

# PMIPv6 환경에서 효율적인 멀티캐스트 서비스 메커니즘

최성욱\*

## 요약

최근 MIPv6 대신에 각광을 받고 있는 PMIPv6 기법은 서버의 자원 활용과 네트워크의 대역폭에 대한 비용 면에서 유리하다. 본 논문에서는 효율적인 멀티미디어 서비스를 위하여 핸드오버, 멀티캐스트 조인 스케줄링 등 PMIPv6 환경에서 효율적인 멀티캐스트 서비스 스케줄링정책을 제안한다. 더하여, MAG의 상태에 따라 멀티캐스트 참여 여부를 동적으로 수행하여 좀 더 효율적인 멀티캐스트 서비스가 가능하도록 하였다. 본 논문의 성능 평가를 위하여 본 논문은 핸드오버 지연 및 조인 비용의 비용이 유사성을 가진 기법과 비교하여 약 13 ~ 35%의 성능의 향상을 보여 주었다.

## An Effective Multicast Services Mechanism for Proxy Mobile IPv6 Networks

Sung Uk-Choi\*

## Abstract

The PMIPv6 protocol that has been recently presented as an alternative for the MIPv6 has been getting much persuasion by the system resource and the network bandwidth and the advancement of the network cost. we propose an effective scheduling for multicast services based on the PMIPv6 with hand-over mechanism. it provides an additional function that is able to change multicast join processes dynamically in accordance with MAG status. in order to evaluate the ability of the proposed scheme's We test the performance of hand-over and node join costs with similar techniques. The result of simulation shows improves about 13~35% of performance.

keywords: PMIPv6, MAG, LMA, MULTICAST, FMIPv6

## 1. 서론

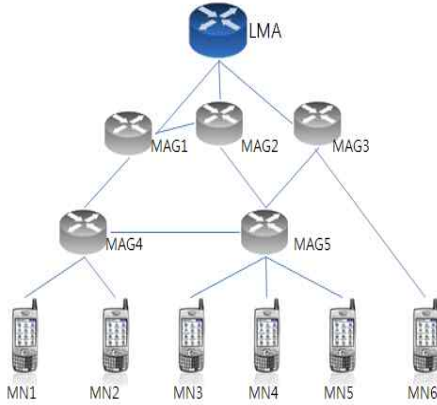
모바일 장치 및 무선 인터넷 네트워크 기술의 발전에 힘입어 종래의 음성 중계 단말뿐만 아니라 개인용 멀티미디어 중계 단말 장치들이 속속 등장하고 있다. 대용량 네트워크 대역폭을 기반으로 한 인터넷 웹 서비스는 디지털 비디오, 멀티미디어 데이터 전송을 위한 서비스 품질보장(Quality of Service: QOS), 멀티캐스팅, 화상 전

화 시스템, 인터넷 가전, 전자상거래 보안 및 콘텐츠 서비스 등 다양한 응용 서비스가 개발되었고 광대역 통신망을 기반으로 한 디지털 방송 융합 서비스의 핵심이라고 할 수 있는 IPTV 서비스로 발전하고 있다[1,7,8]. 한편 Mobile IPv6(MIPv6)의 핸드오버의 지연과 자원의 낭비 및 표준 구현의 까다로움, 제조비용의 상승의 문제를 극복하기위해서 제안된 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)는 네트워크 기반 이동성 프로토콜로서 단말에는 IP 이동성을 위하여 어떠한 수정도 가하지 않고 네트워크에 위치한 라우터들이 대신하여 IP 이동성 관리를 해 주는 네트워크 기반 이동성 제공 프로토콜이다[1, 2]. 그림1은 PMIPv6 네트워크의 개념을 나타내었다. PMIPv6의 구성요소로는 MN(Mobile Node), MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA(Local Mobility Anchor)가 있다. MN는 이동 호스트이

※ 제일저자(First Author) : 최성욱  
접수일:2010년 10월 29일, 수정일:2010년 12월 06일,  
완료일:2011년 03월 30일  
\* 인천대학교 컴퓨터공학과  
csunguk@gmail.com

■ 이 논문은 인천대학교 2010년도 자체 연구비지원에 의하여 연구되었음

며, LMA는 홈에이전트로 동작하며 MAG을 통하여 모바일 호스트(MN)의 상태와 접근성을 관리한다. MAG는 MN을 대신하여 이동성 관리를 담당하며 MN의 움직임을 감지하고 LMA에 바인딩 등록을 행한다.

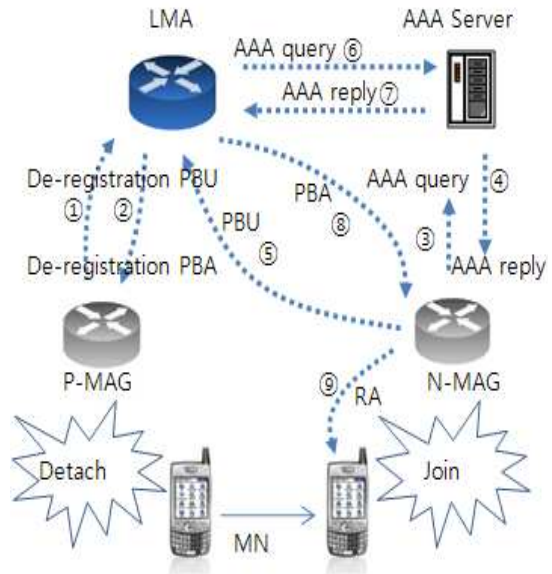


(그림 1) PMIPv6 네트워크의 개념

한편 PMIPv6는 유니캐스트 통신을 고려해서 제안된 것이기 때문에, Mobil IP TV 서비스 등에서 이동 무선 단말 들이 멀티캐스트 그룹에 가입(join)/탈퇴(leave)하는 문제와 서비스의 이동성 지원을 위한 정책이 필요하다[3, 4]. 또한 MLD(Multicast Listener Discovery Protocol)/IGMP(Internet Group Management Protocol)[5, 6]등 그룹 관리 프로토콜들을 사용하여 PMIPv6에서 멀티캐스팅을 지원하거나 무선 이동 환경에 적합하도록 기능을 확장한 방안 [14]들 최근에 IETF MULTIMOB 워킹그룹에 의해서 소개되었다. 본 논문에서는 이를 토대로 PMIPv6 멀티캐스트 서비스 환경에서 신속한 핸드오버를 위한 개선된 메시지 교환절차와 효율적인 멀티캐스트 그룹의 가입 정책을 제안한다. 2장에서는 이와 관련된 연구를 살펴보고 3장에는 개선된 메시지 교환 및 멀티캐스트 그룹의 가입 정책을 제안한다. 4장에서는 본 연구에 대한 성능평가를 위해서 실험을 행하고 그 결과를 분석한다. 끝으로 5장에서는 결론을 간략히 기술한다.

## 2. 관련연구

이동 호스트(MN)가 새로운 MAG으로 진행할 경우, MAG는 액세스 링크로부터의 MN의 이동을 감지하고, MN을 담당하고 있는 LMA에게 바인딩 등록의 초기화를 행한 다음, MN의 이동성을 관리하기 위한 시그널링 절차를 수행한다 [11]. 그림2은 PMIPv6에서 핸드오버 동작 개요를 나타내었다.



(그림 2) PMIPv6에서 핸드오버 동작 개요

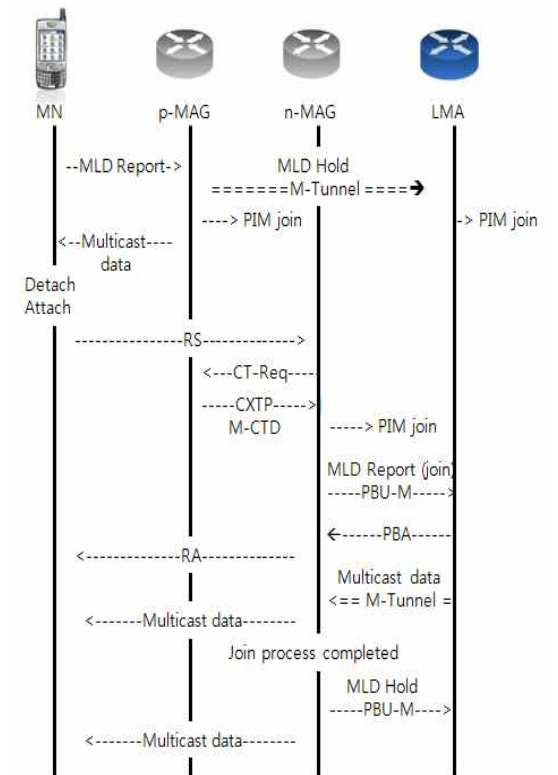
LMA는 Bi-directional channel을 이용하여 P-MAG(previous MAG), N-MAG(New MAG)와 연결되어 있다. 먼저 P-MAG와 통신하던 MN이 이동하여, 현재 위치의 P-MAG와의 통신이 끊기면, P-MAG는 MN를 대신 하여 De-registration PBU(Proxy Binding Update) 신호를 LMA에 보낸다 ①. LMA는 PBA(ProxyBinding Acknowledgement) 신호를 P-MAG에 보내고②, 이를 받는 P-MAG은 MN과 공식적으로 통신 해지를 하게 된다. 다음으로 MN이 새로이 N-MAG에 연결되면 N-MAG에서는 단말의 ID를 이용하여 단말의 Profile 정보를 AAA Server로부터 얻게 된다③④. 다시 N-MAG는 MN의 정보를 담은 PBU(Proxy Binding Update)를 LMA에 보내면, LMA는 이

정보를 자신이 보유한 단말의 Profile 테이블과 비교하여 없거나 다를 경우, AAA SERVER로부터 새로운 정보를 가져온다⑤⑥⑦. LMA에서는 이를 근거로 자신의 네트워크 정보변경하고 N-MAG에 PBA(ProxyBinding Acknowledgement) 신호를 보낸다⑧. 이를 받은 N-MAG은 MN에 RA(Router Advertisement) 보내줌으로써 MN과 Join 된다⑨. 최근에 PMIPv6 환경에서 효율적인 핸드오버에 관한 연구들이 제안되었다. M.Hui[13]은 P-MAG와 N-MAG 사이에서 Bi-directional 터널을 생성하고 이를 활용하여 멀티캐스트 데이터 및 MN\_ID 네트워크 정보를 전송함으로써 핸드오버시 발생하는 지연과 패킷 손실을 최소화하는 방안을 제안하였다. 이수원[15], Georgios A[16]는 FMIPv6에서 빠르고 끊임없는 핸드오버 서비스 방식들을 제안하였다. FMIPv6는 단말기의 이동성예측에 바탕을 둔 프로토콜으로써, 단말의 이동방향예측 및 핸드오버 준비 과정이 성공적으로 수행되었을 경우와 그렇지 못한 경우에 따라 Predictive Mode와 Reactive Mode로 동작한다. Draft[14]는 PMIPv6 도메인에서 멀티캐스트를 지원하기 위해서 기존의 메시지를 확장한 PBU-M를 사용하여 멀티캐스트 핸드오버의 성능을 개선하였다. 핸드오버 절차는 MAG가 MLD 프록시나 또는 멀티캐스트 라우터로 동작할 경우, 각각의 절차를 제안하였다. 그림 3은 MAG가 멀티캐스트 라우터로 동작할 경우 CXTP를 활용한 핸드오버 절차이다.

확장된 프록시 바인딩 업데이트(PBU-M)를 사용한 Draft[14]의 핸드오버 절차는 다음과 같다.

- 단계 1:** MN이 현재의 MAG(P-MAG)에서 새로운 MAG(N-MAG)으로 이동하여 N-MAG에 접속하면, N-MAG은 P-MAG에게 멀티캐스트와 관련된 정보를 요청하는 CT-req 메시지를 전송한다.
- 단계 2:** P-MAG은 MN-ID와 관련된 멀티캐스트 상태정보와 함께 CXTP의 CTD 메시지를 통하여 MN의 profile을 N-MAG에 전송한다.
- 단계 3:** N-MAG는 전송받은 MN의 멀티캐스트 채널 정보가 포함되어 있는 profile을 기록한다.
- 단계 4:** N-MAG은 MN을 대신하여 멀티캐스트 채널에 가입절차를 수행하고, PBU-M 메시지를

LMA에게 전송한다.  
 IF PBA 메시지의 status 필드값 = 0 Then  
 PBU-M 메시지가 수락  
 멀티캐스트 데이터를 포워딩하기 위해서 멀티캐스트 터널을 생성:  
**단계 5:** LMA가 멀티캐스트 전송 준비를 완료하게 되면 PBA 메시지를 N-MAG으로 전송한다.  
**단계 6:** N-MAG이 PBA를 받으면, MN이 공식적으로 접속되었음을 알리기 위해 MN에 RA 메시지를 전송한다. 이제 LMA와 M-MAG 사이에 멀티캐스트 터널이 연결되었지만, 아직 최적화된 멀티캐스트 라우팅 경로가 만들어진 것은 아니다. 그때까지 M-MAG은 임시로 멀티캐스트 터널을 통하여 LMA로부터 패킷을 포워딩 받을 수가 있다. MN의 멀티캐스트 가입 상태는 MLD query/report 메시지를 통해서 유지하게 된다.



(그림 3) MAG가 멀티캐스트 라우터로 동작할 경우 CXTP를 활용한 핸드오버

**단계 7:** N-MAG가 멀티캐스트 전송 트리에 정식으로 가입하였으면, P-MAG에 패킷 포워딩을

멈추기를 요청하는 MLD hold 메시지를 전송하고 최적화된 멀티캐스트 라우팅 경로를 설정한다.

### 3. 제안한 방식

본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 신속한 핸드오버를 위하여 멀티캐스트 그룹에 가입하기 전이라도 P-MAG로부터 패킷을 포워딩 받는 방안과 멀티캐스트 그룹에 가입여부를 현재 네트워크상태를 감안하여 동적으로 결정하는 전략을 제안한다.

#### 3.1 신속한 핸드오버 방안

Draft[14]는 PMIPv6에서 멀티캐스트를 효율적으로 지원하기 위하여, 확장된 프록시 바인딩 업데이트(PBU-M) 메시지를 사용하는 방안을 제안하였다. 그러나 MN이 N-MAG에 Attach 한 후에 최초로 멀티캐스트 패킷을 서비스 받기 위해서 P-MAG와 N-MAG사이에서 메시지교환과, PIM-SM 모드에서 MN을 멀티캐스트 그룹에 가입시키기 위하여 LMA과 사이에 발생하는 메시지 교환 등에 필요한 지연시간이 존재한다. 이러한 지연시간은 정보의 연속성을 중요시하는 IP-TV나 멀티미디어 콘텐츠에는 특히 불리한 조건일 수가 있다. 한편 신속한 핸드오버를 위해서 제안된 프로토콜인 FMIPv6[15, 16]은 빈번한 L2-Trigger의 사용과 양질 서비스를 위하여 라우터의 설치 대수를 증가시키고 있는 추세에서, 이동 호스트(MN)의 동작을 미리 예측하여 처리하는 방식은 도리어 핸드오버를 과도하게 발생시킬 수 있는 여지가 크므로 서비스에 장애가 될 수가 있다. 본 논문은 이동 호스트(MN)가 N-MAG으로 이동 후 멀티캐스트 그룹에 정식으로 가입되어 멀티캐스트 서비스를 받기 전 까지 기존의 P-MAG으로부터 신속하게 패킷을 포워딩 받게 함으로써 핸드오버시에 서비스의 단절이나 패킷의 손실을 최소화한다. P-MAG와 N-MAG 사이에서 멀티캐스트 포워딩을 하기 위해서 별도의 메시지를 추가하는 방안과 기존 메시지에 그 기능을 포함시키는 방안이 있을 수 있다. 제안된 방식은 CT-Req, CTD 메시지에 P-flag를 추가하였다. 그림4, 그림5는 수정한

CXTP 포맷을 나타내었다.

CXTP의 CT-Req 형식은 다음과 같다.

- Ver: Version number of CXTP protocol = 0x1.
- Type: CTReq = 0x7 (Context Transfer Request).
- 'V' flag: '0'일 경우, IPv6 addresses. '1'일 경우, IPv4 addresses.
- 'p' flag: '0'일 경우, CT-Req. '1'일 경우, CT-FO-Req (CTD & Packet Forwarding).
- Reserved: Set to zero by the sender. and ignored by the receiver.
- Length: 메시지 길이 (octets.)
- MN's Previous IP Address Field contains either:
  - IPv4 Address 4(octets.).
  - IPv6 Address 16(octets.).
- Sequence Number: CTAR의 복사본의 순서.
- MN's Authorization Token: MN의 소유권을 가진 라우터.
- Context Data 요청블록.

0 31

Ver	T	V	A	P	Reserved	Length
MN's Previous IP Address						
Sequence Number						
MN Authorization Token						
Next Requested Context Data Block (if present)						

(그림 4) CXTP의 CT-Req 형식

CXTP의 CTD 형식은 다음과 같다.

- Ver: Version number of CXTP protocol = 0x1.
- T: Type: CTD = 0x3 (Context Transfer Data).
  - PCTD = 0x4 (Predictive Context Transfer Data).

- 'V' flag: '0'일 경우, IPv6 addresses.  
'1'일 경우, IPv4 addresses.
- 'p' flag: '0'일 경우, M-CTD.  
'1'일 경우, (M-CTD & Packet Forwarding).
- 'A' bit: pAR가 승인을 요청할 경우 사용.
- Length: 메시지 길이(octets).
- Elapsed Time: first CTD 메시지 이후 경과 시간.
- MN's Previous IP Address Field contains either:  
IPv4 Address, 4 octets,  
IPv6 Address, 16 octets.
- Algorithm: MN 소유 토큰을 계산하는 알고리즘 HMAC\_SHA1 = 1을 사용.
- Key Length(octets).
- Key: MN과 라우터가 CXTP를 공유하기 위한 키.
- Context Data Block: Context 데이터 블록.

0							31						
Ver	T	V	A	P	Reserved	Length							
Elapsed Time (in milliseconds)													
MN's Previous IP Address													
Algorithm						key Length							
key													
First Context Data Block													
Next Context Data Block													

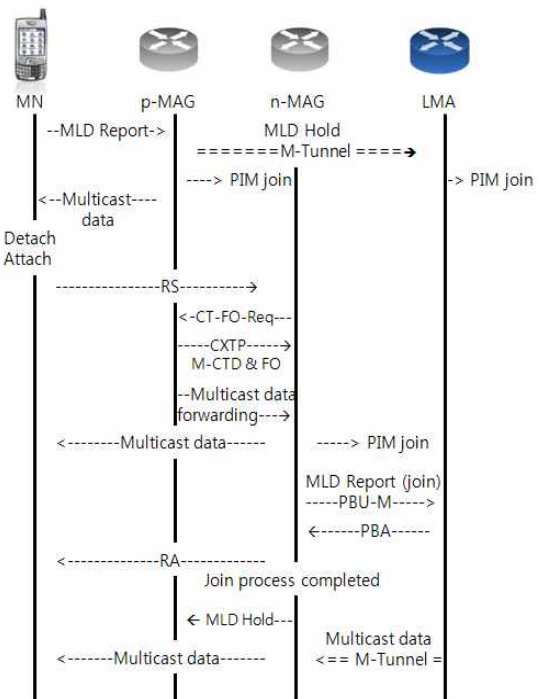
(그림 5) CXTP의 CTD 형식

제안된 핸드오버 절차를 그림 6에 표시하였으며 그 절차는 다음과 같다.

**단계 1:** MN이 현재의 MAG(P-MAG)에서 새로

운 MAG(N-MAG)으로 이동하여 N-MAG에 RS 신호를 보내면, N-MAG은 CT-Req의 P-flag를 "1"로 Set하고, MN의 멀티캐스트 관련된 정보를 P-MAG에게 요청한다.

**단계 2:** P-MAG은 MN-ID와 관련된 멀티캐스트 상태정보, MN의 profile, CTD의 P-flag 신호가 "1"로 Set된 멀티캐스트 패킷 포워드 개시 신호를 N-MAG에 전송한다. 또한 CTD에는 AAA와 QOS, Header Compression이 포함되는데, 특히 AAA Context 정보는 MN이 빈번히 여러 서브 넷으로 이동시에 새로운 AAA의 인증 절차가 필요 없어서 신속하게 처리할 수가 있다.



(그림 6) 제안된 핸드오버 절차

**단계 3:** N-MAG는 MN의 멀티캐스트 채널 정보가 포함되어 있는 profile을 테이블에 기록하고, P-MAG에서 보내온 패킷 포워딩 시작 메시지에 따라 패킷의 수신을 준비한다. P-MAG은 목적지를 N-MAG로 변경 한 멀티캐스트 패킷을 포워딩하고, N-MAG은 이를 받아 즉시 MN에게로 전달한다.

**단계 4:** N-MAG은 MN을 대신하여 멀티캐스트

채널에 가입절차를 수행하고, PBU-M 메시지를 LMA에게 전송한다.

IF PBA 메시지의 status 필드값 = 0 Then

PBU-M 메시지가 수락

멀티캐스트 데이터를 포워딩하기 위해서 멀티캐스트 터널을 생성:

**단계 5:** LMA가 멀티캐스트 전송 준비를 완료하게 되면 PBA 메시지를 N-MAG으로 전송한다.

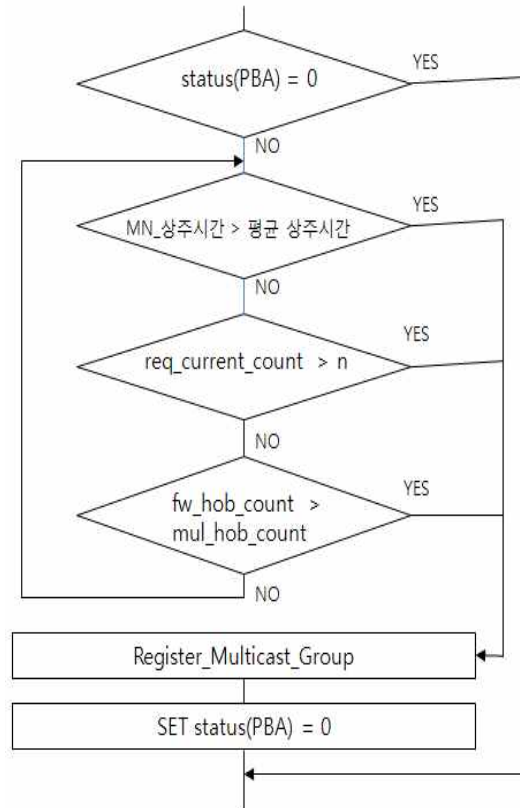
**단계 6:** N-MAG이 PBA를 받으면, MN이 공식적으로 접속되었음을 알리기 위해 MN에 RA 메시지를 전송한다. 이후에 MN의 멀티캐스트 가입 상태는 MLD query/report 메시지를 통해서 유지하게 된다.

**단계 7:** N-MAG가 멀티캐스트 전송 트리에 가입하였으면, P-MAG에 패킷 포워딩을 멈추기를 요청하는 MLD hold 메시지를 전송하고 최적화된 멀티캐스트 라우팅 경로를 통하여 패킷을 전송하게 된다.

### 3.1 멀티캐스트 그룹 참여 전략

본 논문에서 사용할 네트워크 모델은 PIM-SM 등의 멀티캐스트 라우터 기능을 가지고 있으며, 멀티캐스트 터널은 필요한 경우에 동적으로 만들어지거나 삭제할 수가 있다고 가정한다. 또한 일부 MAG는 서로 Direct 링크되어 있다. 이동 호스트(MN)가 현재의 네트워크에 들어왔을 경우, 이를 처음 발견한 MAG는 MN의 ID, 멀티캐스트 정보, 이전의 라우터 정보 등을 메시지 전달 절차에 따라 인식하게 된다. 그리고 N-MAG은 현재 라우터나 네트워크 상태에 따라 MN의 서비스를 결정하게 될 것이다. 일반적으로 MN이 멀티캐스트그룹에 참여할 조건은 다음과 같다. MN이 현재 서비스를 원하는 소스 IP 어드레스를  $S_i$  참여를 원하는 멀티캐스트 그룹의 IP 어드레스를  $G_j$ 라 할 때 현재 MAG가  $(S_i, G_j)$ 을 조인하고 있다면, 별도의 가입을 았더라도 멀티캐스트 서비스를 받을 수가 있다. 만일 MAG가  $(S_i, G_j)$ 을 조인하지 않고 있다면, LMA를 통하여 멀티캐스트 그룹으로 가입을 하게 된다. 멀티캐스트가 유니캐스트보다 네트워크 대역폭의 사용에서 매우 유리한 방식이지만, 패킷을 공유하는 이동 호스트(MN)의 수가 적고

또한 MAG 사이를 이리저리 이동하는 경우에 멀티캐스트 트리를 관리하기위하여 소요되는 자원도 무시할 수가 없을 것이다. 더욱이 네트워크가 대규모화하고 라우터간의 밀도가 높아질수록 이동 호스트(MN)에 대한 멀티캐스트 라우팅 트리가 빈번하게 변경될 수가 있으므로 네트워크에 부하를 가중시킬 수 있다. 본 논문에서는 이동 호스트(MN)가 핸드오버시에 N-MAG이 해당 소스를 멀티캐스트하고 있지 않다고 해서 무조건 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않고, 일단 P-MAG로부터 패킷포워딩 서비스를 계속 진행하게 된다. 그러나 해당 라우터에 일정시간이상 계속 머물게 되거나, N개 이상의 이동 호스트(MN)가 같은 소스를 멀티캐스트하기를 원할 경우, LMA를 통하여 멀티캐스트 그룹에 참여하는 방안을 제안한다. 멀티 캐스트 그룹참여 알고리즘은 그림7에 나타나있다.



(그림 7) 멀티 캐스트 그룹참여 알고리즘

PBA의 Status가 0이면 N-MAG이 해당 멀티캐스트 소스를 멀티캐스팅하고 있는 중이므로 이동 호스트(MN)는 패킷을 멀티캐스트 받을 수가 있다. MN의 N-MAG내의 상주시간이 평균상주시간보다 클 경우 멀티캐스트 그룹에 참여(Register\_Multicast\_Group 실행)하게 된다. 평균상주시간은 네트워크의 상태에 따라 증감할 수가 있다. 현재 라우터에 멀티캐스트 서비스를 요청하는 이동 호스트(MN)의 수가 n개 이상이면, 멀티캐스트 그룹 참여를 진행하게 된다. n(>0)은 디폴트값은 1이며 네트워크의 상태에 따라 조정이 가능하다. fw\_hob\_count는 멀티캐스트를 제외한 현재 forwarding에 참여하고 있는 hob의 수이며, mul\_hob\_count는 새로 멀티캐스트 그룹에 참여해야하는 hob의 수이다.

fw\_hob\_count > mul\_hob\_count 이면 forwarding 작업이 멀티캐스트 그룹 참여 작업보다 유리하지 않으므로 멀티캐스트 그룹으로 참여하게 된다.

## 4. 시뮬레이션 및 분석

### 4.1 핸드오버 분석

핸드오버 Cost 모델은 메시지 전송 지연과 메시지 처리 지연으로 나누어진다. Node  $i$ 에서 Node  $j$  까지 전송 지연을  $D_{i-j}$ 라 할 때  $D_{MN-NMAG}$ 는 MN과 N-MAG 사이의 메시지 전송 지연을 나타낸다. Node  $i$ 의 메시지 처리 지연을  $P_i$ 라 할 때,  $D_{LMA}$ 는 LMA의 메시지 처리 시간으로 한다.

먼저 Asaeda[14]의 핸드오버 모델에 대해 비용 분석을 하여보면,

$$D_{MN-NMAG} = RS, RA, 2 \times \text{Multicast data.}$$

$$D_{PMAG-NMAG} = \text{CXTP(M-CTD), CT-Req.}$$

$$D_{NMAG-LMA} = \text{PIM join, MLD Report(PBU-M), MLD Hold(PBU-M), Multicast data, PBA.}$$

$$P_{MN} = RA.$$

$$P_{PMAG} = \text{CT-Req.}$$

$$P_{NMAG} = RS, \text{CXTP(M-CTD), PBA.}$$

$$P_{LMA} = \text{PIM join, MLD Report(PBU-M),}$$

M-tunnel, MLD Hold(PBU-M) 가 된다.

따라서 MN이 Attach 후 멀티캐스트 그룹에 가입되어 LMA로부터 멀티캐스트 패킷을 공식적으로 받을 수 있을 때까지의 비용을  $T_{A1(D+P)}$ 라 하면 식 1로 표시된다.

$$T_{A1(D+P)} = 4D_{MN-NMAG} + 2D_{PMAG-NMAG} + 5D_{NMAG-LMA} + P_{MN} + P_{PMAG} + 3P_{NMAG} + 4P_{LMA} \quad (\text{식 1})$$

그러나 MN의 입장에서는 얼마만큼 신속하게 멀티캐스트 패킷을 서비스 받을 수 있는가가 더 중요하다고 할 수가 있다. 그러므로 MN이 Attach 후 최초로 멀티캐스트 패킷을 서비스 받을 수 있을 때까지의 비용을  $T_{A2(D+P)}$ 라 하면 식 2로 표시된다.

$$T_{A2(D+P)} = 3D_{MN-NMAG} + 2D_{PMAG-NMAG} + 4D_{NMAG-LMA} + P_{MN} + P_{PMAG} + 3P_{NMAG} + 3P_{LMA} \quad (\text{식 2})$$

제안된 모델의 핸드오버를 비용 분석하여 보면,  $D_{MN-NMAG} = RS, RA, 2 \times \text{Multicast data.}$

$D_{PMAG-NMAG} = \text{CXTP(M-CTD), CT-Req, Multicast data(forwarding), MLD-Hold.}$

$D_{NMAG-LMA} = \text{PIM join, MLD Report(PBU-M), Multicast data, PBA.}$

$P_{MN} = RA.$

$P_{PMAG} = \text{CT-Req, 패킷 forwarding, MLD-Hold.}$

$P_{NMAG} = RS, \text{CXTP(M-CTD), PBA.}$

$P_{LMA} = \text{PIM join, MLD Report(PBU-M), M-tunnel 가 된다.}$

MN이 Attach 후 멀티캐스트 그룹에 가입되어 LMA로부터 멀티캐스트 패킷을 공식적으로 받을 수 있을 때까지의 비용을  $T_{B1(D+P)}$ 이라 할때 식 3으로 표시된다.

$$T_{B1(D+P)} = 4D_{MN-NMAG} + 4D_{PMAG-NMAG} + 4D_{NMAG-LMA} + P_{MN} + 3P_{PMAG} + 3P_{NMAG} + 3P_{LMA} \quad (\text{식 3})$$

MN이 Attach 후 최초로 멀티캐스트 패킷을 서비스 받을 수 있을 때까지의 비용을  $T_{B2(D+P)}$ 라 하면 식 4로 표시된다.

$$T_{B2(D+P)} = 2D_{MN-NMAG} + 3D_{PMAG-NMAG} + 2P_{PMAG} + 2P_{NMAG} \quad (\text{식 4})$$

#### 4.2 멀티미디어 그룹의 참여 분석

PMIPv6의 핸드오버 절차에서 멀티캐스트 그룹에 참여하기 위해서 행해지는 작업은 다음과 같다.

- N-MAG이 멀티캐스트 채널에 가입하기 위하여 PIM join 메시지를 전달한다.
- N-MAG는 LMA에게 멀티캐스트 데이터를 수신받기 위해서 MN의 멀티캐스트 정보를 포함한 PBU-M 메시지 전송을 준비한다.
- PBU-M 메시지를 전송한다.

LMA로부터 PBA 메시지를 수신하면 LMA와 n-MAG간의 멀티캐스트 터널을 이용해서 데이터를 수신하게 된다.

• N-MAG가 멀티캐스트 전송 트리에 가입할 때 LMA에게 데이터의 전송을 멈추기를 요청하는 MLD hold 메시지를 전송하고, 멀티캐스트 라우팅 경로를 설정한다.

작업의 절차와 상세한 내용은 표 1과 같으며, 식 5, 6로 표현할 수가 있다.

<표 1> 멀티미디어 그룹참여 절차

Register_Multicast_Group	
delay 구분	작업 내용
메시지전달	PIM join
	MLD Report(PBU-M)
	MLD Hold(PBU-M)
	Multicast data
	PBA
처리	PIM join
	MLD Report(PBU-M)
	M-tunnel 구축
	MLD Hold(PBU-M)

$$CD_{mc} = \text{PIM join} + \text{MLD Report(PBU-M)} + \text{MLD Hold(PBU-M)} + \text{Multicast data} + \text{PBA} \quad (\text{식 5})$$

$$CP_{mc} = \text{PIM join} + \text{MLD Report(PBU-M)} + \text{M-tunnel} + \text{MLD Hold(PBU-M)} \quad (\text{식 6})$$

필드 및 파라메타 설명은 표2에 나타내었다.

핸드오버의 총비용을  $T_{cost}$ , 유니캐스트 Forwarding의 총 비용을  $T_{fw}$ , Multicast 총 비용을  $T_{mc}$ 라 하면, 총비용은 식5와 같이 표현된다.

$$T_{cost} = T_{fw} + T_{mc} = C_{fw} \cdot N_{fw} + C_{mc} \cdot N_{mc} \quad (\text{식 5})$$

여기서  $N_{mc}$ 는 PBU-M 작업의 수와 같다. MN의 핸드오버의 총 횟수  $CNT_{ho}$ 는 서비스 받은 시간과 평균 상주시간을 이용하여  $CNT_{ho} = SER_{MN-MAG} / STY_{MN-MAG}$ 가 된다.

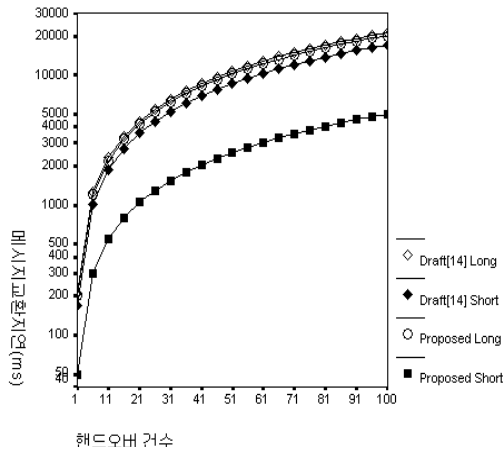
그러므로

$$T_{cost} = C_{fw} \cdot (CNT_{ho} \cdot N_{mc}) + C_{mc} \cdot N_{mc} \quad \text{라 할 수 가 있다.}$$

<표 2> 필드 및 파라메타 설명

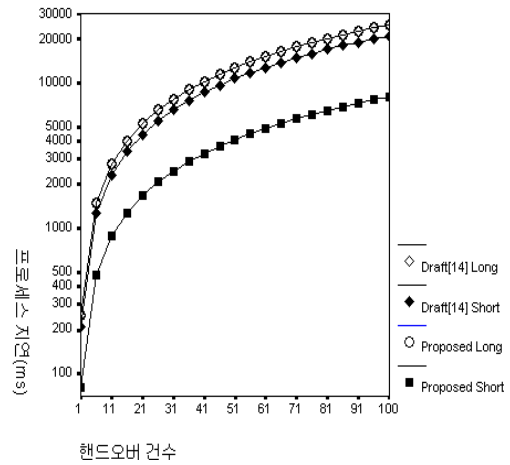
field 명	내용
$T_{cost}$	총 비용
$T_{fw}$	forwarding 총 비용
$T_{mc}$	멀티캐스트 서비스 총 비용
$C_{fw}$	forwarding 비용
$N_{fw}$	forwarding 건수
$C_{mc}$	멀티캐스트 비용
$N_{mc}$	멀티캐스트 건수
$SER_{MN-MAG}$	MN이 MAG에서 서비스 받은 시간
$STY_{MN-MAG}$	MN이 MAG에서 평균 상주 시간
$CNT_{ho}$	MN의 핸드오버 횟수
$CM_{mc}$	멀티캐스트 가입을 위한 메시지 전달 지연
$CP_{mc}$	멀티캐스트 가입을 위한 처리 지연





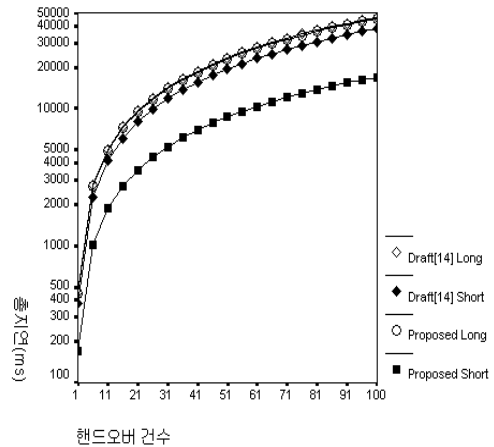
(그림 8) 메시지교환 지연시간 비교

그림8은 Draft[14] Long, Draft[14] Short, Proposed Long, Proposed Short 방식에서 핸드오버시에 메시지 교환을 위한 지연 시간을 비교하였다. Long은 핸드오버 시작부터 종료 시까지의 지연 시간이며, Short는 핸드오버 시작부터 최초로 패킷을 서비스 받기까지의 지연 시간이다. 여기서 제안된 방식(Proposed Short)이 메시지의 지연 시간이 가장 작게 패킷을 서비스 받을 수가 있다. 그림9에는 Draft[14] Long, Draft[14] Short, Proposed Long, Proposed Short 방식에서 핸드오버시에 프로세스 처리를 위한 지연 시간을 비교하였다. 프로세스를 위한 지연이란, 라우터가 핸드오버 처리를 위해서 메시지를 만들거나 전달받아 처리하기 위한 시간이 된다. Draft[14] Long, Proposed Long은 거의 동일한 지연을 보임을 알 수가 있다. 제안된 방식(Proposed Short)이 라우터의 자원을 가장 작게 사용함을 알 수가 있다.



(그림 9) 프로세스 지연 시간 비교

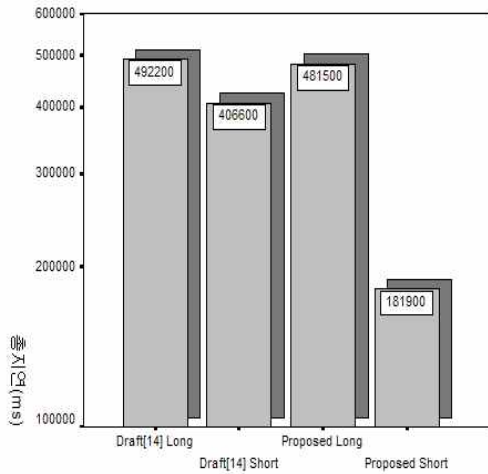
그림10은 Draft[14] Long, Draft[14] Short, Proposed Long, Proposed Short 방식에서 핸드오버시에 총 지연 시간을 비교하였다. Long은 핸드오버 시작부터 종료 시까지의 지연 시간이며, Short는 핸드오버 시작부터 최초로 패킷을 서비스 받기까지의 지연 시간이다. 제안된 방식(Proposed Short)의 프로세스 지연 시간이 가장 짧게 나타나고 있는 것은 처리할 메시지의 개수와 비례한다고 할 수가 있으며, 바로 네트워크의 자원 사용과 직결된다. 그러므로 멀티캐스트 그룹에 가입하기까지 기존의 P-MAG로부터 신속하게 패킷을 서비스 받을 수가 있다.



(그림 10)프로세스 총 지연 시간 비교

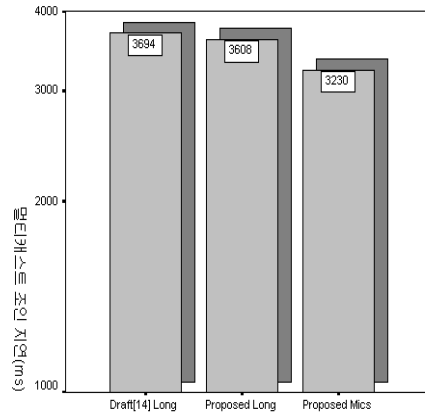
그림11은 100회의 핸드오버를 진행할 경우, 네

방식의 지연시간 총합을 구해보았다. Draft[14] Long이 492,200(ms), Draft[14] Short이 406,600(ms), Proposed Long이 481,500(ms), Proposed Short가 181,900(ms)으로 전체 지연시간은 Draft[14]과 Proposed Long이 큰 차이를 보여주고 있지 않지만, 최초로 패킷을 서비스 받는데 까지 시간에서는 Draft[14] Short에 비해서 Proposed Short이 많은 차이를 보여주고 있다.



(그림 11) 핸드오버 총 지연시간 비교

그림 12는 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위한 지연을 최소화하기 위하여, N-MAG에서 동일한 소스를 요청한 MN이 한 개 이상이거나 MN의 상주시간, 이동한 M-MAG 및 이와 링크된 중계 라우터들의 멀티캐스트 참여 상태를 감안하여 MN의 멀티캐스트 가입을 조정한 결과를 나타내었다. 8개의 라우터를 사용하여, 각 라우터당 MN의 핸드오버 지연시간의 평균을 계산하여 이를 모두 합한 수치이다. 즉 MN이 8개의 라우터를 이동하는 동안 소요되는 총 지연 시간이라 할 수가 있다. Draft[14] Long가 3694(ms)이며, 제안한 방식 중 멀티캐스트 참여 제어를 하지 않은 방식인 Proposed(1)Long가 3608이며, 멀티캐스트 참여 제어를 실시한 방식인 Proposed(2)Long가 3430이다. Proposed(2)Long 방식이 Draft[14] Long에 비하여 13%정도의 지연시간의 감소를 보여준다.



(그림 12) 멀티캐스트 조인 지연 시간 비교

### 5. 결론

멀티미디어 서비스의 특징은 대용량이며, 연속성을 포함한다. PMIPv6 내에서 MN이 N-MAG에 Attach 한 후에 최초로 멀티캐스트 패킷을 서비스 받기위해서 P-MAG와 N-MAG사이에서 메시지교환과, PIM-SM 모드에서 MN을 멀티캐스트 채널에 가입시키기 위하여 LMA과 사이에 발생하는 메시지 교환 등에 필요한 지연시간이 존재한다. 이러한 지연시간은 정보의 연속성을 중요시하는 IP-TV나 멀티미디어 콘텐츠에는 특히 불리한 조건일 수가 있다. 본 논문은 이동호스트(MN)가 N-MAG으로 이동 후 멀티캐스트 그룹에 정식으로 가입되어 멀티캐스트 서비스를 받기 전 까지 지연시간 동안에, 기존의 P-MAG으로부터 신속하게 패킷을 포워딩 받게 함으로써 핸드오버시에 서비스의 단절이나 패킷의 손실을 최소화한다. 또한 네트워크가 대규모화하고 라우터간의 밀도가 높아질수록, 이동호스트(MN)를 관리하기위한 멀티캐스트 라우팅 트리의 빈번한 변경은 네트워크에 부하를 증가시킬 수 있다. 본 논문에서는 N-MAG에서 동일한 소스를 요청한 MN이 한 개 이상이거나 MN의 상주시간, 이동한 M-MAG 및 이와 링크된 중계 라우터들의 멀티캐스트 참여 상태를 감안하여 MN의 멀티캐스트 그룹 참여를 조정한다. 그 결과 기존 Draft[14]와 비교시 핸드오버 지연시간에서 약 13~ 35% 정도의 감소를 보여

주었다.

**참 고 문 헌**

[1] T. Schmidt and M. Waehlich, "Multicast Mobility in MIPv6: Problem Statement and Brief Survey," Internet Draft, IRTF, July 2008.

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

[3] K. Kong, W. Lee, Y. Han, M. Shin, and H. You, "obility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," IEEE Wireless Communications, Vol. 15, Issue 2, pp. 36-45, April 2008.

[4] C. Mueller and O. Blume, "etwork-based Mobility with Proxy Mobile IPv6," IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC'7), 2007.

[5] R. Vida, and Costa, Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6, IETF RFC 3810, June 2004.

[6] B. Cain, S. Deering, et al., Internet Group Management Protocol, Version 3, IETF RFC 3376, October 2002.

[7] 김종경, 최성욱 "P2P 환경에서 복합 스트림 서비스를 위한 효율적인 오버레이 멀티캐스트 스케줄링" 컴퓨터정보학회 논문지, 제13권 제7호, pp 233-241, Nov 2008.

[8] 최성욱 " 오버레이 멀티캐스트 환경에서 효율적인 QOS의 보장을 위한 노드 관리 스케줄링" 한국산학기술학회 논문지, 제10권 제7호, pp 1614-1620, July 2009.

[9] M. Liebsch, Route Optimization for Proxy Mobile IPv6, NETLMM Inetnet-draft, November 13, 2007.

[10] A. Dutta, ProxyMIP Extension for Inter-MAG Route Optimization, NETLMM Internet-draft, July 2008.

[11] Linoh A. Magagula, H. Anthony Chan IEEE802.21 Optimized handover delay for proxy Mobile IPV6, Military Communications Conference, Nov. 2008.

[12] V. Gupta et al., "Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks Media Independent Handover Services," IEEE P802.21/D12, June 2008.

[13] M.Hui, G.Chen, H.Deng, Fast Handover for

Multicast in Proxy Mobile IPv6, IETF Internet Draft, draft-hui-multimob-fast-handover-00,, June 29, 2009.

[14] H.Asaeda, et al., PMIPv6 Extensions for Multicast, IETF Internet Draft, draft-asaeda-multimob-pmip6--extension, July 13, 2009.

[15] 이수원, 장희진, 이병준, Mobile IP 기반의 이중망간 핸드오버, 한국통신학회지 (정보와통신) 제24권 제4호, pp. 116~125, Apr, 2007.

[16] Georgios A. Leoleis, George N. Prezerakos, Iakovos S. Venieris, "Seamless multicast mobility support using fast MIPv6 extensions." Computer Communications 29, pp. 3745-3765, Jul. 2006.

[17] Moneeb Gohar, Seok Joo Koh, Tae-Won Um, Hyun-Woo Lee, "Seamless Multicast Handover in PMIPv6-based Wireless Networks", IEEE The 12th International Communication Technology, pp. 502-507, Feb, 2010.

[18] [RFC4067] Loughney, J., Nakhjiri, M., Perkins, C., and R. Koodli, "Context Transfer Protocol (CXTP)", RFC 4067, July 2005.

**최 성 욱**



1987년 : 경희대학교 대학원 (공학 석사)  
 2001년 : 아주대학교 대학원 (공학 박사)

1993년 ~ 2010년 : 인천전문대학 컴퓨터정보과 교수  
 2010년 ~ 현재 : 인천대학교 컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : VOD 시스템, 인터넷 스트리밍 서비스, 소프트웨어 아키텍처