

# IP Mobility Management 기술 동향

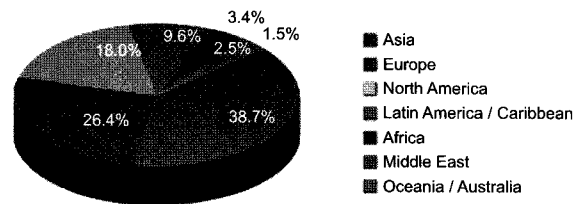
박진우 | 조유제\* | 김영한\*\*  
고려대학교, 경북대학교\*, 숭실대학교\*\*

## 요약

Internet World Stats에 의하면 2007년 말로 세계 인터넷 사용자는 13억 명을 넘었으며 기술 신생국가를 중심으로 사용자 수가 더욱 급속한 속도로 증가하고 있다고 하니, 당연히 현대 인류사회를 인터넷 사회라고 일컬을 만하다. 요즘에 더욱 다양한 형태의 인터넷 서비스로 확산되면서 인터넷 기술의 특성으로 인해 기능적인 문제와 사회적인 문제가 크게 대두되고 있다. 그러나, 현재까지의 인터넷의 확산 속도와 위세로 미루어볼 때에 현존 인터넷 기술의 문제점을 극복하고 이로부터 새로운 기술과 서비스를 도모하는 방향으로의 진전이 예상되고 있다. 본고에서는 현재 인터넷기술의 본연적 특성으로 인해 제한되고 있지만 가까운 시점에서 반드시 실현되어야 할 중요한 주제인 인터넷 이동성 관리 기술에 대한 현황과 미래 동향을 기술하고자 한다.

중국과 인디아를 감안하면 인터넷의 활용 측면에서 아시아는 다른 대륙을 훨씬 앞서고 있으며 그 경향은 더욱 강해질 것으로 예상된다. 이렇게 인터넷의 활용이 활발하다는 사실은, 사회적으로 인터넷 정보통신 서비스가 다양하게 이루어지고 있고 그러한 인터넷 서비스와 기술에 익숙한 인구 계층이 두껍다는 것을 뜻하며, 이로부터 미래 인터넷 기술과 서비스를 선도적으로 발전시킬 수 있는 유리한 기반을 갖춘 것으로 유추할 수 있을 것이다.

### World Internet Users December 2007



Source : www.internetworldstats.com  
Copyright©2008, Miniwatts Marketing Group

(그림 1) 세계의 인터넷 사용자 현황

## 1. 서론

Internet World Stats에 의하면 2007년 말 세계적으로 인터넷 사용자는 약 13.2억 명으로 추산되고 있으며, 전체 사용자의 38.6%인 5.1억 명이 아시아 권역에, 그 중에 한국은 3.4천만명으로 약 70.2%의 인구가 그리고 아시아 국가 중에 인터넷 경쟁국인 일본은 8.7천만 명으로 약 68.7%의 인구가 인터넷을 사용하고 있다고 한다 [1]. 대만, 파키스탄, 말레이시아, 특히 여러모로 세계의 경제대국으로 떠오르고 있는

인터넷이 30여년 전에 학술용 통신서비스로서 시작해서 최근에 상용 정보통신 서비스로서 전 세계로 급격히 확산된 배경에는 인터넷 서비스의 상용화 기술에 큰 발전이 있었기 때문이기도 하지만, 근본적인 원인은 인터넷의 기본인 TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internetworking Protocol) 프로토콜의 구조적 간결성에 그 원인이 있다고 할 수 있다. 세계 어느 장치이든 간단한 번호로 이루어진 하나

의 인터넷 주소를 할당받으면 (등록이 되면), 이 번호는 사용자의 특정 위치를 뜻하므로 네트워크에 접속되는 순간에 다른 인터넷 주소번호의 장치 또는 사용자와 연결될 준비가 완료된다. 이런 연결 상태를 통해서 일대일, 필요한 경우에는 일대 다수 또는 다수 대 다수 사용자간의 양방향 통신이 이루어지게 되는데, 이런 특성으로 인해 전 세계가 하나의 체계 안에서 소통되는 global 네트워크 서비스가 이루어 지는 것이다.

이제까지 주로 사용되었던 인터넷 서비스는 단순 메시지 주고받기, 파일 전달, 네트워크 DB 및 프로세서 등으로의 접속 서비스 등이었지만, 최근에는 실시간 음성 인터넷 서비스인 VoIP (Voice over IP) 서비스가 널리 확산되고 있다. 10년 전쯤에 상용화에 실패했던 VoIP 가 새롭게 성공적인 서비스로 재등장하게 된 이유는 그 동안에 네트워크의 성능이 크게 향상되었고 안정성이 높아졌기 때문이다. 이런 VoIP 서비스의 광범위한 확산은 네트워크 기술과 시장에 큰 변화를 가져오고 있다. 즉 과거에 네트워크의 시작과 발전의 동기를 제공했던 아날로그 음성 서비스가 VoIP 에 의하여 디지털 음성 데이터 서비스로 교체되면서, 신호를 전달하는 네트워크의 모든 요소들에 획기적인 변화를 요구하게 되었고 이로부터 네트워크 단말부터 라우팅 장치에 관련된 모든 소프트웨어와 하드웨어에 변화를 일으키고 있다.

최근까지 인터넷 서비스에서의 변화는 협대역 데이터 서비스가 광대역화 되는 현상이었다. 광섬유 통신기술의 고성능화 및 저가격화에 힘입어 네트워크의 물리계층이 지속적으로 광대역화 되어왔다. 이 추세는 광대역 신호인 영상 및 화상 정보를 값싸게 전송할 수 있는 네트워크로의 발전을 촉진하였고, 현재에 이르러 IPTV 등의 새로운 영상 중심의 인터넷 서비스로 세계의 주목을 받고 있다.

인터넷 네트워크의 광대역화와 고기능화를 통한 변화 다음의 움직임은 무엇일까. 이 질문에 대한 답은 주변 정보통신 서비스의 변화를 살펴봄으로써 예측이 가능할 것이다. 유선 네트워크에서 인터넷의 대대적인 확산이 있었다면, 무선 통신 분야에서는 이동통신 서비스의 폭발적인 확산이 있었다. 이제부터 나뉘어서 별개로 발전해왔던 두 개의 통신 서비스의 결합은 매우 자연스러운 추세이며, 이러한 서로 다른 기술 및 서비스 사이의 융합은 각종 인터넷 서비스에 이동성을 제공하는 방향으로 Mobile IP 라는 이름으로 진행

되고 있다.

Mobile IP 기술, 또는 이동 인터넷 기술은 유선 인터넷에서 제공되는 서비스가 이동 중인 서비스 단말장치에도 동일하게 제공되도록 하는 데에 필요한 기술들의 집합을 지칭한다. Mobile IP 기술은 기존의 이동 통신망에서 이동성을 제공하던 기술과 현저한 차이가 있다 [2,3]. 이미 언급했던 바와 같이, 인터넷은 원리적으로 사용자 위치에 따라 인터넷 주소의 영구 할당방식에 의해 다른 등록 사용자를 인식하고 정보를 교환하는 개방형 네트워크 특성에 기반을 두고 있다. 그러나, 단말장치가 이동하게 되면, 즉 특정 인터넷 주소의 위치가 변하므로 이를 관리하기 위해서 네트워크 관리장치인 Home Agent (HA) 그리고 신호 통신 대상 장치인 Corresponding Node (CN) 사이에 수많은 관리절차가 수행되어야 한다.

특히 사용자의 통신 관리정보인 AAA (Authentication, Authorization, Accounting) 정보도 사용자 장치의 이동에 따라 관리자가 변하든지 또는 새로운 관리체계를 필요로 하게 된다.

결론적으로 현재까지 논의되어 왔던 Mobile IP의 기술 수준으로는 이동통신망에서 제공해왔던 완전한 이동성을 보장하는 단말장치에서 이동 인터넷 서비스, 특히 VoIP 등과 같이 신호 전달지연에 민감한 서비스를 효과적으로 지원하기에는 미흡하다. 특히 다양하고 복합적인 무선 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 본격화될 때에, 이로부터 발생하는 방대한 이동 인터넷 트래픽을 지원하는 인터넷 네트워크 기술은 아직도 해결하기에 어려운 난제도 남아있다. 본고에서는 과거에 많은 경우를 통해 소개되었던 기본적인 Mobile IP 이론에 대한 소개는 생략하고, 끊임없는 (seamless) 한 광대역 멀티미디어 서비스의 이동성을 지원하기 위해 최근에 이루어진 IP 이동성 관리기술 연구의 동향을 소개하기로 한다.

## II. 이동 인터넷 지원을 위한 네트워크 구조

최근에 이동통신 서비스뿐만 아니라 무선 액세스 서비스들이 상당히 크게 증가하였다. 무선 네트워크에서의 이동성

지원 관리기술은 단지 노메딕 (nomadic) 네트워킹에서 이동 (mobile) 네트워킹의 형태로 기술이 발전하고 있다. 이동 네트워킹은 단말이 동종 또는 이종 무선 액세스 통신망 간에 이동하여 핸드오버를 수행하는 경우 단말의 어플리케이션 세션이 유지되어 서비스의 지속성이 보장되는 것을 말한다. 비록 현재의 많은 기술들이 모바일 네트워킹을 제공한다고 하지만, 완전한 서비스의 지속성을 보장하는 것은 아니다. 즉, 끊임없는 이동성 서비스를 제공하는 것은 단말이 이동할 때에 이동 단말의 어플리케이션 세션이 유지되고 또한 만족할 만한 품질 서비스(Quality of Service: QoS)를 이동 단말에게 제공할 수 있어야 한다. 따라서 음성과 화상회의 (video conferencing) 등과 같이 QoS에 민감한 어플리케이션 서비스들을 끊임없이 제공하기 위한 기술은 현재 사용하고 있는 기술과 현저히 다른 수준의 기술이어야 한다.

인터넷 서비스는 그동안 음성 정보의 전달을 목적으로 구축했던 네트워크를 통해서 이루어져 왔으나, 최근에 들어 데이터 즉, IP datagram 전달에 더욱 효율적인 네트워크로 진화하는 중에 있다. (그림 2)는 이동 인터넷 서비스의 제공을 위해 네트워크에서 이루어지는 신호 변환 체계의 한 예를 계층개념으로 간략하게 설명한 것이다. 현재 이동 인터넷 서비스를 지원하는 온전한 IP (all-IP) 네트워크는 여러 가지 형태로 연구되고 있을 뿐 아직 상용화 서비스를 위해 운영 중인 예는 없다. 따라서 대부분의 이동 인터넷 서비스에서 발생하는 데이터 (IP 데이터그램)은 (그림 2 (a))에서와 같이 이동 통신망의 Mobile MAC 에 의해 동기식 전송에 의존하게 된다.

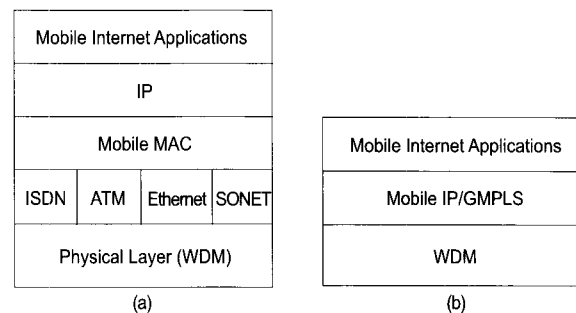
기존 이동통신망은 ISDN, ATM, Ethernet, 또는 SONET 등의 전송방식으로 구성되어 있고 동기식 신호형식으로 변환되어 전송된다. 최근에는 거의 사용되지 않는 ISDN 또는 ATM 을 일부 네트워크에서 아직까지 지원하고 있는 이유는, 네트워크 초기 설치시점에서 요구 QoS 서비스를 인터넷 TCP/IP 로 지원하기 어려워서 채택하였기 때문이다. 그 하위에 위치한 네트워크의 물리계층은 대부분 광섬유 전송방식으로 이루어지고 있으며, 특히 대용량 전송이 가능한 WDM 네트워크로 이루어져 있다.

기존 이동통신망에서 이동 인터넷 서비스를 지원하는 방법에서 주시해야 할 사항은 다음과 같다. 인터넷 패킷을 ATM cell 또는 동기식 frame 형식으로 상호 변환하는 데에

변환에 따른 경비와 시간지연이 크게 발생되어 효율적인 실시간 이동 서비스 실현에 걸림돌로 작용한다. 더구나 기존 동기 시스템 또는 ATM 시스템, 그리고 인터넷 사이에는 네트워크 운용관리와 QoS 측면에서 일대일 대응 변환이 가능하지 않는 경우가 많은데, 이들 간에 정책기반의 서비스별 타협 및 조정이 필요하게 되어 새로운 이동 서비스를 수용을 어렵게 한다.

더욱 크게 우려되는 점은, 인터넷 서비스는 세계 어디에서나 공통적인 기능을 바탕으로 서비스가 이루어지고 있으나, 이동통신망은 특정 통신사업자에 의해 독립적으로 (다른 망에 대해 배타적으로) 운영 및 관리되고 있다는 점에서, 인터넷 단말장치가 이동함에 따라 서로 다른 이동통신망을 바꾸어 접속하려는 경우에 인터넷 서비스의 연속성 제공과 품질 유지에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

이러한 어려움은 궁극적으로 all-IP mobile 네트워크의 구현으로 극복될 수 있는데, (그림 2 (b))에 네트워크의 계층 구조를 보여주고 있다. 그림에서 이동 인터넷 응용서비스가 종단 단말에서 IP 패킷으로 발생되면, 이동성 지원을 하는 Mobile IP 프로토콜과 GMPLS에 의해 L2와 L3 네트워킹이 직접 WDM 네트워크 위에서 이루어짐으로써 종단 대 종단으로 서비스가 원활하게 연결되는 구조를 보여주고 있다. 이 신호 변환체계는 (그림 2 (a))에서와 같은 계층별로 중복될 수 있는 기능들이 대폭적으로 배제되고 복잡한 변화과정이 또한 생략될 수 있으므로, 끊임없는 인터넷 이동 서비스의 실현을 위해서 필요한 all-IP 이동 네트워크 구조라고 할 수 있다.



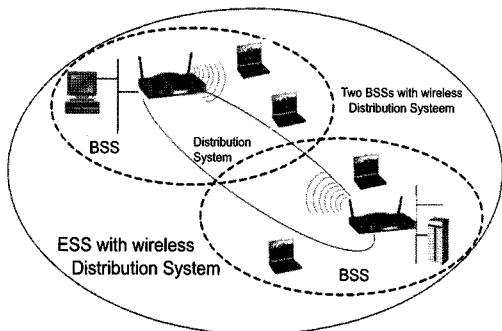
(그림 2) 이동 인터넷 서비스를 위한 네트워크에서의 신호전달 체계: (a) 이동통신망 위에서 인터넷 서비스를 제공하기 위한 신호변환 체계, (b) 이동 인터넷 서비스를 지원하는 All-IP 네트워크에서의 신호변환 체계

### III. 이동 인터넷 지원 기술

무선 액세스 네트워크에서 끊임없는 이동성 관리 기술은 다양한 표준화 단체들의 주요 이슈 중의 하나가 되고 있으며, 주요 사항으로는 동종 또는 이종망간의 끊임없는 이동성 서비스 제공 및 IP 백본(backbone) 네트워크 기반의 다양한 액세스 네트워크 및 기술들의 통합 등을 고려하고 있다. IEEE, IETF 그리고 3GPP 등과 같은 단체들은 끊임없는 이동성 서비스를 제공하기 위한 망 구조, 프로토콜 등의 각각의 독자적인 방안들을 제안하고 표준화 작업을 수행 중이다. 본 장에서는 이동 단말에 끊임없는 이동성 서비스를 제공하는 방안인 이동성 관리 기술에 대하여 IEEE와 IETF 워킹 그룹에서 최근에 논의되고 있는 중요한 주제들을 설명하고자 한다.

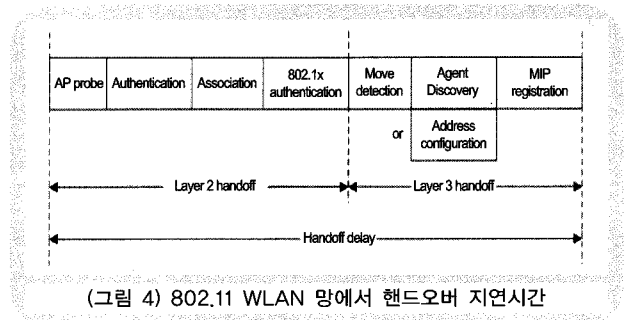
#### 3.1 IEEE 802.11

분산된 CSMA/CA 기반의 medium access control (MAC) 방식을 사용하는 802.11 WLAN 단말들은 access point (AP)들과 단말들이 구성하는 basic service set (BSS)의 Infrastructure 모드에서 이동성이 지원된다. 다수의 BSS들은 distribution system (DS)을 통하여 extended service set (ESS)를 형성함으로써 WLAN의 무선 액세스 네트워크의 커버리지를 확장할 수 있다 (그림 3). 이동 단말이 하나의 AP 지역에서 다른 지역으로 이동하는 경우에 이동 단말은 연결상태의 품질 저하 및 손실을 감지하여 핸드오버를 수행할 새로운 AP를 탐색 및 발견하고, 새로운 AP와 L2 연결을 설정하



(그림 3) IEEE 802.11 WLAN의 망 구조도

고 인증(authentication) 및 association 과정을 수행한다 (그림 4). 하지만, 이러한 핸드오버 과정들은 수초의 시간이 소요되어 WLAN에서 끊임없는 이동성 서비스를 제공하기 어렵기 때문에 이를 극복하기 위한 작업이 진행 중이다 [4].



(그림 4) 802.11 WLAN 망에서 핸드오버 지연시간

단말이 이동할 때에 현재 연결 상태의 품질 저하 및 손실을 어떻게 감지할 것인가는 표준화되어 있지 않지만 일반적으로 3개의 연속적인 beacon 손실, 5번의 지속적인 전송 실패 또는 PHY층으로부터 측정된 SNR을 기반으로 한다 [5]. 802.11k에서는 파일럿(pilot) 프레임을 활용하여 결정 알고리즘을 이용하는 무선자원 측정방안을 제시하고 있다. 파일럿 프레임은 간결한 관리 프레임으로 AP로부터 주기적으로 전송되며, 비콘(beacon) 시그널보다 짧은 간격일 뿐만 아니라 AP의 전송 파워와 노이즈 플로어(floor)에 대한 정보를 포함한다. 따라서 이동 단말은 수신부의 SNR과 파일럿 프레임의 정보를 바탕으로 링크 마진 계산을 수행함으로써 적절한 판단을 수행할 수 있다 [6].

802.11r에서는 BSS간의 빠른 이동성을 제공하기 위해서 이동단말과 AP간의 최적화된 인증 설정방안에 대하여 논의하고 있으며, 스캐닝 시간을 줄이기 위해서 802.11k를 활용하는 것을 제안하였다 [7]. 이동 단말이 목표대상 AP와 직접적으로 에어(air) 인터페이스를 통해서 인증절차를 수행하는 기존의 방식과 달리, 각각의 AP에 remote request broker (RRB)를 마련하여 이동단말이 현재 AP의 RRB를 통해서 목표 AP와 인증 작업을 수행한다. 그리고 이동 단말은 현재 AP의 RRB를 통해서 목표 AP에게 자원 예약을 요청할 수 있다. 이러한 방식은 이동 단말이 현재 AP를 통해서 통신 채널을 유지하면서, 동시에 이동하려는 타겟 AP에 대한 체크와 결정을 수행할 수 있다.

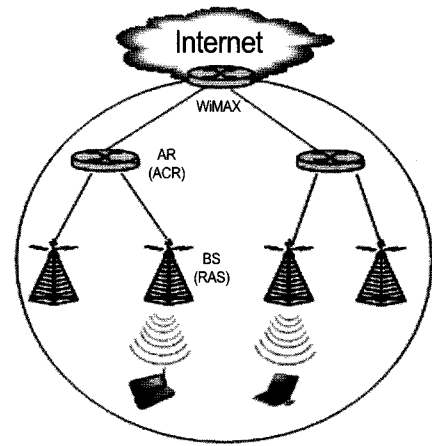
이동단말이 핸드오버를 수행 후에 이전 AP(old AP)는 이동단말의 패킷들을 버퍼에 저장하고 있다. 802.11f에서는 AP간의 프로토콜(inter access point protocol)을 제안하여, 새로운 AP(new AP)가 이전 AP에게 버퍼링되고 있는 이동단말의 패킷들에 대한 포워딩 요청을 수행할 수 있도록 하였다 [8]. 또한, 802.11r을 통해서 이동 단말이 이전 AP와 인증 해제 및 자원설정 해제요청 등을 수행할 수 있다.

지금까지의 802.11 기반의 이동성 관리기술들은 이동단말 중심으로 핸드오버를 제어하는 방식이었다면, 802.11v의 무선 네트워크 관리 워킹그룹은 AP간의 로드 분배 (load balancing) 등과 같은 사항들 까지 고려하여 네트워크 중심의 핸드오버 지원방식을 검토하고 있다는 점이 특이하다 [9].

### 3.2 IEEE 802.16

IEEE 802.16 WiMAX 망은 (그림 5)와 같이 중앙 집중적인 광대역 무선접속 방식을 제공한다. 액세스 네트워크의 기지국 (BS)은 상향 데이터 전송에 대하여 TDMA와 demand assigned multiple access (DAMA)방식을 혼합하여 이동단말들을 제어 한다 [10,11]. 또한, continuous TDM 방식을 이용해서 하향 데이터 전송을 제어한다. IEEE 802.16 망의 핸드오버 절차는 802.11망과 유사하게 무선링크의 품질 저하 및 손실을 감지하고, 가능한 목표 BS를 검색한 후에 인증 및 association을 수행한다. 이와 더불어, 802.16의 시분할 기반의 접속방식의 특성 때문에 이동단말은 BS와 동기화과정이 필요하며 전송과위를 조정하는 레인징 (ranging) 절차가 요구된다. 특히, 802.16e (WiBro) 표준에서는 핸드오버 지연시간을 줄이는 기존의 최적화된 이동성 지원방식을 도입하여 이동단말의 이동성을 지원한다.

상위 계층에 끊임없는 이동성 서비스를 제공하기 위해서, 802.16e 표준은 macro diversity handover와 fast BS transition과 같은 빠른 핸드오버를 지원하기 위한 옵션을 추가하였다. Macro diversity handover 방식은 하향 데이터 전송의 경우에 다수의 BS들이 동일한 데이터를 이동단말에게 동시에 전송하고 이동단말은 이러한 데이터들을 결합하여 활용한다. 또한, 상향 데이터 전송의 경우에 이동단말의 데이터들이 다수의 BS들에게 전송되고 이러한 BS들은 데이터들을 선택적으로 결합하여 활용한다. Fast BS transition 방식



(그림 5) IEEE 802.16 WIMAX 망 구조도

은 단지 하나의 BS 앵커(anchor)가 상/하향 용량(capacity)을 제공하는 방식으로 이동단말이 BS들의 시그널 레벨을 지속적으로 측정함으로써 어떤 BS들을 데이터 전송에 추가하고 제거할 것인가 또한 언제 새로운 앵커로 스위칭할 것인가에 대한 결정을 수행하도록 되어 있다 [11].

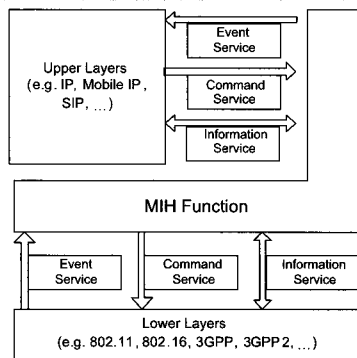
### 3.3 IEEE 802.21

IEEE 802.21 워킹그룹은 미디어 독립적인 핸드오버(media independent handover) 서비스의 제공에 초점을 두고 있다 [12]. 2006년 3월 첫번째 드래프트 버전이 완료되었는데, 여기에서 이종 액세스 기술 간의 최적화된 핸드오버를 제공함으로써 이동단말에게 끊임없이 서비스를 제공하는 목표로 하고 있다. 802.21 표준은 3GPP와 3GPP2 뿐만 아니라 802 계열의 무선 액세스 기술 그리고 유선 액세스 기술까지 포함한다.

IEEE 802.21은 핸드오버 결정에 관련된 모든 정보들을 발견하여 상위 계층들에게 제공하는 역할을 담당한다. 이러한 정보들은 액세스 네트워크의 QoS 지원 정보, 망 발견 정보 그리고 망 선택 정보들이 포함된다. 즉, 802.21 표준화 그룹은 일반적인 링크 계층에 관련된 프레임워크를 제공할 뿐이며 핸드오버 정책 및 결정에 관한 사항들은 고려하지 않는다.

일반적인 링크 계층의 관점에서 802.21은 링크 계층과 상위 계층간의 MIH function을 정의하였는데, 이는 하위 계층

뿐만 아니라 상위 계층에게 일반적인 service access point(SAP)s와 프리미티브(primitive)를 포함한다. (그림 6)은 MIH의 기능과 서비스들을 보여준다. MIH 기능은 이동 단말과 망의 노드에 위치한 논리적인 entity이다. 정보들은 트리거에 의해 노드내의 프로토콜 스택간에 지역적으로 교환되거나 또는 이동 단말과 액세스 네트워크간에 MIH 메시지를 통하여 교환될 수 있다.



(그림 6) IEEE 802.21 MIH의 위치 및 주요 서비스

MIH 기능은 3가지의 event, command, information 서비스를 제공한다. Event 서비스는 SAP를 통해 하위 계층들의 상태변화 정보를 이벤트의 형태로 상위 계층에 제공하는 서비스이며 command 서비스는 상위 계층에서 하위 계층으로 전달되는 명령으로 상위 계층에서 MIH 계층으로 전달하는 명령과 MIH 계층에서 하위 계층으로 전달하는 명령을 포함한다. 또한, information 서비스는 이동 단말의 핸드오버 동작을 돕기 위해 각 노드 및 네트워크 내의 상태 정보를 발견 및 획득할 수 있도록 해주는 프레임워크와 통신 메커니즘을 제공한다.

### 3.4 Mobile IPv6

IETF MIPv6 WG에서는 90년대 후반부터 IPv6 기반의 이동성 표준화를 논의해왔으며, 2004년 6월 RFC 3775로 Mobile IPv6에 대한 표준화를 완료되었다.

인터넷의 IP 주소는 단말을 식별하는 식별자 (identifier)의 역할과 라우팅을 통하여 패킷을 전달하기 위한 위치 지시자 (locator)의 역할을 겸하고 있다. 따라서 단말이 다른 망으로 이동하여 위치가 바뀌는 경우 외부 망에서 부여받는 새로운

IP 주소를 사용하여야 이동 단말로의 패킷전달이 가능하지만, 이 경우 전송계층 (TCP)의 세션이 끊어지는 문제가 발생한다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 IETF에서 표준화한 IP 이동성 관리 기술이 Mobile IP 이다. 기본적으로 Mobile IP는 단말이 외부 망으로 이동하더라도 현재의 연결을 유지한 채 자신에게 전달되는 패킷을 그대로 전달받을 수 있도록 하는 기술이다. Mobile IP에서는 이동 단말의 식별자 역할을 하는 HoA (Home Address)와 위치 지시자 역할을 하는 CoA (Care of Address)로 역할을 분리하고, 홈 에이전트는 이동 단말에 대한 이 두 주소의 바인딩 정보를 관리함으로써 단말이 위치한 곳으로 패킷을 전달할 수 있다 [13]. 이상과 같이 IPv6를 기반으로 하는 기본적인 이동성 관리 방법은 많은 다른 저술에서 자주 언급되었던 주제이므로 본고에서는 생략하기로 한다.

### 3.5 FMIPv6

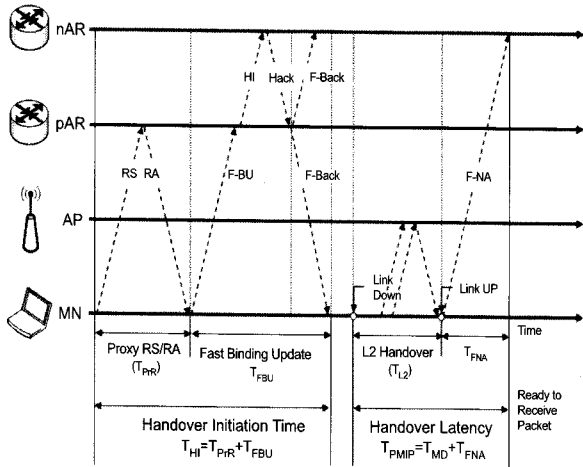
IETF의 MIPSHOP (MIPv6 Signal and Handoff Optimization) WG에서는 패킷 손실을 방지하면서 고속 핸드오버가 가능한 FMIPv6 프로토콜을 2005년 7월 RFC 4068로 제정하였다 [14].

정상적인 MIPv6의 핸드오버는 L2 핸드오버 후에 이동 감지 및 CoA 설정 과정이 이루어진다. 그러나 FMIPv6에서는 (그림 7)과 같이 L2 핸드오버에 앞서 링크계층의 정보를 이용하여 이동방향을 예측함으로써 이동단말이 이동할 외부 망에 대한 새로운 CoA (NCoA)를 사전에 구성하도록 하여, L2 핸드오버 후에는 이미 구성된 NCoA를 사용할 수 있으므로 전체 핸드오버 지연을 크게 줄일 수 있다. 또한, 핸드오버가 일어나는 동안에 이동단말로 향하는 패킷을 이동할 외부 망으로 전달하여 버퍼링 해두었다가, 이동단말이 새로운 망에서 연결을 이룬 후에 바로 저장된 패킷을 전달함으로써 핸드오버 시의 패킷손실도 최소화할 수 있다.

FMIPv6는 이동성 예측에 바탕을 둔 프로토콜로서 이동 단말의 이동 방향 예측 및 핸드오버 준비과정이 성공적으로 수행되었을 경우와 그렇지 못한 경우에 따라 Predictive Mode와 Reactive Mode로 구분된다.

FMIPv6는 IEEE 802.16e, CDMA망과 같은 무선 접속망에서 L2 정보를 이용하는 cross-layer 기반의 이동성 지원기술로 활발히 연구되고 있다 [15,16]. 또한 MIPSHOP WG에서도 L2

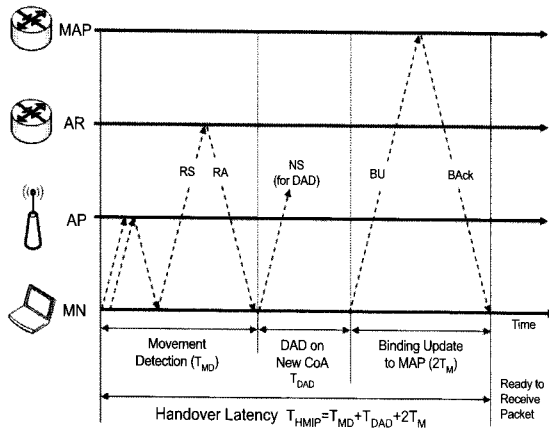
정보를 획득하기 위해 IEEE 802.21 MIH 기술을 적용하기 위해 MIIS (Media Independent Information Service)를 활용하는 방안에도 대해서도 논의되고 있다.



(그림 7) FMIPv6의 Predictive 핸드오버 지연

### 3.6 HMIPv6

HMIPv6는 HA 외에 MAP (Mobility Anchor Point)라는 지역적 HA를 이용한 계층적인 망구성을 통해 위치 등록시간을 줄임으로써 핸드오버 지연과 패킷손실을 최소화하는 방안이다 [17]. (그림 8)과 같이 HMIPv6에서는 단말의 지역적 이동인 경우는 인접한 MAP까지만 위치 등록을 하기 때문에 전체 핸드오버 지연은 줄어들게 된다. 그러나 HMIPv6도



(그림 8) HMIPv6의 Intra-MAP 핸드오버 지연

MAP간의 핸드오버인 경우에는 HA에 위치를 등록해야 하므로 긴 핸드오버 지연이 성능제한이 될 수 있다.

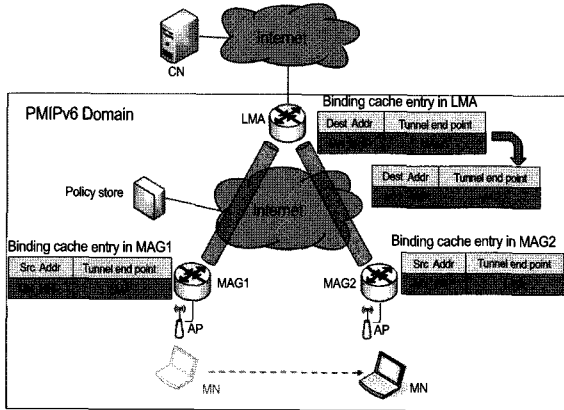
### 3.7 Proxy Mobile IPv6

이제까지 기술했던 Mobile IPv6 기술들은 긴 핸드오버 지연, 등록에 소요되는 시그널링 오버헤드, CoA의 바인딩 업데이트에 따른 MN의 위치 파악으로 인한 사생활 침해의 가능성, 시그널링 메시지의 송수신에 따른 단말의 전력 사용량 증가 등은 여전히 해결되지 않은 여러가지 문제점으로 지적되어 왔다. 특히 단말에서의 이동성 관리 기능 구현을 위해서는 필연적으로 Mobile IPv6 스택이 단말에 탑재되어야 하고 이는 단말의 원가 상승 원인으로 Mobile IPv6의 확산을 저해하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IETF NetLMM (Network-based Localized Mobility Management) WG에서는 IPv6 프로토콜 스택만 가진 단말에게 이동성을 제공하기 위한 망 기반 IP 이동성 관리 기술인 Proxy Mobile IPv6 프로토콜에 대한 표준화를 진행하고 있다.

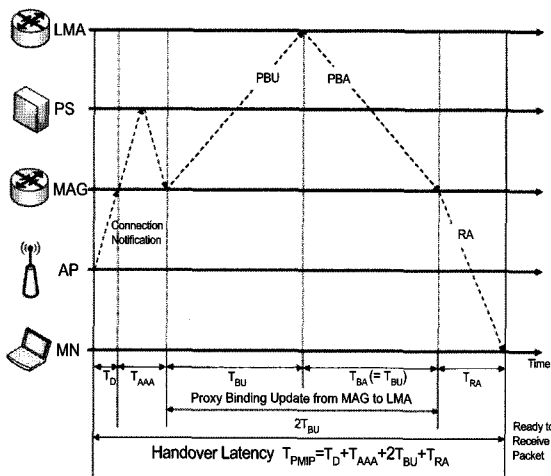
PMIPv6의 구성 요소는 (그림 9)와 같이 LMA (Local Mobility Anchor), MAG (Mobile Access Gateway), 정책서버 (Policy Server), 이동 단말로 구성된다. LMA는 이동 단말의 위치 관리, HNP (Home Network Prefix) 할당, MAG와의 터널 형성/관리, 이동 단말의 패킷 수신 및 전달을 담당한다. MAG는 이동 단말의 연결 감지/인증, 이동 단말의 위치 등록 및 관리, 터널링을 통한 패킷 전달, 단말별 RA 메시지 생성 및 전달 기능을 수행한다. 정책서버는 PMIPv6 도메인에 접속하는 이동 단말에 대한 인증 및 해당 LMA의 위치 정보를 MAG에게 전달한다.

이동단말이 PMIPv6 도메인에 연결을 감지한 MAG는 정책 서버에게 이동단말의 인증을 요청한다. 정상적으로 인증이 된 다음 MAG는 PBU (Proxy Binding Update) 메시지를 통해 LMA에게 MN의 위치를 등록한다. 이때 LMA는 이동단말이 PMIPv6 도메인에서 사용하게 될 HNP를 할당하여 PBA (Proxy Binding Acknowledge) 메시지를 통해 MAG에게 알려준다. PBA를 받은 MAG는 할당 받은 HNP를 이용하여 RA 메시지를 생성하여 이동단말에게 주기적으로 전달한다. 이 HNP는 이동 단말이 다른 MAG로 이동하더라도 동일하게 생성되기 때문에 이동 단말은 자신의 이동 사실을 파악하지 못하게 된다.

PMIPv6에서의 핸드오버 지연은 MAG에서 이동 단말의 접속 인지, 이동단말의 profile 획득, 위치 등록 및 RA 메시지 전송 지연으로 구성된다. PMIPv6에서는 (그림 10)과 같이 이동단말에서 주소를 생성하고 중복 판별 절차가 없어 MIPv6보다 신속한 핸드오버가 가능하다.



(그림 9) PMIPv6의 기본 동작



(그림 10) PMIPv6의 핸드오버 지연

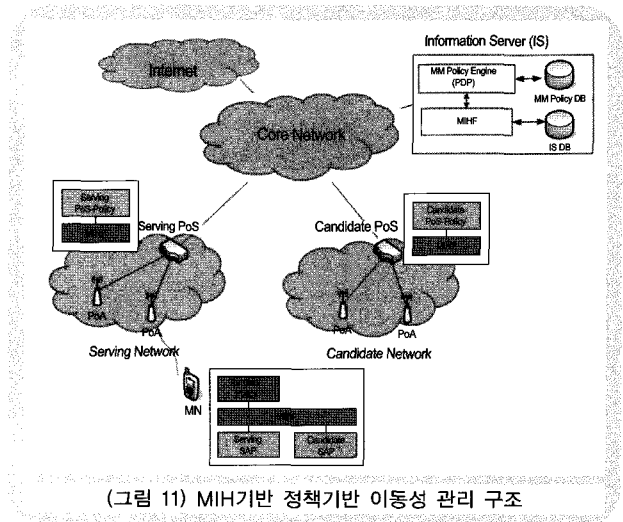
#### IV. 정책기반의 이동성 관리

동일 망에서의 네트워크 선택이나 핸드오버는 단말이 수

신하는 수신신호 세기나 이를 응용한 방법들을 사용하지만, 이종 망간의 핸드오버에서는 단순히 수신신호 세기만으로는 최적의 네트워크를 선택하기 어렵다. 즉 단말의 컴퓨팅 성능, 주변 네트워크 정보 및 단말이 요구하는 QoS 등에 근거한 정책기반의 이동성 관리방법이 필요하다. 여기서 정책이란 핸드오버나 네트워크 선택방법이 사용자와 사업자에 의해 정해지는 것을 의미한다. 본 장에서는 정책기반 이동성 관리를 위한 네트워크 구조와 네트워크 선택 방법을 기술한다.

##### 4.1 정책기반 이동성 관리를 위한 네트워크 구조

MIHS는 각종 링크 계층 정보 및 네트워크 정보를 상위계층에 전달할 수 있는 방법을 정의하고 있으며, 정책기반의 핸드오버를 위해선 다음과 같은 기능이 필요하다. 우선 단말에서 MIH로부터 수신한 정보를 이용하여 네트워크를 선택할 수 있는 Terminal Policy가 필요하다. 또한 단말과 함께 네트워크 측면에서 MIH메시지를 처리하고 네트워크 정보를 전달할 노드가 필요하며 이는 PoS (Point of Service)라 불린다. 현재 단말이 접속해 있는 PoS는 Serving PoS이며 단말이 이동할 수 있는 네트워크는 Candidate PoS가 된다. 이러한 PoS에서도 단말의 핸드오버를 관리할 수 있으며 이는 Serving, Candidate PoS Policy에서 관리된다. 전체 네트워크의 상태와 사업자의 네트워크 관리 정책을 관리하는 정보서버(Information Server)는 네트워크 상태가 저장되는 데이터베이스(IS DB)와, 단말의 핸드오버 정책을 저장하고 있는



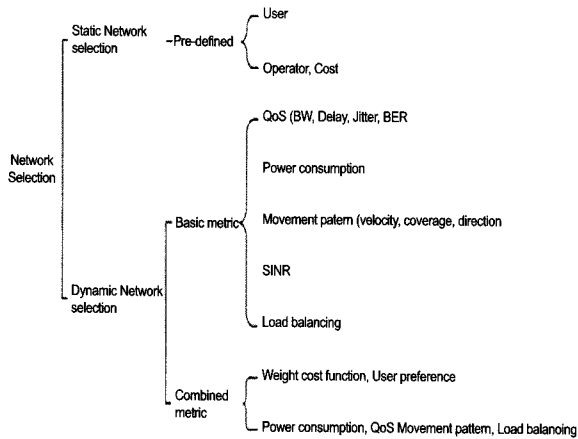
(그림 11) MIH기반 정책기반 이동성 관리 구조



MM Policy DB, 단말의 핸드오버 정책을 결정하는 MM Policy Engine이 존재하며 이는 MME 위에 존재한다. (그림 11)은 정책기반 이동성 관리를 위한 네트워크 구조를 나타낸다.

#### 4.2 이동 단말을 위한 네트워크 선택 방법

단말의 접속 네트워크를 선택하는 방법에 관한 연구는 크게 미리 정의된 방법대로 네트워크를 선택하는 정적 네트워크 선택(Static Network Selection) 방법과 네트워크와 단말의 상태에 따라 네트워크를 선택하는 동적 네트워크 선택(Dynamic Network Selection) 방법으로 나눌 수 있다. (그림 12)는 네트워크 선택 방법에 따른 방법들을 분류한 것이다.



(그림 12) 네트워크 선택 방법 분류

먼저 고정 네트워크 선택 방법은 사용자와 사업자에 의해 미리 정의된 네트워크 선택 방법을 사용한다. 이는 사용자와 사업자간의 가입 정보나 요금에 의해 미리 정의되어 있으며 주변네트워크 정보를 필요로 하지 않으므로 가장 빠르게 네트워크를 선택할 수 있지만 서비스나 네트워크 상태를 고려하지 않으므로 서비스 QoS를 만족하지 못할 수 있다.

유동적 네트워크 선택 방법은 단말과 네트워크의 상태 정보를 기반으로 네트워크를 선택하는 방법이며 몇 개의 요소를 고려하는 지에 따라 기본적인 방법(Basic Metric)과 결합된 방법(Combined Metric)으로 나눌 수 있다. 먼저 기본적인 방법으로 QoS를 만족하는 네트워크 선택 방법이 논문 [18]에서 제안되었지만 QoS 파라미터에 대한 구체적인 측정 방법이

나 이용 방법에 대해서는 설명하지 못하였다. 네트워크 인터페이스마다 다른 전송/수신/휴지(Tx/Rx/Idle) 동안의 파워소모를 기반으로 네트워크를 선택하는 파워 소모 기반 네트워크 선택방법이 논문 [19]에서 제안되었으며 해당 알고리즘을 사용할 경우 불필요한 핸드오버감소와 배터리 유지 시간을 증가시킬 수 있다.

이와 같은 단말 에너지 효율적인 네트워크 선택 방법과 WISE(Wise Interface SElection)[20]과 같은 네트워크 기반의 인터페이스 선택방법이 제안되었다. 3G와 WLAN의 전송/수신 파워소모 특성에 따라 업링크의 경우 3G 인터페이스를 다운링크의 경우 WLAN을 사용하는 멀티호밍(multihoming)을 이용하여 배터리 유지시간과 전송 효율(throughput)을 높이는 방법을 제안하였다. 또한 에너지 소모를 예측하여 보다 에너지 소모가 작은 네트워크를 선택함으로써 battery life time을 늘리는 방법이 MIRAI 프로젝트 [21]에서 제안되었다. 하지만 위 논문들은 항상 인터페이스가 켜져 있는 상황을 고려하여 주변 네트워크 정보를 얻기 위해선 해당 네트워크 인터페이스에서 추가적인 절차가 필요하다.

단말의 이동속도와 이동 패턴을 고려한 UbiComm [22]알고리즘은 네트워크 QoS를 나타내는 유틸리티(utility) 함수와 네트워크에 머무르는 시간(residence time)값을 이용하여 불필요한 핸드오버를 막는다 하지만 주변 네트워크의 커버리지나 영역을 알 수 있는 방법은 고려하지 않았다. 논문 [23]에서는 SINR(Signal to Interference plus Noise power Ratio) 값을 이용하여 WCDMA와 WLAN사이의 최대 전송률을 보장하는 네트워크 선택 방법이 제안되었다. 하지만 이는 SINR 값만을 이용하여 사용자나 사업자의 네트워크 선택 정책을 반영할 수 없다.

결합된 네트워크 선택 방법은 위에서 설명한 기본적인 방법들을 사용자의 선호도를 기반으로 가중치를 적용하여 선택하는 방법이며, 이는 다양한 정보를 종합하여 판단할 수 있지만 선택 알고리즘의 복잡도가 증가한다는 단점이 있다. 논문 [24]에서는 사용자의 선호도를 반영하기 위해 Cost 함수를 사용하였으며 이때 사용자의 선호도를 다양한 요소에 대한 가중치를 설정함으로써 반영되도록 하였다. 하지만 위 논문은 응용 서비스에 대한 고려나 구체적인 방법을 제시하지는 못했다는 한계를 가지고 있다.

## V. 결 론

현재 13억 이상의 사용자를 연결하고 있는 인터넷은 매우 다양한 모습으로 사용되고 있는데, 이렇게 많은 사용자가 있다는 사실은 인터넷을 구성하는 기반 기술들에 근본적인 변화를 만들어내는 어려울 것이란 사실을 반증한다. 그러나 다른 방향에서 이러한 인터넷 기술의 진전을 살펴보면, 현재 인터넷의 기술과 서비스에 변화를 줄 수 있는 돌파구만 만들어낼 수만 있다면 그 변화의 크기를 불문하고 정보통신 분야뿐만 아니라 모든 사회분야에 거대한 파급효과가 있을 것으로 기대한다. 즉 거대한 사회 및 산업적 효과를 거둘 수 있을 것이다. 다만 기술적인 변화는 기존에 시행되고 있는 인터넷 서비스에 혼란을 주지 않는 가운데에서 이루어져야 할 것이란 전제조건은 명확히 해야 한다.

본고에서는 인터넷 기술과 서비스 발전의 큰 동인을 제공할 것으로 기대를 받고 있는 인터넷 이동성 관리 기술에 대하여 최근의 동향과 앞으로 해결해야 할 사항들을 적시하고자 하는 방향으로 기술되었다. 본고에서 이동 인터넷 기술과 서비스를 실현하기 위해 제시되었던 많은 방법론을 검토하였지만, 실제로는 끊임없는 그리고 적절한 통신품질이 보장되는 이동 인터넷 기술과 서비스는 아직까지도 진행 중인 연구주제, 오히려 더욱 많은 혁신적인 아이디어와 연구 그리고 치열한 국제 경쟁을 기다리는 그리고 예정하고 있는 기술주제인 것은 분명하다.



- [1] www.internetworldstats.com
- [2] C. E. Perkins, "Mobile IP," IEEE Commun. Mag., pp.84-99, May 1997.
- [3] R. L. Geiger, J.D.Solomon, and K.J.Crisler, "Wireless Network Extension Using Mobile IP," pp.63-68, IEEE Micro, Nov./Dec. 1997.
- [4] J. Spilman, Test methodology for measuring bss transition time, IEEE 802.11 TGr Fast Base Station Transition, Working Document 802.11-04/0748r1, July 2004.
- [5] H. Velayos and G. Karlsson, Techniques to reduce ieee 802.11b mac layer handoff time, Royal Institute of Technology, Laboratory for Communication Networks Department of Microelectronics and Information Technology Stockholm Sweden., Tech. Rep., April 2003.
- [6] IEEE 802.11k, IEEE 802.11k/d4.0 - radio resource measurement, amendment 9 to 802.11-revma-d5.2, March 2006.
- [7] IEEE 802.11r - fast bss transition, amendment 2 to 802.11-revma, March 2006.
- [8] IEEE 802.11F - trial-use recommended practice for multi-vendor access point interoperability via an inter-access point protocol across distribution systems supporting ieee 802.11, June 12 2003.
- [9] V. Anantha and R. Skidmore, "Need for site specific / location specific rf management," IEEE 802.11 TGv Network
- [10] M. Emmelmann, B. Rathke, and A. Wolisz, "Wireless Metropolitan Area Networks: WiMAX and Beyond," Auerbach Publications, CRC Press, 2006.
- [11] IEEE 802.16 - air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems amendment 2: Physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands, February 2006, IEEE Std. 802.16e-2005 and 802.16-2004/Cor1-2005.
- [12] IEEE 802.21/d1.0 - draft ieee standard for local and metropolitan area networks: Media independent handover services, March 2006.
- [13] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, Mobility Support in IPv6, RFC 3775, June 2004.
- [14] R. Koodli, Fast Handovers for Mobile IPv6, RFC4068, July 2005.
- [15] S. Shakkottai, T. S. Rappaport, and P. C. Karlsson, "Cross-Layer Design for Wireless Networks," IEEE

Commun. Mag., vol. 41, No. 10, pp. 74-80, Oct. 2003.

[16] V. Srivastava and M. Motani, "Cross-layer Design: A Survey and the Road Ahead," IEEE Commun. Mag., vol. 43, no. 12, pp. 112-119, Dec. 2005.

[17] S. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," RFC 4140, 2005.

[18] H. Chan, P. Fan and Z. Cao, "A Utility-Based Network Selection Scheme for Multiple Services in Heterogeneous Networks," IEEE Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, vol. 2, pp. 1175-1180, June 2005.

[19] W.-T. Chen and Y.-Y. Shu, "Active Application Oriented Vertical Handoff in Next-Generation Wireless Networks," in Proc. IEEE WCNC' 05, vol. 3, pp. 1383-1388, March 2005.

[20] M. Nam, N. Choi, Y. Seok, and Y. Choi, "Wise: Energy-efficient interface selection on Vertical Handoff between 3G networks and WLANs," in Proc. IEEE international Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, vol. 1, pp. 692-698, September 2004.

[21] K. Mahmud, M. Inoue, H. Murakami, M. Hasegawa, and H. Morikawa, "Energy Consumption Measurement of Wireless Interfaces in Multi-Service User Terminals for Heterogeneous Wireless Networks," IEICE Transactions on Communications, vol. E88-B, no. 3, pp. 1111-1118, March 2005.

[22] W. Lee, E. Kim, J. Yu, D. Lee, J. Choi, J. Kim and C. K. Shin, "UbiComm: An Adaptive Vertical Handoff Decision Scheme for Heterogeneous Wireless Networks," pp. 344-356, UCS 2006.

[23] K. Yang, B. Qiu and L. S. Dooley, "Using SINR as Vertical Handoff Criteria in Multimedia Wireless Networks," IEEE Multimedia and Expo, pp. 967-970, July 2007.

[24] H. J. Wang, J. Giese, R. and H. Katz, "Policy-Enabled Handoffs Across Heterogeneous Wireless Networks," in Proc. IEEE Workshop on Mobile Computing Systems

and Applications (WMCSA' 99), pp. 51-60, February 1999.

약 려



박진우

1979년 고려대학교 전자공학 공학사  
 1983년 Clemson Univ. 전기전자공학 공학석사  
 1987년 Virginia Tech 공학박사  
 1989년 ~ 현재 고려대학교 전기전자공학부 교수, 광인터넷 포럼 기간장분과 위원장, 한국통신학회 총무이사, 학술이사, 논문 지이사, 부회장, 정보통신진흥기금자문평가위원회 기술개발분과 위원장, BcN 포럼 부의장  
 관심분야: 가입자망/기간망 네트워크 설계, 무선이동네트워크, Mobile IP



조유제

1982년 서울대학교 전자공학 학사  
 1983년 KAIST 전기전자공학 석사  
 1988년 KAIST 전기전자공학 박사  
 1992년 ~ 1994년 캐나다 Univ. of Toronto, 객원교수  
 2002년 ~ 2003년 미국 국립표준연구소(NIST), 객원연구원  
 1989년 ~ 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수  
 관심분야: 차세대 무선/이동 네트워크, 이동성 관리 기술, 센서 및 무선 mesh 네트워크



김영한

1984년 서울대학교 전자공학과 학사  
 1990년 한국과학기술원 전기및전자공학 석.박사  
 1987년 ~ 1994년 디지털정보통신연구소 연구부장  
 1994년 ~ 현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수  
 현재 한국통신학회 인터넷연구회 위원장, VoIP포럼 차세대기술 분과 위원장, 개방형컴퓨터통신연구회 상임이사

