

와이브로 망에서 IPv6 단말의 고속 핸드오버 최적화 방안

장 희 진, 한 연 희, 방 정 호 삼성종합기술원

● 와이브로 + IPv6 특집

와이브로 망에서 IPv6 단말의 고속 핸드오버 최적화 방안

- IEEE 802.16/와이브로/Mobile-WiMAX 표준화 현황 및 전망
- IEEE 802.16/와이브로 망에서의 IPv6 도입 시나리오 및 고려사항
- IEEE 802.16 망에서의 IPv6 ND 프로토콜 적용방안
- 와이브로 네트워크를 위한 IPv6 기술 표준화
- 와이브로 서비스 추진 및 향후 시장 전망

1. 개요

최근 노트북 및 PDA의 사용이 보편화 되면서 이동성을 전제로 한 초고속인터넷서비스에 대한 수요가 증가하고 있으며, 사용자들은 무선망과 인터넷이 통합되어 언제 어디서든 자유로이 인터넷을 이용할 수 있는 네트워크 환경을 기대하고 있다. 이에 따라 정지 또는 이동 중에도 고속인터넷 접속이 가능한 무선인터넷 규격인 와이브로(WiBro, Wireless Broadband Internet) 표준이 최근 한국정보통신기술협회(TTA)를 중심으로 제정되었다 [1]. 와이브로 표준은 유선망이 갖는 기존 시스템의 한계를 극복하여 최소 시속 60km 이하의 이동성을 지원하며 실내외에서 끊임없이 초고속 무선 인터넷 서비스를 제공할 수 있도록 설계되어 있다.

현재 와이브로 규격에서 볼 수 있는 이동성 지원방법은 기지국(RAS, Radio Access Station)간 이동시 단말과 기

지국 사이에 수행되는 MAC 프로토콜로서 기술되어 있다. 하지만, 네트워크 서브넷(Subnet)이 다른 새로운 제어국(ACR, Access Control Router)으로 단말이 이동하면 현재 통신 중인 세션(Session)을 유지하기 위하여 IP 계층의 이동성 지원 프로토콜을 수용해야 한다. IETF(Internet Engineering Task Force)의 MIPv6 워킹그룹에 의해 제정된 Mobile IPv6(MIPv6) [2] 기술은 그러한 IP 계층 이동성 지원을 위한 대표적 국제 표준 프로토콜이다. 특히, 향후 발전된 와이브로 서비스 환경에서 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6를 수용한다면 그에 따른 이동성 지원 프로토콜로서 MIPv6의 중요성은 더욱 부각될 예정이다.

MIPv6 기술은 이원화된 주소체계를 통해 단말의 고유 주소(HoA, Home Address)와 이동한 네트워크에서 생성한 새로운 주소(CoA, Care-of Address)를 홈 에이전트(Home Agent)에게 바인딩 함으로써 이동성을 지원한다. 특히, 대상 노드(CN, Correspondent Node)에게도 그러한 바인딩을 보내어서 데이터 패킷에 대한 최적화된 라우팅 경

로를 지원할 수 있는 장점을 지닌다. 하지만, MIPv6는 단지 이동 노드의 위치 등록 및 현재 통신 중인 세션의 데이터 패킷들에 대한 경로 재설정과 관련된 프로토콜로, VoIP (Voice over IP)와 같은 실시간 통신을 만족시킬 수준의 이동성을 지원하기에는 여러 문제점이 존재한다[3, 4].

IETF의 MIPSHOP(MIPv6 Signaling and Handoff Optimization) 워킹그룹은 이같은 MIPv6의 단점을 보완하고 고속 IPv6 핸드오버를 지원하기 위하여 Fast Mobile IPv6(FMIPv6) 프로토콜을 제정하였다[5]. FMIPv6는 MAC 계층의 지원과 함께 새롭게 이동할 위치를 파악하고 IPv6 핸드오버 및 서비스 재개에 필요한 정보들을 사전에 교환함으로써 실제로 이동이 발생할 경우 신속한 서비스 재개가 가능하도록 한 프로토콜이다. FMIPv6는 기본적으로 MAC 계층에 의존하여 단말의 이동성을 예측하게 되므로, MAC 계층으로부터의 이벤트 지원 및 그러한 이벤트 교환 방식에 대한 정확한 메커니즘이 필요하다.

본 고에서는 IPv6를 탑재한 단말이 와이브로 망에서 서브넷이 다른 지역으로 이동할 때 핸드오버 지연 시간을 최소화하기 위한 핸드오버 메커니즘을 제안한다. 제안하는 방안은 고속 핸드오버를 지원하기 위하여 기존 FMIPv6을 채택하고, FMIPv6(IP 계층)과 와이브로(MAC 계층)와의 밀접한 연동작용 및 이를 위한 지원 메시지를 정의함으로써 단말의 핸드오버 과정을 최적화하는 과정을 설명한다.

2. IETF FMIPv6의 핸드오버 절차

FMIPv6은 기본적으로 이동성 예측에 바탕을 둔 프로토콜이다. 본 고에서는 단말이 자신의 이동성 예측을 성공적으로 수행하는 predictive mode 위주로 FMIPv6 절차를 요약하겠으며, 이후 와이브로 단말의 고속 핸드오버 최적화 방안 역시 predictive mode를 중심으로 기술하겠다.

이동단말이 새로운 인접 기지국(NRAS, New Radio Access Station)을 감지하면, 인접 기지국이 속한 새 제어국(NACR, New Access Control Router)의 정보를 얻기 위

해 현재 서비스 받고 있는 서빙 제어국(PACR, Previous ACR)에 RtSolPr(Router Solicitation for Proxy) 메시지를 전송한다. 서빙 제어국은 RtSolPr 메시지에서부터 추출된 새로운 인접 기지국의 MAC 주소를 바탕으로 새 제어국의 IP 주소, MAC 주소 및 서브넷 Prefix 정보를 검색하고, 이를 포함한 PrRtAdv(Proxy Router Advertisement) 메시지로 단말에게 답신한다.

단말은 이와같이 인접 기지국 및 제어국의 정보를 수집하게 되며, 이들 중 핸드오버할 목적지 기지국(target RAS)을 결정하고, 이후 그 목적지 기지국이 속한 인접 제어국은 목적지 제어국이 된다. 단말은 PrRtAdv를 통해 획득했던 목적지 제어국의 Prefix 정보를 바탕으로, 핸드오버 후 사용할 새로운 IP 주소(NCoA, New Care of Address)를 생성하고, 현재 사용하고 있는 주소와(PCoA, Previous Care of Address)와 NCoA의 바인딩을 위하여 서빙 제어국에 FBU(Fast Binding Update) 메시지를 보낸다. 이 때, 이동 단말이 서빙 제어국으로부터 FBU 메시지에 대한 FBACk(Fast Binding Acknowledgement) 메시지를 성공적으로 수신하면 이동단말은 핸드오버 이후 predictive mode로 동작하게 된다.

한편, 서빙 제어국이 단말로부터 FBU 메시지를 수신하면 새 목적지 제어국과 HI(Handover Initiation) 및 HAcK(Handover Acknowledge) 메시지를 교환한다. 이때, 서빙 제어국은 HAcK 메시지를 통해 이동 후 사용할 IP 주소(NCoA)가 중복되지 않음(Uniqueness)을 검증하고 FBACk 메시지에 NCoA를 포함하여 단말에게 전송한다. 또한 서빙 제어국은 PCoA-NCoA 간 터널을 생성하여 PCoA로 향하고 있는 모든 패킷은 NCoA로 터널링한다. 이 때 목적지 제어국은 NCoA로 향하는 패킷을 가로채어 버퍼링하고 있다가 이동을 완료한 단말로부터 FNA(Fast Neighbor Advertisement)를 수신하면, 버퍼링된 패킷을 모두 단말에게 전달한다. 이로써 모든 핸드오버 절차는 마무리 된다. 그림 1은 이러한 이동단말의 핸드오버 과정을 도시하고 있다.

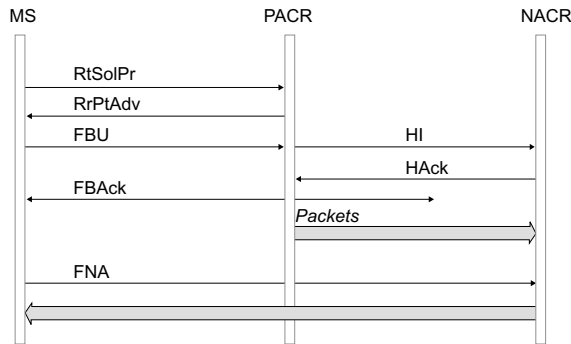


그림 1. Fast Mobile IPv6의 핸드오버 과정

3. 와이브로 망에서의 핸드오버 절차

제안하는 최적화 방안을 살펴보기에 앞서 이번 장에서는 [1, 6, 7]에 기술된 와이브로 망에서의 핸드오버 절차를 간략히 기술한다. 와이브로 망에서의 핸드오버는 개념적으로 ‘인접 네트워크 탐색’, ‘핸드오버 준비 단계’, ‘핸드오버 실행 단계’로 구성된다.

1) 인접 네트워크 탐색 단계

와이브로 단말은 해당 네트워크에서 자신이 속한 기지국으로부터 주기적으로 광고되는 MOB_NBR-ADV (Neighbor Advertisement Message) 메시지를 수신한다. 이 메시지는 서빙 기지국 및 인접 기지국들에 대한 네트워크 속성들을 포함한다. 따라서 이동단말이 이 메시지를 수신하면 인접 기지국들의 ID, QoS(Quality of Service) 파라미터 및 채널 정보를 획득하여 추후에 보다 신속한 핸드오버를 수행하기 위하여 이 정보를 이용할 수 있다. 네트워크 정보를 취득하는 또 다른 방법은 단말에 의해 수행되는 스캐닝(scanning) 절차를 이용하는 방안이 있는데, 이는 인접 기지국들로부터 수신되는 하향링크의 신호품질을 측정하는 절차를 일컫는다. 이동단말은 MOB_NBR-ADV 메시지를 통해 인접 기지국들의 ID의 목록을 획득하고 스캐닝을

통해 취득한 실시간 링크 정보를 바탕으로 적절한 기지국을 선택하여 핸드오버를 수행할 후보 기지국 리스트를 관리할 수 있다.

또한, 핸드오버 지연 시간을 줄이기 위해 스캐닝 과정에서 인접 기지국과 레인징을 포함한 연관(association) 과정을 수행할 수 있다. 레인징은 단말이 새로운 네트워크로 진입하는 과정 중 가장 초기에 수행하는 절차로써 이 과정을 통해 목적지 기지국에서 사용하는 주파수를 포함한 채널의 물리적 특성, Time 및 전력제어에 관련된 기본적인 정보들을 획득함으로써 핸드오버 절차를 가속화 시킬 수 있다.

2) 핸드오버 준비 단계

핸드오버 준비 단계 동안 단말은 기 획득한 인접 기지국들의 신호의 세기 및 QoS 파라미터 등을 비교하여 최적의 목적지 기지국을 결정한다. 단말은 서빙 기지국으로부터 제공되는 서비스 품질과 신호 세기 등을 비교하여 핸드오버가 가능한 기지국들의 리스트를 MOB_MSHO-REQ에 실어 기지국에게 전송하고 기지국은 그 중 추천하는 기지국들의 리스트(후보 기지국)를 MOB_BSHO-RSP 메시지에 포함하여 회신한다. 이 때 기지국은 백본망을 통해 후보 기지국들에게 핸드오버를 통지하여 단말의 세션 및 설정 정보를 미리 전송함으로써 추후 핸드오버 수행 시간을 단축시킬 수

있다. 한편, 본 단계에서 기지국이 먼저 MOB_BSHO-REQ를 단말에게 전송함으로써 핸드오버 과정을 시작할 수도 있다.

3) 핸드오버 실행 단계

이동단말이 MOB_BSHO-RSP를 수신하고 목적지 기지국을 결정했으면, 서빙 기지국에게 MOB_HO-IND 메시지를 보내어 핸드오버를 최종적으로 통지하고 곧 바로 핸드오버를 실행한다. MOB_HO-IND를 전송한 시점부터 단말은 서빙 기지국을 통해 더 이상 패킷을 송수신할 수 없으므로 새로운 네트워크로 이동한 후 가능한 신속하게 망 재진입(Re-entry) 절차를 수행해야 한다. 이때, 목적지 기지국이 서빙 기지국으로부터 수행 능력(capability) 및 인증 등에 관한 단말의 정보를 미리 수신하였다면, 단말은 망진입 과정 동안 해당 과정을 생략하여 핸드오버 과정을 단축할 수 있다. 망진입 과정이 성공적으로 완료되면 이 시점부터 기지국은 이동단말에 서비스를 개시한다.

4. 최적화 제안 방안

본 장에서는 IP 계층의 FMIPv6 및 MAC 계층의 와이브로 표준 사이의 밀접한 연동을 통하여 최적화된 핸드오버 방안을 기술한다. 단말 내 각 계층간 정보 전달을 위해 4가지의 새로운 프리미티브(Primitive)가 제시되며 제안하는 핸드오버 절차는 크게 1) 인접 제어국 정보 수집 단계, 2) 이동 준비 단계, 3) 이동 실행 단계, 4) 이동 완료 단계로 구분된다. 한편, 와이브로 망 구조는 현재 와이브로 서비스 시에 고려되고 있는 망구조와 비슷하게 하나의 제어국이 다수 개의 기지국을 관리하는 형태를 가정한다. 하지만, 제어국과 기지국이 하나의 네트워크 장비로 구현된 와이브로 망에서도 제안하는 방안을 그대로 구현할 수 있다. 그림 2는 와이브로 망에서 제안하는 최적화 방안을 수용한 FMIPv6 핸드오버 절차를 보여준다.

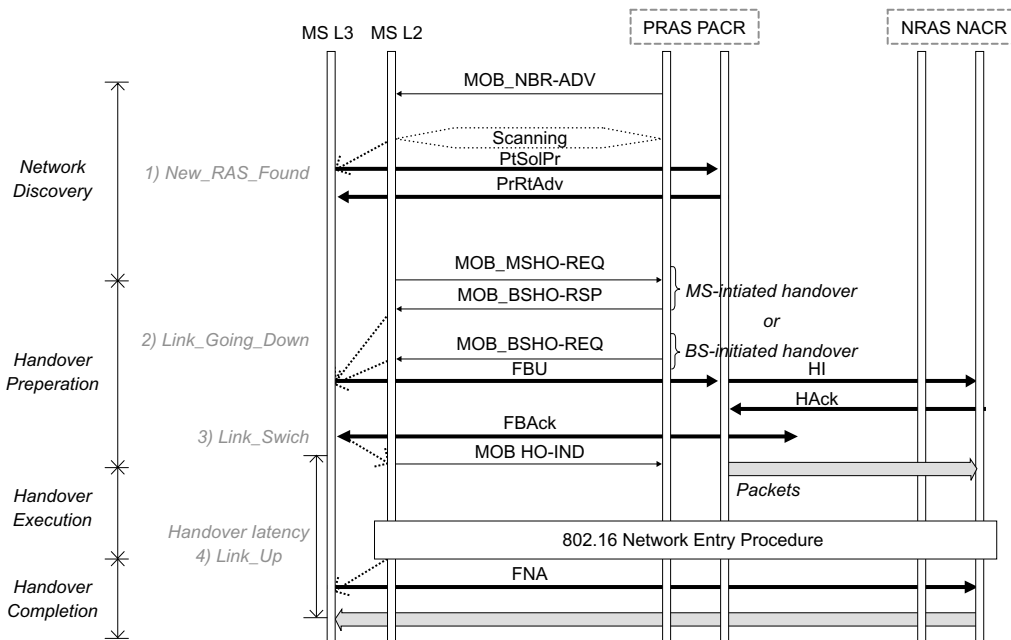


그림 2. 제안 핸드오버 절차

1) 인접 제어국 정보수집 단계

2장에서 설명한 바와 같이 단말은 인접 네트워크 탐색 단계에서 발견한 기지국이 속한 제어국의 정보를 수집하기 위하여 서빙 제어국과 RtSolPr 및 PrRtAdv 메시지를 교환한다. 이러한 메시지 교환이 신속하게 이루어지도록 하기 위하여 단말 내 계층간 정보 전달을 위한 다음과 같은 프리미티브를 정의한다.

- New_RAS_Found(New RAS IDs)
 - 송신: 단말내 MAC 계층
 - 수신: 단말내 IP 계층
 - 보내는 시점: 새로운 목적지 기지국 후보를 발견
 - 수신시 조치: RtSolPr 메시지를 서빙 제어국에 전송

새로운 인접 기지국의 ID가 포함된 New_RAS_Found 메시지를 수신하면 단말의 IP 계층은 해당 ID를 포함한 RtSolPr 메시지를 신속히 서빙 제어국에 전송한다. 한편 서빙 제어국이 RtSolPr 메시지를 받으면, [BSID, 제어국-Info]의 목록을 포함한 PrRtAdv 메시지로 회신한다. 제어국-Info는 제어국의 IP 및 MAC 주소와 제어국이 관리하는 Prefix가 포함된다. 인접 기지국들의 정보수집 및 후보 기지국 선정과 이와 연관된 제어국의 정보수집 과정은 와이브로의 핸드오버의 절차 중 특정 타이밍에 실행될 필요는 없으며 유희시간과 같이 이동단말이 편리한 시간에 수행할 수 있다.

2) 이동 준비 단계

이동단말이 목적지 기지국으로의 핸드오버를 결정한 후 MOB_MSHO-REQ를 보내거나 또는 서빙 기지국으로부터 MOB_BSHO-REP를 수신하면 MAC 계층에서 와이브로 핸드오버 절차가 개시된다. 핸드오버 시간을 최소화하기 위해서 단말은 MOB_BSHO-RSP/MOB_BSHO-REQ를 수신한 후, 지연 없이 제어국에게 FBU를 전송해야한다. 그러나 단말내 MAC 계층의 와이브로 핸드오버 과정과 IP 계층

내 FMIPv6 고속 핸드오버 메커니즘은 각각 독립적으로 동작하므로, MOB_BSHO-RSP/MOB_BSHO-REQ 수신 전에 FBU가 전송되는 경우가 발생하거나, MOB_BSHO-RSP 또는 MOB_BSHO-REQ이 수신되었더라도 IP 계층의 고속핸드오버 모듈이 이 사실을 인지하지 못하여 FBU의 전송을 지연함으로써 전체적으로 핸드오버 수행이 지연되는 결과를 초래할 수 있다. 그러므로, MAC 계층에서의 MOB_BSHO-RSP/MOB_BSHO-REQ 수신을 IP 계층에 통보하기 위한 다음과 같은 프리미티브를 새로이 정의한다.

- Link_Going_Down
 - 송신: 단말내 MAC 계층
 - 수신: 단말내 IP 계층
 - 보내는 시점: MOB_BSHO-RSP 또는 MOB_BSHO-REQ 메시지 수신
 - 수신시 조치: FBU 메시지를 제어국에 전송

서빙 제어국은 이동단말로부터 FBU를 수신하면 목적지 제어국과 HI 및 HAcK 메시지 교환을 통해 PCoA-NCoA 간의 터널을 생성하고, 핸드오버 후 사용할 NCoA를 포함한 FBACk 메시지를 단말에게 전송한 후 곧바로 데이터 패킷을 NCoA로 터널링 한다.

3) 이동 실행 단계

이동단말이 고유한 NCoA가 포함된 FBACk 메시지를 성공적으로 수신하였다면, 단말은 빠르게 MAC 계층 핸드오버를 수행해야 한다. 특히, 제어국은 이 때 이미 패킷을 NCoA로 터널링을 하고 있으므로 단말은 가능한 신속하게 핸드오버를 수행해야 한다. 이러한 MAC 계층 핸드오버는 MOB_HO-IND 메시지를 단말이 기지국에게 보냄으로써 개시된다. FBACk 메시지 수신 후 즉시 MOB_HO-IND 메시지를 보내고 신속한 핸드오버를 수행하기 위해 다음과 같은 프리미티브를 정의한다.

- Link_Switch
 - 송신: 단말내 IP 계층
 - 수신: 단말내 MAC 계층

보내는 시점: FBBack 메시지 수신

수신시 조치: MOB_HO-IND 메시지를 기지국에게 전송하고 핸드오버를 수행

Link_Switch 프리미티브는 IP 계층에서 MAC 계층으로 보내는 일종의 계층간 명령(command)으로 단말의 IP 계층이 FBBack 메시지를 수신한 이후에 곧바로 MOB_HO-IND를 전송하도록 하는 기능을 포함한다. 즉, 이전 네트워크에서 수행해야 할 FMIPv6 핸드오버 절차가 완료된 뒤에 단말이 이동하도록 하기 위해, 단말의 MAC 계층은 정의된 Link_Switch 프리미티브를 수신할 때까지 MOB_HO-IND 송신을 지연한다. Link_Switch는 단말이 IP 계층에서 이동 준비가 완료되는 즉시 신속히 이동을 개시하거나, IP 계층의 이동 준비가 완료될 때까지 MAC 계층에서의 이동 개시를 보류하기 위해 사용함으로써 핸드오버의 지연 시간을 단축하고 가능한 predictive mode로 동작할 확률을 높이는 효과가 있다. 그러나 해당 기지국로터의 신호품질이 급격히 저하되어 서비스의 단절이 예상되면, 단말은 IP 계층의 이동 준비가 완료되지 않더라도 목적지 기지국으로의 이동을 개시해야 한다. 이 경우, Link_Switch 메시지는 활용되지 않으며 단말은 핸드오버 이후 reactive mode로 동작할 가능성이 크다.

4) 핸드오버 완료 단계

단말이 새로운 망으로 이동을 했다면 기지국과 동기를 맞추고 망진입 절차(network entry)를 수행한다. 이 단계에서 단말은 새로운 기지국과 RNG-REQ/RSP, SBC-REQ/RSP, PKM-REQ/RSP, REG-REQ/RSP 메시지를 교환한다. 망진입 절차의 완료와 함께 단말의 MAC 계층에서의 핸드오버 과정은 완료되며, 곧바로 다음과 같은 프리미티브를 단말내 IP 계층으로 보낸다.

- Link_Up

송신: 단말내 MAC 계층

수신: 단말내 IP 계층

보내는 시점: 망진입 절차 완료 시점

수신시 조치: FNA 메시지를 목적지 제어국에 전송

단말은 Link_Up을 통하여 IP 계층에게 MAC 계층 핸드오버가 모두 완료되어 링크를 통한 패킷 송수신이 가능함을 통보하고 IP 계층은 이를 수신하는 대로 바로 목적지 제어국에 FNA 메시지를 전송한다. 목적지 제어국이 단말로부터 FNA를 수신하면 자신이 버퍼링했던 터널링 패킷들을 단말에게 전송하고 핸드오버 과정을 완료한다. 이 시점부터 이동한 망에서 단말의 통신이 가능하며 핸드오버 이전에 유지하던 세션이 새로 재개될 수 있다.

5. 결론

현재 와이브로 표준은 기존 고정 사용자를 지원하는 것 외에 이동 사용자까지 지원하기 위한 핸드오버 기술을 핵심 기능으로 정하고 두 기지국간 이동에 관한 표준 절차를 정의하고 있다. 하지만 이동단말이 제어국(다른 서브넷) 간의 핸드오버를 수행할 때는 추가적으로 새로운 IP 주소를 획득하고 기존의 세션을 재개하기 위한 IP 계층의 이동성 지원 절차가 뒤따라야 한다. 본 고는 IETF에서 최근에 RFC로 제정된 IPv6 핸드오버 기술인 FMIPv6을 바탕으로 이를 와이브로 망에 적용할 때 고려해야 할 네트워크 탐색, 이동 준비, 이동 실행, 이동 완료에 관한 구체적 기술을 기술하고 있다. 특히, 본 고는 표 1에서와 같이 핸드오버 수행 단계마다 필요한 MAC 계층과 IP 계층 사이의 상호 연동을 위한 프리미티브들을 제안하였다. 또한, 제시된 프리미티브들을 활용하여 FMIPv6 핸드오버 절차 및 와이브로 핸드오버 절차를 최적화함으로써 단말의 핸드오버 지연시간을 최소화하기 위한 방안을 제시하였다.

표 1. 와이브로 망에서 FMIPv6 최적화를 위한 프리미티브(Primitive) 정리

Primitive	전송방향	설명
New_RAS_Found	MAC 계층 → IP 계층	MAC 계층에서 새로운 기지국이 발견되었으므로 그 기지국과 연결된 새로운 제어국의 정보를 획득해야 할 필요가 있음을 IP 계층에 통보함
Link_Going_Down	MAC 계층 → IP 계층	링크에서 감지되는 신호의 세기가 점차 약화되어 핸드오버가 임박하다고 판단되므로 IP 계층에게 핸드오버 프로시저를 준비해야 함을 통보함
Link_Switch	IP 계층 → MAC 계층	IP 계층의 핸드오버 실행 준비가 완료되었으므로 MAC 계층에게 실질적인 핸드오버 수행을 지시함
Link_Up	MAC 계층 → IP 계층	핸드오버 후, 새로운 링크에서 네트워크 진입과정 완료 후, 링크가 사용 가능함을 IP 계층에게 통보함

참고문헌

[1] TTAS.KO-06.0082, 2.3GHz 휴대인터넷 표준-물리계층 및 매체제어계층, 2005년 6월 29일

[2] Johnson, D., Perkins, C., and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, June 2004

[3] N. Montavont and T. Noel, "Handover Management for Mobile Nodes in IPv6 Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 38-43, Aug. 2002.

[4] L. Leoleis, G. Venieris, I.O. Dimopoulou, "Fast handover support in a WLAN/WMAN environment: challenges and perspectives," IEEE Network, Vol. 19, No. 3, PP. 14-20, May-June 2005.

[5] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", RFC 4068, July 2005.

[6] IEEE 802.16 TGe WG draft(Draft Standard), "Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands", IEEE 802.16e/D12, Oct. 2005.

[7] WiMAX Network WG document, "End-to - End Network Systems Architecture"(Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and 12 Reference Points), September 2005. **TTA**