

Proxy Mobile IPv6 네트워크에서 Fast Handover 기법 설계

(Design of Fast Handover Mechanism in Proxy Mobile IPv6 Networks)

박 병 주 * 한 연 희 ** 김 봉 기 ***
(Byungjoo Park) (Youn-Hee Han) (Bongki Kim)

요약 기존의 MIPv6는 오랜 시간동안의 핸드오버로 인하여 많은 패킷 손실 및 오랜 세션 단절을 야기시킨다. 이러한 문제점들을 향상시키기 위하여 Fast handover for Mobile IPv6(FMIPv6) 프로토콜이 개발되었지만 여전히 터널링에 기반한 라우팅 방법은 패킷 순서 어긋남 문제로 인하여 성능이 하락하는 문제를 야기한다. 최근 모바일 단말에서의 이동성 관리 부하를 줄여주기 위하여, 네트워크 이동성 기반인 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)가 제안되었다. PMIPv6는 모바일 단말에서 수행하던 이동성 관리를 네트워크 에이전트에서 해줌으로서 단말의 부하를 줄이고 이동성 관리 지연 시간을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 PMIPv6에서 안정되고 향상된 최적화 라우팅 기술이 적용된 빠른 핸드오버 방법인 Fast Proxy Mobile IPv6(EF-PMIPv6) 제안한다. 제안한 EF-PMIPv6는 고속의 IAPP 기술 및 ND 기법을 이용하여 기존의 MIPv6와 PMIPv6 기법에 비하여 고속의 핸드오버를 지원해 줄 수 있다. 또한 수식분석을 통하여 제안한 방법의 향상된 점을 보여준다. 분석에 있어서는 다양한 파라미터들을 이용하여 제안한 방법과 기존의 방법들에 있어서 핸드오버 지연시간을 비교하였다.

키워드 : IPv6, IPv6 for Mobility, Fast Handover, Movement Detection, Proxy Mobile IPv6

Abstract In the existing literature, the handover process reveals numerous problems manifested by high movement detection latency. FMIPv6 can reduce packet loss using a tunnel-based handover mechanism. However, this mechanism may cause performance degradation due to the out-of-sequence packets. Recently, Proxy Mobile IPv6 is proposed for network-based mobility management to reduce overhead in mobile node. PMIPv6 can decrease handover latency which related overhead in MN by using network agent. In this paper, we proposed optimized fast handover scheme called Fast Proxy Mobile IPv6 (EF-PMIPv6). The proposed EF-PMIPv6 can support fast handover using fast IAPP and ND schemes. Further, a mathematical analysis is provided to show the benefits of our scheme. In the analysis, various parameters are used to compare our scheme with the current procedures, while our approach focuses on the reduction of handover latency.

Key words : IPv6, IPv6 for Mobility, Fast Handover, Movement Detection, Proxy Mobile IPv6

* 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-313-D00535)

* 정 회 원 : KT 기술연구소 인터넷연구담당 선임연구원
vero0625@hotmail.com

** 정 회 원 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 교수
yhhan@kut.ac.kr
(Corresponding author인)

*** 정 회 원 : KT 기술연구소 인터넷연구담당 수석연구원
bkkim@kt.co.kr

논문접수 : 2007년 12월 6일

심사완료 : 2008년 4월 24일

Copyright © 2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다. 정보과학회논문지 : 정보통신 제35권 제4호(2008.8)

1. 서론

최근 몇 년간 초고속 인터넷 및 휴대용 기기들의 보급의 활성화로 인해 인터넷을 이용한 정보 습득과 사용이 급속히 증가하고 있는 추세이다. 또한 휴대용 단말이 점차 소형화, 고성능화 되어 가고 있고 무선 이동통신 기술이 발전함에 따라 인터넷 사용자들은 이동 중에도 장소와 시간에 구애받지 않으며 초고속으로 각종 인터넷 서비스를 제공받으려는 요구가 증가하고 있다. 이러한 끊임없는 서비스를 인터넷을 통하여 제공해 주기 위해 활발한 연구가 진행 중이다.

현재 인터넷에서 사용되고 있는 프로토콜은 Internet

Protocol(IP)이다. IP기반 인터넷 호스트 들은 통신을 위하여 다른 호스트들과 구별될 수 있도록 한 개 이상의 고유한 주소를 갖는다. 즉, IP를 기반으로 하는 인터넷 서비스를 위해서는 유일한 고유 주소를 가지고 있어야 다른 노드들과 통신이 가능하다. 하지만 무선 환경에서는 이동 단말이 다른 네트워크로 이동할 수 있기 때문에 기존의 IP 프로토콜을 사용하여 이동한 무선 단말에게 연속적으로 네트워크와의 연결을 보장할 수가 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 IETF(Internet Engineering Task Force) Mobile IP Working Group에서는 IP 네트워크에서의 이동성을 제공하기 위한 Mobile IPv6 프로토콜을 제안 하였다[1,2].

무선 단말은 새로운 망으로 이동시 Mobile IPv6 프로토콜을 통하여 그 망에서 사용할 단말의 Home Address(HoA)와 이동한 네트워크에서 생성한 Care-of Address(CoA)를 홈 에이전트(Home Agent: HA)에게 바인딩 함으로서 이동성을 지원해 줄 수 있다. 하지만 단말이 핸드오버할 때에 이동성 감지(Movement Detection), 주소 구성 및 확인(Address Configuration and Confirmation), 등록(Registration) 과정이 필요하며 단말은 이 기간 동안 보내어진 데이터를 전송받지 못하는 문제가 발생한다. 또한, 최적화 되지 않은 라우팅 문제로 인하여 대상노드(CN)가 바인딩 업데이트 신호를 MN에게 받기전까지 계속적으로 홈 에이전트(Home Agent: HA)를 통하여 데이터 패킷을 전송 받아야 하는 문제점이 발생한다.

이러한 MIPv6의 오랜 핸드오버 문제점을 해결하기 위하여 Fast handover for Mobile IPv6(FMIPv6) 기법이 제안되었다. Fast Handover 프로토콜은 링크계층의 지원을 통해서 빠르게 핸드오버를 감지하고 이동하게 될 셀로부터 사전에 CoA(Care of Address)[3,4]를 획득 하는 방법이다. 즉, 핸드오버 이전에 새롭게 이동할 위치에 대한 정보를 파악하고, 사전에 처리함으로써 실제로 이동이 발생할 경우에 빠르게 서비스 재개가 가능한 프로토콜이다. 하지만 FMIPv6 프로토콜은 링크 계층에서 핸드오버가 시작 되지 않으면 Layer 3 핸드오버를 시작 할 수 없고 단말이 현재 망과 이동하려는 망의 중첩 지역을 빠르게 이동할 경우 Layer 2 핸드오버를 끝낼 수 없는 문제를 갖고 있다[5]. 최근 IETF에서는 이동성 관리를 단말에서 처리하지 않고 네트워크 기반에서 처리할 수 있는 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)를 표준화하고 있다. PMIPv6는 단말이 핸드오버시 수행해야 하는 이동관련 호 처리 신호들을 단말이 아닌 네트워크 에이전트에서 수행하여 줌으로서 단말은 핸드오버에 관여하지 않고 다른 무선망으로 이동할 수 있다. 이로 인해서 이동 단말의 배터리 문제 및 용량

문제 등을 해결해 줄 수 있을 것으로 보고 있다. 또한 PMIPv6에서도 FMIPv6에서 사용되는 여러 기술을 접목하여 빠른 핸드오버 처리를 해주려 하고 있다[6-8]. 하지만 기존의 터널링을 사용한 라우팅 방법으로는 Proxy Mobile IPv6에서의 TCP 성능이 패킷 순서 어긋남 현상과 계속적인 터널 확장으로 인한 불필요한 경로로 인하여 각각의 라우터에서의 오버헤드를 야기시킬 수 있다[6].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 이동성 관리방안 연구들에 대하여 소개하고 문제점들을 알아본다. 3장에서는 제안하는 EF-PMIPv6 핸드오버 방안을 기술한다. 4장에서는 기존의 Handover 방법들과 제안한 방법의 성능을 비교 후 5장에서 결론을 내린다.

2. 기존관련 연구 및 문제점

2.1 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)

기존의 호스트 기반 이동성 프로토콜에 있어서의 문제점들을 해결하기 위해서 IETF NETLMM WG에서는 네트워크 기반 이동성 프로토콜인 Proxy Mobile IPv6가 Cisco 관계자들을 중심으로 제안되었다[6].

PMIPv6의 특징은 이동 단말이 핸드오버시에 어떠한 IPv6 이동성 프로토콜에 관련된 시그널들에 관여하지 않고, 네트워크에서 그러한 시그널들을 대신 처리해 준다는 점이다. 그림 1은 기존의 MIPv6와 PMIPv6의 차이점을 보여주고 있다. 기존의 MIPv6에서 이동단말이 핸드오버시 직접 자신의 위치를 등록할 필요가 있었는데, PMIPv6에서는 IPv6 스택만 가지고서 이동해도 인터넷 응용 서비스들을 받을 수 있게 되었다.

그림 2는 PMIPv6의 핸드오버시 시그널링 절차를 보여준다. PMIPv6에서는 엑세스 라우터에 이동 단말 대신하여 이동성 관리를 해주는 Mobile Access Gateway(MAG)와 임의의 도메인 네트워크를 관리하는 Localized Mobility Agent(LMA)가 새롭게 요구된다.

이동 노드가 새로운 MAG(New MAG: NMAG)로 이동하면 L2 핸드오버 과정에서 자신의 ID(MAC) 정보를 NMAG로 보내게 되고 이것을 AAA 인증 서버로 보냄으로서 이동노드에 대한 인증과정을 거치게 된다. 인증과정이 끝남으로서 MAG는 이동 단말의 home network prefix, LMA address, address configuration policy 등 핸드오프시 네트워크에서 필요한 이동 노드의 profile을 획득하게 된다. 이후 MAG는 주기적으로 Router Advertisement(RA) Message를 이동 노드에게 전송한다. 이동노드가 현재 접속한 링크를 해당 단말의 home network로 만들기 위해서 RA 메시지에 각 단말의 home network prefix가 함께 들어간다. MAG에서는 이동 노드의 위치정보 등록을 위하여 Proxy

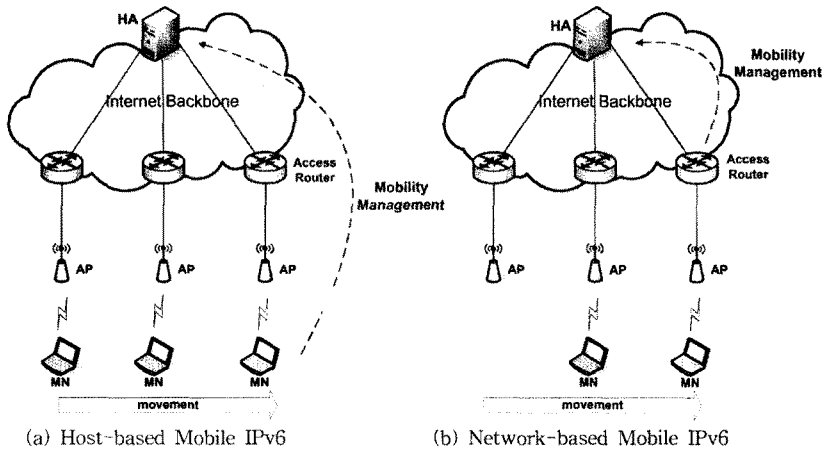


그림 1 MIPv6와 PMIPv6 이동성 관리 차이점

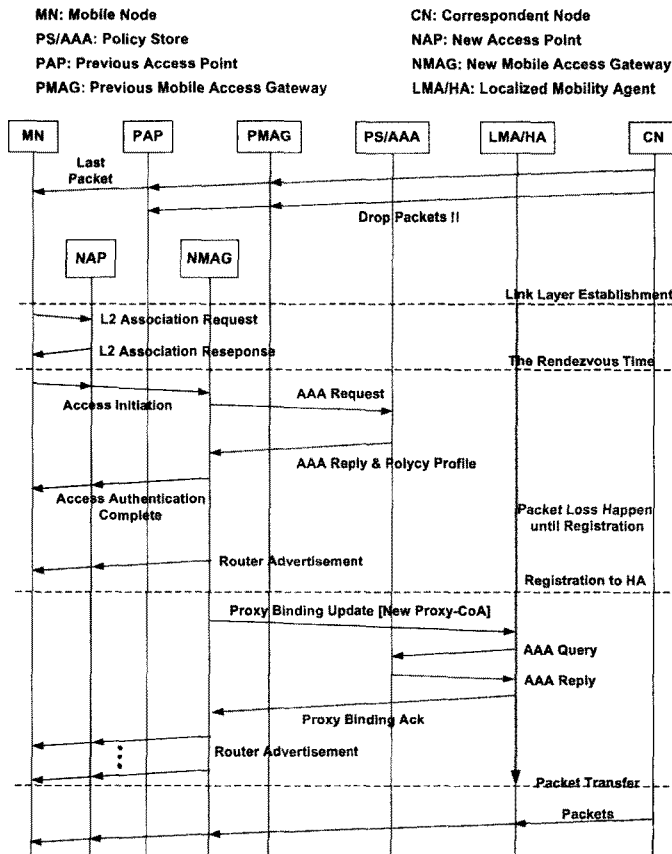


그림 2 PMIPv6 핸드오버 동작 절차

Binding Update (PBU) 메시지를 LMA에게 전달한다. PBU 메시지에는 이동노드의 ID, 이동노드에게 할당된 home network prefix가 포함된다. 이 메시지를 통하여

LMA는 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리 안에 이동노드의 ID에 대한 정보들이 있는지 확인하고 없으면 이동노드에 대한 정보를 새로 생성한다.

그 다음 LMA와 NMAG 간에 터널을 설정하고 MAG 로 Proxy Binding Acknowledgement(PBACk) 메시지를 전송한다. 터널이 설정된 이후 CN으로부터 단말의 HoA 로 전송되어지는 패킷은 LMA를 거쳐 이동단말에 게 전달되어 진다. 하지만 AAA 서버의 위치와 이동단말이 현재 MAG 망에서 새로운 MAG 망으로 이동시 계속적인 네트워크에서의 핸드오버로 인한 지연시간 발생은 패킷 손실 및 네트워크 망 부하에 영향을 줄 수 있다.

2.2. Fast Handover for Proxy Mobile IPv6(FPMIPv6)

본 절에서는 PMIPv6에서의 MAG와 LMA간 핸드오버 처리 지연으로 인한 패킷 손실을 줄여주기 위하여 FPMIPv6 프로토콜을 제안한다. 이 방법은 기존의 FMPv6와 마찬가지로 이동단말이 새로운 네트워크로 이동하기 전의 MAG(Previous MAG: PMAG)와 이동할 곳의 NMAG 사이에 터널을 설정하여 이동단말이 핸드오버 절차 중에 패킷을 터널링함으로써 패킷손실을

줄이고자 제안되었다[7].

그림 3은 FPMIPv6 기법의 핸드오버 절차를 보여주고 있다. 이 그림에서 보는 바와 같이 터널링을 이용해서 링크가 단절되어 있는 동안 패킷을 PMAG-NMAG 간의 터널을 통하여 패킷을 계속적으로 손실없이 전송해 줄 수 있다. 하지만 이 방법은 LMA로의 BU 전송 없이 MAG간에 터널링을 위한 시그널링만을 교환하기 때문에 계속적인 이동 노드의 이동은(MAG1, MAG2, MAG 3로의 새로운 이동) 계속적인 망의 복잡성을 야기하게 된다. 또한 Routing Optimization(RO)를 위하여 MAG에서 LMA로 BU 전송을 해주게 되면 패킷의 순서 어긋남 현상을 야기시킬 수 있다.

3. 제안하는 EF-PMIPv6 프로토콜

본 논문에서는 PMIPv6에서의 빠른 인증 및 이웃 MAG 정보교환을 통해서 MAG와 LMA간 핸드오버 메

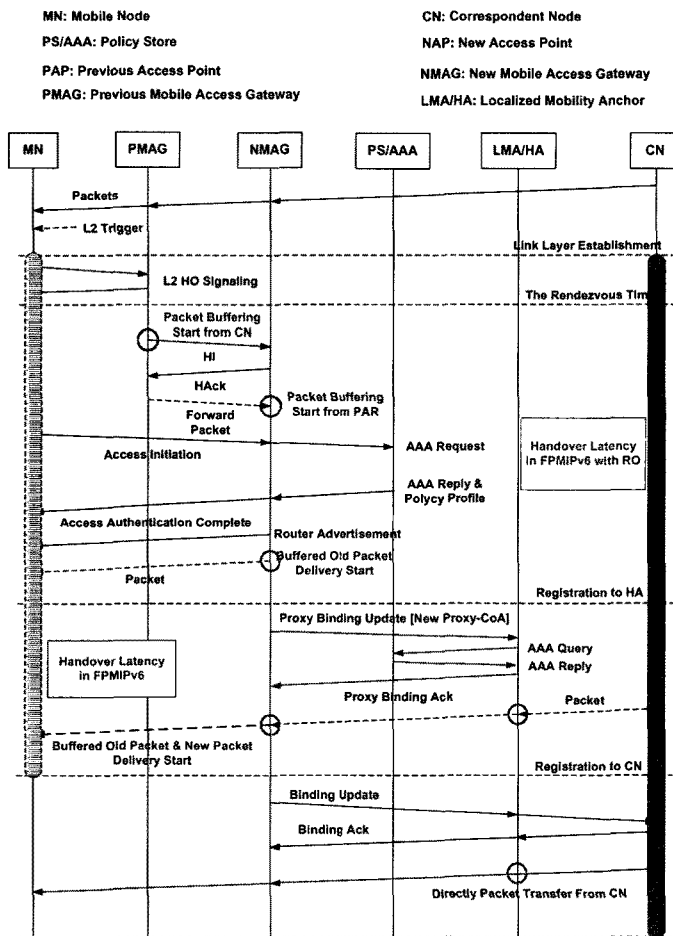


그림 3 FPMIPv6 핸드오버 동작 절차

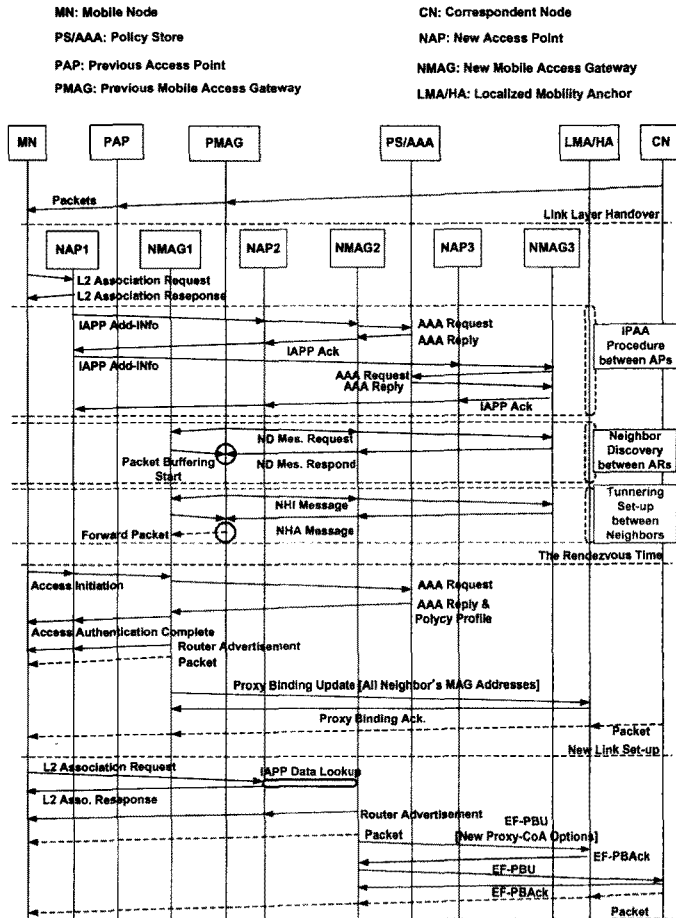


그림 4 EF-PMIPv6 핸드오버 동작 절차

세지 전송시 발생할 수 있는 패킷 손실 및 지연시간을 줄이고자 한다. 본 논문에서 제안한 기법은 WLAN 환경 이라고 가정한다. 그림 4는 제안하는 EF-PMIPv6 프로토콜의 핸드오버 절차를 보여주고 있다.

3.1 Movement Detection 과정

우선 이 논문에서는 같은 도메인 안에 있는 3개의 액세스 라우터에 접속되어 있는 각자의 기지국 들의 무선 중첩부분에 이동노드가 위치해 있다고 가정한다. 또한 IEEE 802.11f에 정의되어 있는 IAPP(Inter Access Point Protocol)을 이용하여 고속의 이동 검출을 지원해 준다. IAPP는 서로 다른 AP 영역간의 로밍을 가능하게 해주는 프로토콜이다. 즉, 이동 단말이 링크 계층의 연결성을 방해 받지 않고 서로 다른 AP 사이를 이동할 수 있게 해줄 수 있다. 이동단말이 현재 AP와 association절차가 완결되었을 때 현재의 AP가 이웃한 AP에게 단말의 정보를 전달할 수 있는 IAPP Notify 기능을 제공할수 있다. 따라서 이동단말이 새로운 서브넷으

로 이동전에 이웃한 모든 AP들에게 현재 단말의 이동성 예측을 보냄으로서 고속의 이동 검출 과정을 처리해 줄수 있다. 따라서 본 논문에서는 IAPP 옵션을 이용하여 고속의 핸드오버를 지원한다(IAPP 옵션).

3.1.1 IAPP 옵션 1

제안 방법은 이동단말과 AP, MAG 들이 IAPP 서비스를 이용할 수 있어야 하며 이동단말이 같은 이웃 AP들의 무선 중첩 부분에 있을 경우 사용될 수 있다. 이동 단말은 PMAG에서 현재 접속되어 서비스를 받고 있다. 그리고 이동단말이 MAG들 사이의 무선 중첩부분으로 이동시 이동을 감지하게 되면 이동단말은 L2 핸드오버 과정을 시작한다. 이때 맨처음 인증 신호에는 단말의 ID 정보를 포함한다. 이 beacon 메시지를 받은 Neighbor AP1(NAP1)은 바로 IAPP Add-Notify 패킷 메시지를 통하여 자신과 접속된 MAG의 정보와 단말의 ID 정보를 모든 NAP들에게 전달하게 된다.

IAPP Add-Notify 메시지를 받은 이웃 NAP들은

표 1 D-Flag 옵션

| D-flag | Mean |
|--------|---|
| 00 | Must change MAC address. (Non 802 case) |
| 01 | Can use NMAG's CoAs |
| 10 | Must check the NMAG's information assigned into the neighbor cache. |
| 11 | Can not use IAPP. |

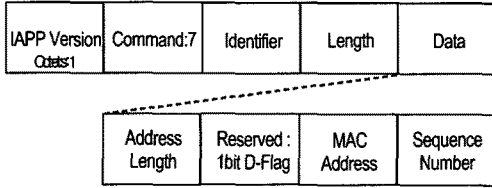


그림 5 IAPP Add-Notify 패킷 형식

AAA 서버로 단말의 Profile을 위한 AAA 요청 메시지를 보낸 후, 단말에 대한 프로파일 정보를 받는다. 이후 NAP들은 이동단말의 정보를 Neighbor Cache 안에 일정한 시간동안 저장할 수 있게 된다. 이 과정을 통하여 모든 이웃 MAG들이 이동단말의 정보를 공유할 수 있다. 이웃하는 MAG들이 IAPP를 지원하지 않을 경우 응답메세지의 1bit Reserved Filed D-Flag 옵션을 통해서 Neighbor Discovery(ND) 절차를 수행하게 된다. 그림 5는 IAPP Add-Notify 패킷 형식을 보여준다.

3.1.2 IAPP 옵션 2

만약 현재 망에서 IAPP를 수행할 수 없을 경우에는 IAPP 수행절차를 처리하지 않고 바로 ND 절차로 들어가게 된다. ND 과정은 ICMPv6의 정보 메세지들을 사용하여 동일 링크상에 연결된 노드간의 라우터 탐색, 프리픽스 탐색, 파라미터 탐색, 주소 자동 설정 등에 필요한 정보를 공유할 때 이용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 ND 과정에서의 Router Discovery 기능과 Neighbor Solicitation 기능을 사용하여 이웃한 MAG들 간의 CoA 및 라우팅 정보들을 공유할 수 있다. 즉, 이동 단말이 다른 곳으로부터 이동감지 즉, 다른 기지국으로부터 Scanning 신호를 받을 경우, 주기적으로 전송하는 beacon 메세지의 옵션 필드를 이용하여, 현재 PMAG에게 전송한다. ND 메세지에는 Reserved bit가 규정되어 있어 향후에 사용되어질 수 있는 새로운 정보 메세지를 담을 수 있도록 옵션 필드가 규정되어 있다. 따라서 이 옵션 필드를 이용하여 PMAG는 ND 메세지의 옵션 필드안에 저장된 정보들을 이웃한 모든 MAG들에게 보내게 된다. 이 메세지를 받은 이웃 MAG들은 PMAG의 정보를 자신의 Neighbor Cache 안에 저장하며, 자신의 주소정보를 PMAG로 전달하게 된다. 이때 Neighbor Cache 안에는 PMAG의 정보와 이동노드의 ID, Life-

time Option 등을 저장하게 된다. PMAG에서 ND 응답 메세지를 받는 동시에 Link-down 이전에 모든 이웃한 MAG들과 터널링 설정 작업을 시작하게 된다. 이때 PMAG에서는 CN으로 부터 오는 패킷을 저장하기 시작한다.

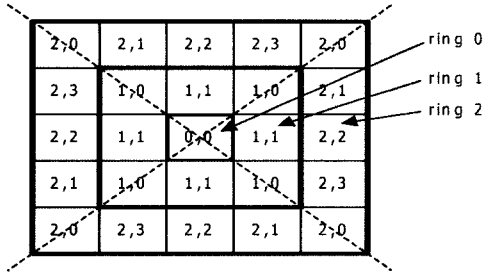
3.2 핸드오버 등록 과정

기존의 PMIPv6에서의 문제점은 RO 지원시 BU처리에 대하여 기술하지 않았다는 점이다. 즉 이동단말이 모든 핸드오버 과정을 끝낼 때까지 CN으로부터 오는 패킷들이 모두 손실되어 TCP 성능이 현저하게 떨어질 수 있는 문제점이 야기되어질 수 있다. FPMIPv6 또한 PMIPv6에서의 패킷손실을 방지할 수 있지만, 이동단말이 MAG들 사이를 빈번히 이동하는 경우 즉, Ping-Pong 문제를 발생시키게 된다. 이경우 터널링이 계속적으로 MAG 들 사이에서 일어나게 되므로 핸드오버가 끝나더라도 이동노드에서는 MAG들 사이를 거쳐 오는 패킷을 받기위해 오랜시간을 기다려야 한다. 또한 일반적인 RO 과정을 통하더라도 패킷들이 이동단말에 뒤바뀌어서 오는 문제를 발생시키게 된다. 이러한 문제점들을 해결해 주기 위해서 이웃한 MAG들이 미리 이동단말에 대한 Profile들을 일찍 받음으로서 이동단말이 이동시 빠른 핸드오버 처리를 수행할수 있다. 현재 이동단말이 NMAG1으로 이동시 이동단말의 profile 정보들을 AAA서버로 부터 받은 다음 이동단말에 RA 메세지를 보내는 동시에 곧 PMAG로 부터 터널링되어져 온 패킷들을 전달하기 시작한다. 이때 PMAG는 LMA/HA로 모든 이웃한 MAG들의 정보를 포함하는 Proxy Binding Update 메시지를 보내준다. 이때부터 LMA/HA는 CN으로부터 오는 패킷을 PMAG를 거치지 않고 NMAG1로 터널링 하여 보내주게 된다. 만약 이동 단말이 NMAG2로 또다시 이동시 처음의 인증과정 없이 Neighbor cache에 있는 단말의 ID 정보, MN의 MAG 정보와 L2 Association 메세지 안에 포함된 단말의 ID 정보와 비교후 일치하는 정보가 있으면 NMAG1과 터널링 설정을 시작하고, 곧장 HA와 CN으로 Enhanced Fast Proxy Binding Update(EF-PBU) 메세지를 전송함으로 빠른 핸드오버를 지원해 줄 수 있다. 또한 CN에서의 빠른 Binding Update를 통하여 패킷을 LMA/HA를 거치지 않고 직접 전송함으로 터널링을 통해 걸리는 패킷전송 지연시간을 줄여줄 수 있다.

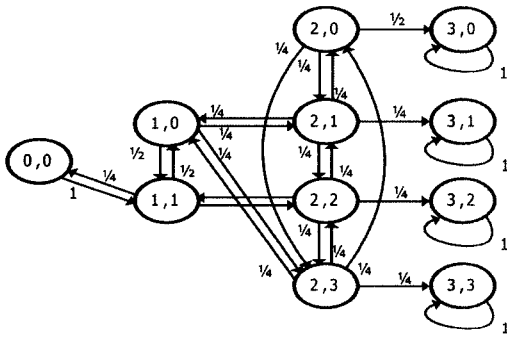
4. 성능분석 및 분석

본장에서는 성능분석을 위해 패킷 수준 트래픽 모델, 시스템 모델 및 이동노드의 이동성 모델을 정의 하여 비교 분석을 수행한다.

4.1 트래픽 모델링 과정



(a) 3-layer subnet structure



(b) State diagram of two-dimensional random walk model in 3-layer subnetstructure

그림 6 3-layer 서브넷 구조 및 상태도

첫번째로, t_s 와 t_p 를 각각 서브넷 영역 상주시간, AP 영역 상주시간이라고 명한다. t_s 와 t_p 에 대한 확률밀도 함수를 각각 $f_s(t)$, $f_p(t)$ 라고 한다. 이동단말이 t_s^k 시간 동안에 한 서브넷내의 k개의 AP 영역을 방문한다고 가정할 때, 이 기간 동안 이동 단말은 t_i 시간에는 i AP영역에 존재한다고 가정한다. 그러면, $t_s^k = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{k-1} + t_k$ 가 성립되고, 이 시간변수는 다음과 같은 확률밀도 함수를 따른다.

$$f_s^{(k)}(t) = \int_{t_1=0}^t \int_{t_2=0}^{t-t_1} \dots \int_{t_k=0}^{t-t_1-\dots-t_{k-2}} f_p(t_1)f_p(t_2)f_p(t_3) \dots f_p(t_{k-1})f_p(t-t_1-\dots-t_{k-1})dt_{k-1} \dots dt_2 dt_1.$$

라플라스 변환법에 따라서, $f_s^{(k)}(t)$ 는 $f_s^{(k)*}(s)=[f_p^*(s)]^k$ 로 전환되어진다.

임의의 서브넷이 $N = 4n^2 - 4n + 1$ AP영역들로 구성된다면 이 서브넷을 n-layer 서브넷이라고 부른다. 그림 6(a)는 3-layer 서브넷 구조를 부여하고 있다. 각 서브넷은 중심으로 부터 layer 0, layer 1, layer2 ...등으로 명시하고 layer x-1 영역을 둘러싸고 있는 AP 영역을 layer x AP 영역이라고 한다. 즉, n-layer 서브넷은 layer 0 AP 영역으로부터 layer n-1 영역까지 구성된다. 이동 단말이 어느 기간 동안 하나의 AP영역에 머물

다 이웃한 4개중 하나의 AP 영역으로 동일한 확률 (1/4)로 이동한다고 가정한다면, 하나의 서브넷 내의 AP 영역들은 몇 가지의 AP 영역 유형으로 나눌 수 있다. AP 영역 유형은 $\langle x,y \rangle$ 형태로 구분된다. 이때 x는 AP 영역이 layer x 내에 있음을 나타내고, y는 layer x 내에서 y+1 번째 유형임을 나타낸다. 동일한 유형의 AP 영역을 동일한 이동 패턴을 보인다.

랜덤워크 모델에서 상태 $\langle x,y \rangle$ 는 임의의 단말이 $\langle x,y \rangle$ 그룹의 AP 영역들중 하나에 위치하고 있음을 나타낸다. $0 \leq j \leq 2n-3$ 인 j에 대해서, 흡수 상태 (n, j) 는 이동 단말이 $(n-1, j)$ 상태에서부터 해당 서브넷 밖으로 나간 상태를 의미한다. 그림 6(b)는 3-layer 서브넷에서의 랜덤워크의 상태도를 보여주고 있다. 이동 단말의 AP 영역 상주시간이 평균 $1/\lambda_p (= E[t_p])$, 분산 ν 의 감마 분포를 따른다고 가정할 때, 감마 분포의 라플라스 전환형은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_p^*(s) = \left(\frac{\gamma \lambda_p}{s + \gamma \lambda_p} \right)^\gamma, \text{ where } \gamma = 1/(\nu \lambda_p^2)$$

결국, 이동단말이 한 세션 시간동안 i 개의 AP 영역들과 j개의 서브넷영역을 이동할 확률 $\prod_p(i), \prod_s(j)$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\prod_p(i) = \begin{cases} 1 - \frac{E[t_0]}{E[t_p]} (1 - f_p^*(\frac{1}{E[t_0]})) & , i = 0 \\ \frac{E[t_0]}{E[t_p]} (1 - f_p^*(\frac{1}{E[t_0]}))^2 (f_p^*(\frac{1}{E[t_0]}))^{i-1} & , i > 0 \end{cases}$$

$$\prod_s(j) = \begin{cases} 1 - \frac{E[t_0]}{E[t_s]} (1 - f_s^*(\frac{1}{E[t_0]})) & , j = 0 \\ \frac{E[t_0]}{E[t_s]} (1 - f_s^*(\frac{1}{E[t_0]}))^2 (f_s^*(\frac{1}{E[t_0]}))^{j-1} & , j > 0 \end{cases}$$

4.2 성능 분석 결과

성능 평가 분석을 위하여 다음과 같은 파라미터들을 정의 한다.

t_{WD} : 이동 단말과 AP 사이의 L2 핸드오버를 위해 걸리는 지연시간

Φ : 기존의 MIPv6에서 이동 단말이 MAG들 사이를 이동시 증가 파라미터

Ψ : 제안된 EFP-MIPv6에서 이동 단말이 MAG들 사이를 이동시 증가 파라미터

t_{RS} : 이동 단말에서 MAG (AR)로 RS 메세지 전송 지연시간.

t_{RA} : MAG (AR)에서 이동단말로 RA 메세지 전송

지연시간.

t_{RD}^* : RFC 3775에 명시된 RS, RA 전송을 위한 총 Random Delay.

t_{IAPP} : AP들 사이의 L2 핸드오버시 IAPP 패킷 전송 지연시간

t_{ND} : MAG들 사이의 ND 메시지 전송 지연시간

t_{AI} : 이동 단말이 MAG로 Access Initiation 메시지 전송 지연시간

t_{AC} : MAG에서 이동단말에게 Access Complete 메시지 전송 지연시간

t_{AR} : MAG에서 AAA 서버로 인증요청 메시지 전송 지연시간

t_{ARP} : AAA 서버에서 MAG로 인증응답 (이동단말의 Profiles 포함) 메시지 전송 지연시간

$t_{PBU/EF-PBU}$: Regular Prxoy Binding Update & Enhanced Fast Proxy Binding Update 메시지 전송 지연시간.

$t_{PBA/EF-PBAck}$: Regular Proxy Binding Ack & Enhanced Fast Proxy Binding Ack. 메시지 전송 지연시간.

t_{AAA} : HA와 AAA사이에서 Query & Reply 메시지 전송 지연시간.

t_{Packet} : CN에서 MN으로 Packet 전송 지연시간.

t_{HI} : PMAG(PAR)에서 NMAG(NAR)로 Handover Initiate 메시지 전송 지연시간.

t_{HAcK} : NMAG(NAR)에서 PMAG(PAR)로 Handover Ack. 메시지 전송 지연시간.

우선 논문의 간단 명료성을 위하여, 핸드오버에 관련된 시그널링중(t_{RS} 와 $t_{RA} = t_{RSA}$), (t_{AI} 와 $t_{AC} = t_{AIC}$), (t_{AR} 와 $t_{ARP} = t_{ARRP}$), ($t_{BU/PBU}$ 와 $t_{BA/PBA} = t_{BUA/PBUA}$), (t_{HI} 와 $t_{HAcK} = t_{HIA}$)와 같이 표현한다.

$$HL_{MIPv6} = \Phi \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^{\infty} (i \prod_p(i) \cdot t_{WD}) \\ + \sum_{j=0}^{\infty} (j \prod_s(j) \cdot (t_{RSA} + t_{RD} + t_{DAD} + t_{BUA} + t_{packet})) \end{array} \right\}$$

$$HL_{PMIPv6} = \Phi \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^{\infty} (i \prod_p(i) \cdot t_{WD}) \\ + \sum_{j=0}^{\infty} (j \prod_s(j) \cdot (t_{AIC} + t_{ARRP} + t_{PBUA} + t_{AAA} \\ + t_{RA} + t_{packet})) \end{array} \right\}$$

$$HL_{FPMIPv6} = \Phi \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^{\infty} (i \prod_p(i) \cdot t_{WD}) \\ + \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ (j \prod_s(j) \cdot ((t_{HI} + \zeta \cdot t_{packet_PN}) \right. \\ \left. + t_{AIC} + t_{ARRP} + t_{RA} + t_{packet_MN})) \right\} \end{array} \right\}$$

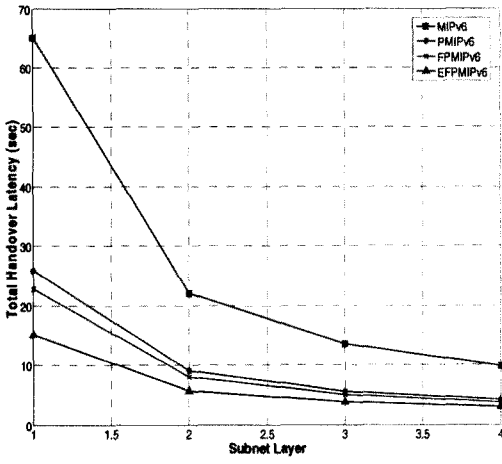
$$HL_{EFPMIPv6} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^{\infty} (i \prod_p(i) \cdot (t_{WD} + t_{IAPP})) \\ + \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ (j \prod_s(j) \cdot ((t_{ND} + t_{HI} + \zeta \cdot t_{packet_PN}) \right. \\ \left. + t_{AIC} + t_{ARRP} + t_{RA} + t_{packet_MN})) \right\} \end{array} \right\} + \Psi$$

위의 수식으로 부터 한 세션이 끝날때 동안의 핸드오버시 걸리는 MIPv6, PMIPv6, FPMIPv6, EF-PMIPv6의 핸드오버 토탈 지연시간을 알 수 있다. FPMIPv6, EF-PMIPv6 에서의 경우 터널링에 의한 패킷 전송에 있어서의 지연 감안 적용 파라미터를 이용하여 보다 유연성 있게 결과를 산출해 낼 수 있다.

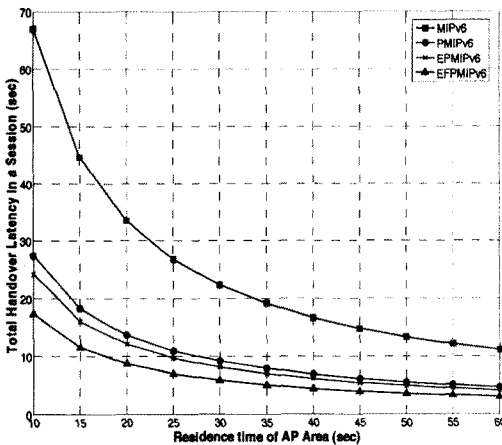
그림 7은 제시된 파라미터 값들을 이용하여 기존의 프로토콜과 제안한 EF-PMIPv6의 총 핸드오버 지연시간을 보여주고 있다. 그림 7(a)는 서브넷 계층 'n'에 따른 핸드오버 지연시간 변화를 보여주고 있다. 서브넷 계층 'n'이 1에서 4로 변할 때, 각 서브넷을 구성하고 있는 총 AP의 수는 1, 9, 25, 45로 증가한다. 즉, 그림에서 관찰할수 있듯이, 서브넷의 크기가 점차 증가 할수록, 한 서브넷 내에 AP의 갯수가 많아짐에 따라 각 프로토콜의 총 핸드오버 지연시간은 점차 감소하는 것을 알수가 있다. 제안된 EF-PMIPv6의 경우 빠른 핸드오버 절차로 인하여 시스템 설계에 있어서 핸드오버 지연시간을 괄목하게 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그림 7(b)는 AP 상주 시간에 따른 총 핸드오버 지연시간을 보여주고 있다. 총 핸드오버 지연시간은 AP 상주 시간이 감소함에 따라서 점차 지수적으로 감소한다. 즉, AP 상주 시간이 높아질수록 각 핸드오버 지연의 각 프로토콜간의 차이가 더욱더 두드러짐을 알 수 있다. 그림 7(c)는 CN과 MAG 사이의 거리가 각 프로토콜에 미치는 영향을 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 프로토콜의 핸드오버 성능은 거리가 증가될수록 악화 되지만, FPMIPv6와 EF-PMIPv6의 경우는 이 거리에 거의 영향을 받지 않으며, 손실 패킷수 또한 매우 작다. 결과적으로, 제안하는 EF-PMIPv6 방법에 있어서는 IAPP, ND 절차를 통하여 보다 빠른 핸드오버 처리과정을 지원해 줌으로써 멀티미디어 및 VoIP 무선 시스템 설계시 보다 빠르게 패킷을 안정적으로 이동단말에게 전달할 것으로 예상된다.

5. 결론

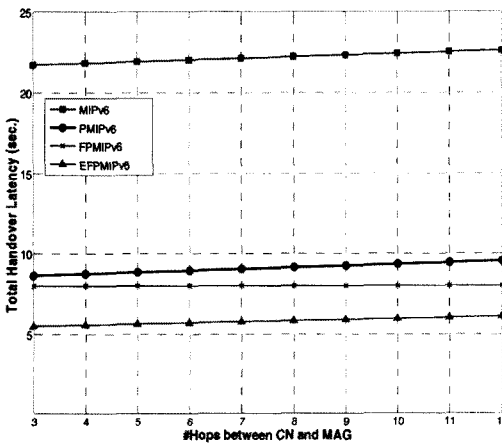
본 논문에서는 최근 네트워크 기반 핸드오버 지원 프로토콜인 Proxy Mobile IPv6에 있어서 좀더 진보된 현



(a)



(b)



(c)

그림 7 제안된 EFP-MIPv6와 타 프로토콜간의 총 핸드 오버 지연시간 비교

드오버 방안을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 EF-PMIPv6 기법에서는, IAPP와 ND 절차를 통하여 고속으로 핸드오버를 지원할 수 있기 때문에 이동 노드가 빈번히 이웃한 MAG로 이동시 이미 이웃 MAG 들간에 설정된 터널을 통하여 빠르게 패킷을 전송해 줄 수 있다. 즉, 토탈 핸드오버 시간을 기존의 방법에 비해 최대 58%~최소16%를 줄임으로서 기존의 방법에 비해 핸드 오버 기간동안 발생하는 패킷 손실을 최소화할 수 있었다. 하지만 패킷 손실 및 패킷 순서 어긋남 현상에 있어서 보다 최적화할 수 있는 방안이 향후 계속적인 연구를 통하여 고려되어야 할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] X.P. Costa, R. Schmitz, H.Hartenstein, and M. Liebsch, "A MIPv6, FMIPv6 and HMIPv6 Hand-over Latency Study: Analytic Approach," Proc. Of IST Mobile & Wireless Telecommunications Submit, June 2002.
- [3] T. Narten, E. Nordmark, "Neighbor Discovery for IPv6," IETF RFC2461, December 1998.
- [4] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.
- [5] R. Wakikawa, T. Ernst, K. Nagami, "Multiple Care-of Addresses Registration," IETF Monami6, Internet Draft, March, 2007.
- [6] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF Netlmm, Internet Draft, March, 2007.
- [7] F. Xia, B. Sarikaya, "Mobile Node Agnostic Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6," IETF Netlmm, Internet Draft, Feb. 2007.
- [8] Byungjoo Park, Youn-Hee Han, Haniph Latchman, "A Study on Optimal Fast Handover Scheme in Fast Handover for Mobile Ipv6 Networks," LNCS, Vol. 4412, 2007.



박병주

2002년 연세대학교 전기전자(학사). 2004년 University of Florida ECE(석사) 2007년 University of Florida ECE(박사). 2007년 6월~현재 KT 기술연구소 인터넷 연구담당 선임연구원. 관심분야는 IPv6, IPv6 Mobility, Seamless Hand-over, Media Independent Handover, and Cross-Layer Optimization support on IEEE 802 Wireless Networks, Mobile IPTV NMSs, IEEE 802.16c



한 연 회

1996년 고려대학교 수학과(학사). 1998년 고려대학교 컴퓨터(석사). 2002년 고려대학교 컴퓨터(박사). 2002년~2006년 삼성중기원 전문연구원. 2006년~현재 한국기술 교육 대학교 인터넷미디어 공학부 조교수. 관심분야는 Mobility Management, Seamless Handover, Fast Handover, Wibro Networks, IEEE 802.16e



김 봉 기

1993년 성균관대학교 전산학(학사). 1995년 성균관대학교 전산학(석사). 1995년~현재 KT 기술연구소 인터넷 연구담당 수석연구원. 관심분야는 ATM, IPTV, Fixed and Mobile Internet NMSs, IPTV, Mobility Management, Wibro Networks, Multicast NMSs