

# WiFi와 mobile WiMax간 핸드오버 방안

## Handover Scheme between WiFi and Mobile WiMax

박승균

한북대학교 컴퓨터정보학과

SeungKyun Park(skpark@hanbuk.ac.kr)

### 요약

현재 무선 인터넷 접속 서비스는 3G 이동 통신 네트워크, mobile WiMAX, WiFi 등을 통해 언제 어디서든 이루어지고 있다. 다양한 무선 네트워크가 혼재해 있는 환경에서 사용자는 상황에 따라 네트워크를 선택할 수 있어야 하며 또한 동종 또는 이기종 네트워크간 이동성 지원도 필요로 하고 있다. 이러한 이유로, 서비스 지역이 가장 넓은 3G 네트워크를 주축으로 3G-mobile WiMAX(IEEE 802.16e)와 3G-WiFi(IEEE 802.11)에 대한 연동 방안들이 많이 연구되어 왔다. 그러나 최근 넷북, 전자책, 스마트폰 등의 등장과 함께 무선 인터넷 사용이 늘면서 mobile WiMAX와 WiFi 서비스 지역이 급속히 증가하고 있으며 특히 인터넷 전화 서비스와 같은 실시간 애플리케이션 사용이 가능해 집에 따라 전통적인 음성 서비스를 하는 3G 이동 통신 네트워크의 비중은 점차 줄고 무선 인터넷 접속네트워크인 mobile WiMAX나 WiFi는 그 비중이 점차 커지고 있다.

따라서 본 논문에서는 mobile WiMAX와 WiFi간 이동성 지원과 핸드오버 지연을 최소화 하는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) 기반의 핸드오버 방안을 제안한다. 제안한 방안에서 이동 노드(MN)는 WiFi와 mobile WiMAX 두 개의 인터페이스를 갖는 이중 스택 구조이며 WiFi가 이동성 지원을 하지 않으므로 기존 동종 네트워크간 핸드오버시 게이트웨이간 핸드오버 시그널링을 처리하는 기능을 이동 노드에 두도록 제안하고 있다. 동종 네트워크간 핸드오버와 비교해 제안된 핸드오버 방안은 해석적 평가를 통해 핸드오버 지연 및 전송 지연과 시그널링 오버헤드가 감소함을 보여준다.

■ 중심어 : | mobile WiMAX | WiFi | PMIPv6 | 핸드오버 | 이중 인터페이스 |

### Abstract

At present wireless internet access service is available through the 3G network, mobile WiMAX and WiFi anytime and anywhere. In this environment where there are various networks, users should be able to select specific networks depending on different situations. And it is necessary to provide mobility support between homogeneous and between heterogenous networks. Given this situation, the many proposals have been presented to link 3G, which has the largest service area among various networks, with mobile WiMAX(IEEE 802.16e), or with WiFi(IEEE 802.11). But, recently, with the increasing volume of wireless internet use and wireless internet data, due to the advents of net-book, e-book and smart phone, the service area of WiFi and mobile WiMAX has rapidly expanded. Especially, the availability of real-time application such as internet phone has led to the relative shrinking of the proportion of 3G mobile communication network giving conventional voice service, and enlargement of those of wireless internet access networks like WiFi and mobile WiMAX.

This paper suggests a handover scheme based on PMIPv6, which support mobility between WiFi and mobile WiMAX, and minimizes handover delay. In this scheme, the mobile node has a dual stack structure composed of two interfaces-WiFi and mobile WiMAX. Since WiFi does not support mobility, it is suggested that the mobile node have the capacity to deal with handover signaling between gateway in case of handover between homogeneous networks. This handover scheme, suggested comparing with current handovers between homogeneous networks, has proved, in its analytic evaluation, to be able to reduce handover, transmission, and signaling overhead.

■ keyword : | mobile WiMAX | WiFi | PMIPv6 | Handover | Dual Interface |

## I. 서론

3G 이동 통신 표준 기구인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)와 3GPP2에서는 음성-데이터 통합 네트워크를 위해 3G-WiFi 연동을 제안하고 있으며, 연동에 대한 요구 사항과 사용자에 대한 인증 및 과금 정책 그리고 핸드오버 시나리오를 정의하고 있다. 현재까지 3G 이동 통신 네트워크를 이용한 무선 인터넷 접속은 현재 가장 많이 사용되는 방법이지만 하나 데이터 전송 대역폭과 접속 비용에 있어 사용자들을 충분히 만족시키지 못하고 있다[5][6]. 반면 IEEE 802.16e을 기반으로 한 mobile WiMAX [1][7][9]는 무선 인터넷 접속 네트워크로 3G 이동 통신 네트워크와 마찬가지로 이동성을 지원하며 상대적으로 전송 대역폭이 크고 접속 비용이 저렴한 장점을 갖고 있다. 그러나 아직까지는 3G 이동 통신네트워크에 비해 접속 서비스 지역이 충분히 넓지 않아 mobile WiMAX의 사용 범위는 제한적이다. 최근 들어 스마트폰 열기와 함께 폭증하고 있는 고속 무선 인터넷 접속 요구와 데이터 전송을 위해 각 이동통신사들이 무선 데이터 접속네트워크인 WiFi의 서비스 지역을 확대하고 있는 추세이다. 그러나 IEEE 802.11 기반의 WiFi [2][5]에서는 단말기의 휴대성과 이동성 지원이 고려되지 않는다는 문제점을 갖고 있다.

mobile WiMAX와 WiFi는 둘 다 무선 접속 IP 네트워크로 각자의 서비스 지역 확대에 있어 상호 보완적 역할을 할 수 있다. 그러나 WiFi는 Mobile IP와 같은 이동성을 지원하지 않기 때문에 사용자가 WiFi 서비스를 이용 중에 mobile WiMAX로 이동 할 때 기존의 핸드오버 서비스를 받지 못한다. 본 논문에서는 3G-WiFi 또는 3G-mobile WiMAX [6][7]에서 3G 음성 망의 병목현상으로 인한 데이터 지연이 없는 WiFi와 mobile WiMAX의 혼합 네트워크와 그 연동 그리고 상호 네트워크간 핸드오버에 대한 방안을 제안한다.

먼저 각 네트워크의 동작 방식을 간단히 살펴보면 WiFi는 IEEE 802.11을 기반으로 한 무선 데이터 접속 네트워크로 WLAN 이라고도 불리 운다. 사용자 노드는 AP(Access Point)을 통해 게이트웨이로부터 IP 주소를 할당 받아 사용한다. 다른 WiFi 서비스 지역으로

이동하게 되면 서비스 중인 연결은 끊기게 되며 이동 지역의 AP와 새로운 연결을 시도하며 이후 새로운 IP를 받아 사용하게 된다. 이 과정에서 만약 사용자 노드가 인터넷 연결 서비스를 사용 중이었다면 그 연결은 완전히 끊기게 된다. 사용자는 다시 연결을 시도해야만 한다.

mobile WiMAX는 IEEE 802.16e 표준에서 서로 다른 네트워크 사이에서의 핸드오버를 현재 무선 접속 서비스를 받고 있는 BS(Base Station)에서 다른 BS로의 이동으로 정의하고 있다. 핸드오버 이전의 사용자 이동 노드(Mobile Node)와 관계를 맺고 있는 BS를 serving BS라 부르며, 핸드오버 이후 MS와 관계를 맺게 되는 BS를 target BS라 부른다. 핸드오버 초기 과정은 MN이 이웃한 BS들과 scanning, ranging 그리고 무선 인터페이스와 관련된 파라미터 및 상호 정보 교환을 목적으로 수많은 핸드오버 시그널링 메시지를 주고받는다. 이 과정은 수 백 밀리초가 걸리며 MN이 새로운 채널을 획득 할 때까지 전송 중인 패킷들은 serving BS에 버퍼링된다. 버퍼링된 패킷들은 MN이 target BS로부터 새로운 CoA(Care of Address)와 무선 채널을 획득 한 후 전송 받게 된다. 또한 mobile WiMAX에서는 핸드오버 과정에서 발생하는 등록 지연을 최소화하기 위해 Proxy MIPv6 [8][10][11]를 제공하고 있다.

WiFi 사용자가 mobile WiMAX 지역으로 이동할 때 WiFi의 게이트웨이가 핸드오버 기능을 가지고 있지 않기 때문에 mobile WiMAX에서 사용자 노드에 대한 핸드오버를 제공하지 않는 문제점이 있다. 반대로 mobile WiMAX 사용자가 WiFi 지역으로 이동 할 때도 같은 문제가 발생 한다. WiFi-WiMAX 혼합 네트워크에서 상호 핸드오버를 제공하기 위해 방법은 크게 WiFi 네트워크와 mobile WiMAX 네트워크 사이에 상호 기능을 에뮬레이트(emulate) 할 새로운 게이트웨이를 두는 것과 이러한 에뮬레이션 기능을 사용자 노드에 두는 두 가지로 생각 할 수 있다. 첫 번째 방법은 각 네트워크의 서비스 사업자가 다를 경우 새로운 게이트웨이의 추가와 운영, 관리 및 그 비용 책임이 또 다른 문제로 발생하기 때문에 구현이 쉽지 않을 것으로 예상된다. 그러나 WiFi와 mobile WiMAX를 둘 다 사용하는 사용자는

두 개의 인터페이스를 갖고 있는 이동 노드에 이 기능을 추가만 하면 되기 때문에 첫 번째 방법과 비교해 혼합 네트워크 구현과 그 서비스 제공 시기 측면에서 매우 큰 장점을 가지고 있다.

[그림 1]은 Proxy MIPv6 기반 WiFi-WiMAX 혼합 네트워크와 두 개의 인터페이스를 갖는 이동 노드를 보여 주고 있다.

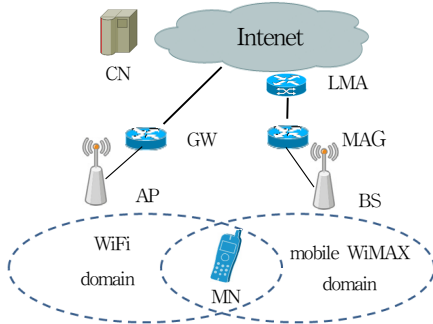


그림 1. WiFi-mobile WiMAX 혼합 네트워크

본 논문의 구성은 다음과 같이 구성된다. II 장에서는 Proxy MIPv6를 기반으로 하는 mobile WiMAX의 핸드오버 절차와 WiFi와의 혼합 네트워크에 적용했을 때 발생 되는 문제점을 살펴본다. III 장에서는 WiFi-mobile WiMAX 혼합 네트워크에서의 제안된 핸드오버 방안을 설명하고 제안된 방안에 대한 핸드오버 지연을 해석적 성능 평가를 통해 살펴본다. 마지막 IV 장에서 결론을 맺는다.

## II. Proxy MIPv6와 mobile WiMAX 핸드오버 절차

### 1. Proxy MIPv6

Proxy MIPv6는 핸드오버시 MN이 이동 관련 시그널링 처리에 직접 참여 하지 않도록 하는 네트워크 기반 이동성 관리 방안이다. 네트워크가 MN 대신 IP 이동성을 관리하는 책임을 갖는 구조이며 LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG(Mobile Access Gateway)가 있다. LMA(Local Mobility Anchor)는 MN의 멀리 떨어진

어저 있는 HA(Home Agent) 역할을 대신하여 MN의 바인딩 상태를 관리하며 네트워크 기반 이동성 관리에 필요한 기능을 추가로 수행한다. 그리고 MAG(Mobile Access Gateway)는 MN의 이동을 추적하고 자신의 접속 링크에 연결된 MN의 인증을 수행한다. 또한 MN을 대신하여 LMA와 함께 Proxy Binding Update와 Proxy Binding Acknowledgement 메시지와 같은 이동성 관련 시그널링을 처리한다. 이때 MAG와 LMA 사이에 MN이 홈 주소를 사용할 수 있는 양방향 터널이 설정된다. MAG는 MN의 홈 네트워크를 에뮬레이트하게 된다. 그러므로 MN은 항상 자신의 홈 네트워크에 있고 자신의 홈 주소를 쓸 수 있도록 보장 받는다. 결과적으로 MN은 이동에 따른 접속 점이 변경될 때 마다 MN에서 CoA(Care of Address) 획득과 재구성을 할 필요가 없어졌다. 이것은 MN의 IP 재구성에 따른 지연을 줄여 핸드오버 성능을 최적화 시킨다. 또한 MN과 HA를 대신해 LMA와 MAG가 이동성 관련 시그널링을 처리하므로 HA가 거리상 멀리 위치한 경우 전송 지연을 줄일 수 있어 바인딩 업데이트를 하는데 걸리는 시간을 상당히 단축할 수 있다.

### 2. mobile WiMAX 핸드오버 절차

mobile WiMAX의 핸드오버 절차는 HO trigger, scanning/ranging, HO indication/initiation, network re-entry 단계로 구분할 수 있다.

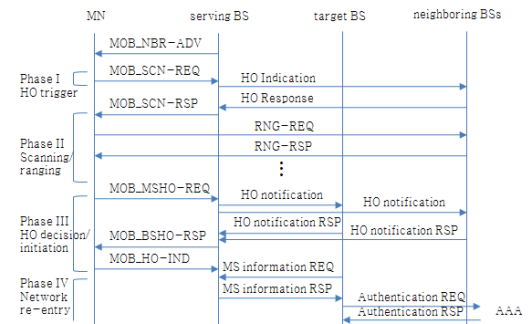


그림 2. mobile WiMAX 핸드오버 절차

먼저 BS들은 자신의 라디오 채널과 MAC 주소 정보를

포함한 Mobile Neighbor Advertisement(MOB\_NBR-ADV) 제어 메시지를 주기적으로 방송한다. 이 메시지를 수신한 MN은 이웃한 BS들을 인식하게 되며, 핸드오버 과정을 개시 하게 된다. MS는 이웃한 BS를 검색(scanning)하고 채널 동기화(synchronization)와 레인징(ranging) 절차를 차례로 수행한다. 먼저 MS는 잠재적 target BS 리스트를 포함한 Mobile Scanning Request(MOB\_SCN-REQ) 메시지를 serving BS에 보낸다. serving BS는 MS에게 검색 시간을 할당하기 위해 Mobile Scanning Response(MOB\_SCN-RSP) 메시지로 응답한다. MS는 이웃한 BS와 채널 동기화를 완료한 후 전송 파워와 같은 파라미터 교환을 위해 Ranging Request(RNG-REQ) 메시지와 Ranging Response(RNG-RSP) 메시지를 다 수 사용하게 된다. 핸드오버 결정과 개시는 MS의 MS HO Request(MOB\_MSHO-REQ) 메시지나 BS의 BS HO Reponse(MOB\_BSHO-RSP) 메시지로 시작될 수 있다. MOB\_BSHO-RSP 메시지를 수신한 MS는 serving BS에게 target BS를 나타내는 MOB\_MSHO-REQ 메시지를 보낸다. serving BS는 target BS에게 MS의 핸드오버를 알리는 통지 메시지(HO notification) 메시지를 보내고 응답 메시지를 받는 후 MS에게 MOB\_HO-RSP 메시지를 보낸다.

물리적 파라미터 조정 과정(ranging)이 완료된 후 MS와 target BS 간에 연결 설정을 위해 네트워크 재진입(network re-entry) 과정이 시작된다. 일반적으로 이 과정에 협상, 인증, 등록이 포함된다. 네트워크 재진입 완료 후 새로운 채널을 통해 패킷 전송이 다시 시작된다.

핸드오버 중 MS로 전송 중인 패킷들은 serving BS를 관리하는 MAG(serving MAG)로 HO request 메시지가 도착한 이후부터 네트워크 재진입이 성공할 때까지 MAG에 버퍼링된다. serving MAG는 target BS로부터 HO response 메시지 수신 및 확인 메시지를 보낸 후 버퍼링되는 패킷들을 target MAG로 포워딩하기 시작한다. target MAG는 포워딩되는 패킷들은 target BS와 MN간에 채널이 설정 될 때까지 다시 버퍼링한 후 target BS를 통해 MN에게 전송한다.

MN이 WiFi-mobile WiMAX 혼합 네트워크에서 핸드오버가 가능하게 하기 위해 몇 가지 문제와 제약이 따르게 된다. 먼저 WiFi는 이동성을 지원하지 않는 네트워크이므로 mobile WiMAX에서 WiFi로의 핸드오버는 고려하지 않고 MN의 이동 방향이 WiFi->mobile WiMAX, mobile WiMAX->mobile WiMAX인 경우만을 고려한다. 앞으로 MN이 [그림 1]과 같은 네트워크 토폴로지에서도 WiFi 영역 내에서 mobile WiMAX 영역 내로 진입하려 할 때의 핸드오버만을 예로 설명하도록 한다. [그림 1]에 mobile WiMAX의 일반적 핸드오버 절차를 적용할 때 몇 가지 문제가 발생한다.

첫째 AP가 serving BS의 기능을 수행하지 않기 때문에 핸드오버 자체가 이루어 질 수 없다.

둘째 WiFi에서 임시로 할당 받은 IP 주소는 MN의 홈 주소가 아니기 때문에 mobile WiMAX 영역 내에서는 사용할 수 없다.

셋째, AP와 BS 간에 버퍼링 및 포워딩이 수행되지 않아 패킷 손실 문제가 발생할 수 있다. TCP 연결 재설정 문제를 일으켜 전송 지연을 증가시킬 수 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 WiFi와 mobile WiMAX 두 개의 인터페이스를 갖는 MN을 제안하고, MN이 직접 이웃한 BS들과 핸드오버 시그널링 메시지를 처리하는 Proxy MIPv6를 기반의 핸드오버 방안을 III 장에서 설명하도록 한다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 WiFi와 mobile WiMAX 두 개의 인터페이스를 갖는 MN을 제안하고, MN이 직접 이웃한 BS들과 핸드오버 시그널링 메시지를 처리하는 Proxy MIPv6를 기반의 핸드오버 방안을 III 장에서 설명하도록 한다.

### III. WiFi-mobile WiMAX 핸드오버 방안

#### 1. 제안된 핸드오버 방안

실제 WiFi 영역 내에 있는 MN이 mobile WiMAX 영역으로 이동하게 되면 네트워크 수준에서의 핸드오버는 지원되지 않는다. WiFi 수신 신호의 세기에 따라 자연스럽게 연결이 끊기게 되며 mobile WiMAX에 자동으로 연결되지 않는다. 만약 사용자가 원한다면 MN의 채널을 수동으로 mobile WiMAX로 전환하여 재 연결을 시도하여야 하며 재 연결 되더라도 세션의 연속성은 사라지게 된다.

본 논문에서 제안하려는 핸드오버는 WiFi-mobile WiMAX 혼합 네트워크에서 네트워크 구조 변경이 필

요 없는 핸드오버 방안이다. 또한 상호 네트워크 간에 중복 지역이 충분히 넓다는 가정 하에 mobile WiMAX 가 이동성 지원을 위해 Proxy MIPv6를 사용하며 이동 노드는 두 개의 네트워크 인터페이스를 가지고 있다고 가정 한다.

Proxy MIPv6 기반 mobile WiMAX에서 BS들은 자신의 라디오 채널과 MAC 주소 정보를 MOB\_NBR-ADV 메시지를 통해 주기적으로 방송하여 서비스 영역 내에 있는 MN들이 주변의 BS들을 인식하게 된다. MAG는 BS를 통해 자신의 서비스 영역 내에 있는 MN의 이동을 추적하고 인증을 수행하며 MN의 HA 역할을 하는 LMA와 함께 터널을 형성하여 MN이 홈 주소를 사용하도록 에뮬레이트 한다.

제안한 핸드오버 방안을 계층 2와 계층 3으로 나누어 살펴 보도록 한다. 먼저 MN이 WiFi에서 mobile WiMAX로의 이동할 때의 계층 2 핸드오버 절차는 [그림 3]과 같다.

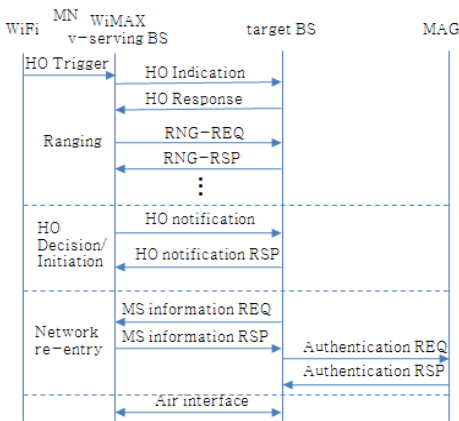


그림 3. MN의 2계층 핸드오버

핸드오버 트리거 신호(HO trigger)는 MN의 WiFi 인터페이스로부터 수신된 신호의 강도가 미리 정해져 있는 기준치 이하로 내려가기 시작할 때 내부 WiFi 제어부에서 mobile WiMAX 제어부로 전달된다. 이 때 사용되는 신호 세기의 강도는 [그림 1]에서 상호 겹치는 영역의 시작점이 기준이 될 것이다. mobile WiMAX 간 핸드오버 절차와 다른 점은 현재 서비스 중인 영역이

WiFi이며 AP를 통해 패킷을 송수신하고 있기 때문에 핸드오버 시그널링을 처리하기 위해서는 MN 스스로 mobile WiMAX의 BS 기능을 수행하여야 한다는 것이다. 또한 기존 유선을 통한 BS 간 핸드오버 시그널링 처리 및 필요한 정보 교환을 무선 채널을 통해 수행해야 한다. 앞으로 이 기능을 가상 serving BS(v-serving BS)라 부른다. MOB\_SCN-REQ, MOB\_SCN-RSP, MOB\_MSHO-REQ, MOB\_BSHO-RSP, MOB\_HO-IND와 같은 시그널링 메시지들은 생성 및 처리 과정을 거치지 않는다. 단 mobile WiMAX 간 핸드오버시에는 정상 동작 한다.

제안된 방안에서 WiFi->mobile WiMAX 핸드오버시 MAG에서의 버퍼링 및 포워딩 프로세스는 동작하지 않는다. MN의 네트워크 재진입 완료 후 MN의 mobile WiMAX 인터페이스와 target BS 간에 할당된 채널을 통해 계층 3 핸드오버 시그널링을 처리하게 된다. 제안된 방안에서 계층 2 핸드오버 완료 후 MAG는 MN을 위한 Proxy CoA를 가지고 LMA와 CN에 바인딩 업데이트를 동시에 한다. 바인딩 업데이트 이후 MAG-LMA-CN 사이에 터널이 생성된다. CN에 바인딩 업데이트 할 때 사용하는 MN의 이전 주소는 MN의 홈 주소(mobile WiMAX에서 할당한 주소) 대신 WiFi에서 할당한 주소를 사용할 것이다.

CN에서 바인딩 업데이트에 대한 확인 후 CN과 MN 사이에 새로운 터널 생성이 완료 된다. 터널 생성이 완료될 때까지는 CN에서 MN으로 WiFi 네트워크를 통해 패킷이 전송된다. 이 때 MN의 위치는 WiFi와 mobile WiMAX 중복 지역 내에 있으며 계층 3 핸드오버 완료 후에도 WiFi의 수신 강도가 여전히 양호한 상태를 나타낸다. 만약 핸드오버에 실패를 하더라도 여전히 WiFi 인터페이스를 통해 패킷을 전송 받을 수 있다. 핸드오버가 성공적으로 완료되면 CN에서 mobile WiMAX 네트워크를 통해 MN으로 패킷이 전송되기 시작한다. WiFi 연결 해제는 패킷이 mobile WiMAX 인터페이스를 통해 수신되는 시점이 될 것이다. 제안된 핸드오버 절차는 [그림 4]와 같다.

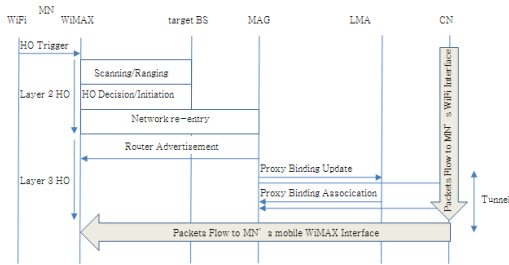


그림 4. MN의 3계층 핸드오버

2. 핸드오버 지연에 대한 성능 해석

본 논문에서 제안한 WiFi-mobile WiMAX 핸드오버 방안은 mobile WiMAX-mobile WiMAX 네트워크에서의 핸드오버 지연에 대한 해석적 분석[9][12]을 통해 비교 평가 하였다.

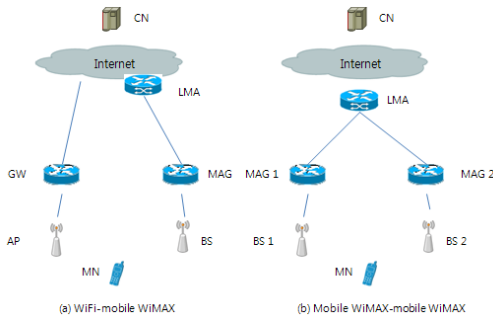


그림 5. 핸드오버 지연 모델

먼저 [그림 5](b)에서 핸드오버 지연 요소를 살펴 보면 크게 링크의 전송 지연 시간( $T_{LNK}$ ), serving BS와 target BS 사이의 계층 2 핸드오버 시간( $T_{BS-BS}$ ), MA와 LMA 사이의 계층 3 핸드오버 시간( $T_{MAG-LMA}$ )과 이전 MAG 1과 새로운 MAG 2에서의 버퍼링과 포워딩 처리 시간( $T_{BUF-FWD}$ ) 등으로 나누어 볼 수 있다. WiFi-mobile WiMAX([그림 5](a))에서 제안된 핸드오버 방안의 전체 핸드오버 지연 시간을  $T_{HD-PR}$ , mobile WiMAX-mobile WiMAX([그림 5](b))에서 기존 핸드오버 방안의 전체 핸드오버 지연 시간을  $T_{HD-TR}$ 이라고 할 때, 각각의 지연 시간은 대략적으로 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$(1) T_{HD-TR} = T_{LNK-TR} + T_{BS-BS} + T_{MAG-LMA} + T_{BUF-FWD}$$

$$(2) T_{HD-PR} = T_{LNK-PR} + T_{AP-BS} + T_{MAG-LMA} + T_{MAG-CN}$$

여기서 링크 전송 지연 시간  $T_{LNK-TR}$ 와  $T_{LNK-PR}$ 는 각각의 무선링크와 유선링크의 전송 지연이 같다고 가정하면 다음과 같다.

$$(3) T_{LNK-PR} \approx T_{LNK-TR}$$

또한 제안된 방안의 계층 2 핸드오버 과정(AP->BS)을 살펴 보면 기존 MN-BS1과의 핸드오버 시그널링 처리 과정이 없고, MN의 무선 인터페이스를 통해 직접 BS(MN-BS)와 핸드오버 시그널링을 교환하기 때문에 기존 핸드오버(BS1->BS2) 시그널링 전달 경로인 MN-serving BS1-MAG1-LMA-MAG2-BS2에서의 지연 보다 훨씬 작다.

$$(4) T_{AP-BS} \ll T_{BS-BS}$$

계층 3 핸드오버에서의 지연은 MAG가 Proxy CoA를 이용하여 LMA에 바인딩 업데이트 및 확인하는 과정에서 발생한다. 기존 방안에서는 MAG1-LMA 간 등록 해제를 위한 바인딩 업데이트 지연이 추가된다.

$$(5) T_{MAG-LMA} \approx 2 \cdot T_{MAG-LMA}$$

마지막으로 제안한 방안에서 MAG은 LMA뿐만 아니라 CN에게도 바인딩 업데이트를 하는  $T_{MAG-CN}$  지연이 추가된다. 이것은 MAG에서 CN까지의 링크 길이에 따라 지연이 증가하게 된다. 상대적으로  $T_{BUF-FWD}$ 는 계층 2 핸드오버 시작점에서부터 버퍼링되어 3 계층 핸드오버가 완료되는 시점에 MN으로 포워딩됨으로 제안된 방안의 지연이 다소 클 것으로 예상된다.

$$(6) T_{MAG-CN} \geq T_{BUF-FWD}$$

결론적으로 제안된 방안의 핸드오버 지연이 보다 작음을 알 수 있다.

$$\therefore T_{HD-PR} < T_{HD-TR}$$

#### IV. 결론

본 논문에서는 이동성을 지원하지 않는 WiFi 네트워크 사용자가 mobile WiMAX 서비스 영역으로 이동할 때 핸드오버할 수 있는 방안과 절차를 제안하였다. 또한 제안된 방안에 대해 시뮬레이션 단계를 거치지 않았지만 분석적 방법에 의해 핸드오버 지연과 시그널링 오버헤드가 기존 핸드오버에 비해 상대적으로 작음을 알 수 있었다. 그러나 제안된 방안은 사용자 노드가 WiFi에서 mobile WiMAX로의 이동만을 고려한 것으로 앞으로 mobile WiMAX에서 WiFi로의 반대 방향 이동 등 보다 다양한 시나리오를 바탕으로 한 기술적 분석과 특성 등에 대한 연구가 필요하다. 또한 제안된 방안에 대해 핸드오버 지연에 따른 전송 지연과 불필요한 패킷 흐름제어 및 패킷 손실 등에 대한 추후 연구가 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] M. S. Shim and H. S. Kim, "A Fast Handover Mechanism for IPv6 Based WiBro System," *Advanced Communication Technology*, 2006. The 8th International Conference, Vol.2, pp.945-950.
- [2] T. J. Tsai and J. W. Chen, "IEEE 802.11 MAC Protocol over Wireless Mesh Networks: Problem and Perspectives," *19th International Conference on AINA*, Vol.2, pp.60-63, 2005(3).
- [3] Guping Zheng and Hao Wang, "Optimization of Fast Handover in Hierarchical MobileIPv6 Networks," *Computer Modeling and Simulation*, 2010. ICCMS'10. Second International Conference on, Vol.4, pp.285-288, 2010(1).
- [4] Sulander, M., Hamalainen, Viinikainen, A., Puttonen, J., "Flow-based Fast Handover method for Mobile IPv6 network," *Vehicular Technology Conference*, Vol.5, pp.2447-2451, 2004.
- [5] L. Dimopoulou, G. Leoleis, and I. O. Venieris, "Fast handover support in a WLAN environment: challenges and perspectives," *Network, IEEE* Vol.19, pp.14-20, 2005.
- [6] 김석훈, 김철홍, 조진성, "3G-WiBro 고속 핸드오버를 위한 연동 방안", *한국통신학회 논문지*, Vol.30 No.5B pp.264-273, 2005.
- [7] Wenhua Jiao, Pin Jiang, and Yuanyuan Ma, "Fast Handover Scheme Real-Time Applications in Mobile WiMAX", *ICC 2007 proceedings*.
- [8] L. A. Magagula, H. A. Chan, and O. E. Falowo, "Handover Coordinator for Improved Handover Performance in PMIPv6-Supported Heterogeneous Wireless Networks," *Wireless Communications and Networking Conference(WCNC)*, 2010 IEEE, pp.1-6, 2010(4).
- [9] M. Kim, J. M. Kim, and H. S. Kim, and I. K. Ra, "A proxy mobile IP based layer-3 handover scheme for mobile WiMAX based wireless mesh networks," *Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, 2010 Second International Conference on, pp.33-38, 2010(6).
- [10] P. Kim, S. Kim, J. Jin, and S. Lee, "Proactive Correspondent Registration for Proxy Mobile IPv6 Route Optimization," *IJCSNS international Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.7, No.11, 2007(11).
- [11] K. Kong and W. Lee, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," *IEEE Wireless Communications*, 2008(4).

- [12] Guojun Dong and Jufeng Dai, "An improved handover algorithm for scheduling services in IEEE802.16e," Mobile WiMAX Symposium, 2007. IEEE, pp.38-42, March 2007(3).

### 저자 소개

박승균(Seung Kyun Park)

정회원



- 2003년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한북대학교 컴퓨터정보학과 교수

<관심분야> : 이동통신, Mobile IP, 유비쿼터스