해 살펴보고 시뮬레이션을 통한 검증을 확인한다. 결론에서는 요약 및 향후 연구 방안에 대해 논의한다.

II. PMIPv6 기반 멀티캐스트 기술

PMIPv6는 MN의 이동에 따른 처리에 관여하지 않도록 설계하여 MN의 부담을 줄이고, LMA (Local Mobility Anchor)와 MAGs (Mobile Access Gateways)라는 요소를 추가하여 MN를 대신하여 네트워크에서 IP 이동성을 제공하는 방식이다.

2-1 Base Deployment for Multicast Listener Support in PMIPv6 Domains

PMIPv6 도메인에서 멀티캐스트를 제공하기 위해서는 멀티캐스트 라우팅 기능을 PMIPv6 도메인 내에

추가시켜야 한다. 하지만 PMIPv6에는 멀티캐스트 통신 기능에 대한 설명이 없다. 또한 네트워크 기반 이동성을 제공하는 시나리오에서 이동성지원을 위한 처리 능력이 없는 MN가 Mobile IP에서와 같이 제공할 수 없다. 이에 IETF 제 73차 회의에서 MULTIMOB (Multicast Mobility) 회의가 진행되었고 PMIPv6 도메인 환경에서 멀티캐스트 수신자의 이동성을 지원하는 것과 관련하여 Base Solution[4][그림 1]을 제시하였다.

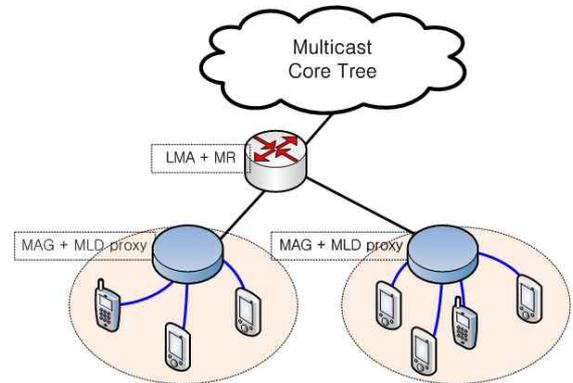


그림 1. LMA상의 Multicast Router
Fig. 1 Multicast Router on LMA

Base Solution은 PMIPv6의 구조적인 수정 없이 PMIPv6 도메인에서 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 LMA와 MAG를 통해 멀티캐스트 서비스를 제공하는 방법을 제시했다. 이를 위해서는 LMA는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 지원하고, MAG의 경우에는 자신에게 접속된 MN들의 멀티캐스트 그룹 멤버십 상태를 관리해야 하며 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜인 MLD를 지원해야 한다.

2-2 Base Solution 기반 PMIPv6 멀티캐스트 기술

Base Solution 기반의 멀티캐스트 서비스를 위한 표준화 과정[5]이 진행중이다. 이 표준화 문서에서 제안된 내용은 LMA와 MAG간의 전용의 멀티캐스트 터널 (M-Tunnel)을 사용하고 MN을 위한 IP 멀티캐스트 패킷을 전송하기 위한 로컬 라우팅 (Local

Routing)을 사용한다. 또한 LMA와 MAG가 IP 멀티캐스트를 제공하기 위한 역할을 정의하고 있다. [그림 2]는 PMIPv6에서의 멀티캐스트 수신자 이동성과 관련된 메시지 교환 절차를 보여준다.

핸드오버 절차는 다음과 같다. MAG가 MN의 이동을 감지하고 LMA에게 바인딩 정보를 등록하는 역할을 수행한다. 핸드오버와 관련된 메시지 전달 절차는 MAG가 MLD proxy나 멀티캐스트 라우터의 역할을 수행하는지 여부와 CXTP (Context Transfer Protocol)[7] 또는 MN의 Policy Profile의 사용 여부에 따라 달라진다. 어느 경우든 LMA가 멀티캐스트 데이터 포워딩을 요청할 수 있도록 PBU (Proxy Binding Update) 메시지에 멀티캐스트 주소와 해당하

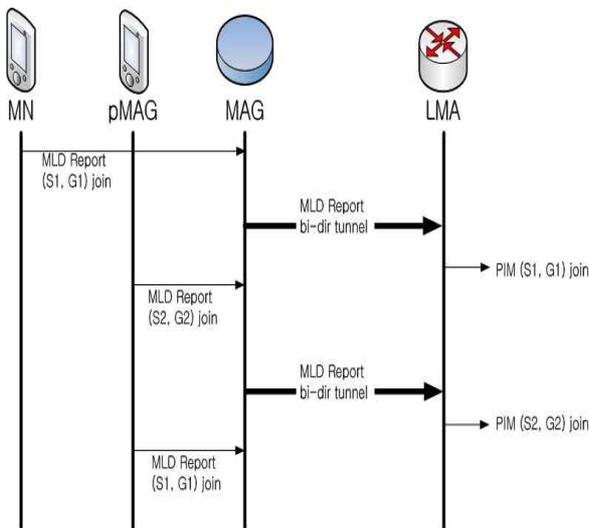


그림 2. Base Solution 기반 메시지 교환 절차
Fig. 2 Message procedure on Base Solution

는 소스 주소 목록을 포함하는 확장된 PBU-M (PBU with multicast extension) 메시지를 정의한다. [그림 3]은 MAG가 MLD proxy 역할을 할 때의 핸드오버 과정을, CXTP를 사용한 경우에 대하여 보여준다.

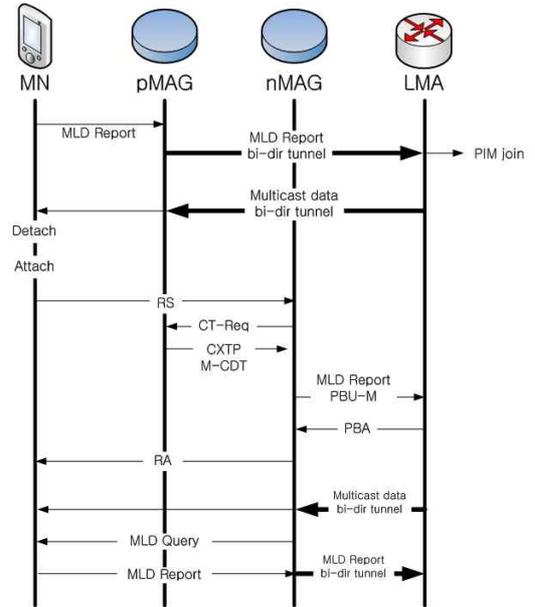


그림 3. Base Solution 기반 CXTP 핸드오버 과정
Fig. 3 CXTP Handover procedure of Base Solution

Base Solution기반의 멀티캐스트는 n-MAG와 LMA를 통해 확장된 PBU-M 메시지를 전송하여 양방향 터널을 생성한 후에만 멀티캐스트 패킷을 지속적으로 MN에 제공할 수 있다. 이는 핸드오버 프로세스 시 전송 지연과 패킷 손실을 유발하고, 다수의 LMA에서 같은 멀티캐스트 패킷을 수신해야 하는 MAG에서의 터널 집중화 현상이 발생한다. 결국 네트워크 대역폭 자원의 낭비를 초래하고, LMA 복잡도를 증가시켜 LMA에 과도한 부하를 주는 단점이 있다.

2-3 Direct Routing Solution

PMIPv6 네트워크에서 이러한 구조적인 문제를 해결하기 위한 표준화 작업[6]이 진행되고 있다. 이 표준화 작업에서는 멀티캐스트 기능을 LMA와 분리시키는 방법을 제안하고 있으며 PMIPv6 도메인에서 멀티캐스트 서비스 제공을 위한 MR (Multicast Router)를 별도로 위치시키는 방법을 제시하고 있다. 이와 같은 방법을 통해 터널 집중화 문제를 해결하고 MLD query/report로 인해 발생하는 핸드오버 지연의 문제를 해결한다. 또한 LMA에서 MR의 기능을 분리함으로써 LMA에서의 복잡도를 줄인다.

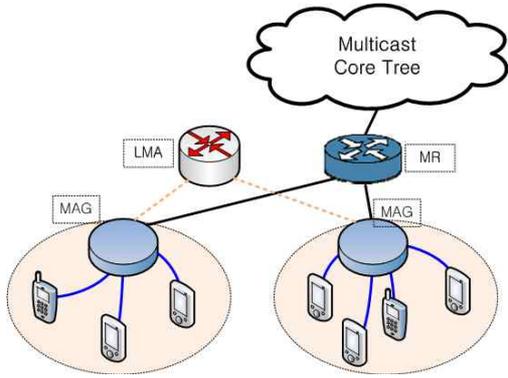


그림 4. Direct Routing Solution
Fig. 4 Direct Routing Solution

이와 같이 제안된 방법은 Direct Routing Solution 이라고 하며 [그림 4]와 같은 구조를 가진다. 또한 MLD 시그널링과 멀티캐스트 패킷을 포워딩하기 위해 MAG가 RFC4605[8]에 정의된 MLD forwarding proxy 기능만을 가지면 된다. 이 방법은 LMA가 멀티캐스트 기능으로부터 독립되어 있기 때문에 Base Solution보다 LMA의 구조가 간단하고 설치가 용이하다는 장점이 있다.

[그림 5]는 Direct Routing Solution의 핸드오버 동작을 보여준다. MN가 P-MAG에서 N-MAG로 이동하면, N-MAG는 새롭게 접근하는 MN의 도착을 감지하고 MN에게 MLD Query 메시지를 전송한다. MLD Query 메시지를 전송받은 이후에 MN는 멀티캐스트

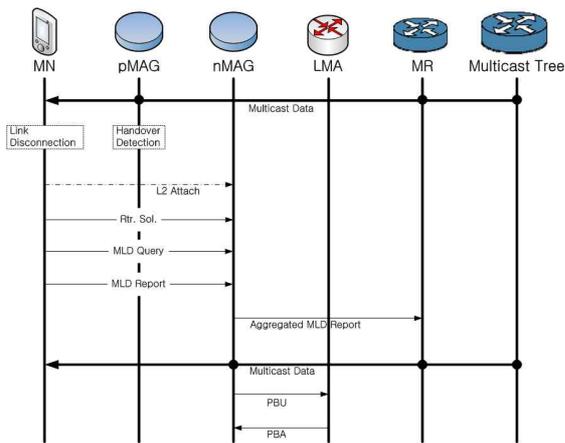


그림 5. Direct Routing Solution의 핸드오버 과정
Fig. 5 Handover Procedure of Direct Routing Solution

그룹 정보를 포함하는 MLD report 메시지를 전송

한다. N-MAG는 MR에 aggregated MLD report 메시지를 전송한다. n-MAG가 MR로부터 멀티캐스트 데이터를 수신하게 되면 터널 캡슐화 과정 없이 단순히 데이터를 포워딩한다. n-MAG은 PBU/PBA 시그널링 메시지를 교환함으로써 LMA에 MN의 위치 정보를 업데이트 한다. Direct Routing Solution은 Base Solution에 비해 터널 집중화 문제를 해결하고 LMA의 부하를 줄이는 장점을 가졌지만, 핸드오버 시간동안 지연과 패킷의 손실이 발생하고 실제 멀티캐스트 데이터를 수신하기까지 MLD report/query 절차를 거치는 시간이 필요한 단점이 있다.

III. Neighbor Cell Reporting 기법

Base Solution과 비교하여 Direct Routing Solution이 많은 장점을 가지고 있는 것은 사실이다. 하지만 Direct Routing Solution은 MN가 p-MAG에서 연결이 끊어지고 n-MAG에 재 연결되는 핸드오버 시간동안 지연과 패킷 손실이 발생한다. 또한 n-MAG에서 감지되어 n-MAG와 MLD query/report 절차를 거치고 다시 Aggregated MLD report를 MR에 보내어 실제 멀티캐스트 데이터를 수신하기까지의 시간이 필요하여 핸드오버 지연을 발생시키는 단점이 있다.

본 장에서는 Neighbor Cell Reporting 기법을 통해 PMIPv6 도메인에서 효율적인 실시간 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위한 방법을 핸드오버 절차에 따른 세부 사항을 중심으로 설명한다. Direct Solution에서 MN의 핸드오버로 인해 발생하는 지연과 멀티캐스트 패킷의 손실을 줄이는 방법을 제시하고 시뮬레이션을 통해 이를 검증한다.

3-1 Neighbor Cell Reporting

전술한 문제를 해결하기 위해 Neighbor Cell Reporting 기법을 제안한다. 기본적으로 한 Cell에서 다른 Cell로의 핸드오버를 하는 것은 예측 가능한 범위의 핸드오버로 생각할 수 있다. [그림 6]에서와 같이 MN가 d에서 다른 곳으로 이동한다면 Neighbor Cell로의 핸드오버라고 예측할 수 있는 것이다.

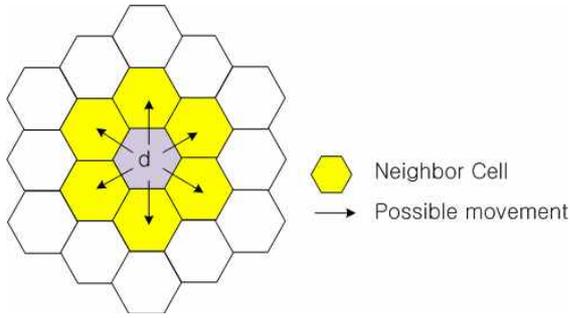


그림 6. Neighbor Cell의 개념
Fig. 6 Concept of Neighbor Cell

실제 네트워크를 고려하였을 때 한 MAG에 속하는 여러 Cell에서 Inter-MAG 핸드오버가 예상되는 외곽지역의 Cell에서 접속이 끊어지게 되면 MN가 주변의 다른 MAG에 속한 Cell로 핸드오버를 완료하기 전에 멀티캐스트 가입 정보를 전달하고 미리 멀티캐스트 그룹에 가입함으로써 2계층에서의 핸드오버 이후에 수행되는 MLD query/report의 절차를 줄여 핸드오버에 따른 지연 시간을 줄일 수 있다.

3-2 메시지 구조

CXTP를 이용하여 MN의 ID와 멀티캐스트 그룹 가입 정보를 포함하는 메시지를 보내 Neighbor Cell의 MAG에서 MN가 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위한 정보를 미리 알 수 있다. 기본적으로 IPv6에서 이동성을 지원하기 위한 모바일 헤더 구조[9]를 가진다. 모바일 헤더 이후의 Context Information과 HI (Handover Initiate), HAck (Handover Acknowledgement) 메시지를 보내기 위한 헤더 구조는 [그림 7]과 같다. 메시지 헤더 중 M, H, I는 본문에서 제안하는 컨텍스트 정보를 전송하기 위한 플래그로 정의하였으며 나머지 구조는 PMIPv6에서 Fast Handover를 제공하기 위한 표준[10]의 내용과 같다.

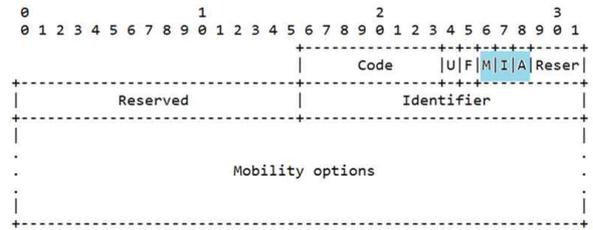


그림 7. CXTP 메시지 헤더
Fig. 7 CXTP Message Header

M 필드는 멀티캐스트 가입을 위한 정보를 전송하기 위한 Context Information 전송을 나타내는 플래그, I는 HI 메시지를 나타내는 플래그, A 필드는 HAck 메시지를 나타내는 플래그를 정의한다.

3-3 핸드오버 절차

Neighbor Cell의 정보를 이용한 핸드오버 절차는 [그림 8]과 같다. 단, Neighbor Cell의 정보를 모든 MAG에서 미리 인식하고 있음을 가정한다.

1. pMAG (Previous MAG)에서 멀티캐스트 데이터를 수신하던 MN와의 연결이 끊어지게 되면 pMAG는 핸드오버가 발생할 상황임을 인식한다.
2. MN이 이동 가능한 Neighbor Cell의 모든 nMAG (Next MAG)로 Context Information 메시지를 전송한다. 이후 pMAG에서는 연결이 끊어진 이후에 수신되는 멀티캐스트 데이터를 버퍼에 저장하고, 핸드오버 타이머를 동작한다. 이 메시지는 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위한 MN_ID, pMAG의 주소와 멀티캐스트 주소를 포함한다.
3. Context Information을 수신한 nMAG는 멀티캐스트 가입 정보를 바탕으로 Aggregated MLD report를 MR에 보낸다.
4. nMAG는 멀티캐스트에 가입하고 멀티캐스트 데이터를 수신한다.
5. 핸드오버 타이머가 종료되기 이전에 MN가 nMAG로 핸드오버를 한다.
6. HI/HAck 메시지 교환하여 터널을 생성한다.
7. 생성된 터널을 통해 pMAG에서 MN와 연결이 끊어진 이후에 수신하였던 멀티캐스트 데이터를 저장해 두었던 버퍼로부터 데이터를 전송받는다.
8. 이후 멀티캐스트 데이터를 nMAG를 통해 전송

받는다.

9. 멀티캐스트 핸드오버 이후에 유니캐스트 사용을 위한 LMA와 PBU (Proxy Binding Update) 메시지를 보낸다.

10. PBA (Proxy Binding Ack)의 절차를 거침으로써 핸드오버 절차를 마무리 한다.

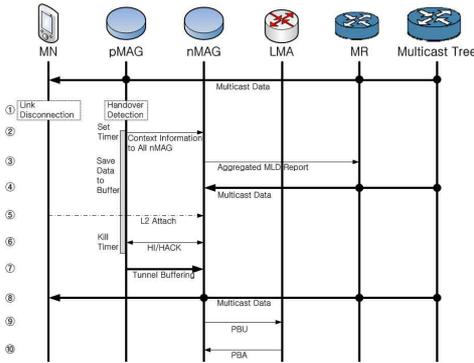


그림 8. Neighbor Cell Reporting 핸드오버 절차
Fig. 8 Handover Procedure of Neighbor Cell Reporting

3-4 Neighbor Cell Reporting 기법 시뮬레이션

본 장에서는 앞서 제시한 Direct Routing Solution 기반 Neighbor Cell Reporting 기법을 NS-2 시뮬레이션을 통해 구현하였다. 시뮬레이션을 위한 토폴로지는 [그림 9]와 같다. 1000 Byte의 고정 크기의 UDP 패킷을 0.001 초 간격으로 생성하여 전송하였다. 멀티캐스트 프로토콜은 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode), 멀티캐스트를 위한 RP (Rendezvous Point)는 MR (Multicast Router)로 설정하

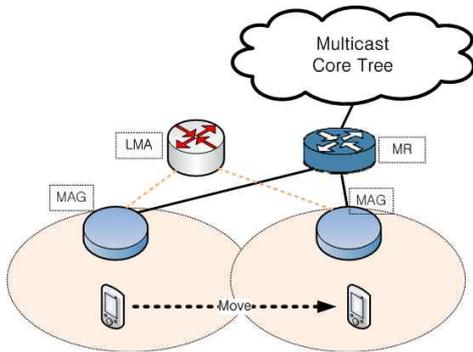


그림 9. 시뮬레이션 토폴로지
Fig. 9 Simulation Topology

였다. 무선 설정은 802.11을 사용하였으며 Data

rate는 11 Mbps로 설정하였다. MN의 핸드오버가 일어나는 시간 동안의 패킷 전송 율, 누적 수신 패킷 수, 패킷 손실량을 측정된 결과 각각 [그림 10], [그림 11], [그림 12]과 같은 결과를 얻었고, 제안한 기법이 핸드오버에 따른 지연시간을 줄이고 패킷의 손실을 감소시키고 있음을 확인할 수 있다.

패킷 전송 율을 보면 핸드오버가 시작되는 9 초 이후 패킷의 수신이 중단된다. 이후 핸드오버가 완료된 이후에 패킷의 전송이 완료되는데 기존의 Direct Routing Solution 보다 본 논문에서 제안하는 Neighbor Cell Reporting 기법이 더 빨리 핸드오버를 완료하여 패킷을 먼저 수신하는 것을 볼 수 있다.

본 논문에서는 핸드오버동안 수신하지 못한 패킷을 버퍼링을 통해 재전송 하지만 단말에서 패킷의 재조합을 위한 알고리즘을 적용하지 않았기 때문에 패킷 손실량을 보았을 때 핸드오버 시간과 비례하는 패킷의 손실을 관찰할 수 있다. 단말에 핸드오버 시간 동안 손실되는 패킷을 전송하지만, 패킷을 재조합하는 문제는 단말 측에서의 또 다른 문제이므로 본 논문에서는 고려하지 않았다.

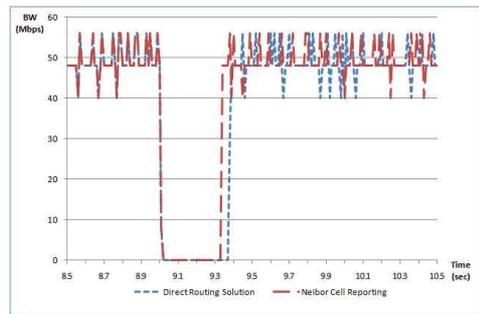


그림 10. 패킷 전송률
Fig. 10 Throughput

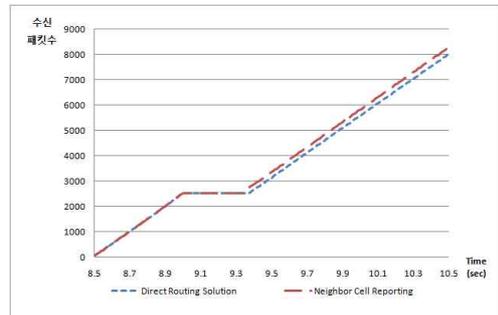


그림 11. 누적 수신 패킷
Fig. 11 Cumulative Received Packet

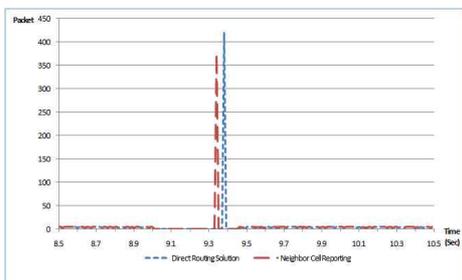


그림 12. 패킷 손실량
Fig. 12 Packet Loss

IV. 결 론

본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 효율적인 핸드오버 방법을 연구하여 멀티캐스트 환경에서 패킷의 손실이 없고 끊김이 없는 서비스를 제공할 수 있는 Neighbor Cell Reporting 기법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 핸드오버에 따른 지연 시간을 줄이고 패킷 손실을 감소할 수 있음을 확인하였다. 터널링을 통해 핸드오버 시간 동안 손실될 수 있는 패킷을 전송하기 때문에 패킷의 손실이 거의 없어야 하지만 이는 모바일 노드에서의 패킷 재조합 및 사용에 관한 문제이므로 본 논문에서는 고려하지 않았다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0001))

참 고 문 헌

[1] S. Deering, "Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LANs.", *ACM trans. on Computer Systems*, Vol. 8, No. 2, pp. 85-110, May 1990.

[2] Miller, "Multicast Networking and Applications.", p. 282, *Addison Wesley*, 1998.

[3] Gundavelli, S., Leung, K., Devarapalli, V., Chowdhury, K., and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6.", *RFC 5213*, August 2008.

[4] T. C. Schmidt, M. Waehlich, and S. Krishnan, "Base Deployment for Multicast Listener Support in PMIPv6 Domains.", *Multimob, IETF Internet Draft*, February 2010.

[5] H. Asaeda, P. Seite, J. Xia, "PMIPv6 Extensions for Multicast.", *Multimob, IETF Internet Draft*, March 2010.

[6] Seil Jeon, Younghun Kim, "Mobile Multicasting Support in Proxy Mobile IPv6.", *Multimob, IETF Internet Draft*, February 2010.

[7] Loughney, Ed., J., Nakhjiri, M., Perkins, C., and R. Koodli, "Context Transfer Protocol (CXTP).", *RFC 4067*, July 2005.

[8] B. Fenner, H. He, B. Haberman, H. Sandick, "Internet Group Management Protocol (IGMP) / Multicast Listener Discovery (MLD)-Based Multicast Forwarding ("IGMP/MLDProxying").", *RFC4605*, August 2006.

[9] Johnson, D., Perkins, C., and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6.", *RFC 3775*, June 2004.

[10] H. Yokota, K. Chowdhury, R. Koodli, B. Patil, F. Xia, "Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6.", *draft-irtf-mipshop-pfmipv6 -00.txt (work in progress)*, October 2008.

김 정 훈 (金廷勳)



2008년 8월 : 경희대학교
컴퓨터공학과(공학사)
2010년 8월 ~ 현재: 경희대학교
컴퓨터공학과(공학석사)
관심분야 : PMIPv6, multicast,
handover,

유 인 태 (柳寅太)



1994년 10월 ~ 1997년 9월 : The
University of Tokyo (Ph.D.)

1997년 10월 ~ 1999년 3월: 삼성전자
(선임연구원)

1999년 3월 ~ 현재 : 교수
(경희대학교 전자정보대학)

관심분야 : IPTV, QoS/QoE, Security

나 원 식 (羅元植)



2005년 8월 : 경희대학교 대학원
컴퓨터공학과(공학박사)

2001년 3월~2003년 2월 : (주)성신
섬유 전산실장

2006년 3월~현재 : 남서울대학교
교양과정부 교수 (컴퓨터계열)

관심분야 : 네트워크 보안, 무선 LAN, 의료정보, 전자제어