

제1회 정보통신표준화 우수논문집

최우수상

와이브로 네트워크를 위한 IPv6 이동성과 다중접속 기술 표준화 Standardization of IPv6 Mobility and Multihoming over WiBro

백은경, 이상홍, 장병수 / KT 컨버전스본부

Eun Kyoung Paik, Sang Hong Lee, Byungsoo Chang / Convergence Business Unit, KT

I. 서론

II. 관련 기술: 네트워크 이동성 표준

III. 네트워크 이동성 구현을 위한 신기술 요구 사항

IV. 다중접속 기술 표준화 추진 경과

V. 와이브로 네트워크에서의 IPv6 기술 표준화 추진 경과

VI. 와이브로 네트워크 상에서의 IPv6 네트워크 이동성과 다중접속 서비스

VII. 결론

와이브로 네트워크를 위한 IPv6 이동성과 다중접속 기술 표준화

Standardization of IPv6 Mobility and Multihoming over WiBro

백은경, 이상홍, 장병수 / KT 컨버전스본부

Eun Kyoung Paik, Sang Hong Lee, Byungsoo Chang / Convergence Business Unit, KT

요 약

이동 통신은 고속 멀티미디어 통신을 지원하는 3세대 통신 서비스 시대를 넘어, 모든 통신 네트워크를 IP를 통해 연결하는 4세대 All-IP 통신 시대로 향하고 있다. 다양한 무선 액세스 네트워크가 All-IP로 연결될 차세대 이동통신 기술의 표준화를 위하여, 새롭게 요구되는 인터넷 기술 분야를 발굴하고 이의 국제 표준을 주도하기 위한 전략 수립이 필요하다. 차세대의 다양한 무선 액세스 네트워크를 다중으로 접속 가능하게 하는 다중접속(multihoming) 기술과 서로 다른 네트워크를 All-IP로 연결할 IPv6가 이러한 요구를 충족할 주요 기반 기술로 주목받고 있다. 본 고에서는 표준 대상 기술의 효과적인 표준화 전략 수립을 위하여, 신개념의 IPv6 이동성 관리 기술인 네트워크 이동성(network Mobility)과 차세대 이동통신 시대의 주요 액세스 네트워크로 주목받고 있는 IEEE 802.16(e) 기반 와이브로(WiBro) 네트워크에 논고를 집중한다. 네트워크 이동성에서의 다중접속 기술과 와이브로 네트워크에서의 IPv6 기술의 표준화 필요성을 발굴하여 관련 기술 연구 및 표준화 단체 결성을 추진한 결과로, 국내 표준화 단체인 TTA 산하의 IPv6 over WiBro WG 활동을 주도적으로 추진하고, 국제 인터넷 표준화 단체인 IETF에서 MONAMI6 WG과 16NG BoF의 신설에 기여하였다. 이와 같이 국내 표준화 전문가가 주도하여 첨단 기술의 표준화 단체 신설에 기여함으로써 한국의 기술 위상을 국제 표준화 단체에서 확고히 할 수 있다. 앞으로 해당 기술의 국내 표준이 국제 표준을 선도할 것이 기대된다.

I. 서론

2005년 11월에 개최된 국제 인터넷 표준화 회의인 제 64차 IETF(Internet Engineering Task Force)회의에서는 MONAMI6(Mobile Nodes and Multiple Interfaces in IPv6) WG(Working Group) [1]과 16NG(IPv6 over IEEE 802.16(e) Networks) BoF(Bird of a Feather)가 각각 신설되어 첫 회의를 개최하였다. MONAMI6 WG과 16NG BoF는 각각 이동

기기의 다중접속(multihoming) 기술 표준과 IEEE 802.16(e) [2, 3] 네트워크 상의 IPv6 기술 표준의 추진을 목적으로 한다. 이들 기술은 차세대 All-IP 통신 시대가 도래함에 따라 중요한 핵심 기술로 주목 받고 있다.

차세대 이동 통신의 실현을 위하여, 네트워크 특성과 단말 개념 및 사용자 요구의 변화에 따른 신기술의 필요성을 파악하고 적시에 해당 기술을 표준화하는 전략을 수립하는 것이 중요하다. 첫째로, 이동 통신 기술의 발전에 따라 이

동 통신 기기의 개념이 확장 되어 가고 있는 측면을 고려할 필요가 있다. 이동 통신 기기 개념의 확장은 한 개인이 하나의 통신 기기를 통하여 인터넷에 접속할 뿐 아니라, 다수의 생활 주변 기기를 통하여 인터넷에 접속함으로써 다양한 형태의 인터넷 서비스를 이용하는 환경의 도래를 촉진하고 있다. 그러므로, 다수의 기기들 각각에 IP 주소를 할당할 수 있도록 방대한 주소 영역을 갖는 IPv6[4]의 채택이 필수적이다.

이동 통신 기기 개념의 확장이 텔레매틱스(telematics) 서비스와 결합하면서, 차량은 단순한 이동 수단일 뿐만 아니라 새로운 통신 플랫폼으로서 주목을 받고 있다. 즉 차량은 자체의 이용을 위한 제어 기기와 센서 등을 지원하는 컴퓨팅 기반이 됨과 동시에, 이들 내부 기기 및 승객의 이동 기기에 통신 연결을 제공하는 기반이 되고 있다. 이러한 추세는 이동성을 단말 단위 뿐만 아니라 네트워크 단위로도 제공하여야 할 필요성을 낳는다. 즉 단말 이동성 개념을 확장한 네트워크 이동성(Network Mobility, NEMO) 개념이 등장하고, 이동 기기의 개념이 단말에서 확장되어 라우터까지 포함하게 된다. 네트워크 측면을 고려할 때, 4세대 All-IP를 지향하는 차세대 이동 통신은 무선랜(Wireless LAN), 셀룰러 네트워크(cellular network), 위성 네트워크(satellite network), 와이브로 네트워크(Wireless Broadband network, WiBro network) 등의 이종(heterogeneous) 액세스 네트워크들을 모두 인터넷 프로토콜(Internet Protocol, IP)로 통합한다. 그러므로 모든 무선 액세스 네트워크에서 인

터넷 프로토콜이 구현되어야 하며, 가까운 미래에 인터넷 프로토콜이 IPv6로 대체될 것을 대비하여 IPv6 또한 구현되어야 한다. 한국이 2006년에 세계 최초의 서비스를 계획하고 있는 와이브로는 IEEE 802.16(e) 표준을 기반으로 하며, IEEE 802.16(e) 네트워크 상에서도 IPv6 기술을 구현하기 위한 표준의 필요성이 대두된다.

사용자 요구의 측면을 고려할 때, 언제 어디서나 컴퓨터 통신을 가능하게 하는 유비쿼터스(ubiquitous) 통신 환경을 제공하여야 한다. 그러므로 앞서 기술한 다양한 액세스 네트워크의 서로 다른 장점을 충분히 활용함으로써 사용자 편의를 원활하게 제공할 수 있는 기술에 대한 요구가 증가하고 있다. 다중접속은 인터넷에의 접속 경로를 다중으로 제공하는 기술로서 이러한 요구를 충족할 기술로 주목된다.

본 고에서는 4세대 이동 통신 서비스로 주목 받고 있는 네트워크 이동성 기술의 측면에서, All-IP 유비쿼터스 통신을 위한 핵심 기술로 자리잡을 두 가지 기술, 즉 이동 기기의 다중접속 기술과 IEEE 802.16(e) 네트워크 상의 IPv6 기술을 표준화하기 위한 연구 내용을 설명하고 표준화 전략을 제시한다. 본 고의 구성은 다음과 같다. 먼저 제 2장에서 네트워크 이동성 표준화 기술을 설명하고 제 3장에서 이 기술을 실용화하기 위하여 요구되는 신기술을 도출한 과정을 설명한다. 제 4장과 5장에서는 이와 같이 도출한 기술들을 표준화하기 위하여 추진하고 있는 해결 기법 연구 및 표준화 활동 현황과 전략에 대하여 설명한다. 먼저 제 4장에서는 IETF

MONAMI6 WG을 통하여 추진하는 이동 기기의 다중접속 기술 표준화에 대하여 서술하고, 제 5장에서는 IETF 16NG BoF를 중심으로 추진하는 IEEE 802.16(e) 네트워크 상의 IPv6 기술 표준의 필요성과 표준화에 대하여 설명한다. 제 6장에서는 앞서 설명한 기술 표준이 적용될 수 있는 응용 분야를 소개한 후, 제 7장에서 결론 및 향후 표준화 전망과 함께 글을 맺는다.

II. 관련 기술: 네트워크 이동성 표준

인터넷 표준화 단체인 IETF의 Network Mobility(NEMO) [5] WG에서는 2005년 1월에 네트워크 이동성 기본 지원(NEMO Basic Support) 프로토콜을 RFC(Request for Comments)로 제정하였다[6]. 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜에 의하면, 하나 이상의 IP 서브넷(subnet)을 형성한 네트워크가 이동의 단위로서 이동하면서 이동 라우터(Mobile Router, MR)를 통하여 지속적으로 인터넷에의 접속을 유지할 수 있다. (그림 2-1)은 이러한 네트워크 이동성의 개념을 표현한다.

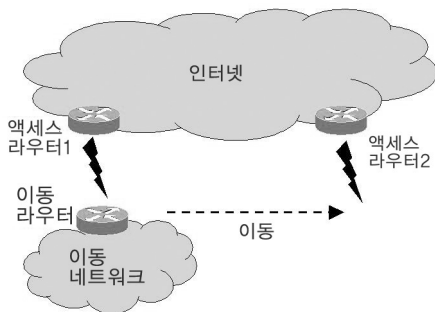
네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜은 이동하는 네트워크에 속한 다수의 단말기 각각에 IP 주소를 지원하기 위하여, 이동 IPv6(Mobile IPv6) [7] 프로토콜을 기반으로 한다. 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜의 동작 원리는 (그림 2-2)와 같다. 이동 IPv6가 IPv6 주소의 두 가지 기능인 노드 식별 기능과 노드 위치 기능을 홈주소(Home Address, HoA)와 임시 주소

(Care-of Address, CoA)로 분리시킨 것에 추가하여, 네트워크 이동성 프로토콜은 이동 라우터의 네트워크 인터페이스 기능을 두 가지로 분리한다. 즉 이동 라우터에서 상향 인터페이스(egress interface)와 하향 인터페이스(ingress interface)의 주소 설정을 독립시킨다. 상향 인터페이스는 인터넷에 연결하며, 이동하면서 외부 네트워크(foreign network)에서 동적으로 임시 주소를 설정한다. 하향 인터페이스는 이동 네트워크 내의 노드(Mobile Network Node, MNN)와 연결하며, 이동에 관계 없이 IP 주소를 정적으로 유지한다. 이동 라우터는 이동할 때마다 상향 인터페이스의 임시주소와 홈주소 사이의 바인딩을 갱신하여 홈 에이전트(Home Agent, HA)에 등록하는데, 이 때 하향 인터페이스의 프리픽스(prefix)를 함께 등록한다.

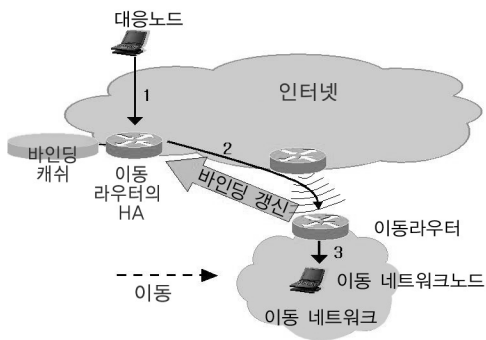
이동 라우터의 홈 에이전트와 이동 라우터 사이에는 양방향 터널(bi-directional tunnel)을 설정하여 통신한다. 즉 모든 이동 네트워크 노드들은 이동 라우터의 홈 에이전트와 이동 라우터 사이의 터널을 통하여 패킷을 송수신한다. 결과적으로 이동성 관리를 이동 라우터가 대표하며, 이동 네트워크 노드에게는 이동의 투명성이 제공된다. 네트워크 이동성은 다수의 이동 단말이 동시에 핸드오버(handover)하는 경우에 발생하는 이동성 관리 신호의 폭증 문제를 해결한다. 네트워크 이동성이 적용되지 않는 경우에는, 인터넷 단말이 그룹으로 이동하면서 인터넷에의 접속점을 변경할 때 다수 단말이 동시에 이동성 관리용 제어 신호를 발생시키고, 이로 인한 트래

픽 폭증 문제가 발생한다. 네트워크 이동성 지원 프로토콜은 이동 라우터를 통하여 이동성 관리를 단일화하므로, 액세스 라우터(Access Router, AR)사이에서 핸드오버(handover)할 때 발생하는 신호 트래픽 폭증 문제를 해결한다.

네트워크 이동성을 응용하면 WVAN(Wireless Vehicular Area Network)에 의하여 자동차나 전철, 비행기, 배 등과 같은 이동체의 탑승자들에게 인터넷 접속 서비스를 제공할 수 있다. 또한 WVAN이나 WPAN(Wireless Personal Area Network)의 형태로 이동하는 센서 네트워크의 응용을 제공할 수 있다[8].



(그림 2-1) 네트워크 단위의 이동



(그림 2-2) 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜에 의한 패킷 전달 경로

Ⅲ. 네트워크 이동성 구현을 위한 신기술 요구 사항

네트워크 이동성을 구현하여 실용화하기 위해서는 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜 표준에서 정의한 인터넷 세션 유지 뿐 아니라 적절한 대역폭과 신뢰성 등을 고려하여야 한다.

KT에서는 네트워크 이동성의 실용화를 위한 요구 사항을 <표 3-1>과 같이 도출하고 이를 위한 새로운 표준 단체 결성에 주도적으로 참여함으로써 국제 표준화를 추진하고 있다.

< 표 3-1 > 네트워크 이동성 관련 신기술 표준화 요구

기존 WG	문제점/요구사항	해결 기술	신설 WG
NEMO	이동 라우터의 단일 고장 지점 문제	다중접속	MONAMI6
	차량에 IPv6 네트워크 이동성 지원을 위하여, 고속 주행시 광대역 액세스 요구	와이브로 네트워크에 IPv6 도입	16NG

3-1 네트워크 이동성과 다중접속

호스트 이동성(host mobility)을 지원하는 프로토콜에서 단말의 통신 연결 고장이 자체 단말 하나에만 영향을 미치는 데 반하여, 네트워크 이동성을 지원하는 프로토콜에서 이동 라우터의 고장은 전체 이동 네트워크에 영향을 준다.

즉, 이동 라우터는 단일 고장 지점으로서 이동 네트워크 내의 다수의 노드들의 상호 통신 능력을 마비시킬 수 있다. 그러므로 네트워크 이동성을 실용화할 경우에 다중접속은 필수적으로 제공되어야 한다.

IETF NEMO WG에서는 인터넷 세션 유지를 목적으로 한 네트워크 기본 지원 프로토콜을 RFC로 제정한 데 이어, 네트워크 이동성 성능 향상을 목적으로 하는 확장 지원 프로토콜을 제정하기 위하여, 다중접속의 문제 정의 및 이슈 분석 작업을 진행하고 있다[9]. 다중접속은 네트워크 이동성 지원 프로토콜에서 모든 통신 트래픽이 단일 이동 라우터를 통과함에 의하여 발생하는 신뢰성 문제와 부하 집중 문제를 해결하는 중요한 기술이다.

이동 라우터에서의 다중접속 기술 표준화 작업은 앞으로 MONAMI6 WG으로 이관되어 추진될 전망이다. 다중접속 기술의 표준 활동에 대해서는 다음의 제 4장에서 자세히 설명하겠다.

3-2 네트워크 이동성과 IPv6 및 와이브로 네트워크

네트워크 이동성을 실용화하기 위하여 추가로 고려하여야 할 사항은 액세스 네트워크의 성능이다. 네트워크 이동성의 대표적인 응용 서비스인 차량용 이동 액세스 네트워크는 고속으로 주행할 때에도 높은 대역폭을 제공할 것을 요구한다. 그러므로, 이에 적합한 액세스 네트워크에서 네트워크 이동성 지원 프로토콜을 적용할 수 있어야 한다.

IEEE 802.16(e) 표준을 기반으로 하는 와이브로 네트워크는 고속 이동성과 높은 대역폭을 제공하는 액세스 네트워크로서 차량의 네트워크 이동성을 지원하기에 적합하다. 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜 표준은 IPv6를 기반으

로 하므로, IEEE 802.16(e) 네트워크에서 IPv6를 지원할 필요성이 대두된다.

IETF의 16NG BoF는 IEEE 802.16(e) 네트워크에서 IPv6를 지원하는 기술을 표준화하기 위하여 결성되었다. 16NG BoF를 통한 표준 기술 연구와 표준화 활동 및 전략에 대해서는 제 5장에서 상세히 다루기로 한다.

IV. 다중접속 기술 표준화 추진 경과

본 장에서는 다중접속 기술의 표준화 과정과 신규 WG 결성 과정을 설명한다. 제 3장에서 설명한 바와 같이 네트워크 이동성의 관점에서 다중접속의 필요성이 대두되고 다중접속을 제공하기 위하여 해결하여야 할 문제점을 정의하는 노력이 2003년부터 IETF NEMO WG에서 진행되어 왔다. 우리는 다중접속 경로의 활용 방법에 대한 문제점을 중점적으로 정의한 기고문[10]으로 다중접속 표준화에 기여하기 시작하였다. 이 기고문은 다중접속 문제를 네트워크 설정을 중심으로 분석한 일본(WIDE[14])과 싱가포르(Panasonic)의 두 기고문과 통합되어 NEMO WG 기고문으로 채택되었으며, 현재까지 작업되고 있다. 통합된 WG 기고문 [9]의 발전 경과는 <표 4-1>과 같다.

같은 시기에 IETF의 한 편에서는 이동 환경에서의 다중접속 기술 표준화의 필요성에 대한 요구와 관심이 급속도로 증대되었으나, 다른 한편에서는 다중접속의 개념과 정의에 대한 인식이 부족하기도 하였다. 이에 한국(KT), 일본

(WIDE), 프랑스(Univerity Louis Pasteur), 싱가포르(Panasonic)의 다중접속 기술 전문가들을 주축으로 다중접속의 정의, 목적, 이점을 이동 기기의 측면에서 기술하는 문서를 기고하였다[11]. [11]은 일반적인 다중접속의 의의를 실용화 시나리오와 함께 제시함으로써 이 분야 표준화의 중요성을 제안한다. 이 문서는 지난 2005년 11월의 제 64차 IETF 회의에서 MONAMI6 WG 기고문으로 채택되었다.

2004년에는 기고문 [9]에서 분류한 각각의 다중접속 설정에 대하여 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜이 다중접속 기능을 어떻게 지원하는지를 일본(WIDE)과 공동으로 테스트하고, 이 테스트

결과로부터 새로운 문제점을 도출하여 NEMO WG에 기고하였다[12]. 이전까지 이론적으로 작업되었던 다중접속 문제를 테스트베드 상에서 검증한 결과를 기고하면서 이동 환경에서의 다중접속 문제를 본격적으로 다룰 수 있게 되었다.

2005년에는 기고문 [9]에서 정의한 이슈의 해결책을 제안하는 표준화 활동의 일환으로, 다중접속 경로의 장애(failure) 복구 문제를 해결하는 방법을 산학 협력에 의하여 연구하고 그 결과를 문서 [13]으로 기고하여 표준화를 진행하고 있다. 접속 경로의 장애 복구 문제는 기고문 [9]의 전신인 기고문 [10]에서 우리가 중점적으로 다루었던 문제이다.

〈 표 4-1〉 네트워크 이동성에서의 다중접속 분석에 대한 WG 기고문 발전 경과

기고문 번호	주요 변경 내용
draft-ietf-nemo-multihoming-issues-00.txt	▶ 기존의 개인 기고문 3편을 NEMO WG 기고문으로 통합하고, 기고문 구성 정비
draft-ietf-nemo-multihoming-issues-01.txt	▶ 용어 변경 ('NEMO-prefix' · 'Mobile Network Prefix' 또는 'MNP') ▶ IPv6 기반임을 명시 ▶ 적용 시나리오에 이점 명시 부분 추가 ▶ 홈에이전트와 이동 라우터간의 양방향 터널을 선행 조건으로 명시 ▶ 진입 여과(Ingress filtering)에 대한 설명 수정 ▶ 장애 탐지(Failure detection)에 대한 설명 추가 (장애 모드 추가)
draft-ietf-nemo-multihoming-issues-02.txt	▶ 각 이슈를 해결하기에 적합한 WG 추천
draft-ietf-nemo-multihoming-issues-03.txt	▶ 용어 변경 ('경로 생존(Path survival)' · '장애 내성(Fault tolerance)') ▶ 구성 변경 ('경로 장애 탐지(Path failure detection)'와 '경로 선택(Path selection)'을 장애 내성의 부속 이슈로 이동 ▶ '경로 탐색(Path Exploration)'과 '경로 재설정(Re-homing)'을 장애 내성의 부속 이슈로 추가 ▶ 참고 문헌을 Normative와 Informative로 분류
draft-ietf-nemo-multihoming-issues-04.txt	▶ '적용 시나리오와 선행 조건' 내용 갱신 ▶ '사용자 선호 배치(Preference setting)' 이슈 추가 ▶ 이슈 목록 중 해결해야 할 중요 이슈 구분 및 해결 방향 제시 ▶ 장애 복구를 위한 터널 재설정시 고려 사항 추가

본 장에서는 지금까지 IETF에 기고한 문서 [9-13]의 내용을 중심으로 이동 환경에서의 다중접속 기술에 대하여 설명한다. 본 장의 구성은 다음과 같다.

먼저 4.1절에서 다중접속 기술에 대하여 개괄적으로 설명한 후, 4.2절에서 다중접속의 이점을 기술한다. 4.3절에서는 다중접속을 제공할 수 있는 다양한 네트워크 설정 방법을 분류하여 설명한다. 4.4절에서는 다중접속 기술 표준화의 쟁점이 되는 이슈들을 고찰하고, 4.5절에서 다중접속 경로의 장애 복구 기법을 제안하여 표준화 추진 중인 내용을 설명한다.

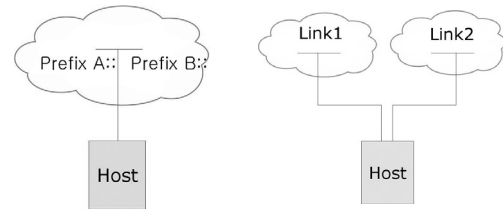
마지막으로 4.6절에서 다중접속 기술의 표준화 현황 및 표준화 전략을 제시한다.

4-1 다중접속의 개념 및 정의

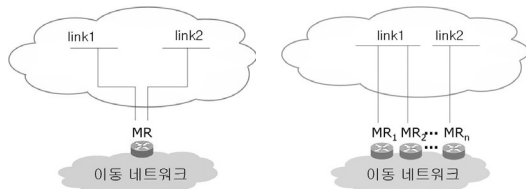
다중접속 기법은 인터넷에의 연결 경로를 중복하여 제공함으로써 신뢰성을 증가시키고, 부하를 분산한다. (그림 4-1)은 다중접속의 개념을 나타낸다.

다중접속은, 네트워크 인터페이스에 다중 IP 주소를 할당하거나, 한 노드에 다중 인터페이스를 구성하거나, 다중 링크에 연결하는 방법에 의하여 이루어진다.

(그림 4-2)는 네트워크 이동성에서의 다중접속 개념을 나타낸다. 이동 네트워크에서는 이동 라우터에 직접 다중접속을 구현할 수 있을 뿐 아니라, 이동 라우터를 복수로 적재하는 다중 이동 라우터 구조에 의해서도 다중접속 효과를 얻을 수 있다.



(a) 다중 IPv6 주소 설정 (b) 다중 링크에 연결
(그림 4-1) 단말 다중접속의 예



(a) 다중접속된 이동 라우터 (b) 다중 이동 라우터
(그림 4-2) 이동 네트워크의 다중접속

4-2 다중접속의 이점

다중접속 기술을 유무선 네트워크에 적용하여 다양한 이점을 제공할 수 있다. 일반적인 다중접속의 이점은 크게 세션과 부하의 두 가지 측면으로 분류할 수 있으며, 이에 따른 세부 목표와 이점은 <표 4-2>와 같이 요약할 수 있다.

< 표 4-2 > 다중접속의 이점

구분	목표	이점
인터넷 상호 통신 능력 증가: 중복 기법 이용	· 공간적 다중접속 · 시간적 다중접속 · 액세스 기술 다중접속	· 유비쿼터스 액세스 · 고장/장애 복구 · 바이캐스팅 (Bicasting), 또는 n-캐스팅(n-casting)
부하 공유: 경로 선택 기법 이용	· 양적 부하 분산 (예: 사용자 선호에 의한 대역폭 선택) · 질적 부하 분산 (예: 경로 분리 의한 QoS 제공)	· 부하 공유 · 부하 균형 (balancing) · 사용자 선호도 배치

(1) 인터넷 상호 통신 능력 증가

인터넷과의 상호 통신 능력의 증가는 공간적, 시간적, 기술적으로 다중접속 기술을 활용함으로써 제공한다. 첫째로, 다중접속은 공간적으로 달라지는 링크의 접속 능력에 쉽게 적응할 수 있다. 즉 한 링크에의 접속이 가능하지 않은 공간에서 다른 링크에 접속할 확률을 증가시킴으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다.

다중접속은 또한 시간적으로 하나의 접속을 제공하는 기술 요소, 예를 들어 네트워크 인터페이스나 IP 주소 프리픽스(prefix) 등의 장애에 대응한다. 즉 한 접속에 장애가 발생하는 시간 동안 다른 접속으로 이 장애를 대리할 수 있게 함으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다.

마지막으로 다중접속에 의하여 서로 다른 무선 액세스 기술에 접속함으로써 서로 다른 특징을 갖는 액세스 기술 중 한 기술이 인터넷 연결을 제공하기 어려운 경우에 다른 기술을 이용할 수 있게 함으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다. 예를 들어 유효 도달 범위(access coverage area)가 작은 무선랜을 이용할 수 없는 경우에, 유효 도달 범위가 큰 셀룰러 네트워크를 이용함으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다.

(2) 부하 공유

다중접속을 이용함으로써 여러 접속 경로를 통하여 양적, 또는 질적으로 부하를 공유할 수 있다. 양적 부하 공유는 여러 접속 경로에 트래픽을 분산한다. 예를 들어, 다른 접속 경로들이 잉여 처리 능력을 가졌음에도 불구하고 특정 접속

속 경로에 트래픽이 집중되어 패킷이 손실되는 상황을 방지할 수 있다.

질적 부하 공유는 QoS(Quality of Service)를 제공하는 수단으로서, 트래픽의 유형이나 우선 순위 등에 따라 트래픽을 각 접속 경로에 분리 시킴으로써 실현 가능하다. 예를 들어, 신호나 실시간 트래픽에 높은 우선순위를 부여할 수 있으며, 가격이나 대역폭에 대한 사용자 요구에 따라 우선 순위를 부여하여 이에 대응하는 액세스 기술을 할당할 수 있다.

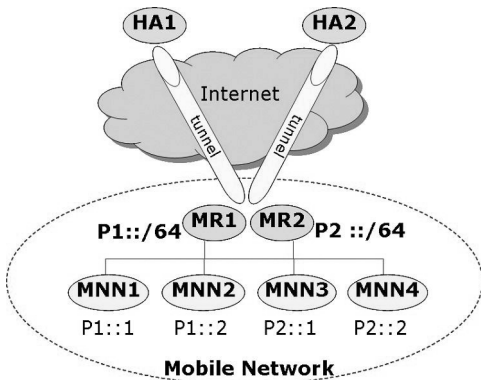
4-3 네트워크 이동성에서 다중접속

설정의 분류

네트워크 이동성에 다중접속을 구현할 때, 네트워크 설정에 따라 하나 이상의 이동 라우터를 설정할 수도 있고, 하나 이상의 홈 에이전트를 설정할 수도 있으며, 하나 이상의 네트워크 프리픽스를 설정할 수도 있다. (그림 4-3)은 다중 이동 라우터, 다중 홈 에이전트, 다중 프리픽스를 설정한 네트워크 이동성의 예를 도시한다. 네트워크 이동성에서의 다중접속 설정은 다음과 같이 이동 라우터의 수, 홈 에이전트의 수, 프리픽스의 수를 매개 변수로 하여 서로 다른 여덟 가지 설정으로 분류할 수 있다[9].

$$(n1, n2, n3)$$

이 때, $n1$ 은 이동 라우터의 수, $n2$ 는 홈 에이전트의 수, $n3$ 는 프리픽스의 수를 나타낸다. 각 매개 변수의 수가 단수이면 1, 복수이면 n 으로 표시하고, 수에 무관하면 *로 표시한다.



(그림 4-3) 네트워크 이동성에서 다중접속 설정 예

4-4 네트워크 이동성에서의 다중접속 기술 표준 이슈

네트워크 이동성에서 다중접속 기술을 구현하기 위하여 해결하여야 할 기술적 또는 정책적 이슈들은 다음과 같다. IETF NEMO WG에서는 이들 설정 중에서 실질적으로 발생할 경우가 많은 설정을 선별하고 근본적인 이슈부터 순차적으로 해결하려는 실용적인 노력을 진행 중이다.

(1) 장애 복구

다중접속 기술에 의하면 어떤 한 접속에 장애가 발생하는 경우에 이를 다른 접속에 의하여 대체할 수 있다. 이와 같은 다중접속의 이점을 구현하기 위하여, 장애가 발생한 접속 경로를 탐지할 수 있어야 한다. 또한 장애 발생 경로를 제외한 현재 사용 가능한 경로를 인지하고, 이들 중 어떤 경로를 사용하여 현재 송수신 되는 트래픽을 송신할 지 선택하는 방법은 성능에 중요한 영향을 미친다. 특히 다중 이동 라우터에 의한 다중접속의 경우에는, 유선망에서의 라우터

선택 문제와 달리, 이동에 따라 동적으로 생성하고 소멸하는 무선 연결에 대한 실시간 의식(awareness)을 요구하므로 구현하기 어려운 문제가 있다. 이 이슈는 다중접속의 의의와 밀접한 관계가 있으므로 가장 시급하게 해결해야 할 이슈로 구분된다.

(2) 진입 여과에 의한 통신 장애

서로 다른 프리픽스로 설정된 다중 IP 주소들이 각각 대응하는 홈 에이전트에서만 허용되는 상황에서, 상대방 홈 에이전트의 진입 여과(ingress filtering)를 통과하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 동일 주체의 다중 IP 주소로 인하여 발생하는 이러한 진입 여과 문제의 해결은 보안 제공과 상호 간섭한다. 현재 많은 네트워크에서 진입 여과를 채택하고 있으므로, 이 이슈에 대한 해결의 필요성이 실질적으로 요구된다.

(3) 홈 에이전트 동기화

이동 라우터의 홈 에이전트를 중복하여 설치하는 경우에 동시 활성화 정책 및 바인딩 정보 동기화 문제를 해결하여야 한다. 즉 한 번에 한 홈 에이전트만 활성화 할 것인지, 동시에 모든 홈 에이전트를 활성화 할 것인지에 대한 정책과 이에 따른 바인딩 정보 동기화 방법을 해결하여야 한다. 이 이슈는 지역적인 라우팅(routing)을 최적화하기 위한 방안으로도 요구되고 있다. 그러므로, 광대한 지역을 이동 범위로 하는 네트워크 이동성(예를 들어, 항공사의 경우)을 위한 해결책으로의 강력한 요구가 있다.

(4) 이동 라우터 동기화

이동 네트워크에서 이동 라우터를 중복하여 설치하는 경우에 이동 라우터 사이의 동기화가 요구된다. 이 때, 라우터 공고(router advertisement, RA)에 의한 프리픽스 공고(prefix advertisement) 정보 또는 이동 라우터간 패킷 전달(forwarding)을 위한 동기화 정책을 선결하여야 한다.

(5) 프리픽스 위임(delegation)

홈 에이전트가 이동 네트워크에서 사용할 프리픽스를 위임할 때, 다중접속의 설정 방법에 따라 위임 기법이 표준화 되어야 한다. 다중 이동 라우터가 단일 프리픽스를 위임하는 경우에는, 서로 다른 이동 라우터들이 동일한 프리픽스를 공고하는 기법이 요구된다. 다중 홈 에이전트가 단일 프리픽스를 위임하는 경우에는, 홈 에이전트 간의 정책 수립 기법의 표준화가 요구된다.

(6) 다중 바인딩과 다중 등록

이동 라우터에서 다중접속을 위하여 복수의 임시 주소를 사용하게 되므로, 하나의 홈 주소와 복수의 임시 주소를 바인딩하고 이를 홈 에이전트에 등록하는 방법이 필요하다. 이 이슈는 다중 접속을 구현하기 위하여 기본적으로 요구된다.

(7) 근원지 주소 선택

라우터가 복수의 프리픽스를 공고하는 경우에, 이동 네트워크 노드는 복수의 IP 주소를 설정할 수 있다. 이 경우에 어떤 IP 주소를 근원지 주

소(source address)로 선택할 것인지에 대한 정책이 필요하다. 이 이슈의 해결은 이동 네트워크 노드의 경로 선택권 부여 문제와 연결될 수 있다.

(8) 중첩 네트워크에서의 고리(loop) 형성 방지

이동 네트워크가 중첩되고 이동 라우터들이 서로 무선으로 계층을 형성하여 연결되는 경우에, 상위 이동 라우터의 상향 인터페이스가 하위 이동 라우터의 하향 인터페이스에 접속하는 오류로 인하여 이동 라우터들이 인터넷에 연결되지 못하고 서로 연결 고리를 형성하는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 이동 라우터 사이의 계층을 인식할 수 있는 방법이 필요하다. 이 이슈는 중첩 네트워크가 발생하는 시나리오의 실용성에 따라 해결의 시급성이 결정된다.

(9) 프리픽스 소유권

한 프리픽스를 사용하는 이동 네트워크가 둘 이상의 이동 네트워크로 분리되는 경우, 사용하던 프리픽스가 분리된 이동 네트워크 중에서 어떤 이동 네트워크의 소유가 될지에 대한 문제가 발생할 수 있다. 이 이슈는 발생 가능성이 낮은 것으로 인식되고 있다.

(10) 선호도 배치

다중접속에 의하여 사용자 선호를 지원하고자 하는 경우에 각 접속 경로에 대하여 선호도를 배치하는 방법의 표준화가 요구된다. 이 이슈는 사용자 단말인 이동 네트워크 노드가 선호도

배치를 수행하기 위하여 이동 라우터와 정보를 주고 받는 기능을 포함한다.

4-5 다중접속 경로 장애 복구 기법

네트워크 이동성에서의 다중접속은 4.3절에서와 같은 다양한 설정에서 4.4절의 여러 가지 해결해야 할 이슈들을 발생시킨다. 우리는 다중 이동 라우터와 다중 홈 에이전트, 다중 프리픽스가 사용되는 이동 네트워크를 대상으로 장애 복구 및 진입 여과에 대한 해결책을 제안하고, 표준화를 추진하고 있다. 본 절에서는 이러한 추진 내용에 대하여 설명한다. 인터넷 다중접속 경로 중 어떤 한 경로에 장애가 발생하였을 경우에, 장애 발생 지점에 따른 문제 상황 및 요구 사항을 각각 분석하고, 보안 요구 사항인 진입 여과(ingress filtering) 기능을 유지하면서 장애를 복구하는 기법을 제안한다.

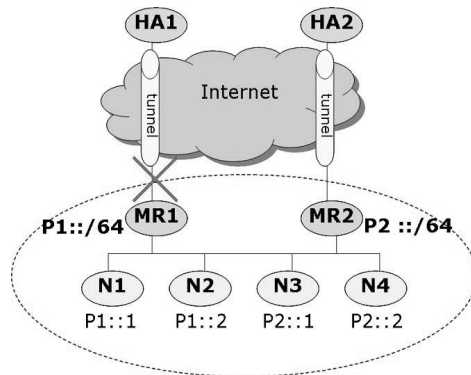
(1) 장애 발생 지점에 따른 요구 사항

장애는 발생 지점에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 이동 라우터의 상향 인터페이스 장애
- 이동 라우터의 하향 인터페이스 장애
- 이동 라우터 장애

(그림 4-4)는 이동 라우터의 상향 인터페이스에 장애가 발생한 경우를 도시한다. (그림 4-4)와 같이 다중 이동 라우터 MR1, MR2가 각각의 프리픽스 P1, P2를 공고(advertise)하면서 서로 다른 홈 에이전트 HA1, HA2에 연결된 설정에서 이동 라우터 MR1의 상향 인터페이스에

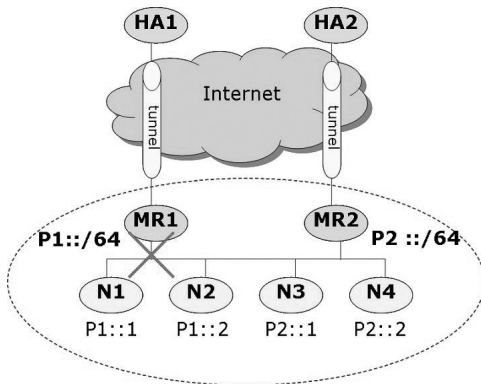
장애가 발생하면, 이동 네트워크의 노드 N1, N2는 패킷을 인터넷으로 송수신할 수 없게 된다. 다중접속이 구현되면 이러한 경우에 동일 이동 네트워크 내에서 정상적으로 동작하는 이동 라우터 MR2가 장애가 발생한 이동 라우터 MR1을 대신하여 서비스를 제공할 수 있다. 그러므로 장애 발생 이동 라우터를 통하여 통신하던 이동 네트워크 노드 N1, N2는 IP 주소의 변경 없이(즉, 새로운 프리픽스 P2로부터 IP 주소를 다시 설정할 필요 없이) 계속 통신할 수 있다. 이동 라우터의 상향 인터페이스 장애를 복구하고자 할 때, 각 이동 라우터가 (그림 4-4)와 같이 서로 다른 홈 에이전트에 등록되어 있는 상태이면 홈 에이전트들 사이에 상대 이동 라우터를 인증할 수 있는 정책이 설정되어야 한다. 또한 장애 발생을 신속하게 탐지하는 기술이 선결되어야 한다.



(그림 4-4) 이동 라우터의 상향 인터페이스 장애

(그림 4-5)와 같이 이동 라우터 MR1의 하향 인터페이스에 장애가 발생하면 MR1을 통하여 인터넷에 접속하던 노드 N1, N2는 외부로 패킷을 전달할 수 없게 되고, MR1으로부터 라우터

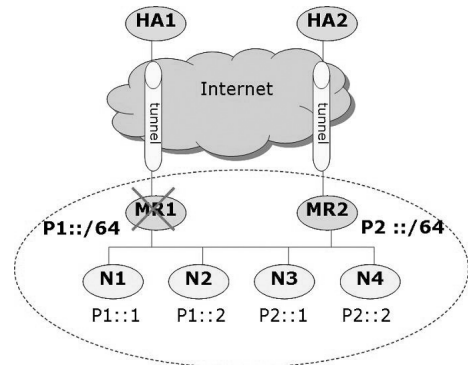
공고 메시지를 수신 할 수 없다. 이와 같이 문제 발생을 탐지한 노드 N1, N2는 다른 이동 라우터 MR2의 공고 메시지를 듣고 주소 설정을 변경한다. 이 때 주소 재설정 지연에 따라 기존의 통신 연결이 단절된다. 다중접속을 이용하여 이동 라우터의 하향 인터페이스 장애를 통신 단절 없이 복구하려면, 장애 이동 라우터 MR1이 공고하던 프리픽스 P1을 정상 이동 라우터 MR2가 계속 공고할 수 있어야 한다.



(그림 4-5) 이동 라우터의 하향 인터페이스 장애

(그림 4-6)과 같이 이동 라우터 MR1에 장애가 발생하여 정상적인 서비스 제공이 불가능한 경우(상향 인터페이스와 하향 인터페이스에 모두 장애가 발생한 경우 포함)에는 주변의 정상 이동 라우터 MR2가 MR1의 라우터 공고 메시지를 더 이상 수신할 수 없음에 따라 장애 발생을 탐지한다.

이 때 이동 라우터 공고 간격만큼의 장애 발생 탐지 지연이 발생할 수 있다. 장애 발생의 빠른 탐지를 위해서는 네트워크의 제 2계층의 지원이 요구된다.



(그림 4-6) 이동 라우터 장애

(2) 진입 여과 문제 해결에 의한 다중접속 경로 장애 복구 기법

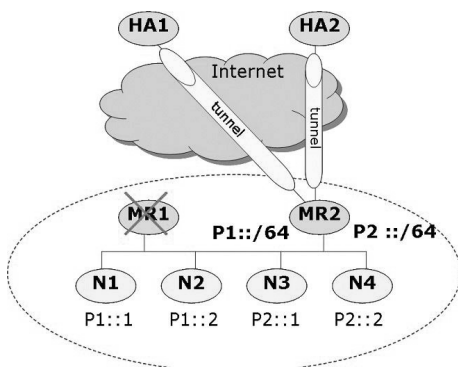
(그림 4-6)에서 정상 이동 라우터 MR2가 장애 이동 라우터 MR1을 대신하기 위하여 자신의 라우터 공고 메시지에 장애 이동 라우터가 공고하던 프리픽스 P1을 포함하여 공고하면, P1에 의하여 주소를 설정했던 노드 N1, N2는 주소 변경 없이 이동 라우터 접속을 변경할 수 있다. 그러나, MR2의 홈 에이전트인 HA2는 P1에 의하여 설정된 주소로부터 수신한 패킷의 진입을 여과한다.

다중접속 경로 장애 복구시의 진입 여과 문제를 해결하기 위해서 장애가 발생한 이동 라우터의 홈 에이전트인 HA1을 거쳐 인증 하는 기법을 제안하였다. 이를 위하여 이동 라우터 사이에 ‘프리픽스 동료(prefix peer)’라는 관계를 설정하고, 이동 라우터 MR1과 MR2가 서로의 프리픽스를 공고할 수 있도록 다음의 두 가지 요소를 추가하였다.

- 프리픽스 동료 바인딩 갱신(Prefix Peer Binding Update, PPBU)

· 백업 플래그(backup flag)

프리픽스 동료 바인딩 갱신은 동료 이동 라우터 MR2가 장애 이동 라우터 MR1의 홈 에이전트 HA1에 자신의 임시 주소(MR2의 임시 주소)를 바인딩 갱신할 수 있도록 함으로써 MR1의 역할을 대신할 수 있게 한다. 이 때 홈 에이전트는 백업 플래그를 이용하여 동료 이동 라우터를 인식한다. 이러한 이동 라우터들 간의 인증과 바인딩 갱신 과정을 거쳐서 홈 에이전트 HA1이 자신의 이동 라우터 MR1 뿐 아니라, 자신의 이동 라우터를 통하여 등록된 이동 라우터 MR2에도 통신 서비스를 제공할 수 있다. (그림 4-7)은 이를 위한 HA1과 MR2 사이의 터널 설정을 도시한다.



(그림 4-7) 다중접속 장애 복구

제안한 프리픽스 동료 바인딩 갱신에 의하여 신뢰할 수 있는 이동 라우터인지를 인증함으로써 다중접속 경로의 장애를 복구할 수 있고, 약의를 가진 노드가 이동 라우터를 가장하여 이동 네트워크의 모든 트래픽을 가로채는 위험을 방지할 수 있다. 이러한 기법은 다중 이동 라우터를 탑재한 경우의 장애 발생시 이의 복구 기법

뿐 아니라, 부하 분산, 사용자 선호 및 정책에 따른 라우팅 등의 기법을 수행하는데 활용될 수 있다. 그러므로 이 제안이 다중접속을 위한 기법으로 표준에 기여할 수 있도록 기고 활동을 계속 추진할 예정이다.

4-6 다중접속 기술 표준화 현황 및 전략

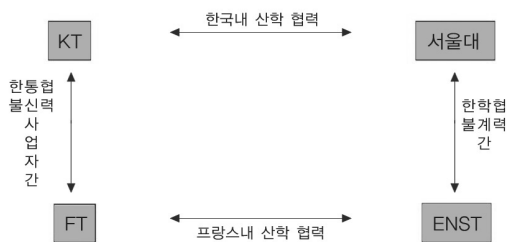
최근 인터넷 활용이 일반화되고, 단순한 인터넷 접속 뿐 아니라 서비스의 질(Quality of Service, QoS)을 만족하는 인터넷 접속에 대한 요구가 증가함에 따라 IETF에서 다중접속 기술에 대한 관심이 급증하고 있다. 이전까지 NEMO WG이나 다른 WG에서 분산되어 추진되던 이동 환경에서의 다중접속 기술 표준 작업을 체계적으로 추진하기 위하여, 한국(KT)을 비롯한 [11]의 저자들을 중심으로 2005년 8월 제 63차 IETF 회의에서 MONAMI6 BoF의 결성을 추진하였다.

이어서 2005년 11월의 제 64차 IETF 회의에서부터는 WG으로 승인받게 되었다. 그동안 진행하였던 [9, 11, 12]와 같은 국제 전문가들 사이의 다년간의 협력에 의한 기고문 공동 작성 및 표준화 활동은 MONAMI6 WG 신설의 기반이 되었다. 특히 기고문 [9]와 같이 새로운 표준 기술의 문제를 정의하는 문서에서 한국이 공저자로 참여하는 것은, 향후에 이 기고문에서 제시한 이슈의 해결책을 제안하는 표준화 활동시에 전략 수립의 중요한 반석이 된다.

IETF에서 MONAMI6 WG이 출범함에 따라 국내에서도 그동안 산발적으로 진행되어오던

각 기관의 다중접속 기술 연구 및 표준화 작업을 결집하려는 노력이 진행되고 있다. KT는 IPv6 포럼 코리아의 이동성 WG[15] 의장 활동을 통하여, 그동안 국제 단체인 IETF에서 MONAMI6 WG 신설에 기여한 경험을 바탕으로, 국내 표준을 선제정하고 이를 기반으로 세계 표준을 주도적으로 이끌어가려는 노력을 진행하고 있다.

아울러 (그림 4-8)과 같은 Rectangle 모델에 의하여 KT, FT(France Telecom), 서울 대학교, ENST(Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications) 간에 국제 산학 협력 체계를 구축하고, 한불과학기술협력기금사업[16]에 의한 표준화 협력을 통하여 국제 표준화 노력에 박차를 가하고 있다. 이러한 산학 모델에 의하여 국제화된 신규 표준화 전문가를 양성하는 동시에, 국제적으로 경쟁력 있는 기술력을 보유하고, 표준화에 대한 공동 의견을 대변할 수 있다.



(그림 4-8) 한불 국제 연구 협력 모델: Rectangle

V. 와이브로 네트워크에서의 IPv6 기술 표준화 추진 경과

다양한 특성을 갖는 무선 액세스 네트워크의

출현에 따라 일부 네트워크에서는 IPv6의 적용에 문제가 발생하는 경우가 있다. 최근 IETF에서는 이러한 특정 액세스 네트워크를 대상으로 IPv6의 적용을 다루는 WG들이 잇따라 신설되고 있다.

KT는 2006년에 세계 최초로 와이브로 서비스 상용화를 개시한 후에, IPv6를 점차적으로 도입할 계획이다. 이를 위하여 와이브로 네트워크에 IPv6를 도입하기 위한 단계별 시나리오 [17]를 작성하고, IEEE 802.16(e) 기반 와이브로 네트워크 상에 IPv6를 적용할 때 발생 가능한 기술적 문제를 분석[18]하여 표준화 활동을 추진하고 있다.

와이브로 네트워크 상에서 IPv6를 동작시키기 위한 고려 사항을 정의하고 이를 만족하는 기술을 표준으로 제정하기 위하여, 한국의 주요 통신 관련 기관인 KT, 삼성, 전자통신연구원 등은 국내 포럼 및 표준화 기구 활동을 통하여 공동 문서 작성 등의 노력을 진행하였다.

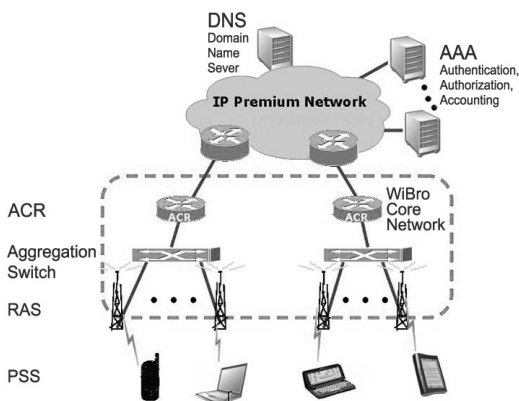
그 결과로 2005년 11월의 제 64차 IETF회의에서 16NG BoF 회의를 개최하게 되었다. 이 회의에서 본 고의 저자가 공저한 두 기고문 [17, 18]이 발표 되어 WG 신설의 필요성에 힘을 실었다. 16NG BoF가 WG으로 승인되면, 이는 한국의 표준 전문가들 간의 협력에 의하여 신규 표준화 단체 결성의 결과를 낳은 최초의 회의라는 의미를 갖는다.

본 장에서는 기고문 [17]과 [18]의 내용을 중심으로 와이브로 네트워크의 특성과 IPv6 적용상의 문제점을 고찰하고, 이 문제점의 해결 방안에 대한 국제 표준화 전략을 제시한다.

5-1 와이브로 네트워크의 특성 및 구조

와이브로는 IEEE 802.16(e) 표준을 기반으로 제공될 이동 광대역 무선 서비스이다. 2004년 7월 정부는 와이브로에 대하여 IEEE 802.16-2004와 802.16e D3 이상의 표준안과 5개의 성능 요구 사항을 만족할 것을 결정하였다. 이 후, 2005년 6월에 한국정보통신기술협회(Telecommunications Technology Association, TTA)에서는 와이브로 시스템의 2차 표준을 완성하였다. 이와 같이 표준화된 한국의 와이브로는 2005년 9월에 IEEE 802.16e의 표준 규격위원회에서 국제 표준에 반영되었다.

한국에서는 2.3GHz 대역을 와이브로 네트워크에 할당하였다. 무선으로 광대역 액세스를 가능하게 하는 와이브로 네트워크는 60km/h 이상의 속도로 이동하는 경우에도 1Mbps 이상의 하향 트래픽용 대역폭과 128Kbps 이상의 상향 트래픽용 대역폭을 제공할 수 있다. 그러므로 기존의 셀룰러 네트워크보다 저렴하고 무선랜보다 넓은 액세스 영역을 제공한다.



(그림 5-1) 와이브로 서비스를 위한 네트워크 구조

(그림 5-1)은 와이브로 서비스를 위한 네트워크 구조를 나타낸다. (그림 5-1)에서 액세스 네트워크인 와이브로 코어 네트워크(Wibro Core Network)의 주요 구성 요소는 액세스 제어 라우터(Access Control Router, ACR)와 무선 액세스 스테이션(Radio Access Station, RAS)이다. 액세스 제어 라우터와 무선 액세스 스테이션은 <표 5-1>과 같은 기능을 수행한다. 집선 스위치(Aggregation switch)는 무선 액세스 스테이션을 집선하여 액세스 제어 라우터에 연결한다. 사용자 단말(Personal Subscriber Station: PSS)은 이와 같은 네트워크 구조에 의하여, 고속 이동 중에도 광대역 인터넷 서비스를 제공받을 수 있다.

< 표 5-1 > 와이브로 네트워크에서 액세스 제어 라우터와 무선 액세스 스테이션의 기본 기능

구분	기능
액세스 제어 라우터	<ul style="list-style-type: none"> · 무선 액세스 스테이션과의 연동 · 이동 단말의 이동성 관리 · 과금과 통계 정보의 생성 및 통보 · QoS 제공 · 인증 및 보안 · 무선 자원 관리 및 제어
무선 액세스 스테이션	<ul style="list-style-type: none"> · 호 처리(패킷의 호 연결 설정, 유지, 해제 등) · 핸드오버 · 시스템 제어 · 부가 장치 정합

5-2 와이브로 네트워크 상의 IPv6 도입 시나리오

(그림 5-1)의 와이브로 네트워크에 IPv6를 도입하기 위해서는, <표 5-1>에서 기술한 액

세스 제어 라우터에 기능에 다음과 같은 기능이 추가되어야 한다.

- IPv6 패킷 전달기능
- IPv6 라우팅 기능
- IPv6 멀티캐스팅 기능

와이브로 네트워크 상의 단계별 IPv6 도입 시 나리오는 <표 5-2>와 같다. 이와 같이 단계적으로 IPv6를 도입함으로써 기존의 IPv4 단말 사용자도 와이브로 서비스를 계속 제공받을 수 있도록 한다. 본 절에서 기술한 내용을 기고한 문서 [17]은 앞으로 16NG BoF가 WG으로 승인 되면 WG 표준화 방향의 지침서 역할을 할 것으로 기대된다.

< 표 5-2> 와이브로 네트워크 상의 IPv6 도입 단계

	1단계	2단계	3단계
IP 서비스	· IPv4 서비스	· IPv6 도입 시작	· IPv6 도입 완성
이동 단말	· IPv4	· IPv4 · IPv4/IPv6 이중 스택 (stack)	· IPv4 · IPv4/IPv6 이중 스택 · IPv6
액세스 네트워크	· IPv4/IPv6 이중 스택	· IPv4/IPv6 이중 스택	· IPv4/IPv6 이중 스택
백본 네트워크	· IPv4	· IPv4 · 터널링	· IPv4/IPv6 이중 스택

5-3 와이브로 네트워크에서 IPv6 적용의 기술적 문제점

와이브로의 기반이 되는 IEEE 802.16(e) 네트워크는 다른 액세스 네트워크와 구별되는 특성을 갖는다. 그러므로 IEEE 802.16(e)에 기반한 와이브로 네트워크 상에서 IPv6를 동작시키

기 위한 기본 동작에 대한 점검이 필요하다. IEEE 802.16(e)에서 데이터 전송을 위한 MAC 계층의 연결은 전송하는 데이터에 따라 달라진다. 또한 IEEE 802.16(e)의 점 대 다점(point-to-multipoint) 통신 모드에 의한 통신 방식은, 상위 계층에서 IPv6의 주요 동작인 이웃 검색(neighbor discovery) 등을 실행하는데 필요한 브로드캐스팅(broadcasting)이나 노드간 직접 통신을 지원하기에 적절하지 않다. 이에 따라서 IPv6의 기본 동작인 주소 레졸루션(address resolution), 라우터 검색(router discovery), 중복 주소 탐지(duplicated address detection), 또는 상태 비보존 자동 설정(stateless auto-configuration) 등과 같은 작업들의 수행에 대한 고려가 새롭게 요구되며, 통신 계층 간의 상충 문제를 해결하는 기술을 표준화 할 필요가 있다.

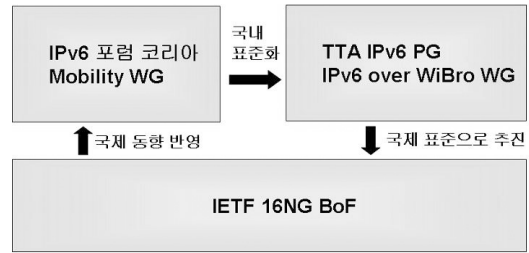
통신 제 2계층(layer 2)과 제 3계층(layer 3) 사이의 문제는 이동 IPv6에서의 고속 핸드오버(Fast Handovers for Mobile IPv6) [19]의 경우에도 발생한다. 예를 들어, 고속 핸드오버 기법의 예측 모드(predictive mode)에서 이전 액세스 라우터(Previous Access Router, PAR)에게 전송하는 네트워크 계층의 고속 바인딩 갱신(Fast Binding Update, FBU) 메시지와 IEEE 802.16(e)에서 현재 통신하는 기지국에 전송하는 MOB-HO-IND 메시지 간에 간섭 문제가 발생한다. 그러므로 두 계층 사이의 간섭 문제를 해결하여야 한다.

이 외에도 IP 멀티캐스팅 서비스, IPv6 패킷 크기, IP 페이징(paging), 보안 등을 비롯한 여러 가

지 고려 사항을 서로 다른 계층의 표준인 IEEE 802.16(e)와 IPv6의 원활한 상호 동작을 위하여 분석하고 있다. IEEE 802.16(e) 네트워크에 IPv6를 적용하기 위한 기술적 문제를 정의한 기고문 [18]은 향후 16NG BoF가 WG으로 승인되면 WG 기고문으로 채택될 것으로 기대된다.

5-4 와이브로 네트워크 상의 IPv6 기술 표준화 전략

16NG BoF 회의는 한국이 주도적으로 추진한 회의인 만큼 앞으로 국내 표준화 활동과 연계하여 국제 표준을 이끌 수 있는 분야로 기대되고 있다. 16NG BoF와 관련한 기술의 국내 표준화 결과를 IETF의 국제 표준으로 반영하기 위하여, 국내 표준화 전문가들은 (그림 5-2)와 같은 단체를 구성하여 공동의 노력을 기울이고 있다. 현재 IPv6 포럼 코리아 내의 이동성 WG¹⁾에서 국내 표준을 위한 기술적 의견을 수렴하고 있으며, 이 내용이 표준 문서로 작성되면 한국정보통신기술협회의 IPv6 프로젝트 그룹(Project Group, PG) 산하의 IPv6 over WiBro WG²⁾을 거쳐 국내 표준으로 제정될 것이다. IPv6 포럼 코리아의 이동성 WG과 한국정보통신기술협회의 IPv6 over WiBro WG은 국제 표준화 단체인 IETF의 표준화 동향에 맞추어 국내 표준과 국제 표준화 활동을 균형 있게 추진할 것이다.



(그림 5-2) 와이브로 네트워크 상의
IPv6 지원 기술 표준화 전략

Ⅵ. 와이브로 네트워크 상에서의 IPv6 네트워크 이동성과 다중접속 서비스

앞 장에서 설명한 기술 표준들을 결합함으로써 다양한 차세대 이동통신 서비스의 실용화가 가능하다. 본 장에서는 네트워크 이동성 응용 서비스, 다중접속 응용 서비스, 와이브로 네트워크 상의 IPv6 응용 서비스의 예를 제시한다.

6-1 네트워크 이동성 응용 사례

네트워크 이동성은 현재 국내외에서 활발하게 구축되고 있다. 네트워크 이동성의 서비스 형태는 다음과 같이 크게 4가지로 분류할 수 있다.

- (1) 차량내 탑승자용 단말기를 위한 액세스 네트워크
- (2) 차량내 센서(sensor)나 제어기, 또는 액티베이터(activator)를 연결하는 네트워크

1) 저자는 현재 이 WG의 의장직을 수행하고 있으며, 이 WG의 주요 활동 목표는 다중접속 분야와 IPv6 over WiBro 분야의 국내 협력 및 표준화 추진이다.

2) 저자는 현재 이 WG의 공동 의장직을 수행하고 있다.

(3) 다수의 인터넷 단말기를 동시에 사용하면
서 이동하는 사용자의 개인 네트워크

(4) 개인 네트워크가 차량내 액세스 네트워크
를 통하여 인터넷에 연결하는 중첩
(nested) 네트워크

미국에서는 NASA(National Aeronautics and Space Administration)와 Cisco사의 공동 연구로 이동 네트워크 테스트베드를 구축하였다[20]. 이 테스트베드는 IPv4를 기반으로 구축되었지만, 이동 IPv6 기반의 네트워크 이동성 기본 지원 프로토콜이 표준화 되기 이전에 네트워크 이동성의 실용성을 테스트했다는 데 의의가 있다. 외부 네트워크 에이전트(Foreign Agent, FA) 라우터를 IEEE 802.11b 브리지(bridge)에 연결하고, 이동 라우터를 Cisco사의 라우터로 구현한 NASA Glenn 연구 센터의 이동 네트워크는 주 연방 해안 경비정에 이동 IP[21] 기반으로 시험적으로 구축되었다. 경비정은 홈 네트워크에 있을 때 도심 빌딩에 설치된 무선 이더넷(ethernet) 안테나를 통하여 접속한다. 이 후 이동에 따라 가까운 육지의 외부 네트워크 에이전트로 접속 위치를 변경하고, 육지에서 멀어지면 위성을 통하여 인터넷에 접속한다. 중첩 캡슐화 방식으로 통신하도록 구현하였다.

일본의 WIDE 프로젝트 중 일부인 Internet CAR 프로젝트는 자동차에 고정된 인터넷 단말들을 이동 네트워크로 구성하는 테스트베드를 구축하고 테스트하고 있다[14]. 각 자동차에는 라우터 기능을 하는 개인용 컴퓨터가 있고 여기

에 서로 연결된 인터넷 단말들이 이동 네트워크를 형성하여 센서 기능을 한다. 이와 같은 이동 네트워크는 자동차가 인터넷으로부터 정보를 액세스할 수 있도록 할 뿐 아니라, 인터넷을 통하여 자동차의 상태를 모니터할 수 있도록 한다. 이와 같은 방법으로 이동에 따른 위치 정보와 각종 측정 정보를 인터넷을 통하여 전송한 후, 분석/가공하여 유용한 정보로 제공할 수 있다. 이 테스트베드는 IPv6를 기반으로 한다.

6-2 다중접속 응용 시나리오

다중접속은 다음과 같은 다양한 방법으로 실생활에 유용한 서비스를 제공할 수 있다.

(1) 대역폭 활용과 부하 분산 활용

제한된 시간 내에 대량의 데이터를 수신해야 하는 경우에 다중접속을 활용하여 대역폭 활용을 증대할 수 있다. 예를 들어 공항이나 기차역에서 인터넷 단말기를 이용하여 비행기/기차 출발 전에 필요한 데이터를 수신해야 하는 경우에, 다중 인터페이스를 통하여 동시에 데이터를 수신함으로써 빠른 시간에 원하는 용량의 데이터를 수신할 수 있다.

(2) 이중 액세스 네트워크 기술의 활용

인터넷 단말기가 이중 액세스 네트워크에 각각 접속함으로써 서로 다른 인터넷 서비스를 제공받도록 할 수 있다. 예를 들어 대역폭이 큰 와이브로 네트워크 인터페이스와 통신 가능 지역이 넓은 셀룰러 네트워크 인터페이스를 동시에

장착한 경우, 와이브로 네트워크의 높은 대역폭과 셀룰러 네트워크의 광범위한 수신 지역을 사용자 편의에 따라 선택적으로 활용할 수 있다.

(3) 실시간 트래픽의 신뢰성 보장

다중접속에 의하여 동일한 트래픽의 전송을 중복함으로써, 패킷 손실을 허용하지 않는 실시간 트래픽의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 예를 들어 전장의 위급한 환자에게, 실시간 동영상 및 센서 정보 송수신에 의한 원격 수술을 시술하는 경우에, 환자의 환부 정보와 의사의 수술 동작 정보를 오차 없이 실시간 전송하기 위하여 다중접속에 의한 중복 통신을 활용할 수 있다.

(4) 대형 차량 내 네트워크의 전파 방해 극복

물리적 이유에 의하여 복수로 설치되는 이동 라우터들의 관리를 위하여 다중접속 기술이 활용될 수 있다. 예를 들어 기차나 비행기와 같이 대형 이동 네트워크에서 한 이동 라우터로 광범위한 공간을 지원하기 어려운 문제를 해결하기 위하여 다수의 이동 라우터를 설치하고 다중접속 기술을 적용할 수 있다.

6-3 와이브로 네트워크 상의 IPv6 응용 시나리오

네트워크 이동성과 다중접속 기술을 각각 와이브로 네트워크 상에 응용하거나 함께 응용함으로써 다양한 차세대 이동통신 서비스의 제공이 가능하다. 네트워크 이동성 표준 프로토콜은 IPv6를 기반으로 하며, 다중접속 또한 다중 주

소 체계를 지원하는 IPv6에 의하여 보다 실용적으로 지원되므로, 와이브로 네트워크에서의 IPv6 지원 기술 표준화가 우선 요구된다.

(1) 와이브로 네트워크 상의 IPv6 네트워크 이동성

와이브로 네트워크는 현재 서비스 중이거나 곧 서비스를 앞 둔 무선 액세스 네트워크 중에서 네트워크 이동성을 구현하기에 가장 적절한 네트워크 중의 하나이다. 와이브로 네트워크는 60km/h 이상의 고속 이동성을 제공하므로 WVAN의 이동 속도를 무리 없이 지원할 수 있으며, 유선망 수준의 높은 대역폭은 이동 네트워크 내부의 다수의 단말들이 요구하는 다양한 응용 서비스를 지원할 수 있다.

(2) 와이브로 네트워크 상의 IPv6 다중접속

IPv6 다중접속 기술의 표준화는 6.2절에서 예시한 다양한 응용을 와이브로 네트워크에 적용 가능하도록 한다. 와이브로 네트워크의 대역폭 활용과 부하 분산, 와이브로 네트워크와 타 네트워크 간의 다중접속, 와이브로 네트워크 상의 실시간 트래픽에 대한 신뢰성 보장 등과 같이 다양한 사용자 요구를 충족할 수 있다.

(3) 와이브로 네트워크 상의 IPv6 다중접속 네트워크 이동성

IPv6를 지원하는 와이브로 네트워크 상에 탑재된 네트워크 이동성 프로토콜에 다중접속 프로토콜 표준을 추가하면 다양한 응용이 가능하

다. 예를 들어, 차량은 자체 제어기와 센서 및 다수의 승객이 보유한 이동 기기들을 연결하여 차량 내 대규모 IPv6 네트워크로 구성하여 이동한다. 승객은 하나 이상의 인터넷 단말기를 소유할 수 있으므로 차량 내 IPv6 이동 네트워크의 규모는 대형화 될 수 있다. 차량 내 IPv6 이동 네트워크는 차량의 물리적 크기가 이동 라우터의 액세스 유효 범위를 초과한다는 이유로, 또는 차량 내의 승객의 수가 많아서 하나의 이동 라우터로 서비스 가능한 인터넷 단말의 수를 초과한다는 이유에 의하여, 다중 이동 라우터를 탑재하게 되고, 이 때 다중접속 기술 표준이 사용된다.

와이브로 네트워크 상에서 IPv6로 다중접속하는 네트워크 이동성의 또 다른 예는 여러 인터넷 서비스 제공자(Internet Service Provider, ISP)에게 연결하는 경우이다. 이 때는 이동 라우터 또는 홈 에이전트를 다중으로 탑재하는 경우를 지원하는 다중접속 프로토콜 표준이 필요하다.

이 밖에도 이동하는 네트워크 내에 다중의 프리픽스(prefix)를 허용하는 프로토콜 표준에 의하여 각 프리픽스를 서로 다른 용도로 활용하는 것이 가능하다. 즉 한 프리픽스는 차량 센서용으로, 다른 프리픽스는 탑승자 접속용으로 할당하는 방식으로 네트워크 이동성을 운용할 수 있다.

VII. 결론

본 고에서 기술한 차세대 이동통신의 발전 방향은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 향후 이동 통신은 단순한 단말의 이동 뿐 아니라 네트워크 단위의 이동성까지 지원한다.
- (2) 이동하는 노드는 다양한 액세스 네트워크에 단일 접속할 뿐 아니라 다중접속하는 것도 가능하여 복잡한 사용자 요구를 만족한다.
- (3) 상기 기술의 제공을 위한 필수 기술인 IPv6의 제공이 IEEE 802.16(e) 기반 와이브로 네트워크와 같은 새로운 액세스 네트워크에서도 원활하게 이루어진다.

지금까지 이와 같은 향후 전망에 의하여 표준화 방향을 예측하고, 이에 대응하는 표준화 전략 및 정책을 수립함으로써 주도적으로 국제 표준화를 추진한 결과를 기술하였다. 즉 차세대 이동통신에서 주요 역할을 할 IPv6 네트워크 이동성과 다중접속 기술, 와이브로 네트워크 상의 IPv6 기술과 같은 첨단 기술에 대한 표준화를 국제적으로 앞장 서서 추진하고 있다. 이러한 표준화 활동을 이동 통신 기술 요구 환경 변화와 IETF WG별 표준화 추진의 관계로 요약하면 <표 7-1>과 같다.

다중접속 기술 표준화가 이루어지면 네트워크 이동성에 적용하여 인터넷 상호 통신 능력 증가 및 데이터 전송률의 향상과 같은 이점을 제공할 수 있다. 향후 다양한 인터넷 접속 기술의 발달과 사용자 요구의 다양화로 소프트 인터페이스의 등장이 현실화 되면, 네트워크 인터페이스의 추가 또는 변경이 용이해지고, 이에 따라 다중접속 기술은 사용자 위주의 인터넷 서비스

를 제공하기 위한 더욱 중요한 기술로 자리매김 하게 될 것이다.

와이브로 네트워크는 차세대 이동 통신을 지원할 무선 액세스 네트워크 중 가장 주목 받고 있는 네트워크중의 하나이다. IEEE 802.16(e) 표준을 기반으로 하는 와이브로 네트워크에 IPv6를 적용하는 기술을 표준화 함으로써, IPv6를 기반으로 하는 네트워크 이동성이나 다중접속과 같은 기술을 활용함에 의한 다양한 네트워크 서비스 제공이 기대된다.

이상에서 설명한 신기술의 표준화 활동은 한국의 앞선 인터넷 기술이 국제 표준으로 자리잡을 수 있도록 국내 표준화 기관과 국제 표준

화 기관 간의 활동을 연계하는 전략에 의하여 성공적으로 추진되고 있다. 특히 국내 표준화 전문가 및 기관 사이의 협력 결과로 새로운 BoF인 16NG BoF를 추진한 결과는 표준화 분야에서 개별적 노력보다 협력이 중요함을 다시 한 번 일깨워 준 예이다. 앞으로 표준화 추진을 위하여, 기술 전망에 따른 새로운 표준 기술 분야의 개척, 한국이 앞선 기술 분야의 선택과 집중, 해당 기술의 개발 및 표준화 전략 수립, 전문 인력 양성, 국내외 협력에 대한 노력이 계속적으로 이루어져야 할 것이다. 이에 따라 보다 다양한 기술 분야에서 국내 표준이 국제 표준을 선도할 것이 기대된다.

〈표 7-1〉 이동 통신 환경 변화와 인터넷 기술 표준화

변화 구분	통신 환경 변화 내용	해당기술의 IETF WG	향후 표준화 과제
이동기기	단순 단말 · 라우터	NEMO	네트워크 이동성 확장 지원 프로토콜 제안
	단일 통신 기기 · 다수의 일상 생활 기기	IPv6	—
네트워크	한정된 종류의 액세스 네트워크 의존적 통신 · 다양한 액세스 네트워크를 ALL-IP로 통합한 통신	16NG	문제 정의 기고문에서 정의한 문제의 해결 기법 제안
		MONAMI6	문제 정의 기고문에서 정의한 문제의 해결 기법 제안
사용자 요구	단일접속 · 다중접속		

>> 참고문헌

- [1] Mobile Nodes and Multiple Interfaces in IPv6 (MONAMI6) WG Home Page, <http://ietf.org/html.charters/monami6-charter.html>
- [2] The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards, <http://www.ieee802.org/16/>
- [3] IEEE 802.16 Task Group e (Mobile WirelessMAN[®]), <http://www.ieee802.org/16/tge/>
- [4] R. Hinden and S. Deering, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture", IETF RFC 3513, April 2003.
- [5] Internet Engineering Task Force (IETF) Network Mobility (NEMO) working group (WG) Home page, <http://www.ietf.org/html.charters/nemo-charter.html>
- [6] Vijay Devarapalli et al., "NEMO Basic Support Protocol", IETF RFC 3963, Jan. 2005.
- [7] D. Johnson et al., "Mobility Support in IPv6", IETF

- RFC 3775, June 2004.
- [8] 백은경, 이상홍, “네트워크 이동성 기술 동향과 전망,” 한국정보과학회지, 2005년 4월호.
- [9] C. Ng, E. K. Paik, and T. Ernst, “Analysis of Multihoming in Network Mobility Support,” IETF Internet Draft draft-ietf-nemo-multihoming-issues-04.txt, Oct. 2005, Work in progress.
- [10] Eun Kyoung Paik, Hosik Cho, and Thierry Ernst, “Multihomed Mobile Networks Problem Statements,” Internet Draft draft-paik-nemo-multihoming-problem-00.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), October 2003, Expired, Found at <http://mmlab.snu.ac.kr/~eun/draft-paik-nemo-multihoming-problem-00.txt>
- [11] T. Ernst, N. Montavont, R. Wakikawa, E. K. Paik, C. Ng, K. Kuladinithi, and T. Noel, “Goals and Benefits of Multihoming,” IETF Internet Draft draft-ernst-generic-goals-and-benefits-02.txt, Oct. 2005, Work in Progress.
- [12] R. Kuntz, E. Paik, M. Tsukada, T. Ernst, and K. Mitsuya, “Evaluating Multiple Mobile Routers and Multiple NEMO-Prefixes in NEMO Basic Support,” IETF Internet Draft draft-kuntz-nemo-multihoming-test-01.txt, July 2005, Work in Progress.
- [13] J. Ryu, N. Choi, E. Paik, T. Kwon, and M. Nam, “Failover for Multiple Mobile Routers in NEMO,” IETF Internet Draft draft-ryu-nemo-mr-failover-00.txt, July 2005, Work in Progress.
- [14] WIDE home page, <http://www.sfc.wide.ad.jp/>
- [15] IPv6 포럼 코리아 이동성 WG 홈 페이지, <http://ipv6.or.kr/wg/mobile/index.htm>
- [16] 한불과학기술협력프로그램 스타(STAR) 사업, 프랑스 대사관 홈 페이지, http://ambafrancekr.org/scac.php?num_rub=1&page=115&langue=kr
- [17] M. Nam, E. Paik, S. Kim, S. Park, Y. Kim, “IPv6 Deployment Scenarios over Mobile Broadband Wireless Networks,” IETF Internet Draft draft-nam-ipv6-802_16e-00.txt, Oct. 2005, Work in Progress.
- [18] J. Jee, M-K. Shin, E-K. Paik, J. Cha, and G. Montenegro, “16ng Problem Statement,” draft-jee-16ng-problem-statement-02.txt, October 16, 2005.
- [19] R. Koodli, “Fast Handovers for Mobile IPv6,” IETF RFC4068, July 2005.
- [20] D. Shell, J. Courtenay, W. Ivancic, D. Stewart, and T. Bell, “Mobile IP & Mobile Networks Promise New Era of Satellite and Wireless Communications,” Second Integrated Communications, Navigation and Surveillance Technologies Conference & Workshop, April 29 – May 2nd, 2002.
- [21] C. Perkins, “IP Mobility Support for IPv4,” IETF RFC 3220, Jan 2002.

>> 저자 소개



백 은 경 (Paik, Eun Kyoung)

· Tel: +82-2-526-5233
· Fax: +82-2-526-5200
· Email: euna@kt.co.kr

- 1990. 2: 이화여자대학교 전자계산학과 졸업
- 1992. 2: 이화여자대학교 전자계산학과 석사
- 2004. 8: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
- 1992. 2~현재: KT

- 기타 : IPv6 포럼 코리아 Mobile WG 의장, TTA PG 210 IPv6 over WiBro WG 의장
- 주관심분야: 네트워크 이동성, 다중접속 (Multi-homing), 이동성 관리, IPv6, 휴대 인터넷



이상훈 (Lee, Sang Hone)

· Email: shleee@kt.co.kr
· Tel: +82-2-526-6500
· Fax: +82-2-526-5409

- 1980. 8: 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1989. 8: 연세대학교 전자계산기공학과 석사
- 1997. 2: 성균관대학교 정보공학과 박사
- 1980. 8~1983. 12: ETRI 연구원
- 1984. 1~2003. 10: KT 무선가입자망연구팀장, KT 멀티미디어연구소 멀티미디어연구팀장/연구기획팀장, KT 기술기획팀장
- 2003. 11~2004. 11: 서비스개발연구소장
- 2004. 11~현재: KT 컨버전스연구소장, 컨버전스본부장
- 기타: DRM Forum 의장, 한국 정보통신 표준협회 (TTA) 운영위원, 통신학회, JCCI, 정보과학회, OSIA 등 통신관련 단체 이사활동
- 주관심분야: 유무선 컨버전스 서비스



장병수 (Chang, Byungsoo)

· Email: bschang@kt.co.kr
· Tel: +82-42-870-8500

- 1983. 2: 영남대학교 전자공학과 졸업
- 1985. 2: 서울대학교 전자공학과 석사
- 1996. 2: 서울대학교 전자공학과 박사
- 1985. 3~현재: KT 무선망기획부장, IMT종합기획팀장, 컨버전스팀장, 통합단말개발팀장, 휴대인터넷개발팀장
- 기타: 대한전자공학회 학술이사, 한국기술인협회 이사
- 주관심분야: 컨버전스 서비스 기획