

# IEEE 802.11 네트워크에서 멀티미디어 전송 서비스 향상을 위한 네트워크 기반 IPv6 핸드오버 기법

종신회원 박 병 주\*, 정회원 김 봉 기\*\*, 한 연 희\*\*\*<sup>o</sup>

## A Network-based IPv6 Handover Scheme for Improving Multimedia Transmission Service in IEEE 802.11 Networks

Byungjoo Park\* *Lifelong Member*, Bongki Kim\*\*, Youn-Hee Han\*\*\*<sup>o</sup> *Regular Members*

### 요 약

현재 IEEE 802.11 네트워크에서는 단말(MN)이 Handover 발생 전에 FMIPv6에서와 같이 이동예측에 관한 정보를 AP로 전달하지 않기 때문에 멀티미디어 데이터 전송시 패킷 손실을 줄이기 위한 터널링 및 버퍼링 기법을 사용할 수가 없었다. 본 논문은 IPv6기반 네트워크에서의 이동성 지원과 관련한 네트워크 기반 프로토콜인 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)를 IEEE 802.11 네트워크에 적용할 때에 Advanced Access Point 에서 빠른 이동성 감지 및 진보된 Snoop Protocol을 이용함으로써 멀티미디어 데이터 전송시 패킷 손실을 줄이면서 핸드오버 성능을 향상시키는 방법에 대하여 기술한다. 이를 통하여 IEEE 802.11 네트워크에서 네트워크 기반 Proxy Mobile IPv6 적용시 MN의 스택 변경 없이 핸드오버 발생시 성능 및 멀티미디어 패킷 손실을 최소화 할 수 있다.

**Key Words** : Multimedia, Ipv6, Network Mobility, IEEE 802.11, Handover

### ABSTRACT

Currently, IEEE 802.11 Network could not support optimized tunneling scheme and buffering scheme based on movement detection to reduce multimedia data packet loss when an MN move from current subnet to new subnet during handover. It is because IEEE 802.11 did not transfer information of movement detection to AP. In this paper, we proposed new fast handover scheme by using advanced access point and optimized snoop protocol for network based Proxy Mobile IPv6 in IEEE 802.11 Networks. During handover, the proposed scheme reduces both the multimedia data packet loss rate and the packet reordering problems without changing MN's mobility stack in IEEE 802.11 Networks.

### I. 서 론

최근 이동통신의 급속한 발전으로 인하여 인터넷 사용자가 급격히 늘어나면서 고정된 장소에서만 아니라 고속으로 이동하면서 언제 어디서나 원하는 시간에 인터넷에 접속을 하고 싶은 요구가 생기며

인터넷 서비스의 이동성에 대한 관심이 증가하게 되었다. 또한 인터넷을 기반으로 하는 IPTV 기술의 발달로 인하여 IPTV 서비스를 무선 환경에서 끊김 없는 서비스를 제공해 주기 위해 활발한 연구가 진행 중이다.

현재 인터넷에서 사용되고 있는 프로토콜은 Internet

\* KT 기술연구소 선임연구원 (vero0625@hotmail.com, bjpark@kt.com), \*\* KT 기술연구소 수석연구원 (bkkim@kt.com)

\*\*\* 한국기술교육대학교 조교수(yhhan@kut.ac.kr) (☎: 교신저자)

논문번호 : KICS2008-01-012, 접수일자 : 2008년 1월 7일, 최종논문접수일자 : 2008년 6월 4일

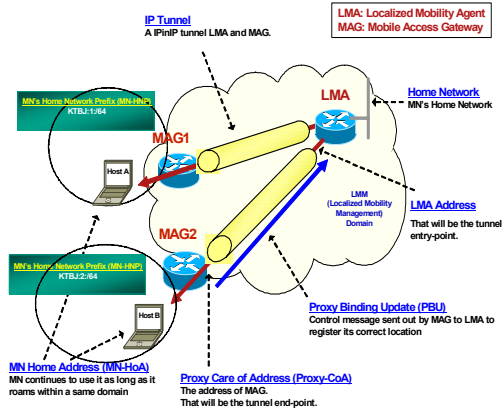


그림 1. Proxy Mobile IPv6 망구조

Protocol (IP) 이다. IP기반 인터넷 호스트 들은 통신을 위하여 다른 호스트들과 구별될 수 있도록 한 개 이상의 고유한 IP주소를 갖는다. 일반적으로, 호스트는 할당 받은 IP주소를 이용하여 다른 호스트와 연결을 설정하고 통신을 시작한다. 즉, 호스트가 다른 호스트와 연결을 설정하여 유지하는 동안에는 맨 처음 연결 설정시 이용한 IP주소가 변경 없이 고정적으로 계속 유지 되어야 한다. 고정된 장소에서 인터넷을 사용할 때에는 IP주소가 바뀌는 경우가 매우 드물지만 이동을 하면서 인터넷을 사용하면 호스트는 기존에 연결된 네트워크와 망 식별자가 다른 네트워크로 이동을 하는 경우가 발생을 한다. 망 식별자가 다른 네트워크에서 호스트는 새로운 IP을 할당 받게 되고 이로 인하여 새로운 연결을 설정해야 하기 때문에 서비스의 단절이 일어나는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 IETF (Internet Engineering Task Force) Mobile IP Working Group 에서는 IPv6 네트워크에서의 이동성을 제공하기 위한 Mobile IPv6 (MIPv6) 프로토콜을 제안하였다<sup>1-2</sup>[9]. 하지만 MIPv6에서도 MN이 기존에 연결된 Access Router (AR)에서 접속이 끊겨 새로운 AR로 접속을 할 때에 MN은 그 망에서 사용할 단말의 고유주소 (Home Address: HoA)와 이동한 네트워크에서 생성한 새로운 주소 (Care-of Address: CoA)를 홈 에이전트 (Home Agent: HA)에게 바인딩 함으로서 이동성을 지원해 줄 수 있다. 하지만 단말이 핸드오버 시 이동성 감지(Movement Detection), 주소 구성 및 확인 (Address Configuration and Confirmation), 등록 (Registration) 과정이 필요하며 단말은 이 기간 동안에 보내어진 패킷이 손실되는 문제점이 발생하게 된다.

IETF에서는 Handover시에 발생하는 패킷손실을 줄이기 위하여 “FA에서 패킷 버퍼링 방법”, “Access Router들 사이에 터널링을 설정하는 방법” 등을 이용하여 패킷을 전송하는 기법을 제안하였다<sup>3</sup>.

IEEE 802.11 에서는 MN이 Handover 이전에 이동성 예측에 관한 정보를 네트워크 계층 장비에게 전송하는 기법이 아직 없는 상태이기 때문에 버퍼링을 위한 기존 MN의 스택 변경이 필요하게 된다<sup>4</sup>. 하지만 이것은 MN에서 처리해야 할 일을 네트워크 단에서 처리함으로써, MN에서 이동성 관리를 최대한 줄이고자 하는 PMIPv6의 기본원리에 어긋남으로서 문제가 발생하게 된다. 따라서, PMIPv6에서는 MN이 Handover를 예측할 수 있게 하는 메시지를 보내지 않아도 Mobile Access Gate (MAG)가 Handover를 감지함으로써 MN이 새로운 MAG로 이동전에 패킷을 효율적으로 버퍼링하여 패킷 손실을 줄이고자 하는 기술이 필요하다<sup>5-6</sup>[10]. 그림 1은 PMIPv6 네트워크 망 구조를 보여주고 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11에서 네트워크 기반 PMIPv6에서의 멀티미디어 데이터를 효율적인 방법으로 전송 할 수 있는 Seamless Handover 기법에 대하여 소개한다. 이를 통해서 IEEE 802.11 네트워크에서 네트워크 기반 PMIPv6를 사용할 때 Handover가 발생하더라도 빠른 이동성 감지 및 처리를 통하여 멀티미디어 패킷 손실을 최대한 줄 일수 있는 효과를 얻을 수 있다. 또한 수학적 비교 분석 결과를 통하여 제안한 방법이 기존의 PMIPv6 보다 안정되고 향상된 패킷 전송률을 보여줌을 알 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 PMIPv6에 대한 개요와 Seamless Handover에 관한 기존 연구에 대하여 알아본다. III장에서는 제안된 기법에 대해서 설명한다. IV장에서는 제안된 기법과 기존 PMIPv6간의 성능분석을 보여준다. 그리고 V장에서는 결론을 보여준다.

## II. 기존 관련 연구 및 문제점

### 2.1 Mobile IPv6

그림 2는 Mobile IPv6 (MIPv6) 핸드오버 처리 과정을 보여주고 있다. MIPv6 는 IPv6 의 이동성 지원을 가능하게 하기 위해서 만들어졌다<sup>2</sup>.

MIPv6 는 현재 가장 널리 알려진 IP 이동성 프로토콜로써 이원화된 주소 체계를 통해 MN의 고유 주소인 HoA (Home Address)와 이동한 네트워크에

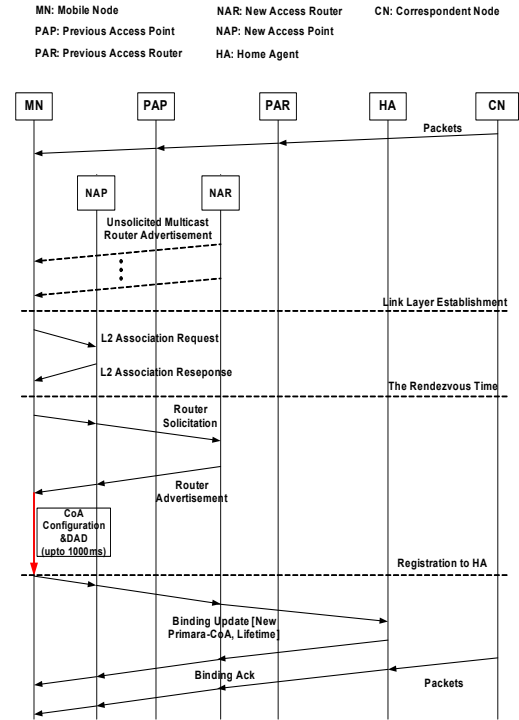


그림 2. Mobile IPv6 핸드오버 프로시저

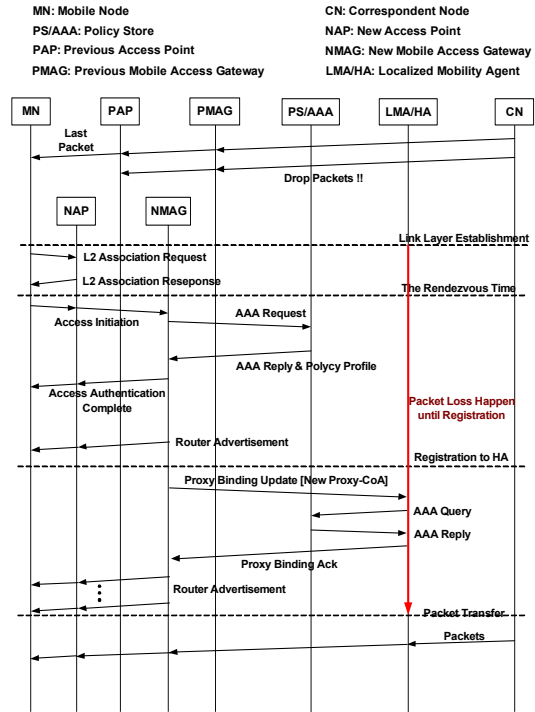


그림 3. Proxy Mobile IPv6 핸드오버 프로시저

서 생성한 새로운 주소 CoA (Care-of Address)를 HA (Home Agent)에게 바인딩 함으로써 이동성을 지원한다. 특히, 통신 대상 노드 CN (Correspondent Node)이 MIPv6 프로토콜을 수용하고 있다면 CN에게도 그러한 바인딩을 보내어서 데이터 패킷의 최적화된 라우팅 경로를 지원할 수 있는 장점을 지닌다. 그러나 이런 시그널링 교환으로 인해 MN이 지역성을 가지고 빈번히 이동할 경우 과도한 네트워크 자원 소모와 함께 바인딩 지연에 따른 핸드오버 지연 증가의 문제가 발생한다. 결국 MIPv6는 단지 MN의 위치 등록 및 현재 통신 중인 세션의 데이터 패킷들에 대한 경로 재설정과 관련된 프로토콜로 VoIP (Voice over IP), 멀티미디어 전송과 같은 실시간 통신을 만족시킬 수준의 이동성을 지원하기에는 여러 문제점이 존재한다. 또한, MN에 많은 수정을 요구하는 MIPv6를 구현해야 하기 때문에 현실에 바로 적용시키기에는 무리가 있어 근래까지도 상용 망에 효과적으로 활용하지 못하고 있다. 또한 최적화 되지 않은 라우팅 문제로 인해 대상노드 (CN: Correspondent Node)가 MN의 이동정보를 포함하는 바인딩 업데이트 신호를 MN에게 받기 전까지 계속해서 홈 에이전트를 통하여 패킷을 전송받아야 하는 문제점이 발생하게 된다.

## 2.2 Proxy Mobile IPv6

최근 IETF에서는 이동성 관리를 MN에서 처리하지 않고 네트워크 기반에서 처리할 수 있는 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)를 표준화하고 있다. PMIPv6 프로토콜의 메시지 흐름 절차는 그림 3와 같다. 네트워크에 위치하는 Proxy Mobility Agent를 사용하여 MIPv6 시그널링을 확장하고 HA를 재사용하여 IPv6 MN의 이동성을 지원할 수 있다. 이러한 방법으로 이동성을 지원하는 방법은 이동성 관리를 위한 시그널링 교환 작업에 MN이 참여하지 않도록 한다<sup>[5-6]</sup>. 즉, 네트워크에 위치하는 Mobile Access Gateway (MAG)와 임의의 도메인 네트워크를 관리하는 Localized Mobility Agent (LMA)가 MIPv6 시그널링을 수행하고 MN을 대신하여 이동성 관리를 한다. LMA는 보통 도메인의 게이트웨이 중간에 배치된다. PMIPv6 프로토콜은 IPv6 기반의 네트워크에 접속되어 있으면서 MIPv6 기능이 없는 MN을 지원한다. MN은 임의의 상대 노드 (Correspondent Node: CN)와 연결을 설정한 상태에서 네트워크 접속 지점을 변경하여도 CN과의 연결이 계속 유지될 수 있도록 하기 위한 방법을 정의한다. 이를 위하여 PMIPv6 프로토콜에서는 MN이 PMIPv6 도메인 안으로 들어가 접속 인증을 수

행하는 경우, 네트워크는 MN이 항상 Home Network에 있는 것처럼 만들어 그 링크에서 Home Address를 얻을 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서 MN에는 Home Network Prefix가 할당되고, 이 Home Network Prefix는 MN을 따라다닌다. MN의 입장에서는 PMIPv6 도메인이 마치 하나의 Home Link로 이루어져 있는 것으로 보인다. MN은 L2 Link 계층상의 핸드오버가 종료되면 자신이 현재 이동했음을 알리기 위한 방법으로 MN-Identifier 메시지를 새로운 NMAG(New MAG)에게 보내 인증(Authentication)과정을 거치게 된다. 이때 MAG는 접속 인증 과정 동안 MN으로부터 MN-Identifier를 받아 Policy Store (AAA(Authentication Authorization Accounting))에서 인증을 확인하고 MN의 프로파일을 획득하게 된다. 이 프로파일에는 MN-ID, LMA 주소, 허용된 주소 모드, 로밍 정책 등의 네트워크 기반 이동성 서비스를 제공하기 위하여 필요한 정보가 포함되어 있다. MAG는 Policy Store(AAA서버)에서 MN의 프로파일을 얻은 후, 만약 그 프로파일에 MN의 Home Network Prefix가 있다면 그 Home Network Prefix를 포함한 Router Advertisement (RA) 메시지를 MN으로 전송한다. 접속한 링크로부터 RA 메시지를 받은 MN은 접속된 링크에서 허용하는 방식으로 자신의 인터페이스에 IPv6 주소를 설정할 수 있다. 프로파일을 획득한 MAG는 MN의 위치정보 등록을 위하여 Proxy Binding Update (PBU) 메시지를 LMA에게 전달한다. PBU 메시지는 MN의 NAI (Network Access Identifier) Option, 이동노드에게 할당된 Home Network Prefix 등 다른 필요한 Option들이 포함되어 있다. PBU를 받은 후 LMA는 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리 안에 이동노드의 ID에 대한 정보들이 있는지 확인하고 없으면 이동노드에 대한 정보를 새로 생성한다. 그 다음 LMA와 NMAG간에 터널을 설정하고 NMAG로 MN의 Home Network Prefix Option이 포함된 Proxy Binding Acknowledgement (PBA) 메시지를 전송한다.

### III. IEEE 802.11 망에서의 네트워크 기반 고속 IPv6 핸드오버 기법 제안

현재 IETF에서 제안된 PMIPv6에서는 MN의 추가적인 변경 없이 MAG가 MN이 이동하였을 경우 MIPv6에서 해주던 이동성 지원을 할 수 있게 제안되었다. 하지만 IEEE 802.11의 경우 MN이 MAG

로 Handover하는 시점을 알려줄 수 있는 기능 및 시그널링이 현재 정의되어 있지 않은 상태이다. 따라서 IEEE 802.11 네트워크에서 PMIPv6를 사용하고자 할 경우 MAG에서 빠르게 MN의 이동성 감지를 알 수 있는 방법이 필요하다. 이 논문에서는 IEEE 802.11 네트워크에서 PMIPv6를 이용할 경우 MN의 변경 없이 이동성을 빠르게 감지 할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 Enhanced Access point<sup>[7]</sup>를 응용하여 IEEE 802.11에서의 네트워크 기반 프로토콜인 PMIPv6를 사용한다. 또한 무선 상에서의 멀티미디어 패킷손실을 줄여주기 위하여 Snoop Agent 모듈을 이용하여 효과적으로 패킷 전송 기법을 보여 준다<sup>[8]</sup>. 우선 IEEE 802.11 기반 AP는 주기적으로 Beacon Message를 보냄으로써 MN이 기지국 사이를 옮겨갈 때 이 신호를 감지함으로써 L2 핸드오버를 시작하게 된다. 이 Beacon Message의 1bit의 Reserved Field의 Option Field안에 현재 접속되어 있는 MAG Address 및 이동 단말의 ID를 포함시킨다.

우선 제안하고자 하는 기법을 위한 가정은 다음과 같이 놓 수 있다.

1. IEEE 802.11 AP에서는 주기적으로 MAG의 주소를 포함하는 Beacon message를 전송한다.
2. IEEE 802.11에서의 PMIPv6 AP들은 MAG와 계층구조로 대등하게 연결되어 있다.
3. AP는 무선상에서 DATA를 위한 2개의 Buffer와 ACK를 위한 Dual Stack 구조로 구성되어 질수 있다.
4. IEEE 802.11에서의 MN의 이동성은 PMIPv6 네트워크에서 지역 이동성 (Localize Mobility)을 기반으로 한다.
5. MAG와 AP사이에는 새롭게 BPS (Buffered Packet Sending) 메시지를 정의 할 수 있다.

그림 4는 제안하는 IEEE 802.11에서 PMIPv6 기반 빠른 핸드오버 기법 절차를 보여주고 있다. 우선 MN이 기지국 사이의 중첩 부분으로 이동시 새로운 기지국 (AAP: New Advanced AP)로 부터 L2 Beacon Message를 주기적으로 받을 수 있다. 이 메시지의 Option Field를 통하여 MN은 Link Down 이전에 MAG 주소를 알 수 있으며, 비콘 시그널의 파워 세기 P<sub>Power</sub>와 AAP<sub>power</sub>를 비교한 후, MN-Identifier정보를 NMAG에게 전송한다. 이 정보를 바탕으로 NMAG는 Neighbor Discovery (ND) 방

MN: Mobile Node  
 PAP: Previous Access Point  
 PMAG: Previous Mobile Access Gateway  
 CN: Correspondent Node  
 NAP: New Access Point  
 NMAG: New Mobile Access Gateway  
 LMA/HA: Localized Mobility Agent

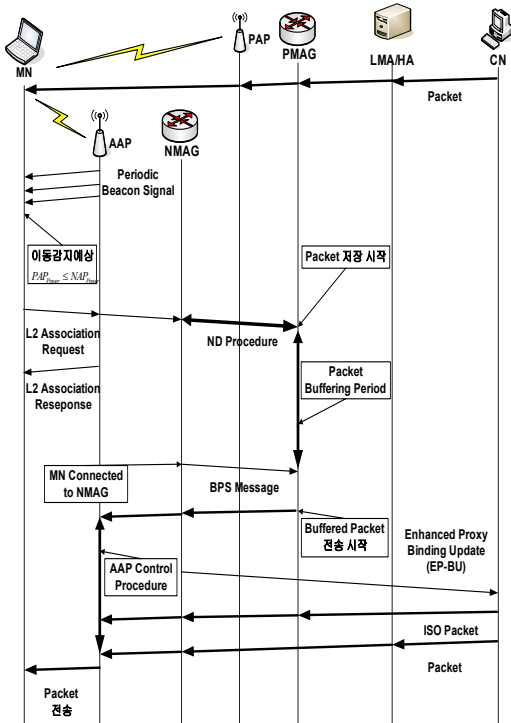


그림 4. 제안한 고속 IPv6 핸드오버 프로시저 (MP-MIPv6)

법을 이용하여 PMAG에게 단말의 이동 정보를 보내준다. 이때부터 현재 MAG (PMAG)에 연결되어 있는 Serving AP에서는 Snoop Data Agent 모듈을 이용하여 LMA로 부터 오는 데이터를 저장하기 시작한다. 또한 AP 사이에 ND Procedure로 부터 전송되어진 AP 정보 및 AP에 접속되어 있는 MAG들의 주소 정보를 교환 할 수 있다. 이때 Snoop Data 정보를 이용하여 PMAG와 NMAG사이에서 터널링을 설정하고 PMAG에 버퍼링되어진 데이터를 전송 받을 수 있다. MN이 새로운 NMAG에 접속되면 NMAG는 PMAG에게 BPS (Buffered Packet Sending) 메시지를 보냄으로써 버퍼링되어진 데이터 패킷 전송을 개시 할 수 있다. PMAG로 부터 버퍼링 되어진 패킷을 받은 NMAG는 Routing Optimization을 위하여 Enhanced Proxy Binding Update (EP-BU) 메시지를 LMA/HA로 전송함으로써 이동 노드의 현재 정보를 Update 시킨다. 최종 ISO (Identified Serving Last Packet) 패킷을 받을 때 까지 AAP 에서는 snoop 모듈을 이용하여 데이

터 패킷의 시퀀스 번호를 비교해 가면서 이동 단말에게 패킷 전송을 시작한다. 그림 5와 그림 6은 제안한 New Advanced Access Point (AAP) 에서의 데이터 패킷 처리 과정 및 전체적인 메시지 처리 과정을 보여주고 있다.

일반적으로 이동 단말이 현재 네트워크에서 새로운 서버 네트워크로 이동시 핸드오버 지연시간으로 인해서 발생하는 많은 패킷 손실을 최소화하기 위하여 buffering 기술이 많이 제안되어져 왔다. IEEE 802.11 망에서 네트워크 기반 이동성 기술인 PMIPv6 를 이용하기 위해서는 최적화된 이동 검출 방법, 경로 설정, 바인딩 기술을 고려해야 한다.

이 논문에서는 네트워크 기반 이동성 기술인 Proxy MIPv6에서 이동단말이 새로운 서버네트워크

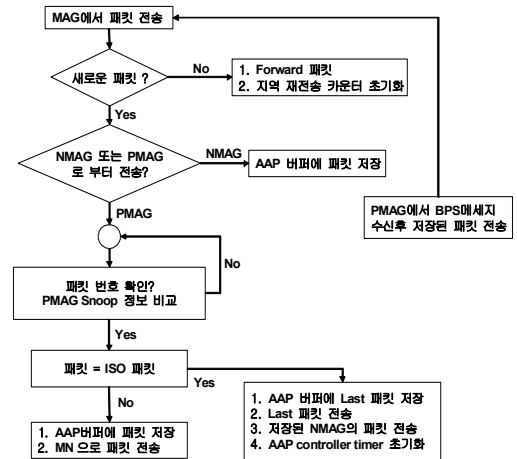


그림 5. AAP를 이용한 데이터 흐름 절차

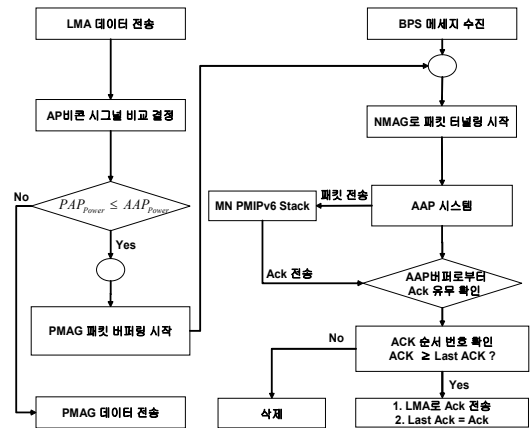


그림 6. 제안한 전체 프로세스 과정 절차

로 이동시에 MN의 수정 없이 핸드오버 지연 시간을 최소화 하면서 패킷 손실을 최소화 하는 방법을 제안하였다.

제안한 방법을 IEEE 802.11 망에 적용하였을 경우 이동단말이 현재의 네트워크에서 새로운 서브네트워크로 핸드오버시, 빠른 MAG들 사이의 정보 교환, Routing Optimization, tunneling, AAP 기법을 이용하여 패킷 손실 및 네트워크 무선 자원 낭비를 최소화 할 수 있다.

#### IV. 성능분석

본장에서는 성능분석을 위해 패킷 수준 트래픽 모델, 시스템 모델 및 이동노드의 이동성 모델을 정의하여 비교 분석을 수행한다<sup>7)</sup>.

##### 4.1 트래픽 모델링 과정

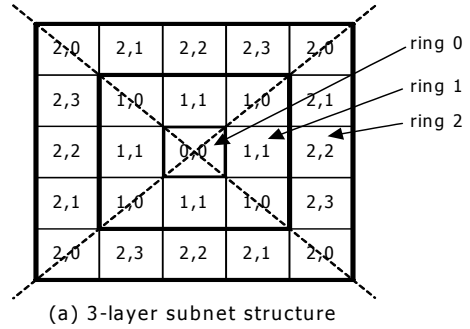
첫번째로,  $t_s$ 와  $t_p$ 를 각각 서브넷 영역 상주시간, AP 영역 상주시간이라고 명한다.  $t_s$ 와  $t_p$ 에 대한 확률밀도 함수를 각각  $f_s(t)$ ,  $f_p(t)$ 라고 한다. 이동 단말이  $t_s^k$  시간 동안에 한 서브넷내의 k개의 AP 영역을 방문한다고 가정할 때, 이 기간 동안 이동 단말은  $t_i$  시간에는 i AP 영역에 존재한다고 가정한다. 그러면,  $t_s^k = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{k-1} + t_k$ 가 성립되고, 이 시간변수는 다음과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

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

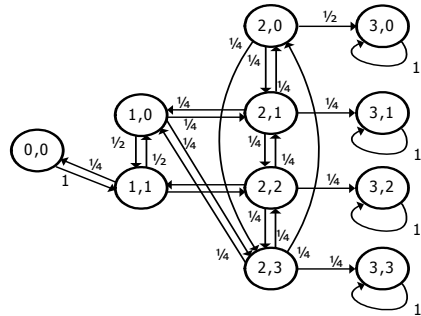
라플라스 변환법에 따라서,  $f_s^{(k)}(t)$ 는  $f_s^{(k)*}(s) = [f_p^*(s)]^k$ 로 전환되어진다.

임의의 서브넷이  $N = 4n^2 - 4n + 1$  AP영역들로 구성된다면 이 서브넷을 n-layer 서브넷이라고 부른다. 그림 7 (a)는 3-layer 서브넷 구조를 부여주고 있다.

각 서브넷은 중심으로부터 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 AP 영역에 머물다 이웃한 4개중 하나의 AP 영역으로 동일한 확률 (1/4)로 이동한다고 가정한다면, 하나의 서브넷 내의 AP 영역들은



(a) 3-layer subnet structure



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

그림 7. 3-Layer 서브넷 구조 및 상태도

몇 가지의 AP 영역 유형으로 나눌수 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 영역은 동일한 이동 패턴을 보인다. 랜덤워크 모델에서 상태 (x,y)는 임의의 단말이  $\langle x,y \rangle$  그룹의 AP 영역들중 하나에 위치하고 있음을 나타낸다.  $0 \leq j \leq 2n-3$  인 j 에 대해서, 흡수 상태 (n, j)는 이동 단말이 (n-1, j) 상태에서부터 해당 서브넷 밖으로 나간 상태를 의미한다. 그림 7 (b)는 3-layer 서브넷에서의 랜덤워크의 상태도를 보여주고 있다. 이동 단말의 AP 영역 상주시간이 평균  $1/\lambda_p (= E[t_p])$ , 분산  $\nu$ 의 감마 분포를 따른다고 가정할때, 감마 분포의 라플라스 전환형은 다음과 같이 표현 할 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 서브넷 영역을 이동할 확률  $\prod_p^{(i)}$ ,  $\prod_p^{(j)}$ 는 다음과 같이 표현 할 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 비교 및 결과

성능 평가 분석을 위하여 다음과 같은 파라미터들을 정의 한다.

- $t_{WD}$ : 이동 단말과 AP 사이의 L2 핸드오버를 위해 걸리는 지연시간
- $t_{BS}$ : 비콘 시그널 비교를 통해 Movement Detection을 결정하기 위해 걸리는 L2 핸드오버 지연시간
- $t_{RS}$ : 이동 단말에서 MAG (AR)로 RS 메시지 전송 지연시간.
- $t_{RA}$ : MAG (AR)에서 이동단말로 RA 메시지 전송 지연시간.
- $t_{RD}^*$ : RFC 3775에 명시된 RS, RA 전송을 위한 총 Random Delay.
- $t_{ND}$ : 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
- $t_{PBU/EP-BU}$ : Regular Proxy Binding Update & Enhanced Proxy Binding Update 메시지 전송 지연 시간.
- $t_{PBA/EP-Back}$ : Regular Proxy Binding Ack & Enhanced Proxy Binding Ack. 메시지 전송 지연

시간.

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

$t_{Packet}$ : CN에서 MN으로 Packet 전송 지연시간.

$t_{Packet\_PN}$ : PMAG에서 NMAG로 Packet 전송 지연 시간.

$t_{Packet\_MN}$ : NMAG에서 MN으로 Packet 전송 지연 시간.

$t_{Tunnel-Setup}$ : PMAG 와 NMAG 사이에 터널링 설정을 위해 걸리는 전송 지연시간.

우선 논문의 간단 명료성을 위하여, 핸드오버에 관련된 파라미터들중 ( $t_{RS}$  와  $t_{RA} = t_{RSA}$ ), ( $t_{AI}$  와  $t_{AC} = t_{AIC}$ ), ( $t_{AR}$  와  $t_{ARP} = t_{ARRP}$ ), ( $t_{BU/PBU/EPBU}$  와  $t_{BA/PBA/EPBA} = t_{BUA/PBUA/EPBUA}$ )와 같이 표현한다. 위의 파라미터들을 이용하여 MIPv6, PMIPv6, 제안된 MP-MIPv6에서의 전체 핸드오버 지연시간 (HLD)은 다음과 같이 구할수 있다.

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

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

$$HLD_{MPMIPv6} = \left\{ \begin{aligned} & \sum_{i=0}^{\infty} (i \prod_p(i) \cdot (m \cdot t_{BS})) \\ & + \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ (j \prod_s(j) \cdot ((t_{ND} + t_{Tunnel\_Setup} + \zeta \cdot t_{Packet\_PN}) \right. \\ & \quad \left. + t_{AIC} + t_{ARRP} + t_{EPBUA} + t_{ISO} + t_{Packet\_MN})) \right\} \end{aligned} \right\}$$

또한 각 프로토콜들에 있어서의 패킷 손실율을 비교해 주기위하여 무엇보다 버퍼 사이즈 및 버퍼링 주기를 고려하여야 한다. 본 논문에서는 패킷 손실을 최소화하기 위하여 L2 핸드오버시 AAP에서의 비콘 시그널링을 통한 MD 결정후 NMAG와 PMAG 에서 바로 패킷들을 버퍼링 하며, ISO 패킷 수신후 버퍼링된 패킷들을 MN에게 전달한다고 가정한다. 핸드오버 지연시간을 고려한 패킷 손실율 (PLR) 은 다음과 같이 표현 할수 있다.

$$PLR = \lambda \cdot E[t] \cdot (HL - T_{Buffering-Period(BP)})$$

$T_{Buffering-Period(BP)}$  은 패킷 버퍼링 주기를 나타낸다. 우선 MIPv6와 PMIPv6 에서의 경우 버퍼를 이용한 패킷 전송을 지원해 주지 않으므로  $T_{Buffering-Period(BP)} = 0$  이 된다. 따라서 각 프로토콜에 있어서의 패킷 손실율은 다음과 같이 표현된다.

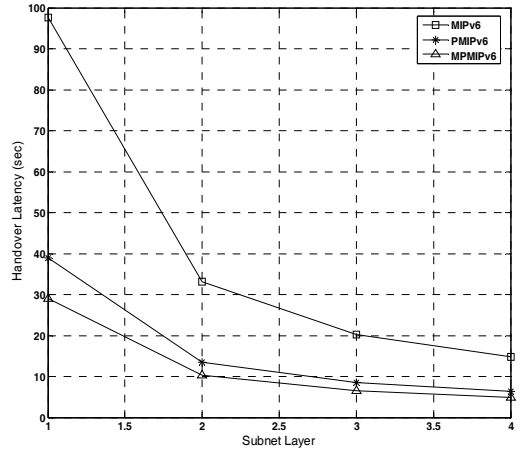
$$PLR_{MIPv6} = \lambda \cdot E[t] \cdot HLD_{MIPv6}$$

$$PLR_{PMIPv6} = \lambda \cdot E[t] \cdot HLD_{PMIPv6}$$

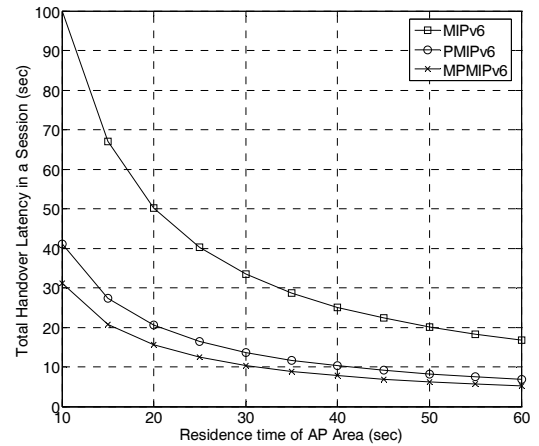
$$PLR_{MP-MIPv6} = \lambda \cdot E[t] \cdot (HLD_{MP-MIPv6} - T_{BP})$$

그림 8은 제시된 파라미터 값들을 이용하여 기존의 프로토콜과 제안한 MP-MIPv6의 총 핸드오버 지연시간을 보여주고 있다. 그림 8(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 증가하게 된다. 즉, 그림에서 볼 수 있듯이, 서브넷의 크기가 증가 할수록, 한 서브넷 내에 AP의 갯수가 많아짐에 따라 각 프로토콜의 핸드오버 지연시간은 점차 감소하는 것을 알수가 있다. 제안된 MP-MIPv6의 경우 빠른 핸드오버 절차로 인하여 시스템 설계에 있어서 핸드오버 지연시간을 줄일수 있음을 알 수 있다. 그림 8 (b)는 AP 상주 시간에 따른 핸드오버 지연시간을 보여주고 있다. 총 핸드오버 지연시간은 AP 상주 시간이 감소함에 따라서 점차 증가함을 관찰할 수 있다. 즉, AP 상주시간이 높아짐에 따라 각 핸드오버 지연의 각 프로토콜간의 차이가 더욱더 두드러짐을 알 수 있다.

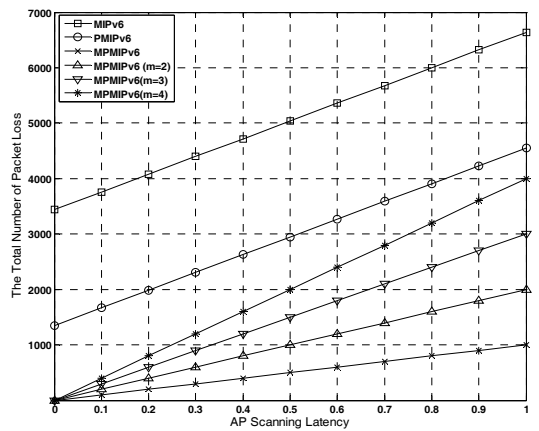
그림 8 (c)는 각 프로토콜에 있어서 AP 스캐닝 신호 지연에 따른 각 프로토콜간의 패킷 손실율을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 기존 MIPv6와 PMIPv6는 패킷 버퍼링을 사용하지 않으므로 핸드오버 기간에 많은 패킷 손실이 발생하는 것을 알수가 있다. 또한 AP 스캐닝 신호가 길어짐에 따라 패킷 손실이 증가되는 것을 알수가 있다. 제안한 MP-MIPv6의 경우 패킷 버퍼링 및 빠른 Movement Detection을 통하여 패킷 손실을 방지 할 수가 있다. 결과적으로, 제안 하는 MP-MIPv6 방법에 있어서는 빠른 MD 절차, 버퍼링을 통한 패킷 전송, AAP 기법을 이용한 패킷 전송 절차를 통하여 멀티미디어 및 VoIP 무선 시스템 설계시 보다 빠르게



(a)



(b)



(c)

그림 8. 제안된 MP-MIPv6 와 타 프로토콜간의 핸드오버 지연 비교 및 패킷 손실 비교



패킷을 안정적으로 이동단말에게 전달할 것으로 예상된다.

결과적으로, 위의 수식으로 부터 한 세션이 끝날 때 동안의 핸드오버시 걸리는 MIPv6, PMIPv6, 제안된 MP-MIPv6의 핸드오버 총 지연시간을 알 수 있었다. 또한, 이를 통하여 핸드오버 기간 동안 발생 할 수 있는 패킷 손실율을 알수가 있었다. 제안된 MP-MIPv6 에서의 경우 터널링에 의한 패킷 전송에 있어서의 지연 감안 적용 파라미터를 이용하여 보다 유연성 있게 결과를 산출해 낼 수 있었다.

### V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 현재 IETF Netlmm WG 에서 Cisco 관계자들을 중심으로 표준화를 추진 중인 PMIPv6에 기반하여 IEEE802.11망에서의 네트워크 기반의 고속 IPv6 핸드오버 기법을 제안하였다. 현재 IEEE 802.11망에서 PMIPv6를 적용하였을 때 MN이 이동시 빠른 이동검출 및 패킷 손실을 최소화하기 위한 최적화 되어진 방법이 제안되어 있지 않은 상태이다. 따라서 본 논문에서는 빠른 이동 검출을 통하여 이웃한 MAG들 사이에 ND 기법을 이용하여 터널링을 빨리 설정하고 핸드오버 중에 전송되는 데이터 패킷을 위해 AAP에서 정의되어진 DATA 및 ACK Dual Stack 버퍼에 저장시키며, Snoop Agent로부터 데이터 및 ACK 패킷을 제어함으로써 MN이 이동시 마다 패킷 순서 번호 감시 및 ACK 시퀀스 번호를 순차적으로 체크함으로써 패킷 손실 및 패킷 뒤바뀔 현상을 줄일 수 있다.

향후에 보완되어야 할 부분은 ACK에서의 순차적인 시퀀스 넘버를 빨리 순차적으로 비교 분석하여 순서대로 MN에게 보내는 방법에 대한 추가 연구를 할 것이다. 또한 네트워크 기반 이동성 감지방 법에 대한 세밀한 수학적 모델링 및 시뮬레이션을 통해서 보다 정확한 성능 분석을 수행할 예정이다.

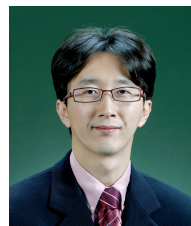
### 참 고 문 헌

[1] C.E. Perkins, "Mobile IP," *International Journal of Communication Systems*, pp.3-20, 1998.  
 [2] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *IETF RFC 3775*, June 2004.

[3] D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," *draft-ietf-mobileip-optim-07*, Nov., 1997.  
 [4] IEEE 802.11 Working Group, "IEEE Standard 802.11," *IEEE*, 1999.  
 [5] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," *IETF Netlmm, Internet Draft*, March, 2007  
 [6] F. Xia, B. Sarikaya, "Mobile Node Agnostic Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6," *IETF Netlmm, Internet Draft*, Feb., 2007.  
 [7] B.J. Park, "A Design and Analysis of Optimized Fast Handover Scheme for Mobility Management in IP-based Wireless/Mobile Networks", Ph.D. dissertation, University of Florida, USA, May. 2007.  
 [8] B.J. Park, In Huh, Haniph A. Latchman, "An Approach to Efficient and Reliable Media Streaming Scheme in Mobile IPv6 Networks", in *Proc. IEEE ISBMSB'06*, April, 2006.  
 [9] 정희영, 김대영, "계층적 Mobile IPv6 구조에서 빠른 핸드오버의 효율적인 지원구조," *한국통신학회논문지*, 29(2B), pp. 210~216, Feb., 2004.  
 [10] 이동욱, 김종원, "Mobile IPv6망에서 Smooth 핸드오프 패킷의 과도기간 분석 및 단축," *한국통신학회논문지*, 28(11B), pp. 999~1006, Nov., 2003.

박 병 주 (Byungjoo Park)

중신회원



2002년 2월 연세대학교 전기전자공학 졸업  
 2004년 5월 University of Florida 전기컴퓨터공학 석사  
 2007년 5월 University of Florida 전기컴퓨터공학 박사  
 2007년 6월~현재 KT 기술연구소

선임연구원

<관심분야> IPv6, IPv6 Mobility, Seamless Handover, Media Independent Handover, and Cross-Layer Optimization support in IEEE 802 Wireless Networks, Mobile IPTV, IPTV, IEEE802.16e, Multimedia Network.

김 봉 기 (Bongki Kim)

정회원



1993년 2월 성균관대학교 전산학과 졸업

1995년 2월 성균관대학교 전산학과 석사

1995년 3월~현재 KT 기술연구소 수석연구원

<관심분야> IPTV, IPv6, IPv6

Mobility, IPTV, Fixed and Mobile Interent NMSs., Multicast NMS, Network Management System.

한 연 희 (Youn-Hee Han)

정회원



1996년 2월 고려대학교 수학과 졸업

1998년 5월 고려대학교 컴퓨터학과 석사

2002년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 박사

2002년 2월~2006년2월 삼성중기원 전문연구원

2006년 3월~현재 한국 기술 교육대학교 조교수

<관심분야> IPv6 Mobility, Seamless Handover, Cross-Layer Optimization in IEEE 802.16e