

무선랜 기반의 ITS 망에서 네트워크 기반 고속 핸드오버 기법

A Network-Based Fast Handover Scheme in the ITS Based on Wireless LAN

박민지
(광운대학교, 석사과정)

김복기
(광운대학교, 교수)

민상원
(광운대학교, 교수)

Key Words : IEEE 802.11, 무선랜, PMIPv6, 고속 핸드오버

목 차

- I. 서론
- II. 관련 연구 및 동향
- III. 제안하는 무선랜에서 PFMIPv6 적용 핸드오버 기법
- IV. 결론

I. 서론

전 세계적으로 인터넷 사용이 급속히 증가하고 더불어 무선 인터넷 시장도 폭발적으로 성장하면서 언제 어디서나 인터넷에 접속을 원하는 소비자 요구가 증대되었다. 또한, 최근 스마트폰 사용자의 급격한 증가와 차량 내 이동단말 혹은 차량 간 무선 액세스 연동을 통한 멀티미디어 서비스 요구사항의 증대에 따라 이동통신 및 핸드오버 기술에 관한 연구도 더 활발히 진행될 것으로 예상된다[1]. ITS(intelligent transport systems)를 위한 무선 액세스 기술로는 IEEE 802.11 기반의 무선랜을 고려할 수 있다. IEEE 802.11 기반의 무선랜은 ISM(industrial, scientific, medical) 주파수 대역에서 사용되는 무선 통신 기술이며 가장 대중화된 통신 기술이다. 하지만 무선랜은 설계 초기 당시에 무선랜을 이용하는 단말의 다양한 이동환경을 고려하지 않았기에 핸드오버 과정에서 충분한 서비스의 향상을 기대하기 힘들다[2]. 또한, 링크 계층에서의 핸드오버만을 고려하고 있기에 IP 기반의 어플리케이션 서비스를 ITS나 텔레매틱스 기반에서 끊임없이 빠르게 지원하기 위한 네트워크 계층 핸드오버를 같이 고려할 필요가 있다[3].

인터넷 관련 표준 제정 기관인 IETF(Internet engineering task force)에서는 네트워크 계층에서의 핸드오버 관련 프로토콜로 크게 MIPv6(mobile IPv6)와 PMIPv6(proxy mobile IPv6) 두 가지를 정의하고 있다. MIPv6는 MN(mobile node), CN(correspondent node), HA(home agent) 등으로 구성되며, MN이 핸드오버를 수행할 시 이동성 관련 절차를 직접 처리하는 이동성 프로토콜이다[4]. 따라서 MN과 라우터 사이의 무선 구간에서 오버헤드가 발생하며 그에 따른 핸드오버 지연시간과 패킷 손실이 발생할 수 있으며 MN에서의 전력 소모 면에서 비효율적이다. 이러한 점을 보완하기 위해 IETF

NETLMM WG에서는 네트워크 기반의 이동성 관련 프로토콜인 PMIPv6를 2008년 8월에 표준화 완료하였다. PMIPv6는 LMA(local mobility anchor)와 MAG(mobility anchor gateway), MN으로 구성되며 핸드오버 시 이동성 절차를 MN이 아닌 네트워크에서 처리하는 프로토콜이다[5]. 따라서 MN은 MIPv6 스택없이 기본적인 IPv6 스택만으로도 이동성을 보장받을 수 있으며 무선 구간에서의 이동성 관련 시그널링 절차도 필요 없기에 더욱 효율적이라 할 수 있다. 하지만 여전히 PMIPv6에서도 핸드오버에 따른 지연시간과 패킷 손실이 존재한다. 따라서 이러한 점을 보완하기 위해 PMIPv6에 FMIPv6(fast MIPv6)를 적용한 PFMIPv6(fast handover for proxy MIPv6)에 대한 표준화를 진행하고 있다[6]. 이는 특정 이동 통신 액세스 기술에서 링크 계층 핸드오버가 수행되는 동안 MN의 핸드오버 예측, 핸드오버 이전의 라우터와 이후의 라우터 간에 터널링 형성, MN이 새로 핸드오버하게 될 라우터에서 버퍼링 수행 등의 이동성 절차를 수행함으로써 핸드오버에 따른 패킷 손실 및 지연시간을 줄인 프로토콜이다.

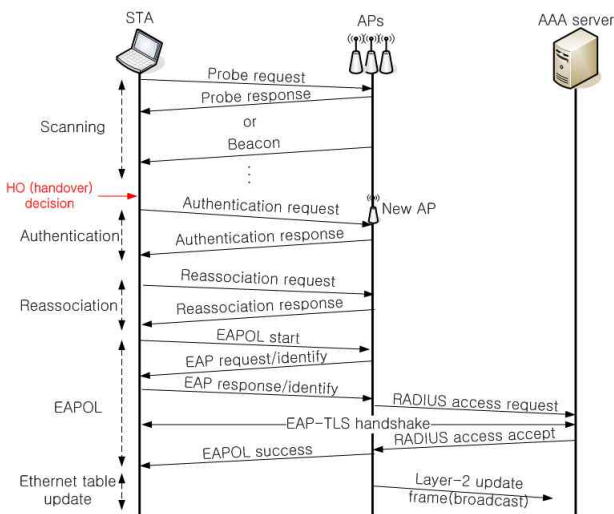
본 논문에서는 IEEE 802.11 기반의 무선랜에 네트워크 기반의 고속 핸드오버 기술인 PFMIPv6를 적용하여 무선랜을 사용하는 단말의 이동에 따른 패킷 손실 및 지연시간 발생, 고속 핸드오버 수행에 따른 패킷 순서 어긋남 문제를 해결할 수 있는 방안에 대해 제안한다. 이를 위해 표준화 진행중인 PFMIPv6의 이동성 절차 수행 시, 무선랜 단말의 핸드오버 예측 및 접속을 감지하기 위한 메시지를 정의하였으며 단말의 policy profile을 가지고 있는 AAA(authentication, authorization, and accounting) 서버에서의 MAG 주소 attribute를 정의하여 nMAG에서 AAA 서버와 인증 절차 수행 시에 pMAG의 주소 정보를 인지할 수 있도록 하였다. 또한, 무선랜 단말로부터의 핸드오버 예측 정보를 수신하자마자 바로 네트워크 계층의 핸드오버를 시작할 수

있도록 PBU를 LMA로 전송하였으며 고속 핸드오버 수행에 따른 패킷 순서 어긋나는 현상을 방지하기 위해 nMAG에 추가적으로 버퍼를 설계하였다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 핸드오버 기법과 관련된 연구 동향 소개를 위해 IEEE 802.11 기반의 무선랜에서의 핸드오버 절차와 IETF에서 정의한 네트워크 계층에서의 이동성 프로토콜인 PMIPv6와 PFMPv6의 핸드오버 절차에 대해 설명한다. 이후 3장에서 본 논문에서 제안하는 무선랜에서 네트워크 기반의 고속 핸드오버 기법에 대해 설명하며 4장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구 및 동향

1. 무선랜에서의 핸드오버

IEEE 802.11에서 핸드오버는 STA(station)이 현재 association을 맺고 있는 AP(access point)에서 다른 AP로 이동할 때 발생하게 된다. 핸드오버에 따른 메시지 절차는 <그림 1>과 같이 스캐닝, 인증, 핸드오버에 따른 reassociation, EAPOL(extensible authentication protocol over LAN), ethernet table 업데이트의 단계로 나눌 수 있다. 스캐닝 단계는 STA이 주변의 AP로부터 BSS-ID(basic service set ID), SSID(service set ID) 등의 정보를 포함한 beacon 메시지를 주기적으로 수신하는 수동적인 스캐닝 단계 혹은 STA이 각 AP로 probe request/response 메시지를 교환하는 능동적인 스캐닝 단계를 거친다. 이를 통해 STA는 각 AP에 대한 RSSI(received signal strength identifier) 값을 기반으로 핸드오버를 수행하기 위한 결정을 한다. 스캐닝 단계가 완료되면 핸드오버하게 될 AP와 authentication request/response 메시지 교환을 통해 인증 절차를 거치게 되는데, 이때는 인증 요청에 대해 무조건 인증을 수행하는 open system 인증절차나 공유키를 기반으로 인증하는 shared key 인증절차를 수행하게 된다. 인증절차가 완료되면 핸드오버하게 될 AP와 reassociation request/response 메시지 교환을 통해 접속 절



<그림 1> 무선랜에서의 핸드오버 절차

차를 거치게 된다. 이후 IEEE 802.11i에서 정의한 EAPOL (extensible authentication protocol over LAN) 기반의 인증 절차를 AAA 서버와 거치게 되는데, 이 방식에는 EAP-MD5, EAP-TLS, EAP-TTLS 등의 방법이 존재한다. 이러한 인증 절차 수행을 통해 무선랜에서 취약한 보안을 보완할 수 있다. EAPOL 인증 절차가 완료되면 AP에서는 Layer-2 update frame을 브로드캐스팅하여 STA의 핸드오버에 따른 AP 변경을 알린다.

2. PMIPv6 기반의 핸드오버

네트워크 기반의 이동성 프로토콜인 PMIPv6 절차에서는 MN의 핸드오버 수행을 위한 별다른 스택 설치 없이 일반적인 IPv6를 탑재하여도 이동성을 제공받을 수 있으며, MAG와의 무선 구간에서 이동성 관리를 위한 별도의 네트워크 계층 시그널링 메시지가 없다. 이러한 기능을 지원하기 위해 PMIPv6에서는 LMA와 MAG를 사용한다. LMA는 PMIPv6 도메인 내에서 BCE(binding cache entry)를 유지하여 MN의 이동성 절차를 관리하는 anchor로서의 역할을 하게 되며 각 MAG와의 터널링 형성으로 MN에 prefix를 할당하는 역할을 한다. MAG는 PMIPv6 도메인 내 액세스 라우터에서 동작하게 되며 MN의 이동성 감지 및 이동성 절차에 따른 시그널링을 LMA와 주고받는 역할을 한다. PMIPv6의 세부적인 절차는 다음과 같다.

1) MN의 PMIPv6 도메인 진입 : MN이 PMIPv6 도메인 내로 진입하게 되면 MAG로 RS(router solicitation) 메시지를 전송하여 PMIPv6 도메인으로의 진입을 알리게 된다.

2) Binding 절차 : MAG가 MN으로부터 RS 메시지를 수신한 후, MN-ID를 PBU(proxy binding update) 메시지와 함께 LMA로 전송한다. LMA에서는 PBU 메시지를 받은 후 BCE에 MN-ID(MN identifier), MAG의 link local 주소 등을 등록하고 MN에 할당할 prefix와 함께 PBA(proxy binding acknowledgement) 메시지를 MAG로 전송한다. 이후 MAG에서 PBA 메시지를 받으면 LMA와 MAG 간에 터널링이 형성된다.

3) MN의 주소생성 및 DAD 수행 : MAG는 LMA로부터 할당된 prefix 정보가 포함된 RA(router advertisement) 메시지를 MN으로 전송하고, MN은 할당된 prefix로 interface ID와 함께 주소를 생성한다. 이후 생성된 주소 중복 여부를 확인하기 위한 DAD(duplicate address detection) 과정을 거치면 PMIPv6 동작 절차는 완료된다. PMIPv6에서 MN은 항상 HoA(home of address)로만 동작하기 때문에 DAD(duplicate address detection) 과정은 MN이 PMIPv6 도메인에 처음으로 접속했을 때만 수행된다.

3. PFMPv6 기반의 핸드오버

PFMIPv6는 PMIPv6에 FMIPv6(fast handover for mobile IPv6)를 적용하여 PMIPv6에서의 핸드오버 지연시간과 패킷 손실을 보완한 이동성 프로토콜이다. PFMIPv6에서는 pMAG(previous MAG)와 nMAG(new MAG) 간에 양방향 터널링을 형성하여 링크 계층 핸드오버가 일어나기 전에 패킷들을 버퍼링하여 패킷 손실을 방지하며 MN이 nMAG으로 접속하면 버퍼링한 패킷들을 전송함으로써 빠른 핸드오버가 가능한 것이 특징이다. 따라서 MAG는 MN의 패킷을 저장할 수 있는 충분한 버퍼공간이 요구된다. PFMIPv6에는 MN이 nMAG에 접속하기 전에 pMAG와 nMAG 사이에 양방향 터널링을 형성하는 predictive 방식과 MN이 nMAG에 접속한 후에 양방향 터널링을 형성하는 reactive 방식의 이동성 절차가 있으며, <그림 2>는 PFMIPv6에서의 predictive 이동성 절차를 나타낸 것이다. 다음은 각 메시지에 대한 절차를 설명한 것이며, 1)번과 2)번 메시지 절차는 액세스 기술에 따라 다를 수 있다.

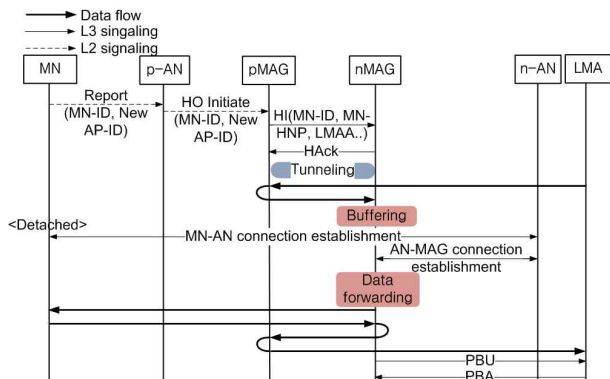
1) Report 전송 : MN이 핸드오버 발생을 예측하게 되면 핸드오버하게 될 new AP-ID와 MN-ID를 링크 계층 메시지인 Report를 통해 기존의 액세스 네트워크인 p-AN(access network)으로 전송한다. 여기서 MN-ID는 NAI(network access identifier), LLA(link layer address) 또는 다른 식별자가 될 수 있다.

2) HO Initiate 전송 : p-AN은 MN의 이동을 링크 계층 메시지인 HO Initiate를 통해 pMAG에게 알린다.

3) HI/HAck 메시지 교환 및 버퍼링 : pMAG과 nMAG 간에 MN-ID, MN-HNP(MN home network prefix), LMAA(LMA address)를 포함한 HI(handover initiate) 및 HAck(handover acknowledge) 메시지를 교환하여 터널링을 형성한 후 LMA로부터 전송되는 패킷들을 nMAG으로 전송한다. 이 때 전송된 패킷들은 버퍼링된다.

4) MN의 nMAG으로 핸드오버 : MN이 n-AN으로 핸드오버를 수행하게 되면 MN과 n-AN 간의 링크를 연결하고 n-AN과 nMAG 간에 링크 연결 설정이 이루어진다.

5) 버퍼링 패킷 전송 : MN의 핸드오버 이후에 그 동안 nMAG에서 버퍼링된 패킷들은 MN으로 전송된다. 그리고 MN과의 패킷 전송은 LMA와 PBU 및 PBA 메시지를 통해



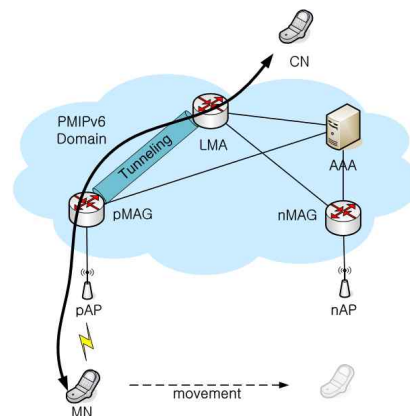
<그림 2> PFMIPv6에서 predictive 방식의 이동성 절차

LMA와 nMAG 간 터널링이 형성되기 전까지는 pMAG과 nMAG을 경유하여 전송된다.

6) PBU/PBA 메시지 교환 : nMAG은 LMA로 PBU 메시지를 전송하고 이를 수신한 LMA는 PBA로 응답한다. 이 시점부터 MN과의 패킷은 pMAG을 거치지 않고 nMAG으로 직접 전송된다.

III. 제안하는 무선랜에서 PFMIPv6 적용 핸드오버 기법

본 논문에서는 <그림 3>의 핸드오버 시나리오를 기반으로 무선랜에서 PFMIPv6 핸드오버 기법을 적용하여 무선랜 단말에서의 핸드오버에 따른 지연시간과 패킷 손실, 그리고 고속 핸드오버에 따른 패킷 순서 어긋남 문제를 해결할 수 있는 핸드오버 기법을 제안한다. 이와 유사한 연구로 무선랜 기반에서 PMIPv6를 적용하여 핸드오버에 따른 패킷손실과 지연시간을 줄이는 방안이 제시되었다[7]. 하지만 해당 핸드오버 기법은 버퍼링을 pMAG에서 수행하였으며 빠른 핸드오버 수행으로 인한 패킷 순서 어긋남 문제가 발생하기에 패킷 손실 및 지연 시간이 불가피하게 발생한다. 또한, 기존의 PFMIPv6 절차에서 HI 메시지 전송 시, pMAG에서 nMAG 주소 정보 인지방법에 대한 언급이 없이 단순히 가정하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 표준화 진행 중인 PFMIPv6 절차를 무선랜 핸드오버에 적용하였으며, 무선랜 핸드오버 절차에는 MAG로 핸드오버 예측 및 결정에 따른 별도의 메시지를 정의하지 않고 있기에 이러한 정보 제공을 가능하도록 neighbour advertisement 메시지에 옵션을 새로 정의하여 nMAG에서 핸드오버 예측 정보를 인지할 수 있도록 하였다. 또한, nMAG에서 단말의 핸드오버 인지에 따른 빠른 핸드오버 절차 수행을 위해 AAA의 attribute를 추가 및 적용하였고, LMA와 PBU/PBA 메시지의 교환을 링크 계층 핸드오버 시 수행하도록 하였다. 그리고 고속 핸드오버 수행으로 인한 MN으로 향하는 패킷들의 순서 어긋남 문제를 해결하기 위해 LMA로부터 오는 패킷과 pMAG로부터 오는 패킷을 각각 버퍼링할 수 있도록 하였다.



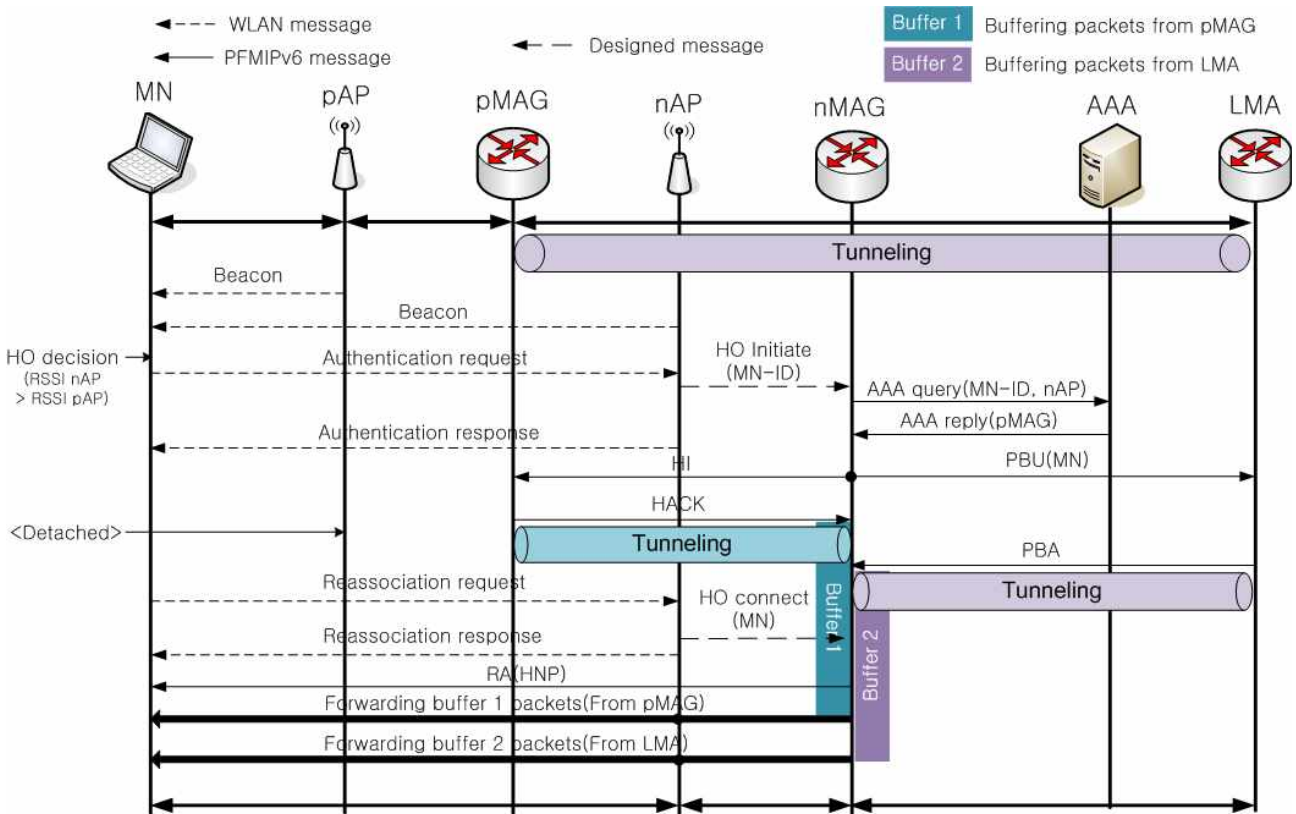
<그림 3> 무선랜에서의 PFMIPv6 핸드오버 시나리오

본 논문에서 제안하는 핸드오버 기법을 위한 가정은 다음과 같다.

- 1) MN이 PMIPv6 도메인으로 초기 접속한 경우에만 EAP 기반의 인증을 사용하며, 이후 핸드오버 수행 시에는 open system 방식의 무인증 절차를 수행한다.
- 2) 무선랜에서 EAP 기반의 인증절차 수행시 필요한 AAA 서버와 PFMIIPv6에서 단말 인증 및 LMA 주소 정보 등을 제공하는 AAA 서버는 하나의 동일한 AAA 서버이다.
- 3) AAA 서버는 PMIPv6 도메인 내에 존재한다.

<그림 4>는 본 논문에서 제안하는 무선랜을 이용한 MN이 PFMIIPv6를 적용한 핸드오버에 따른 메시지 절차를 나타낸 것이다. 초기에 MN은 PMIPv6 도메인 상에서 pAP-pMAG-LMA 경로를 통해 외부망의 CN과 통신을 하고 있는 상태이다. MN은 주기적으로 주변의 AP들로부터 beacon 메시지를 수신하여 BSS-ID, beacon 간격, RSSI 값 등의 무선랜 관련 링크 정보를 주기적으로 얻게 된다. 이 때, 현재 링크 연결을 맺고 있는 pAP와 또 다른 AP인 nAP에서 주기적으로 전송하는 beacon 메시지로부터 RSSI 값들을 비교한 후, nAP로의 핸드오버 결정을 하게 된다. 이후 MN은 nAP로의 인증절차 수행을 위해 authentication request 메시지를 전송하며, 이를 수신한 nAP는 nMAG로 MN의 핸드오버를 알리기 위해 본 논문에서 설계한 HO Initiate 메시지를 전송한다. HO Initiate 메시지는 neighbor advertisement에 HO Initiate option을 추가한 형태의 메시지로 핸드오버를 수

행한 MN의 MN-ID를 포함한다. 이 메시지를 수신한 nMAG는 해당 MN의 profile을 얻기 위해 AAA 서버로 AAA query 메시지를 전송하는데, 이때 MN이 새로 접속한 nAP의 MAC 주소를 option 필드를 이용하여 같이 전송한다. AAA 서버에서는 MN이 초기에 PMIPv6 도메인 상에 접속했을 시 EAP 인증 절차를 통해 얻은 pAP 주소와 AAA query 메시지 안의 주소 정보 비교를 통해 MN의 핸드오버를 인지하게 된다. 이후 MN의 프로파일과 함께 MN이 접속했던 pMAG의 주소 정보를 AAA reply 메시지를 이용하여 nMAG로 전송하게 된다. 이를 수신한 nMAG는 pMAG로 MN-ID, MN-HNP를 포함한 HI 메시지를 전송하며, 이와 동시에 MN-ID를 포함한 PBU 메시지를 LMA로 전송한 후, PBA 메시지 수신을 통해 LMA와 빠른 바인딩 절차를 수행한다. 무선랜 핸드오버 절차에는 핸드오버 예측을 위한 메시지를 pAP로 전송하는 절차가 존재하지 않기 때문에 PFMIIPv6의 HI 메시지를 nMAG에서 pMAG로 전송하게 되는 메시지 절차를 거친다. 이후 pMAG로부터 HI에 대한 응답메시지로 HACK를 수신하게 되면 nMAG에서는 pMAG로부터 전송되는 패킷들을 수신하기 위해 Buffer 1을 생성하고 버퍼링을 수행한다. 이 시점에서 MN은 pAP와의 접속을 끊고 nAP로의 접속절차를 수행하기 위해 reassociation request 메시지를 전송하게 된다. 이를 수신한 nAP는 nMAG로 MN의 접속을 알리기 위해 본 논문에서 설계한 HO connect 메시지를 전송한다. HO connect 메시지는 neighbor advertisement에 HO connect option을 추가한 형태의 메시지로 핸드오버를 수행한 MN의 MN-ID를 포함한다. nAP는 또한 reassociation response 메시지를 전송



<그림 4> 제안하는 무선랜에서 PFMIIPv6 적용 메시지 절차

하여 응답하게 되며, MN으로 HNP(home network prefix)를 포함한 RA 메시지를 MN으로 전송한다. 이후 HO connect를 수신한 nMAG에서는 그동안 버퍼링을 수행했던 Buffer1의 메시지를 MN으로 전송한다. 해당 패킷들의 전송이 완료되면 LMA로부터 전송되는 패킷들을 버퍼링하였던 Buffer2의 메시지를 MN으로 전송한다. 이와 같은 두 개의 버퍼링 수행을 통해 pMAG로부터 nMAG로 전송되는 패킷들이 LMA로부터 nMAG로 전송되는 패킷들보다 더 늦게 도착하여 패킷의 시퀀스 번호가 어긋나는 현상을 방지할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11 기반의 무선랜 핸드오버 기술에 IETF MIPSHOP WG에서 표준화가 진행중인 네트워크 기반의 PFMPv6 핸드오버 절차를 적용하여 무선랜 핸드오버 시에 패킷 손실, 지연 시간, 패킷 순서 어긋남의 면에서 성능을 향상시킬 수 있는 핸드오버 기법에 대해 제안하였다. 현재 무선랜에서의 링크 계층 핸드오버 절차는 핸드오버 예측에 대한 메시지 절차가 정의되어 있지 않은 상태이다. 그리고 무선랜에 PMIPv6 절차를 적용한 핸드오버 기법이 제안되었으나 고속 핸드오버 수행에 따른 패킷 순서 어긋나는 문제점과 PMIPv6보다 성능이 향상된 PFMPv6 절차의 메시지가 아닌 별도의 메시지 정의를 통해 표준화된 메시지를 사용하지 않은 문제점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 무선랜 단말이 라우터가 변경되는 네트워크 계층에서의 핸드오버를 수행할 시에 PFMPv6 기법을 적용하기 위해 핸드오버 예측에 따른 정보를 nMAG에 알리기 위한 메시지와 MN의 핸드오버를 통한 nAP로의 접속을 알리는 메시지를 정의하였다. 또한, AAA 서버에서 MAG 주소 attribute 정보를 추가적으로 정의하여 AAA reply 메시지에 pMAG 주소를 포함시켜 HI 메시지의 전송을 가능하게 하였다. 그리고 고속 핸드오버 수행으로 인한 nMAG 버퍼에 저장되는 패킷들의 순서 어긋남 문제를 해결하기 위해 pMAG로부터 오는 패킷과 LMA로부터 오는 패킷을 각각 Buffer1과 Buffer2에 저장하여 이를 방지할 수 있도록 하였다. 그리고 무선랜에서의 링크계층 핸드오버가 수행되는 동안 PBU/PBA 메시지 교환을 수행하여 고속 핸드오버 수행을 가능하게 하였다. 향후에는 본 논문에서 제안한 무선랜에서의 PFMPv6 핸드오버 성능을 분석하기 위한 연구를 진행할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0077424)

참고문헌

1. 박민지, 정광모, 민상원 “PFMPv6에서 향상된 로컬 라우팅 적용에 관한 연구,” 한국ITS학회 추계학술대회, 2009. 10.
2. 최행걸, 김일환, 서승우, “IEEE 802.11 무선랜에서 서비스

질(QoS) 지향적인 핸드오버 알고리즘에 관한 연구,” 한국통신학회 논문지 제30권 제6B호, 2005. 6.

3. 이화섭, 민상원, “PMIPv6에서 패킷 손실이 없는 핸드오버 방안,” 한국통신학회 하계학술대회, 2009. 6.

4. D.Johnson, C.Perkins and J.Arkko, “Mobility Support in IPv6,” IETF RFC 3775, June 2004.

5. V.Devarapalli, K.Chowdhury, and B.Patil, “Proxy Mobile IPv6,” IETF RFC 5213, August 2008.

6. F.Xia 외 7명, “Fast Handover for Proxy Mobile IPv6,” IETF draft-ietf-mipshop-pfmip6-08, July 2009.

7. 박병주, 김봉기, 한연희, “IEEE 802.11 네트워크에서 멀티미디어 전송 서비스 향상을 위한 네트워크 기반 IPv6 핸드오버 기법,” 한국통신학회 논문지 제33권 제6호, 2008. 6.