

이동 IPv6 망에서 신뢰성 있는 멀티캐스트 서비스를 지원하는 빠른 핸드오버 메커니즘

준회원 신석재*, 정회원 유상조*

A Fast Handover Mechanism in Mobile IPv6 Networks for Reliable Multicasting Services

Seok-Jae Shin* *Associate Member*, Sang-Jo Yoo* *Regular Member*

요약

Mobile IPv6 환경에서 빠른 핸드오버 프로토콜은 핸드오버 과정에서 발생하는 지연 시간을 줄임으로써 끊김 없는 핸드오버가 가능하도록 해준다. 본 논문에서는 이러한 빠른 핸드오버의 이점을 멀티캐스트 서비스에 효율적으로 적용할 수 있는 FMIP-M 메커니즘을 제안한다. FMIP-M 메커니즘은 Mobile IPv6 환경에서 신뢰성 있는 멀티캐스트 서비스를 지원하는 빠른 핸드오버 메커니즘으로, 호스트의 이동 시 기존의 멀티캐스트 서비스에 빠른 핸드오버 프로토콜을 적용했을 때 발생하는 데이터 손실 문제를 이전 AR를 통해 보상 받게 되므로 신뢰성 있는 데이터 전송을 할 수 있게 한다. 또한 멀티캐스트 서비스 경로의 변화에 따라 멀티캐스트 서비스를 받는 방법 선택을 동적으로 수행하여 전송 경로를 최적에 가깝게 설정함으로써 좀더 효율적인 멀티캐스트 서비스가 가능하도록 한다. 다양한 환경에서의 성능 모델 분석 결과를 통해 제안된 방법이 패킷 전송 비용 측면에서 우수한 성능을 보였다.

Key Words : Fast Handover, IP Mobility, Mobile IPv6, Multicasting, L2 Trigger

ABSTRACT

Fast handover protocol provides seamless handover in mobile IPv6 networks by reducing handover latency. This paper proposes FMIP-M mechanism to apply this advantage of fast handover protocol to multicast service. The FMIP-M is a fast handover mechanism that supports a reliable multicast service in mobile IPv6 networks. When hosts move other networks, they may have some data missing and out-of-synch problems of multicast data. The proposed mechanism provides reliable multicast transmission by compensating data losses from the previous AR. Also it provides an additional function that is able to change multicasting service types dynamically in accordance with network status related with multicasting. So that it is able to make multicast paths very close to the optimum and more efficient multicast service is possible. The performance of the proposed mechanism is evaluated by a time analysis and simulations in various conditions.

I. 서론

현재 각 사무실이나 학교에서 사용하고 있는 유

선을 이용한 인터넷 연결이 802.11 형태의 무선통신이나 블루투스, 적외선 통신 등을 이용한 무선통신으로 급격하게 전환되고 있다. 이미 각 현장에서

* 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망연구실 (jaeyakr@empal.com, sjyoo@inha.ac.kr),

논문번호 : KICS2005-02-068, 접수일자 : 2005년 2월 15일

* 이 논문은 인하대학교의 지원에 의해 연구되었음

는 노트북에 무선랜 카드를 사용하여 포터블 형태의 이동성을 제공 받고 있으며, 점차 그 수요는 늘어나고 있다. 무선랜 뿐만 아니라 휴대형 이동통신 시스템에서도 IP를 기반으로 여러 서비스의 출현으로 인하여 IP mobility 서비스의 수요가 일어나고 있다. 그리고 차세대 정보통신망이 All-IP 망이라는 이름의 IP 기반 망으로 발전함에 따라 IP 망에서의 이동성 지원 기술인 Mobile IP의 중요성은 더욱 커지고 있다. 현재 무선 인터넷을 위한 주요 인프라로 사용되고 있는 이동통신망의 경우 2계층에서 이동성을 지원하기 때문에 하부 기술에 대한 의존성으로 인하여 글로벌 로밍에 어려움이 있었다. 이에 비하여 Mobile IP는 3계층에서 이동성을 제공함으로써 하부 기술에 독립적인 이동성을 제공할 수 있기 때문에 IP 기반의 망에서 글로벌 로밍을 보다 용이하게 지원할 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 Mobile IP는 넓은 지역의 느린 이동성 지원을 위해 설계되었기 때문에 빠른 속도로 이동하는 단말에 대한 실시간 서비스 제공에는 어려움이 있을 수 있다. 즉, 핸드오프 시 발생할 수 있는 패킷 손실 및 지연이 VoIP와 같은 실시간 서비스에서 요구하는 성능을 만족시키지 못할 수 있다. 특히 최근 인터넷의 성장과 더불어, 인터넷 방송이나 다중 화상회의, 소프트웨어 분배 등의 다중 전송을 지원하는 멀티캐스트 서비스가 핵심서비스로 등장할 것으로 예상되므로 기존의 Mobile IP에 대한 기능 향상이 강하게 요구되고 있다. 따라서 Mobile IPv6(MIPv6) 환경에서 이동 호스트(MH: Mobile Host)가 다른 네트워크로의 이동 시 발생하는 핸드오버의 지연 시간을 줄여 끊김 없는 연결을 지원하기 위해 제안된 빠른 핸드오버(fast handover) 메커니즘¹¹⁾을 멀티캐스트 서비스에 효율적으로 지원할 수 있는 메커니즘이 필요하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 i) MIPv6 환경에서 멀티캐스트 서비스를 위한 빠른 핸드오버 메커니즘을 적용하여, ii) 현재 이동 호스트가 서비스 받는 액세스 라우터(AR: Access Router)의 멀티캐스트 서비스 상태에 따라 가장 적합한 멀티캐스트 경로 설정 방안(터널 확장, HA로의 새로운 터널 생성, 멀티캐스트 트리에 조인)을 제공하고, iii) 저 지연, 저 손실의 신뢰성 있는 멀티캐스트 서비스를 제공할 수 있는 멀티캐스트용 빠른 핸드오버 메커니즘을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 MIPv6 환경에서의 빠른 핸드오버 방법에 대한 간단한 설명과 함께 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 이동

호스트에게 멀티캐스트를 지원하기 위해 제안한 두 가지 방법과 MIPv6 환경에서 기존의 빠른 핸드오버 방식을 이용하여 멀티캐스트 서비스를 할 때 발생하는 문제점들을 살펴본다. 제 3장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 FMIP-M 메커니즘에 대한 세부 절차에 대해 기술한다. 제 4장에서는 제안하는 메커니즘에 대한 비용 해석을 보여주며, 제 5장에서는 여러 환경에서의 성능 분석 결과를 보여준다. 마지막으로 제 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 관련연구

2.1 Mobile IPv6에서의 빠른 핸드오버 지원

일반적인 MIPv6 환경에서의 핸드오버 과정에서 이동성 감지(movement detection), 새로운 의탁 주소 설정(new care of address configuration), 위치 정보 등록(binding update)등의 과정을 거치며 서비스 중단 시간이 존재한다. 이러한 총 지연 시간은 실시간 데이터 전송이나 기타 성능에 민감한 환경에서 적용하기가 어렵다. 이에 따라 이러한 지연 시간을 줄이기 위해 빠른 핸드오버 메커니즘(FMIP)이 IETF에서 제안되었다. 동작 과정은(그림 1)과 같다. 빠른 핸드오버에서는 L3(Layer 3) 핸드오버에 대한 지연 시간을 줄이기 위하여 L2(Layer 2) 핸드오버가 완료된 뒤에 L3 핸드오버를 시작하지 않고, L2 트리거(trigger)¹³⁾에 의해 예측적으로 L3 핸드오버를 시작한다. 이동 호스트는 다른 AR에 대한 L2 트리거를 수신하게 되면, 이동하고자 하는 새로운 액세스 라우터(nAR: New Access Router)에 대한 정보를 얻기 위해 RtSolPr(Router Solicitation for Proxy) 메시지를 현재 액세스 라우터(pAR: Previous Access Router)에게 보내고, pAR은 이에 대한 응답으로 nAR의 정보가 담긴 PrRtAdv (Proxy Router Advertisement) 메시지를 이동 호스트에게 보낸다. 이동 호스트는 pAR에 연결된 상태에서 새로운 의탁 주소(NCoA: New Care of Address)를 구성하고 F-BU(Fast Binding Update) 메시지를 pAR에게 보내어 곧 다른 네트워크로 이동할 것임을 알린다. F-BU 메시지를 받은 pAR은 NCoA의 유효성 확인과 nAR 사이에 양방향 터널(bi-directional tunnel)을 설정하기 위하여 HI(Handover Initiation) 메시지를 nAR로 보낸다. 이에 대한 응답으로 nAR은 HACK(Handover Acknowledge) 메시지를 pAR에게 전송한다. 이 메시지를 받은 pAR은 HACK 메시지의 상태 코드를 보고 이동 호스트에 의해 요청된

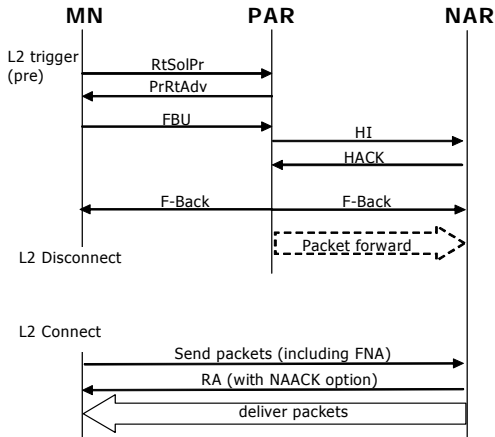


그림 1. 빠른 핸드오버 프로토콜

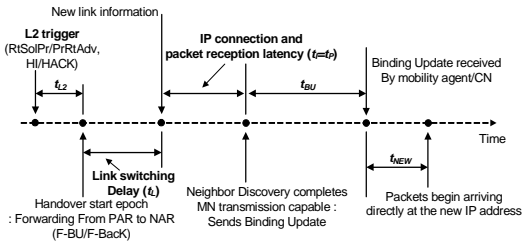


그림 2. 빠른 핸드오버의 시간 배치도

핸드오버가 수락될 것인지를 검사한 다음 이에 대한 결과를 F-BACK(Fast Binding Acknowledgement) 메시지에 담아 이동 호스트와 nAR에게 보낸다. 그리고 이동 호스트의 이전 의탁주소(PCoA: Previous Care of Address)로 오는 모든 패킷들을 nAR로 포워딩하기 시작한다.

(그림 2)는 빠른 핸드오버에서의 시간 배치도를 보여준다. 아래 그림에서 일반적인 MIPv6의 경우에는 $t_L + t_I + t_p$ 가 서비스 중단 시간 되는데 비하여 빠른 핸드 오버에서는 패킷 수신 지연 시간과 IP 연결 지연 시간이 같기 때문에 $t_L + t_I$ 가 시간이 서비스 중단 시간이 된다. 하지만 빠른 핸드오버에서는 서비스 중단 시간 동안 pAR에서 nAR로 패킷 포워딩이 지원되기 때문에 이 시간 동안에 도착한 패킷들도 손실되지는 않는다.

2.2 Mobile IPv6에서의 멀티캐스트 지원

현재 IETF에서는 MH에게 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해 두 가지 방법을 제안하고 있다^[4-5]. 첫째는 원격가입(RS: Remote Subscription) 방법이고, 두 번째는 양방향 터널 멀티캐스팅(BT: Bi-directional Tunneled multicasting) 방법이다.

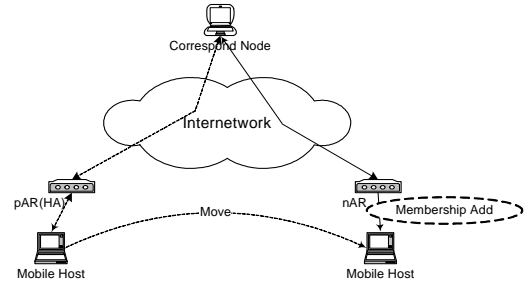


그림 3. 원격가입 멀티캐스팅

2.2.1 원격가입

이 방법은 (그림 3)과 같은 FA(Foreign Agent) 기반 멀티캐스트 방법으로써, 이동 호스트가 외부 네트워크로 이동 시, 그 외부 네트워크에서 그룹 등록을 처리하므로, 동작 과정이 단순하며 최적화된 라우팅 경로를 제공할 수 있다. 또한 한 에이전트에서 중복된 멀티캐스트 데이터그램을 수신할 가능성이 희박하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이동 호스트의 움직임이 많을 경우 트리 재구성이 많고 멀티캐스트 트리 재구성에 따른 지연이 크며, 이 지연에 따른 멀티캐스트 데이터그램의 손실이 발생할 수 있다는 단점이 있다.

2.2.2 양방향 터널 멀티캐스트

이 방법은 (그림 4)와 같은 HA(Home Agent) 기반 멀티캐스트 방법으로써, 이동 호스트가 외부 네트워크로 이동 시 별도의 멤버 가입 절차 없이 HA로부터 유니 캐스트 터널링을 통해 멀티캐스트 데이터를 수신하는 방법이다. 이 방법은 그룹 멤버의 이동성을 숨겨 주므로 이동에 따른 멀티캐스트 트리 재구성이 요구되지 않기 때문에 이동 호스트의 움직임이 많을 경우에 유리하다. 그러나 이 방법은 송신지와 수신지 간의 멀티캐스트 경로가 HA를 경유하므로 경로가 최적이지 않을 수가 있으며, 같은 멀티캐스트 그룹에 속하면서 같은 HA를 갖는 이동 호

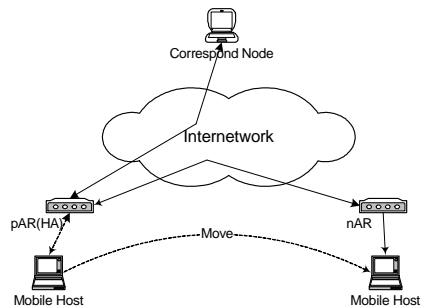


그림 4. 양방향 멀티캐스팅

스트들이 각각 다른 외부 네트워크로 이동할 경우에, HA에서 이동해 있는 외부 네트워크의 수만큼 데이터를 복사하여 FA(nAR)로 터널링 해주어야 하므로 HA에서 데이터그램의 복사가 요구된다.

2.3 멀티캐스팅 서비스에 기존의 빠른 핸드오버 적용시 문제점

본 절에서는 MIPv6 환경에서 기존의 빠른 핸드오버 방식을 이용하여 멀티캐스트 서비스를 할 때 발생할 수 있는 문제점들에 대해 분석해 보고 이러한 문제점을 보완하기 위해 본 논문이 제시한 방법들을 살펴본다.

2.3.1 시퀀스 동기화 문제(Out-of-Synch Problem)

기본적으로 빠른 핸드오버에서는 핸드오버 동안 패킷 손실은 발생하지 않는다. 그러나 여전히 핸드오버 후에 시퀀스 동기화 문제는 발생할 수 있다. 첫 번째는 이동 호스트가 새로운 네트워크로 이동하면서 발생하는 핸드오버의 결과로 멀티캐스트 서비스 방법이 바뀌었을 때, pAR를 통해서 받았던 데이터와 nAR를 통해 받을 패킷의 시퀀스 번호(sequence number) 불일치로 생길 수 있고, 두 번째는 핸드오버의 결과로 서비스 방법이 nAR에서 변하지 않았음에도 불구하고 pAR에서 받았던 데이터와 nAR에서 받을 데이터의 시퀀스 번호의 불일치로 인해 생길 수도 있다. 본 논문에서 제안하는 FMIP-M 메커니즘에서는 이 문제점을 보완하기 위해 pAR로 STOP 메시지를 보냄으로써 이동 호스트에서 시퀀스 동기화 문제가 발생한 데이터 부분을 보상 받을 수 있게 하는 여러 복원 절차를 이용하여 이동 네트워크 환경에서 보다 신뢰성 있는 멀티캐스트 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다.

2.3.2 멀티캐스트 서비스 연결 지연(Multicast Service Disruption Latency)

MIPv6 환경에서의 빠른 핸드오버는 pAR로부터 nAR로의 끊김 없는 데이터 포워딩에만 초점이 맞춰져 있으므로 이동 호스트가 새로운 네트워크로 이동한 후 멀티캐스트 서비스에 연결하는 문제가 남아있게 된다. 즉, IP계층에서의 L3 핸드오버와 L2 핸드오버 후에 nAR은 멀티캐스트 서비스를 계속 받기 위해 BT방법에 따른 HA로의 유니캐스트 터널링 또는 RS방법의 멀티캐스트 트리 연결이 필요하다. 이는 서비스 연결의 지연을 가져오며 경우에 따라 서비스의 끊김 또는 pAR로부터의 오랜 데이터 포워딩이 요구된다는 문제점이 발생한다. 따라서

본 논문에서는 MIPv6 L3 빠른 핸드오버 기간 중에 효율적으로 멀티캐스트 서비스 연결을 같이 수행할 수 있는 새로운 메커니즘을 제안한다.

2.3.3 비최적화 된 경로(Non-optimal Path)

단순히 MIPv6 환경에 기존의 빠른 핸드오버 방식을 적용하여 멀티캐스트 서비스를 하게 되면 서비스 전송 거리에 상관없이 일정한 방식(RS 또는 BT)으로 멀티캐스트 데이터그램을 전송 받게 되므로 비최적화된 전송 경로를 가지게 된다는 문제점을 지니게 된다. 이로 인해 불필요한 데이터 전송 문제 또한 발생하게 되며 이러한 문제들은 결국 패킷 전송 지연 문제에 귀착하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 이동 호스트가 새로운 네트워크로 이동할 때 최소 홉 수(hop count)를 고려한 선택적인 서비스 전송 경로 결정 방법(new path decision)을 통해서 최단 거리로 이동 호스트에게 효율적인 멀티캐스팅 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

III. 제안된 FMIP-M 메커니즘

3.1 제안된 FMIP-M 메커니즘

(그림 5)는 제안된 FMIP-M 메커니즘에서의 메시지 전달 과정을 보여주고 있다. 한 이동 호스트가 pAR에 연결되어 있다가 nAR로 이동하려고 할 때 다음과 같은 과정을 거치게 된다. 제안된 FMIP-M 메커니즘에서는 기본적으로 빠른 핸드오버를 지원하기 때문에 L2 트리거에 의해 핸드오버가 시작된다. 링크 계층의 정보는 이동 호스트가 곧 pAR에 연결된 한 무선 액세스 포인트에서 nAR에 연결된 다른 무선 액세스 포인트로 이동할 것이라는 것을 알려주게 된다.

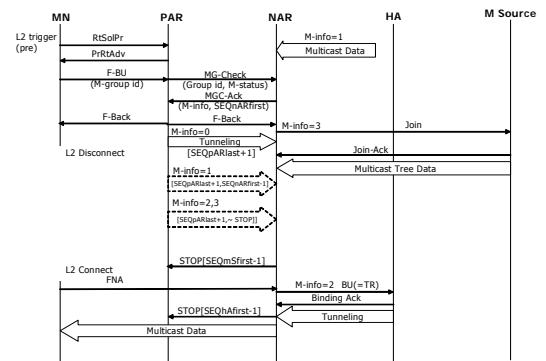


그림 5. 제안된 FMIP-M 메커니즘 절차

이동 호스트는 다른 AR에 대한 L2 트리거를 수신하고 pAR에게 RtSolPr 메시지를 보내어 해당 nAR에 관한 정보를 요청하면, pAR은 이에 대한 응답 메시지인 PrRtAdv에 해당 AR에 대한 정보를 실어 보내주게 된다. 이 메시지를 받은 후에 이동 호스트는 다른 네트워크로 이동할 것을 결정하면 자신이 현재 멀티캐스트 서비스를 받고 있는 그룹의 정보(M-group id)를 담은 FBU 메시지를 pAR에게 보낸다. FBU 메시지를 수신한 pAR은 nAR과 사이의 양방향 터널의 설정과 새로운 서비스 전송 방법 결정을 위해 (그림 6)과 같은 MG-Check 메시지를 nAR에게 보낸다. 이 메시지에 있는 정보를 바탕으로 nAR은 MH에게 어떤 방식으로 멀티캐스트 서비스를 할 것인가를 결정하고, pAR에게 (그림 7)과 같은 MGC-Ack 메시지를 통하여 결정 사항들을 알려준다. pAR은 이 메시지를 수신하면 FBack 메시지를 이동 호스트와 nAR에게 전달한다. 이때부터 pAR은 MGC-Ack의 M-info 필드의 값에 따라 nAR로 멀티캐스트 데이터 포워딩을 수행한다. 또한 nAR은 자신이 결정한 멀티캐스트용 경로 설정 사항에 따라 필요한 경우 멀티캐스트 경로 구성을 시작한다. FBack 메시지 수신 후 이동 호스트는 pAR과의 연결을 끊고 nAR로 이동한다. MH는 nAR의 네트워크로 이동한 후 FNA(Fast Neighbor Advertisement Message) 메시지를 nAR에게 보내어 자신의 이동을 알린다. nAR은 이동 호스트가 자신의 네트워크로 들어 왔음을 알고 이미 결정된 전송 방법에 따라 최적 경로로 멀티캐스트 서비스를 한다.

3.2 제안된 FMIP-M에서 사용되는 메시지 형식 MIPv6 환경에서 멀티캐스트 서비스에 적용 가능한 빠른 핸드오버 메커니즘을 위해 제안된 FMIP-M에서는 기존의 빠른 핸드오버에서 사용되어지는 HI와 HACK 메시지에 선택 필드를 추가한 형태의 두 가지 MG-Check, MGC-Ack 메시지를 정의하고 있다. 첫 번째는 (그림 6)과 같은 HI 메시지에 MG-Check에 필요한 필드를 추가한 옵션 형식이다. 두 번째는 (그림 7)과 같은 HACK 메시지에 MGC-Ack에 필요한 필드를 추가한 옵션 형식이다.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1								
Type				Length				Option-Code				M-status																											
Reserved												HC																											
Multicast Address																																							

그림 6. MG-Check 메시지

- Type - TBD.
- Length, Option-Code, Reserved - 참조^[1].
- M-status 현재 pAR이 해당 그룹에 멀티캐스트 서비스를 하고 있는 방식을 나타낸다.
 - 0 : 멀티캐스트 트리에 조인해 서비스를 하고 있음.
 - 1 : HA로부터 터널링을 통해 서비스를 받고 있음.
- HC - 현재 멀티캐스트 서비스 경로에 대한 총 홉 수를 나타낸다(total hop count).
- Multicast Address - 모바일 호스트가 서비스 받을 그룹의 ID.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1								
Type				Length				Option-Code				M-info																											
Reserved												#SEQnARfirst																											
Options..																																							

그림 7. MGC-Ack 메시지

- Type - TBD.
- Length, Option-Code, Reserved - 참조^[1].
- M-info 현재 pAR이 해당 그룹에 대한 멀티캐스트 서비스 유무와 이동 호스트에게 제공할 서비스 방식을 나타낸다. nAR에 의해 결정됨.
 - 0 : No Multicast Service, pAR을 통한 Tunnel extended 방법으로 멀티캐스트 서비스.
 - 1 : No Multicast Service, #SEQnARfirst 필드 값 유효.
 - 2 : No Multicast Services, Bi-directional Tunneling
 - 3 : No Multicast Services, Remote Subscription
- #SEQnARfirst - 해당 그룹에 대한 nAR의 버퍼에 저장된 첫 번째 패킷의 시퀀스 번호(M-info=1인 경우 유효값 가짐), 나머지는 모두 0.

3.3 L3 핸드오버에서 nAR에 의한 멀티캐스트 서비스 지원 방법 결정 방안

본 논문에서 제안된 FMIP-M 메커니즘에서는 최적의 전송 경로를 실현하기 위해 MG-Check 메시지에 있는 pAR과 서비스 경로의 총 홉 수(HC) 정보를 고려하여 각 상황에 맞게 4가지 모드(M-info)의 효율적인 경로 결정 방법을 사용한다. nAR에서의 멀티캐스트 경로 결정은 다음 식 (1)에 기반 한다.

$$D_{new\ path} = \arg \min_{hop} \{PHC, NHC_{BR}, NHC_{RS}\} \quad (1)$$

여기서 PHC(Previous Hop Count)는 pAR로부터 nAR로 tunnel extended 방법을 선택하여 멀티캐스트 경로를 확장할 경우의 전체 경로 홉 수를 나타낸다. NHC(New Hop Count)는 두 가지 종류가 있는데, 이 중 NHC_{BT}는 nAR에서 HA로부터 새롭게 양방향 터널을 형성하여 멀티캐스트 서비스를 받을 때의 전체 경로 홉 수이며, NHC_{RS}는 nAR에서 직접 멀티캐스트 트리에 조인해 멀티캐스트 소스(M-source)로부터 서비스를 받을 때의 전체 경로 홉 수를 나타낸다. nAR은 이 세가지 옵션의 총 홉 수를 비교하여 MH에게 가장 최단 거리의 멀티캐스트 서비스를 제공할 수 있는 방법을 선택하게 된다. PHC, NHC_{BT}, NHC_{RS}는 각각 다음과 같이 계산된다.

$$PHC = \begin{cases} H_{sh} + H_{hp} + H_{pm} & (BT) \\ H_{sp} + H_{pm} & (RS) \end{cases} \quad (2)$$

$$NHC_{BT} = H_{sh} + H_{hm} \quad (3)$$

$$NHC_{RS} = H_{ns} \quad (4)$$

여기서 H_{sh} , H_{pm} , H_{hp} , H_{nh} , H_{ns} 는 멀티캐스트 소스와 HA사이의 평균 홉 수, pAR과 nAR 사이의 평균 홉 수, HA와 pAR 사이의 평균 홉 수, nAR과 HA 사이의 평균 홉 수, nAR과 멀티캐스트 소스 사이의 평균 홉 수를 나타낸다.

3.3.1 MH가 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있지 않은 nAR로 이동할 때 새로운 네트워크에서 MH가 멀티캐스트 그룹의 첫 번째 호스트인 경우이다. 즉, nAR은 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있지 않다. 이동 호스트는 새로운 네트워크로 이동하면 처음에

FNA를 nAR에게 보내며, nAR는 이동 호스트가 자신의 네트워크로 들어 왔음을 알게 되면 식 (1)의 경로 설정 방법에 의해 선택되어진 경로에 따라 최단 경로로 서비스를 하게 된다. 본 논문에서는 이러한 경우, 다음과 같은 세 가지 상황에 대한 결정 방법을 제안한다.

첫 번째는 (그림 8-a)와 같이 tunnel extended 방법인 (M-info=0)인 경우이다. 이 경우는 nAR과 HA, M-source와의 거리가 멀어 pAR로 부터 확장된 터널을 통해 서비스를 받는 것이 최단 거리일 경우이다. 이 경우의 절차는 다음과 같다. nAR은 pAR로부터 받은 MG-Check에 포함되어 있는 HC 정보를 통하여 pAR과 해당 그룹에 서비스를 하고 있는 agent(HA 또는 M-Source)까지의 경로에 대한 총 홉 수를 알 수 있게 된다. 이를 바탕으로 식 (1)에 따라 최단 거리를 계산하게 된다. 그 결과 pAR로 부터 tunnel extended 방법이 이동 호스트에게 최단 경로로 서비스를 제공할 수 있음을 결정한다. nAR은 MH로부터 FNA 메시지를 받고 이동 호스트가 자신의 네트워크로 들어왔음을 알고 결정된 tunnel extended 방법에 따라 pAR과 설정된 양방향 터널을 통해 포워딩을 받은 멀티캐스트 데이터를 이동 호스트에게 보내게 된다. 이 때 멀티캐스트 데이터는 MH가 pAR로 부터 받았던 패킷의 마지막 시퀀스 번호의 다음 번호 패킷 [SEQpARlast+ 1]부터 전송하게 된다.

두 번째는 (그림 8-b)와 같이 NHC_{BT}경로가 선택된 (M-info=2)인 경우이다. 이 경우에는 HA로부터 터널을 통해 멀티캐스트 데이터를 받는 것이 최단 거리일 경우이다. 이를 위해 nAR은 MH로부터 FNA 메시지를 받은 후 HA로 터널링 요청(TR: Tunnel Request)의 내용을 담은 BU(Binding Update)

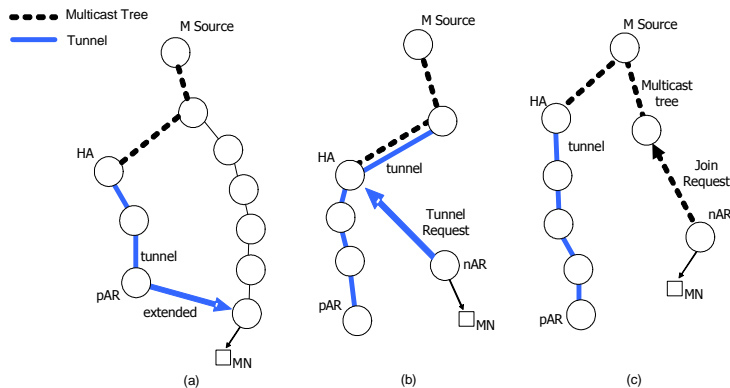


그림 8. (a) M-info=0인 경우, (b) M-info=2인 경우, (c) M-info=3인 경우.

메시지를 보낸다. ($M\text{-info}=2$)인 경우 (그림 5)에서 볼 수 있듯이 pAR로 부터 nAR로의 패킷 전송은 L2 핸드오버 전에 이루어지지만 nAR로부터 HA로의 BU 메시지는 MH가 nAR로 이동한 후에 이루어진다. 이는 MH가 pAR에 계속 머물 경우 잘못된 바인딩이 HA에 의해 이루어지는 것을 방지하기 위해서이다. HA는 BU 메시지를 받고 이에 대한 응답으로 FBU메시지를 nAR로 보내고 설정된 유니캐스트 터널을 통해 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 이 때, nAR은 HA로부터 도착한 데이터의 시퀀스 번호를 체크하고 만약 시퀀스 동기화 문제가 발생했을 경우에는 pAR로 STOP[SEQhAfirst-1] 메시지를 보내 시퀀스 동기화 문제가 발생한 부분의 데이터 [SEQpARlast+1, ~STOP]를 받아 이동호스트에게 전송해 줌으로써 손실된 데이터를 보상한다. 여기서 [SEQpARlast+1, ~STOP]는 SEQpARlast+1부터 STOP 메시지에 적힌 번호까지 데이터의 시퀀스 번호를 의미한다.

마지막 경우는 (그림 8-c)와 같이 NHC_{RS} 경로가 선택된 ($M\text{-info}=3$)인 경우이다. 이 경우에는 nAR이 직접 멀티캐스트 트리에 조인해 서비스를 받게 된다. 이를 위해 nAR은 pAR로부터 FBack 메시지를 받은 후 트리에 직접 연결하기 위해 멀티캐스트 소스로 조인 요청(join request) 메시지를 보낸다. 멀티캐스트 소스는 이에 대한 응답으로 조인승낙(join-ack) 메시지를 nAR로 보낸다. 이 때부터 nAR은 직접 트리에 조인하여 서비스를 하게 된다. nAR은 트리로부터 처음 받은 패킷의 시퀀스 번호를 체크하고 만약 시퀀스 동기화 문제가 발생했을 경우, pAR로 STOP [SEQmSfirst-1] 메시지를 보내어 시퀀스 동기화 문제가 발생한 부분의 데이터 [SEQpARlast+1, ~STOP]를 받아 이동 호스트에게 전송해 줌으로써 손실된 데이터를 보상한다. 여기서 SEQpARlast는 이동 호스트가 pAR로 부터 받았던 그룹의 가장 마지막 데이터의 시퀀스 번호이다. 제안된 FMIP-M 방법은 MIPv6 빠른 핸드오버시 경로 결정을 L2 핸드오버 이전에 nAR에서 수행하여 MH가 새로운 네트워크로 이동하기 전에 멀티캐스트 서비스를 위한 경로 설정을 수행할 수 있게 한다.

3.3.2 MH가 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있는 nAR로 이동할 때

(그림 9)와 같이 그룹 내의 이동 호스트가 이미 해당 그룹에 대한 멀티캐스트 데이터를 받고 있는 새로운 네트워크로 이동했을 경우 ($M\text{-info}=1$)에는

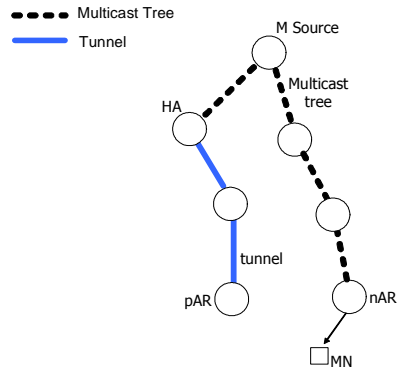


그림 9. $M\text{-info}=1$ 인 경우.

이미 멀티캐스트 서비스를 받고 있기 때문에 새로운 경로 결정은 행해지지 않고, pAR로부터 설정된 터널을 통해서 핸드오버시 발생하는 서비스 중단 시간 동안에 손실된 패킷 [SEQpARlast+1, SEQnARfirst-1]만을 보상받게 된다.

IV. MH가 해당 멀티캐스트 그룹으로부터 데이터를 수신하고 있는 nAR로 이동할 때

이번 장에서는 제안된 FMIP-M 메커니즘에서 필요한 비용에 대한 해석을 수행한다. 이를 위해 전체 비용을 시그널링 비용과 패킷 전송 비용, 두 가지로 분류하였다. 시그널링 비용은 제안된 FMIP-M 메커니즘을 적용하는 과정에서 발생하는 시그널링 메시지와 관련된 것이고, 패킷 전송 비용은 그 과정에서 발생하는 핸드오버 지연 시간 동안 pAR에서 nAR로 패킷을 포워딩 시켜주는 부분과 관련된 비용이다.

4.1 시그널링 비용

빠른 핸드오버는 L2 트리거를 사용하는 예측 기법을 사용하기 때문에 실제 빠른 핸드오버 환경에 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해 교환하게 되는 RtSolPr/PrRtAdv와 MG-Check/MGC-Ack 메시지 교환에 필요한 시그널링 비용은 (그림 5)에 표시된 메시지 흐름에 의해서 계산된다. 이를 위해 (그림 10)과 같은 네트워크 모델이 고려되었으며 각 전송 비용 계산을 위해 다음과 같은 파라미터들이 정의되었다.

- TC_{mp} : 이동 호스트와 PAR사이의 무선 링크에서의 전송 비용
- TC_{mn} : 이동 호스트와 NAR사이의 무선 링크에서의 전송 비용

- TC_{pn} : PAR과 NAR 사이의 전송 비용
- TC_{nh} : NAR과 HA 사이의 전송 비용
- TC_{ns} : NAR과 M-source간의 전송 비용
- $PC_m, PC_n, PC_p, PC_h, PC_s$: 이동 호스트, NAR, PAR, HA, M-source에서의 처리 비용
- H_{sh} : M-source와 HA 사이의 평균 홉 수
- H_{pn} : PAR과 NAR 사이의 평균 홉 수
- H_{hp} : HA와 PAR 사이의 평균 홉 수
- H_{nh} : NAR과 HA 사이의 평균 홉 수
- H_{ns} : NAR과 M-source 사이의 평균 홉 수

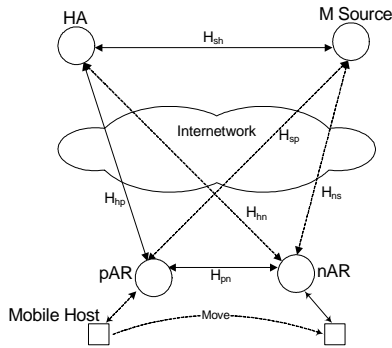


그림 10. 시그널링 비용 분석을 위한 네트워크 모델.

일반적으로 전송 비용은 링크의 홉 수에 비례하기 때문에 (그림 10)에 나타나 있는 네트워크 모델을 바탕으로 TC_{mp} 와 TC_{mn} 은 $\rho\theta$ 으로 TC_{pn} , TC_{nh} , TC_{ns} 는 각각 $H_{pm}\theta$, $H_{hn}\theta$, $H_{ns}\theta$ 로 표현된다. $\rho (> 1)$ 는 단위 홉 당 업데이트 비용이며, θ 는 무선 링크에 대한 가중치이다. 무선 링크는 1의 가중치가 사용되었다. 따라서 각각의 경우에 따른 FMIP-M의 시그널링 비용은 (그림 5)의 메시지 송수신 결과에 따라 다음과 같이 계산된다.

$$C_{signal, M-info=0} = 4TC_{mp} + 3TC_{pn} + TC_{mn} + 3TC_n + 3PC_p + 2PC_m \quad (5)$$

$$C_{signal, M-info=1} = 4TC_{mp} + 3TC_{pn} + TC_{mn} + 3TC_n + 3PC_p + 2PC_m \quad (6)$$

$$C_{signal, M-info=2} = 4TC_{mp} + 4TC_{pn} + 2TC_{nh} + TC_{mn} + 4PC_n + 4PC_p + 2PC_m + PC_h \quad (7)$$

$$C_{signal, M-info=3} = 4TC_{mp} + 4TC_{pn} + 2TC_{ns} + TC_{mn} + 4PC_n + 4PC_p + 2PC_m + PC_s \quad (8)$$

반면 FMIP(Fast Handover in Mobile IPv6)에서 BT나 RS를 사용한 멀티캐스트 서비스 연결의 시그널링 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$C_{signal, FMIP-BT} = 4TC_{mp} + 3TC_{pn} + 2TC_{nh} + TC_{mn} + 4PC_n + 3PC_p + 2PC_m + PC_h \quad (9)$$

$$C_{signal, FMIP-PS} = 4TC_{mp} + 3TC_{pn} + 2TC_{ns} + TC_{mn} + 4PC_n + 3PC_p + 2PC_m + PC_s \quad (10)$$

4.2 패킷 전송 비용

패킷 전송 비용의 경우 핸드오버 지연 시간에 따라 pAR에서 nAR로 포워딩 되는 패킷에 관련된 비용을 고려하였다. 이를 위해 본 논문에서는 (그림 11~14)를 참고하여 각각의 전송 지연 시간을 3가지로 구분하였다. 첫째, 이동 호스트가 새로운 네트워크로 이동하여 멀티캐스트 서비스 전송 방법의 변화로 생기는 multicast service disruption latency (t_s). 둘째, 새로운 링크로 멀티캐스트 패킷을 받을 때까지 걸리는 multicast packet reception latency (t_p). 셋째, 멀티캐스트 서비스 에이전트의 역할이 완전히 변할 때까지 걸리는 multicast service exchange latency(t_E)로 구분되어진다.

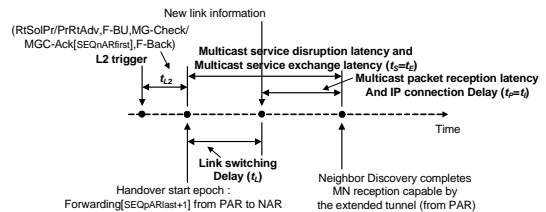


그림 11. M-info=0 인 경우 FMIP-M의 시간 배치도

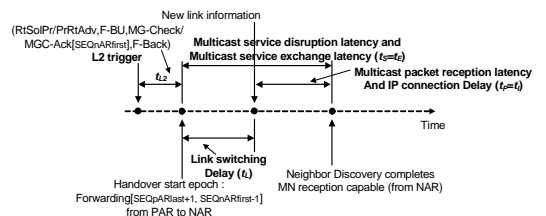


그림 12. M-info=1 인 경우 FMIP-M의 시간 배치도

표 1. M-info 정보에 따른 각 전송 지연 시간.

구분	M-info=0	M-info=1	M-info=2	M-info=3	
				i) $t_J+t_{NEW2} \leq t_L+t_I$	ii) $t_J+t_{NEW2} \geq t_L+t_I$
t_S	t_L+t_I	t_L+t_I	t_L+t_I	t_J+t_{NEW2}	t_L+t_I
t_P	t_I	t_I	t_I	$t_J+t_{NEW2}-t_L$	t_L+t_I
t_E	t_L+t_I	t_L+t_I	$t_L+t_I+t_{TR}+t_{NEW1}+t_{STOP}$	$t_J+t_{NEW2}+t_{STOP}$	$t_J+t_{NEW2}+t_{STOP}$

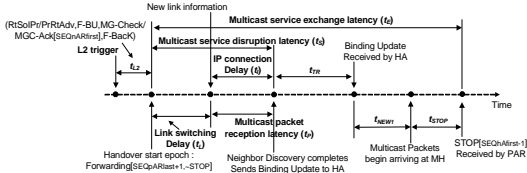


그림 13. M-info=2 인 경우 FMIP-M의 시간 배치도

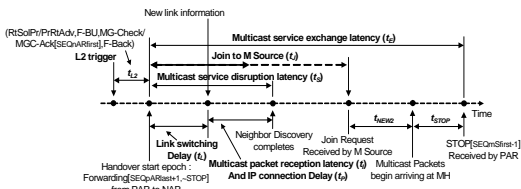


그림 14. M-info=3 인 경우 FMIP-M의 시간 배치도

제안된 FMIP-M 메커니즘에서는 pAR에서 nAR로의 패킷 포워딩은 MH가 새로운 네트워크로 이동할 때 발생하는 시퀀스 동기화 문제로 인한 패킷 손실을 막음으로써 보다 신뢰성 있는 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해서 사용된다. pAR는 MH로부터 F-BU 메시지를 받은 뒤에 MG-Check/ MGC-Ack 메시지 교환 후에 얻어진 M-info 정보를 바탕으로 설정된 양방향 터널을 통하여 nAR에게 손실된 패킷들에 대한 포워딩을 시작한다. (그림 11~14) 처럼 MH가 새로운 네트워크로의 이동 후에 새로운 서비스 전송 경로 방법에 의해 nAR로부터 직접 데이터를 받을 때까지는 각각 $t_J+t_{NEW2}+t_{STOP}$ (M-info=0,1), $t_L+t_I+t_{TR}+t_{NEW1}+t_{STOP}$ (M-info=2), t_L+t_I (M-info=3)의 지연 시간이 존재한다. MH가 pAR로 FBU를 보냈을 경우에 nAR에서 L3 핸드오버를 수행한다고 가정한다면, 손실 패킷 보안을 위한 포워딩 비용은 패킷 도착 비율(λ_p)과 포워딩을 위한 시간(=지연 시간)에 비례하게 된다. 정리하면, 제안된 FMIP-M에서의 패킷 전송 비용은 식 (11)~(14)와 같이 계산된다.

$$C_{forwarding, M-info=0} = \lambda_p \times (t_L + t_I) \quad (11)$$

$$C_{forwarding, M-info=1} = \lambda_p \times (t_L + t_I) \quad (12)$$

$$C_{forwarding, M-info=2} = \lambda_p \times (t_L + t_I + t_{TR} + t_{NEW1} + t_{STOP}) \quad (13)$$

$$C_{forwarding, M-info=3} = \lambda_p \times (t_J + t_{NEW2} + t_{STOP}) \quad (14)$$

반면 FMIP에서의 RS와 BT방법의 패킷 전송 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$C_{forwarding, FMIP-BT} = \lambda_p \times (t_L + t_I + t_{TR} + t_{NEW1}) \quad (15)$$

$$C_{forwarding, FMIP-RS} = \lambda_p \times (t_L + t_I + t_J + t_{NEW2}) \quad (16)$$

4.2.1 멀티캐스트 트리 조인 지연에 관한 고려

앞에서 언급한 손실 패킷에 대한 포워딩 비용을 계산할 때 (M-info=3)의 경우에 이동 호스트에서 멀티캐스트 트리로부터 직접 패킷을 받게 되는 지연 시간(t_J+t_{NEW2})에 따라 포워딩 비용은 차이를 보이게 된다.

1) $t_J+t_{NEW2} \leq t_L+t_I$ 인 경우

이 경우 이동 호스트는 L3 핸드오버 전에 멀티캐스트 트리로부터 패킷을 전송 받을 수 있다. 그러므로 새로운 네트워크로 이동할 때 발생하는 시퀀스 동기화 문제로 인한 패킷 포워딩은 최소가 되어 이를 보완하기 위한 포워딩 비용은 최소화 된다.

2) $t_J+t_{NEW2} \geq t_L+t_I$ 인 경우

이 경우 이동 호스트는 L3 핸드오버 이후에 멀티캐스트 트리로부터 패킷을 전송 받을 수 있다. 그러므로 새로운 네트워크로 이동할 때 발생하는 시퀀스 동기화 문제로 인한 패킷 포워딩은 지연 시간 t_J+t_{NEW2} 에 비례하게 되어 이를 보완하기 위한 포워딩 비용 또한 지연 시간에 따라 증가한다.

V. 성능 분석

본 장에서는 4장의 분석에 기초하여 제안된 FMIP-M 메커니즘의 성능 분석을 수행한다. 이를

표 2. 성능 분석에 사용한 인자값

θ	ρ	H_{pn}	H_{sh}	PC_p	PC_s	PC_h	PC_n	PC_m
1	5	2	10	5	5	5	5	5

위해 각 지연 파라미터들은 MIPv6에 빠른 핸드오버를 적용한 논문^[6-9)]에서 사용한 값들을 이용하였다. 즉, t_L+t_I 는 165ms로 설정하고 무선 링크의 업데이트 비용을 5로 유선망의 처리비용 1보다 높게 설정하였다. pAR과 nAR, M-source, MH에서의 처리비용은 동일하다고 가정하여 5로 설정하였다.

빠른 핸드오버 방식이 적용된 MIPv6 환경에서 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해 제안된 FMIP-M 메커니즘 절차에서 발생하는 시그널링 비용과 패킷 전송 비용에 대한 성능 분석 결과를 (그림 15~17)에 나타내었다. 다양한 패턴을 반영하기 위해 두 가지 거리 인자 (α, β)를 정의 하였다. 거리 인자는 각각 다음 식과 같이 정의된다.

$$\alpha = \frac{\min[HC_{tunnel\ extended}, HC_{BT}, HC_{RS}]}{HC_{proposed}}, \quad \beta = \frac{HC_{RS}}{HC_{BT}}$$

(그림 15)인 경우에 제안된 FMIP-M에서 발생하는 시그널링 비용을 보여주고 있다. (M-info=0)인 경우에는 pAR로부터 확장된 터널을 통해 멀티캐

스트 서비스를 받게 되고, (M-info=1)인 경우에는 nAR이 이미 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 서비스를 받고 있기 때문에 두 경우 모두 pAR과 nAR 사이에 설정된 양방향 터널을 통해 멀티캐스트 서비스를 받기 때문에 제안된 FMIP-M을 지원하기 위한 시그널링 비용은 같은 값을 갖는다. 또한 이 경우 패킷 도착 비율이 일정하다는 가정하에 M-info=0, 1인 두 경우 모두 핸드오버 지연 시간 ($=t_L+t_I$) 동안만 MH의 이전 CoA로 향하는 패킷을 포워딩 받게 됨으로 같은 부가 비용을 가진다. 하지만 FMIP-BT나 FMIP-RS의 경우에는 nAR과 HA와의 거리나 nAR과 멀티캐스트 소스와 의 거리가 멀어질수록 홈 에이전트로 바인딩 업데이트를 하거나 트리에 조인하게 되는 시간이 증가하기 때문에 핸드오프 지연 시간은 제안된 FMIP-M에 비해 증가하게 된다. 또한 증가한 지연시간만큼 포워딩 받는 패킷이 많아지므로 이를 보상하기 위한 패킷 전송 비용은 지연시간에 비례하여 크게 증가한다.

(그림 16)에서는 HA로의 터널을 통해 멀티캐스트 서비스를 받을 시 (M-info=2)에 발생하는 시그널링 비용과 패킷 전송 비용을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 FMIP-M의 경우 HA와 nAR간의 거리에 따른 업데이트 비용의 증가로 인해 HA와 nAR간의 거리가 멀수록 시그널링 비용은 증

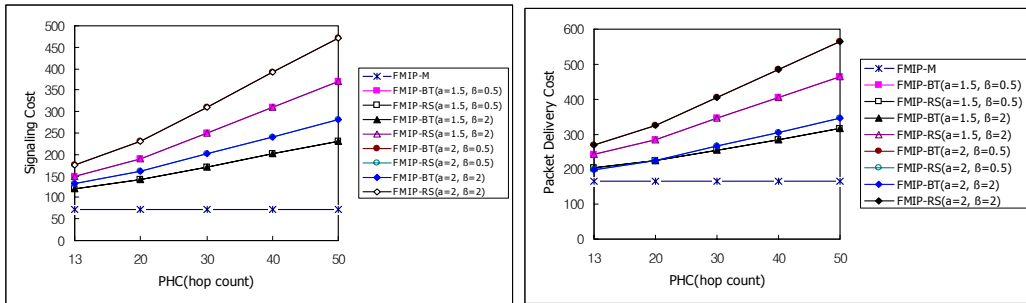


그림 15. M-info=0, 1인 경우의 시그널링 비용과 패킷 전송 비용

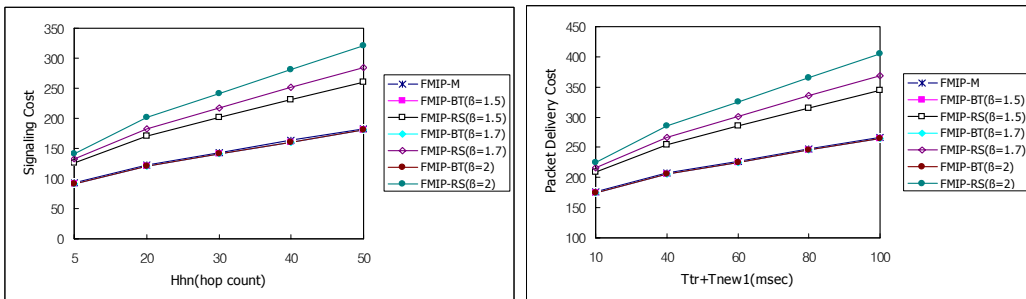


그림 16. M-info=2인 경우의 시그널링 비용과 패킷 전송 비용

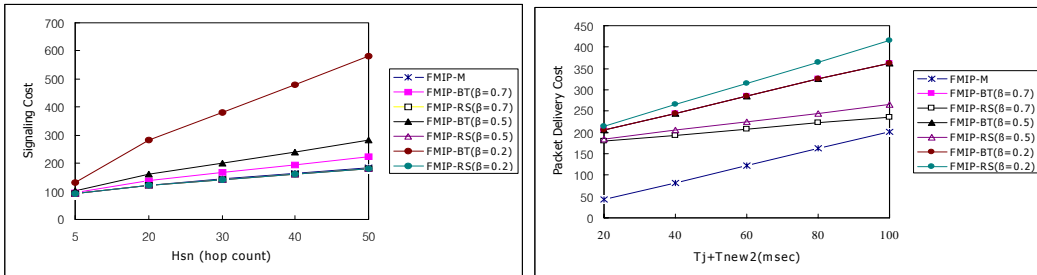


그림 17. M-info=3인 경우의 시그널링 비용과 패킷 전송 비용

가한다. 패킷 전송 비용 또한 두 에이전트 간의 거리가 멀어짐에 따라 HA로의 바인딩 업데이트 지연 시간 만큼 포워딩 해야 하는 패킷이 많아지므로 증가한다. M-info=2인 경우 제안된 메커니즘은 기존의 FMIp-BT 방법과 유사한 방법으로 HA로의 터널을 통해 멀티캐스트 서비스를 받게 되므로 비교된 FMIp-BT 방법과는 비슷한 시그널링 비용과 패킷 전송 비용을 보인다. 하지만 FMIp-RS의 경우는 nAR과 HA와의 거리에 비해 nAR과 M-source의 거리가 멀어질수록 이에 따른 핸드오버 지연시간의 증가로 인해 패킷 전송 비용이 제안된 메커니즘과 FMIp-BT 방법에 비해 크게 증가하는 것을 볼 수 있다.

(그림 17)에서는 nAR이 직접 멀티캐스트 트리에 조인해 M-source 로부터 멀티캐스트 데이터를 전송 받을 때 (M-info=3) 발생하는 시그널링, 패킷 전송 비용을 알 수 있다. 그림에서와 같이 nAR과 M-source와의 거리가 멀어질수록 이에 따른 부가적인 시그널링 비용과 패킷 전송 비용이 증가하는 것을 볼 수 있다. M-info=3 인 경우, 제안된 메커니즘은 기존의 FMIp-RS 방법과 유사한 방법으로 직접 멀티캐스트 트리에 조인하여 서비스를 받게 되므로 비교된 FMIp-RS 방법과는 비슷한 시그널링 비용을 보인다. 하지만 패킷 전송 비용의 경우 FMIp-M은 멀티캐스트 트리에의 조인시간이 증가할수록 다른 비교된 방법들에 비해 큰 폭으로 증가하게 되는데, 이것은 pAR로부터 F-Back 메시지를 받은 직후 직접 소스로 Join Request 메시지를 보내게 되므로 FMIp-RS와 적게는 $t_L + t_I$ 의 지연 시간만큼, 많게는 $t_L + t_I + t_{TR} + t_{NEW 1}$ 의 지연 시간만큼의 포워딩 해야 하는 패킷의 증가로 인해 패킷 전송 비용에 있어서 차이를 보이게 되기 때문이다.

VI. 결론

본 논문에서는 Mobile IPv6 환경에서 기존의 빠

른 핸드오버 방식을 이용하여 멀티캐스트 서비스를 할 때 발생하는 서비스 경로의 비최적화 문제와 이로 인한 불필요한 데이터 전송, 패킷 전송지연 문제, 그리고 빠른 핸드오버 과정에서 발생할 수 있는 out-of-synch problem 등을 해결할 수 있는 효율적인 새로운 멀티캐스트 메커니즘을 제안했다. 이를 위해 본 논문에서 제안한 FMIp-M 메커니즘에서는 선택적인 서비스 전송 경로 방법을 통해MH에게 최단 거리의 멀티캐스트 서비스 전송을 가능하게 하였고, 이로 인해 자연히 불필요한 데이터 전송 문제와 패킷 전송 지연 문제 또한 해결되었다. 또한 MH가 새로운 네트워크로 이동할 때 핸드오버 과정에서 발생할 수 있는 out-of-synch problem에 대해서는 이전 AR로부터 시퀀스 동기화 문제가 발생한 부분에 대해서 보상받게 됨으로 보다 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장해준다는 것을 성능 평가를 통해 알 수 있다. 향후 연구 과제로 기존의 수식적인 비용 분석이 아닌 NS-2에 의한 시뮬레이션을 통한 좀더 실제적인 비용 분석에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Rajeev Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", Internet Draft, draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-03.txt, Work in Progress. October 2004.
- [2] Kyungjoo Suh, Donghee Kwon, Youngjoo Suh and Youngjoon Park, "Fast Multicast Protocol for Mobile IPv6 in the Fast Handovers Environments", Internet Draft, draft-suh-mipshop-fmcast-mip6-00.txt, Work in Progress, January 2004.
- [3] Yegin, A., et al., "Supporting Optimized Handover for IP Mobility-Requirements for Underlying Systems", Internet Draft, draft-

manyfolks-l2-mobileip-02.txt, Work in Progress. June 2002.

[4] JD. Johnson, C. Perkins, J Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF, RFC 3775, June 2004.

[5] Vineet Chikarmane, Carey L. Williamson, Richard B. Bunt and Wayne L. Mackrell, "Multicast Support for Mobile Hosts using Mobile IP: Design Issues and Proposed Architecture", Mobile Networks and Applications, Vol. 3, No. 4, pp. 365-379, December 1998.

[6] Sangheon Pack and Yanghee Choi, "Performance Analysis of Fast Handover in Mobile IPv6 Networks", IEIP Personal Wireless Communications (PWC) 2003, Vol. 6, No. 1, pp.679-691, September 2003.

[7] X. Costa, R. Schmits, H. Hartenstein, and M. Liebsch, "A MIPv6, FMIPv6 and HMIPv6 Handover Latency study: Analytic Approach", Proc. IST Mobile & Wireless Telecommunications, pp.17-19, June 2002.

[8] R. Koodli and C. Perkins, "Fast Handovers and Context Transfers in Mobile Networks", ACM Computer Communication Review, Vol. 31, No. 5, pp.185-191, October 2001.

[9] Byung-sonn Kim and Ki-jun Han, "Multicast Handoff Agent Mechanism for All-IP Mobile Network", Mobile Networks and Applications, Vol. 9, No. 3, pp.185-191, June 2000.

신 석 재 (Seok-Jae Shin)

준회원



2002년 2월 인하대학교 전자전
기컴퓨터공학부 (공학사)
2005년 8월 인하대학교 정보통
신대학원 (공학석사)
2005년 8월~현재 한국특허정보원
<관심분야> 인터넷 QoS, Mobile
IP, 멀티캐스팅

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원



1988년 2월 한양대학교 전자통
신학과 (공학사)
1990년 2월 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과(공학석사)
2000년 8월 한국과학기술원 전
자전산학과(공학박사)
1990년 3월~2001년 2월 한국통

신 연구개발본부 전임 연구원
2001년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수
<관심분야> 인터넷 QoS, 초고속 통신망 구조, 멀티미
디어 네트워킹, 무선 센서네트워크