

AIMS 시스템에서 플로우 이동성 기법의 설계와 검증

정회원 이 성 근*, 이 경 희*, 민 성 기**, 이 효 범**,
 종신회원 이 현 우*, 한 연 희****

Design and Verification of Flow Mobility Scheme in the AIMS System

Sung-kuen Lee*, Kyoung-Hee Lee*, Sung-Gi Min**, Hyo-Beom Lee** *Regular Members*,
 Hyun-Woo Lee*, Youn-Hee Han****° *Lifelong Members*

요 약

기존 이동성 관리 기법들은 IP 기반의 코어 네트워크와 다양한 접근 네트워크를 수용하는 차세대 네트워크에서 활용하기에는 부족한 점이 많다. 현재 ETRI에서는 차세대 네트워크에서의 이동성 관리에 관한 ITU-T 요구사항을 만족시키는 AIMS (Access Independent Mobility Service) 시스템을 개발 중에 있다. AIMS 시스템은 차세대 네트워크에서 이종망간의 이동성 관리에 우수한 성능을 지닌다. 한편, 최근에 많이 활용되는 사용자 단말은 여러 개의 통신 인터페이스를 지니고 있어서 Wi-Fi와 3G와 같은 서로 다른 여러 네트워크에 동시에 접속할 수 있다. 본 논문에서는 AIMS 시스템에서 이동성 지원을 받는 단말들이 여러 네트워크에 동시에 접속할 경우 접속 네트워크 기술 간에 선택적으로 데이터 플로우를 이동시킬 수 있는 플로우 이동성(flow mobility) 기법을 설계하고 NS-3 시뮬레이션 구현을 통하여 제안 기법을 검증한 결과를 제시한다. 또한, 시뮬레이션 수행 결과를 통하여 제안 기법이 다양한 접근 네트워크를 지닌 이동 네트워크에서 네트워크의 자원을 보다 효율적으로 활용하게 함을 입증한다.

Key Words : IP Mobility, Flow Mobility, AIMS, Proxy Mobile IPv6, NS-3

ABSTRACT

The existing mobility management schemes do not fully support the next generation network, which is composed of IP-based core network and various access networks. Currently, ETRI has been developing the AIMS (Access Independent Mobility Service) system which satisfies the ITU-T requirements of mobility management in the next generation network. The AIMS system is designed to provide a mobile host with a fast and reliable mobility service among heterogeneous access networks. Recently, many user devices have multiple communication interfaces, e.g., 3G and WLAN, and thus they can make two or more network connections at the same time. In this paper, we design a scheme of flow mobility, i.e., the movement of selected data flows from one access technology to another, to be applied in the AIMS system, and verify the proposed scheme through the NS-3 simulation study. From the simulation results, we can know that the proposed flow mobility scheme can utilize the network resource efficiently in the heterogeneous mobile networks.

* 본 연구는 방송통신위원회 및 한국방송통신전파진흥원의 방송통신기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [10921-03001, 차세대 IPTV 인프라 기반 Social TV 서비스 인에이블러 개발].

* 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 스마트스크린융합연구부 융합서비스네트워킹연구팀 ({food2131, leekhe, hwlee} @etri.re.kr)

** 고려대학교 컴퓨터학과 (embryo@hcl.korea.ac.kr, sgmin@korea.ac.kr)

*** 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 첨단기술연구소 (yhhan@kut.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-04-199, 접수일자 : 2011년 4월 27일, 최종논문접수일자 : 2011년 7월 12일

I. 서 론

최근의 이동 단말(Mobile Node, 이하 MN) 사용자들은 음성 통신과 SMS 뿐만 아니라 비디오 스트리밍 및 게임 등과 같은 높은 대역폭을 필요로 하는 서비스를 요구하고 있다. 이러한 요구들을 충족시키기 위해 이동 통신 업체들은 무선 네트워크의 대역폭을 증가시킬 수 있는 방법을 찾고 있다. 가장 효율적인 해결책으로써 상대적으로 운영 비용이 저렴한 WLAN을 3G 및 4G 네트워크들과 연동하여 이기종 망(heterogeneous network)의 인터워킹을 구성함으로써 네트워크 자원을 효율적으로 활용하는 방법을 주목하고 있다.

이기종 망에서 주어지는 대역폭을 충분히 활용하기 위해 MN은 하나 이상의 인터페이스를 동시에 사용하면서 각 인터페이스 사이에 데이터 플로우(Data Flow)를 적절히 분배 할 수 있어야 한다. 특히 각 망이 제공하는 QoS 특성이 서로 다르기 때문에 데이터 성격에 의한 인터페이스의 선택이 중요하다. 또한 임의의 인터페이스가 네트워크의 품질 등의 이유로 통신이 불가능한 상태가 된다면 해당 인터페이스를 이용하던 데이터 플로우들을 다른 인터페이스들로 재분배해야 한다. 이렇게 서로 다른 인터페이스 사이에 플로우 단위로 세션을 이동시키는 기술을 플로우 이동성(Flow Mobility)기술 이라고 일컫는다.

IETF(Internet Engineering Task Force)의 MEXT WG에서는 Mobile IPv6^[1]에서의 플로우 이동성(Flow Mobility)에 관한 RFC^[7,8]를 최근 제정하였다. 즉, 호스트 기반의 IP 이동성 기술에서는 플로우 이동성에 대한 기술 표준화가 완성이 되었다. 하지만, 호스트 기반 이동성 지원 프로토콜은 이동성 관리에 있어 MN의 수정이 필요하고 무선 네트워크의 많은 자원을 소모한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 IETF NetLMM(Network-based Mobility Management) WG에서는 네트워크 기반 이동성 지원 프로토콜인 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)^[2]을 제정하였고 최근에는 이러한 PMIPv6에서 플로우 이동성에 관한 프로토콜을 표준화하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다.

PMIPv6는 현재 3GPP의 LTE/SAE 및 WiMAX 단체 등에서 인터워킹(Interworking) 및 버티컬 핸드오버(Vertical Handover)를 처리하는 이동성 프로토콜의 주요 기술로서 검토되고 있고 국내 WiBro 사업자들도 관심있게 분석하고 실제 상용 망에 활용하기 위하여 다각도로 노력 중에 있다. 하지만, 통신 사업자들이 자신들이 운영하는 네트워크를 차세대 광대역 통합망으로 고도화를 지속적으로 추진하고 있는 상황

에서 PMIPv6가 관심을 받는 기술일지라도 고도화된 광대역 통합망에서 효율적으로 활용 가능한 이동성 관리 시스템에 대한 연구는 계속 필요하다. ETRI에서 개발중인 AIMS(Access Independent Mobility Service)^[9-13]는 그러한 광대역 통합망에서 차세대 이동성 관리 시스템으로 활용하기에 적합한 구조를 가지고 있으며, 또한 초기부터 ITU-T 등의 NGN(Next-Generation Networks)에서의 이동성 관련 기술^[14-16]의 요구사항을 고려하면서 설계되었기 때문에 이후 국제 표준화 작업을 통하여 차세대 광대역 통합망에서의 이동성 관리 기술에 관한 국제 표준화가 가능한 기술이라고 할 수 있다.

본 논문은 이러한 AIMS 기술에서 플로우 이동성을 실현하기 위한 방안을 설계한다. 또한 최근에 관심을 많이 받고 있는 시뮬레이터인 NS-3를 통하여 그러한 설계방안을 구현하고 성능평가한 결과를 제시한다. 이러한 연구를 통하여 AIMS 기술에서 플로우를 여러 인터페이스로 분배하는 플로우 이동성 기술은 전체적으로 네트워크의 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 방안임을 입증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 네트워크 기반 이동성 지원 프로토콜에서 플로우 이동성을 지원하기 위한 기존 방법을 분석하고 ETRI에서 개발 중인 AIMS의 특징 및 이동성 제어 기술을 소개한다. III장에서 AIMS에서 플로우 이동성을 지원 방법을 구체적으로 설계 및 제안한다. IV장에서는 임의의 플로우 이동에 관한 시나리오를 제시하고 제안된 기법의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 마지막으로 V장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

2.1 플로우 이동성 지원 기술

플로우 이동성 기술을 올바르게 효율적으로 지원하기 위하여 MN의 논리 인터페이스(Logical Interface)에 대한 연구 및 개발의 중요성이 부각되고 있다. 이에 따라, 최근 IETF의 NetExt WG에서 논리 인터페이스와 관련된 기고서 [3]이 발표되었다. 논리 인터페이스는 여러 개의 물리 인터페이스를 통합하고 IP 계층이상의 상위 계층에게는 MN이 한 개의 인터페이스만 가지고 있는 것처럼 보이게 함으로써 Vertical Handover를 MN에서 처리하기에 용이하게 만들어주는 특징을 지닌다. PMIPv6에 기반한 플로우 이동성 지원 기법^[4]에서도 역시 논리 인터페이스가 가정되고 있다.

[4]는 모든 물리 인터페이스에 같은 프리픽스(Prefix)를 할당할 때와 각각 다른 프리픽스를 할당할 때로 나누어 PMIPv6에서의 플로우 이동성 방안을 제안하였다. 모든 물리 인터페이스에 같은 프리픽스를 할당하는 경우, MN의 이동성 관리 기능을 대신 수행하는 MAG (Mobile Access Gateway)는 자신의 망에 접속된 MN에 대해 플로우 이동성을 지원하기 위한 추가적인 정보를 관리할 필요가 없다. 또한, 기존 MIPv6에서 HA (Home Agent)와 비슷한 역할을 하는 PMIPv6에서의 LMA는 MAG와 별도의 시그널링 메시지 없이 플로우를 이동시킬 수 있다. 이에 비해, 물리 인터페이스 마다 다른 프리픽스를 할당하는 경우에는 LMA와 MAG에 추가의 기능이 필요하다. 즉, LMA가 먼저 플로우 이동에 관한 Policy에 따라 특정 이벤트가 발생하는 경우(예를 들어, MN이 새로운 인터페이스로 네트워크에 연결될 때), 옮겨갈 플로우들을 정하고 Flow Mobility Initiate 메시지를 통해 새로운 MAG에 플로우와 프리픽스 정보를 알려 준다. MAG는 새로운 프리픽스에 대해 라우팅 정보를 추가로 설정하여 이후 해당 MN에서 새로운 프리픽스와 함께 전달되는 플로우를 처리하여 상대 노드 (Corresponding Node, 이하 CN)에게 전달한다.

[5]는 인터페이스에 서로 다른 프리픽스를 할당하는 경우만을 고려하면서 PMIPv6에서 플로우 이동성을 지원하는 기술을 제안한다. MN이 새로운 인터페이스를 통해 MAG에 연결되면 MAG는 이러한 사실을 LMA에게 알리고, 이후 LMA는 이전 MAG에게 이 정보를 알려준다. 그러면, 이전 MAG는 새로운 인터페이스로 옮겨갈 플로우를 찾아 LMA에 플로우에 관한 특성과 함께 플로우 이동 요청을 한다. LMA는 대역폭, 서비스의 종류, 접근 네트워크 (Access Network) 특성에 따라서 이러한 플로우 이동 요청 수용하거나 거부한다. 수용된 플로우들은 새로운 MAG에 등록되고 이후 LMA는 해당 플로우는 새로운 MAG를 통하여 전달한다.

[6]는 PMIPv6에서 플로우 이동 시 새로운 MAG에 알려줄 HNP 정보를 Proactive 방식과 Reactive 방식으로 나누어 제안하고 있다. Proactive 방식에서는 LMA가 MN에게 프리픽스를 할당할 때마다 MN이 여러개의 인터페이스를 통해 접속한 모든 MAG에 Home Network Prefix Update Request (HUR)을 보내 각 MAG마다 모든 프리픽스들을 동기화 시킨다. Reactive 방식에서는 LMA가 플로우의 이동을 결정한 시점에 HUR을 플로우를 이동시킬 MAG에 보내어 새로운 프리픽스를 알려준다.

이렇듯, PMIPv6에서의 플로우 이동에 관한 기술은 활발하게 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 PMIPv6 대신 ETRI에서 개발 중인 AIMS를 기본 이동성 관리 시스템으로 하여 이에 대한 플로우 이동 방안을 설계하고 시뮬레이션을 통해 검증한다.

2.2 AIMS(Access Independent Mobility Service) 기술

차세대 광대역 통합망에서 활용될 수 있는 이동성 제어 기술로서 ETRI는 AIMS 시스템을 개발 중에 있다. 그림 1에 도시되어 있는 것처럼 AIMS는 다양한 액세스 기술을 포함하는 유무선 통합 네트워크 환경을 고려하여 MN의 이종 액세스 망간 핸드오버를 지원하는 망 기반의 이동성 제어 기술이다. AIMS 기술은 PMIPv6와 동일하게 이동성 제어를 위한 단말 요구 기능을 최소화하면서 IEEE 802.21 MIH(Media Independent Handover)^[17] 기술을 이용하여 이종 망 통합 환경에 직접 적용할 수 있는 제어 구조 및 프로토콜을 제공하며, 이종 액세스 망들이 중첩된 환경에서 사용자의 선호도 및 망의 상태 정보를 기반으로 액세스 접속 제어를 수행하는 망 선택 절차 기능을 제공할 수 있다. 또한, 제어신호와 데이터 전달 경로의 분리를 통하여 전체 데이터 트래픽이 분산 되는 효과를 지니는 등 AIMS 기술은 이종망간의 이동성 관리에 우수한 성능을 지닌다.

AIMS 시스템은 코어 망 내에 위치하는 이동성 제어 서버(MICS: Mobility Information Control Server), 각 액세스 망에 위치하는 핸드오버 제어 에이전트(HCA: Handover Control Agent), MN에 대한 무선 링크 연결을 제공하는 접속점 (PoA: Point of Attachment) 그리고 액세스 망간을 이동하는 MN로

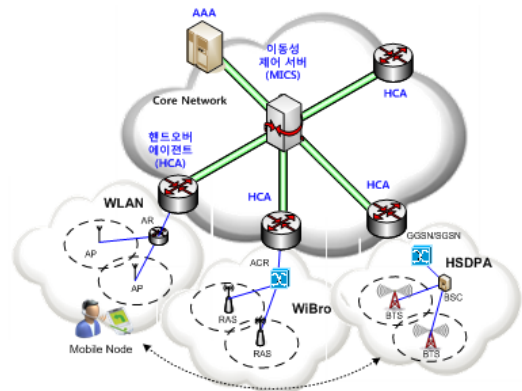


그림 1. AIMS 시스템에서의 네트워크 구성

구성된다.

AIMS 시스템에서 MICS는 다양한 액세스 망(AN: Access Network)을 연결하는 IP 코어 망 내에 위치하며, MN에 대한 위치 바인딩 정보(L2 ID, HoA, CoA 등)와 MN이 통신하고 있는 CN에 대한 데이터 IP 터널링 정보를 관리한다. 또한, MICS는 MN에게 최적의 망에 접속할 수 있도록 IEEE 802.21 MIH 기술을 이용한 IS (Information Server) 기능을 수행한다. HCA는 각 액세스 네트워크와 IP 코어 망을 연결하는 게이트웨이 라우터상에서 동작하며, MN이 액세스 망에 접속한 것을 인지하면 MN에 대한 정보를 HCA에 등록 및 관리하고, MN에 대한 위치 정보를 추가하여 MICS에게 위치 등록 및 갱신을 수행한다. 또한, MN이 통신하고 있는 CN에 대한 위치 정보를 MICS로부터 획득하여 데이터 전송을 위한 IP 터널링 설정 및 변경 기능을 수행한다. ITU-T에서 요구하는 사항이기도 한 중요한 특징으로서 AIMS는 제어 신호와 데이터 전달 경로를 분리시켰다. 제어 신호는 HCA와 MICS간에 MPLS의 LSP (Label Switching Path)를 통해 이루어 전달되고 데이터는 두 HCA 사이에 터널을 통해 전달된다.

MN이 액세스 망에 접속하기 위한 접속 포인트인 PoA는 MN에 대한 링크 설정 및 접속 인증을 수행하고, MN의 L2 ID 정보를 자신이 속한 액세스 망의 HCA에 전달함으로써 HCA가 MN에 접속 상황을 인지하도록 하는 기능을 수행한다. 망 기반의 이동성 제어 기술인 AIMS 시스템에서 MN에 추가로 요구되는 기능은 없다. 그러나 부수적으로 MN이 다중 액세스 망들이 중첩된 환경에서 최적의 망에 접속하기 위해서는 MIH와 같은 서비스를 이용하여 주변 액세스 망들을 감지 및 탐색하여 최적의 망에 접속할 수 있는 기능이 필요하다.

AIMS 시스템의 구체적인 이동성 관리 및 핸드오버 절차 등은 [9-13]을 참조하기 바란다.

III. AIMS에서 플로우 이동성 지원

3.1 플로우, 플로우 선택자 및 정책

본 논문은 임의의 플로우를 <Src. IP, Dest. IP, Src. Port, Dest. Port, Protocol>의 5-tuple로 기술하였다. 이와 같은 플로우의 정의는 “방향(direction)”에 대한 의미를 내세우고 있다. MN의 입장에서 임의의 CN에서 MN이 연결된 HCA를 통해 들어오는 플로우는 하향 플로우(Inbound Flow), 그 반대로 MN에서 HCA를 통하여 CN으로 보내지는 플로우를 상향 플로우

(Outbound Flow)로 지칭한다 (그림 2).

플로우 선택자(Flow Selector)는 MICS에서 플로우 필터링 기능을 수행하여 특정 플로우를 CN이 연결되어 있는 여러 HCA 중 어느 HCA로 보내야 할지를 판단할 때 사용하는 정보이다. 플로우 선택자 역시 플로우의 정의와 비슷하게 5-tuple을 활용하지만 “*” 기호를 사용하여 특정 정보는 임의의 값을 지칭할 수 있도록 할 수 있다. 예를 들어 <3ffe::1, 78ee::2, 22, 890, UDP>, <3ffd::2, *, 25, *, TCP>, <*, 79ed::3, *, 998, SCTP>, <*, *, *, *, UDP> 등으로 플로우 선택자가 표현된다.

플로우 이동성 관리를 위한 정책(Policy)은 플로우 선택자와 접근 네트워크 기술의 우선순위 리스트를 지닌다. 이러한 정책은 단말별로 특정 플로우가 이용해야 할 단말의 인터페이스 정보를 담고 있다. 상향 플로우에 대해 사용할 인터페이스는 MN이 결정하며 하향 플로우가 전송되어야 할 인터페이스는 MICS가 결정한다. 정책은 MN이 관리하는 지역 정책(Local Policy)과 MICS가 관리하는 원격 정책(Remote Policy)으로 구별되며 이러한 두 개의 정책은 방향이 서로 다른 두 개의 플로우, 즉 각각 하향 플로우와 상향 플로우에 대한 인터페이스 우선순위 정보를 지닌다. 지역 정책과 원격 정책에 있는 임의의 MN에 대한

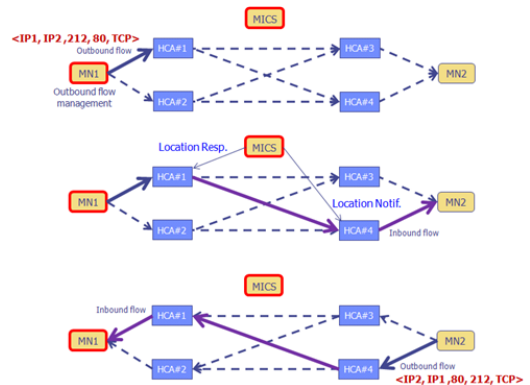


그림 2. Flow mobility 처리 방안

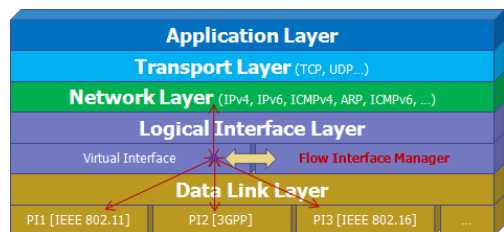


그림 3. 단말의 논리 인터페이스 계층

하향 플로우와 상향 플로우에 바인딩 되어 있는 인터페이스 우선순위 정보는 일치되어야 한다. 예를 들어, 그림 4에서 보여지듯이 MN1이 <IP1, IP2, 212, 80, TCP> 라는 플로우를 MN2에게 전송한다고 가정하자. 만약 지역 정책에 (<IP1, IP2, *, 80, TCP>, “WLAN → 3G”)가 있다면 원격 정책에는 (<IP2, IP1, 80, *, TCP>, “WLAN → 3G”)를 지니고 있어야 한다. 이러한 정책은 IP1 주소를 지닌 MN이 IP2 주소를 지닌 MN2로 접속할 때에는 WLAN을 우선적으로 이용하며 WLAN이 비활성화 상태일 때에는 3G를 활용해야 함을 의미한다. 또한, MN1에서 MN2로 응답을 할 시에는 MN의 WLAN을 우선적으로 이용하여 응답 메시지를 전달해야 하며 WLAN이 비활성화 상태일 때에는 3G를 활용해야 함을 의미한다. 한편, 이러한 정책은 단말 별로 설정하기 때문에 MN1에서 MN2로 전달되는 <IP1, IP2, 212, 80, TCP>와 같은 플로우에 대하여 MN1이 지역 정책으로 관리하는 정보에는 (<IP1, IP2, *, 80, TCP>, “WLAN → 3G”)로서 관리되고 MN2가 지역 정책으로 관리하는 정보에는 (<IP1, IP2, *, 80, TCP>, “3G → WLAN”)으로 각각 관리될 수 있다. 이러한 관리를 통하여 <IP1, IP2, 212, 80, TCP> 플로우는 MN1을 통하여 WLAN 네트워크로 전송되고 MN2에서 3G 네트워크로 전송 받을 수 있다.

이러한 정책이 초기에 생성되고 관리되는 과정은 본 논문의 연구 범위 밖에 있으며, 본 논문에서는 각 단말에 대한 로컬 및 원격 정책이 본 논문에서 제안하는 요구사항에 맞게 이미 존재한다고 가정하였다.

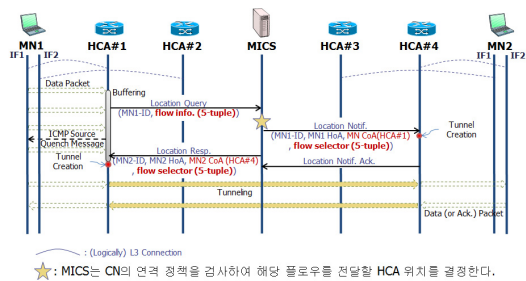


그림 4. 초기 플로우 등록 및 전달 과정

3.2 논리 인터페이스

기존 AIMS 기술은 단말이 항상 하나의 인터페이스를 지니고 있고 그러한 인터페이스를 통하여 어느 한 순간 하나의 액세스 망에만 연결되어 있음을 가정하고 있다. 하지만, 최근에는 여러 개의 인터페이스를 장착한 단말들이 많이 등장하고 있으며 접근 네트워크

의 종류가 많아졌기 때문에 이와 같은 변화하는 추세에 맞도록 AIMS 기술을 향상시킬 필요가 있다. 기존 PMIPv6에서 플로우 이동성을 지원하는 제안들처럼 다중 인터페이스 (Multi-interface) 단말들은 그림 3과 같은 논리 인터페이스가 구현되어 있다고 가정한다. HCA가 할당해주는 HoA는 단말의 물리 인터페이스가 아니라 논리 인터페이스에 할당된다. 임의의 단말이 자신이 지닌 인터페이스 중 하나로 액세스 망에 연결되어 HoA를 얻게 되면 이후 다른 인터페이스들은 MICS로부터 같은 HoA를 할당 받는다.

3.3 초기 플로우 등록 및 전달 과정

MICS에 MN과 CN이 등록된 상황에서 MN에서 CN으로 전송하는 데이터 패킷들은 MN에서 해당 패킷이 전달되는 인터페이스에 따라 서로 다른 HCA로 전달된다. 그림 4에서는 MN1이 인터페이스 IF1을 통해서 임의의 플로우를 HCA#1으로 전달하는 모습을 보여준다. HCA#1은 수신한 패킷이 새로운 플로우라면 Location Query를 이용하여 MICS에 현재 CN에 대한 위치를 질의한다. 이때 Location Query에는 MN-ID, MN-IF1 정보, HCA#1의 주소 및 해당 플로우에 대한 5-tuple 정보가 포함된다. CN에 대한 위치 질의의 지연 동안에 수신되는 패킷들은 HCA#1의 내부 버퍼에 저장된다.

HCA#1에서 전달된 Location Query 메시지를 수신한 MICS는 CN의 원격 정책을 검색하여 CN이 위치한 HCA 중 어느 HCA (그림 4에서는 HCA#4)로 보내야 할 지에 대한 정보를 획득한 후 Location Response 메시지를 이용하여 알려주면서 동시에 플로우 선택자를 등록한다. HCA#1은 해당 HCA#4에 대한 터널을 생성하고 버퍼링 중이던 패킷들을 이 터널을 통해 전달하기 시작한다. 또한 MICS는 HCA#4에 Location Notification 메시지와 함께 HCA#1과 플로우 선택자를 보내어 HCA#1에 대한 터널을 만들도록 한다. 이상과 같이 AIMS에서는 터널을 양방향으로 설정하게 되며 해당 터널 정보는 항상 플로우 선택자와 연동된다. 즉, 각 HCA에서는 특정 플로우에 해당하는 패킷을 받으면 플로우 선택자를 통해 필터링한 후 올바른 터널을 통하여 보내게된다.

3.4 플로우 이동성 지원 과정

본 논문에서는 플로우 이동성이 일어날 수 있는 이벤트로서 1) 단말이 새로운 인터페이스를 통해 새로운 연결을 시도하는 경우와 2) 이미 연결이 되어 있는 인터페이스 간에 MICS가 플로우 이동성을 결정하는 경

우를 고려한다. 다음은 각 경우 별로 플로우 이동성이 처리되는 방안을 설명한다.

3.4.1 단말의 새로운 연결에 의한 플로우 이동

그림 5는 MN이 임의의 네트워크에 새로운 인터페이스를 통하여 연결할 때 발생하는 플로우 이동 절차를 보여준다. 새로운 인터페이스의 등록으로 인하여 MN의 지역 정책과 MICS의 원격 정책에 있는 접근 네트워크 우선순위 리스트와 비교하여 플로우 이동이 필요하게 될 수 있다. 이러한 경우 MN은 지역 정책에 매칭이 되는 플로우 중 이동이 필요한 상향 플로우를 찾아내어 새로운 인터페이스로 이동시키며, MICS는 원격 정책에 매칭 되는 플로우 중 이동이 필요한 하향 플로우를 찾아내어 새로운 인터페이스로 이동시킨다. 이동 단말이 새로운 인터페이스를 통해 등록하는 절차에서 HCA#2가 Location Registration 메시지를 MICS에게 보내면 이에 대한 응답으로써 MICS는 Location Registration Ack. 메시지를 보낸다. 이 때, 이동될 플로우들에 대한 정보를 함께 보내어서 새로운 HCA#2가 해당 플로우들을 라우팅할 수 있도록 만든다. 또한 그 플로우들을 전송받는 HCA (그림 5에서 HCA#4)에게 Location Notification을 보내 새로운 HCA#2로 터널링되는 타겟을 변경하도록 한다. 한편, MN에서 CN으로 가는 플로우는 HCA#2에서 검출되어 CN과 함께 새롭게 업데이트되어진 터널 (그림 5에서 HCA#2와 HCA#4 사이의 터널)을 통해 전달된다.

3.4.2 MICS의 판단에 의한 플로우 이동

본 논문에서는 MICS가 관장하는 네트워크에서의 유무선 링크의 상태 (예를 들어, 링크의 동작 유무, 혼잡상태, 서비스 되는 단말의 개수 및 Flow 개수)를 잘 파악할 수 있다고 가정한다. 그러므로, MICS는 이러한 상태를 모니터링하면서 언제든지 자신의 판단 하에 각 단말들의 플로우 이동이 전체적인 네트워크 자

원을 좀 더 효율적으로 활용할 수 있다고 판단을 할 경우 플로우 이동을 스스로 개시할 수 있다. 이는 네트워크 기반 이동성 관리에서 고려될 수 있는 방안으로서 이러한 서비스 시나리오가 실현되기 위해서는 단말이 처음 서비스를 받을 때에 이미 플로우 이동에 관한 상당 부분의 권한을 네트워크에 위임한다는 계약 등이 요구된다.

이러한 플로우 이동 관리는 MICS에서 관리되는 원격 정책에 이동시키려는 플로우에 대해 가장 높은 우선순위를 지닌 정책을 추가적으로 생성함으로써 이루어진다. 예를 들어 원격 정책에 (<*, *, *, 150, UDP>, “3G→WLAN”)와 같은 정보를 통해 150번 포트로 UDP 방식으로 전달되어야 하는 플로우를 우선적으로 3G를 통해 전달하고 있다고 가정하자. 이 때 MICS가 네트워크의 상태 모니터링을 통해 3G보다는 WLAN을 통해 전달해야 네트워크 자원을 보다 효율적으로 활용할 수 있다고 판단한다면 (<*, *, *, 150, UDP>, “WLAN”)와 같은 정보를 추가적으로 원격 정책에 생성하고 우선순위를 가장 높이 둔다. 이로써, 해당 플로우는 3G가 아닌 WLAN으로 이동할 수 있다. 본 논문에서는 MN이 해당 네트워크에서 서비스를 받을 때부터 생성되어 있는 (<*, *, *, 150, UDP>, “3G→WLAN”)와 같은 정책을 정적 (Static) 정보라고 지칭하며 필요할 때만 잠시 생성되는 (<*, *, *, 150, UDP>, “WLAN”)와 같은 정책을 동적 (Dynamic) 정보라고 지칭한다. 이러한 동적 정보는 소프트 상태(Soft State)로 관리되며 일정한 시간 이후 삭제함으로써 다시 (<*, *, *, 150, UDP>, “3G→WLAN”)라는 정적 정보를 통해 원래대로 3G를 통해 해당 플로우가 전송될 수 있도록 되돌려 놓는다.

그림 6은 CN의 IF2에서 MN의 IF1으로 향하는 플로우를 MICS가 MN의 IF2로 이동시키는 절차를 보여준다. MICS는 Location Notification 메시지를 HCA2와 HCA4에게 보내어 서로 터널을 생성 및 갱

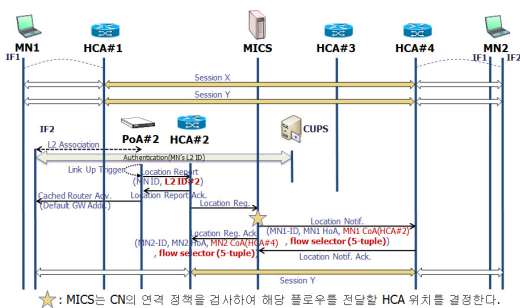


그림 5. 새로운 인터페이스 연결에 의한 플로우 이동 절차

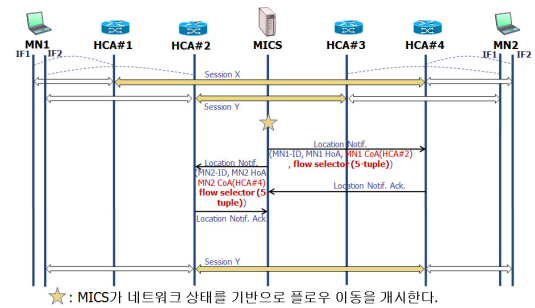


그림 6. MICS 판단에 의한 플로우 이동 절차

신하게끔 한 후 해당 플로우를 HCA2와 HCA4를 통해 터널링시킨다.

IV. 시뮬레이션 결과

제안한 AIMS 기반의 플로우 이동 방안에 대한 기능 검증 및 성능 분석을 위하여 NS-3 네트워크 시뮬레이터(NS-3 버전 3.9^[18])를 활용하여 수행하였다. 본 논문에서 제안하는 AIMS에서의 플로우 이동 방안을 연구하기 전에 선행연구로서 이미 NS-3을 통하여 PMIPv6 RFC를 구현하였고 구체적인 NS-3을 통한 PMIPv6 구현 방법은 [19]에 제시되어 있다. 한편, [6]에서는 PMIPv6에서의 플로우 이동 방안을 NS-3에 구현한 연구 결과를 제시하고 있다. 본 논문에서는 이러한 선행 연구를 통하여 먼저 PMIPv6에서의 플로우 이동 방안을 구현한 이후에 PMIPv6 대신 AIMS를 NS-3에 구현하고 본 논문에서 설계한 플로우 이동 방안까지 구현한 결과를 제시한다. 지면의 제약상 자세한 시뮬레이션 구현 방법은 생략하고 이에 대한 사항은 [6]과 [19]를 참고할 것을 권한다.

그림 7은 본 시뮬레이션을 위한 네트워크 구성을 보여준다. MN1은 HCA1과 HCA2에 각각 연결된 WLAN과 3G 접근 네트워크 사이를 움직이고 MN2와 MN3는 각각 HCA3과 HCA4에 연결된 WLAN 접근 네트워크에 연결되어 있다. 즉, MN1만 다중 인터

페이스를 지니고 있다. 모든 유선 링크는 100Mbps의 대역폭과 0.2ms의 지연시간을 갖는다. WLAN의 표준 기술로는 IEEE 802.11g가 아직까지 NS-3에 완벽하게 구현되어 있지 않아 같은 54Mbps 속도를 지원하는 IEEE 802.11a를 활용하였다. 3G는 아직 NS-3에서 지원되지 않기 때문에 1Mbps의 속도를 지닌 PPP 유선 네트워크를 사용하여 3G 네트워크를 대신하였다. 유선, WLAN, 및 3G 네트워크 인터페이스는 각각 최대 100, 400, 100 개의 패킷을 큐에 넣을 수 있도록 설정 하였다.

시뮬레이션에 사용되는 3개의 플로우는 각각 UDP1, UDP2, UDP3로서 표기하고 각각의 특성은 표 1에 정리하였다. UDP1과 UDP2는 MN2에서 MN1으로 전달되는 플로우이고 UDP3는 MN3에서 MN1으로 전달되는 플로우이다. MN1에 대하여 MICS는 표 2와 같은 원격 정책을 가지고 있으며 MN1의 지역 정책에는 표 2에 있는 것과 일치하는 정보를 지닌다(다만, 지역 정책에는 표 2에 있는 하향 플로우 정보가 상향 플로우 정보로 변경된다).하지만, 표 1에 있는 플로우 정보를 보면 알 수 있듯이 모든 플로우는 하향 플로우들만 존재하기 때문에 MN이 자신의 지역 정책을 활용하는 일은 발생하지 않는다.

표 2에서 표기되어 있는 Priority는 MICS가 임의의 플로우에 대하여 플로우 선택자와 매칭을 시킬 때의 우선순위를 보여주며 숫자가 높을수록 높은 우선순위

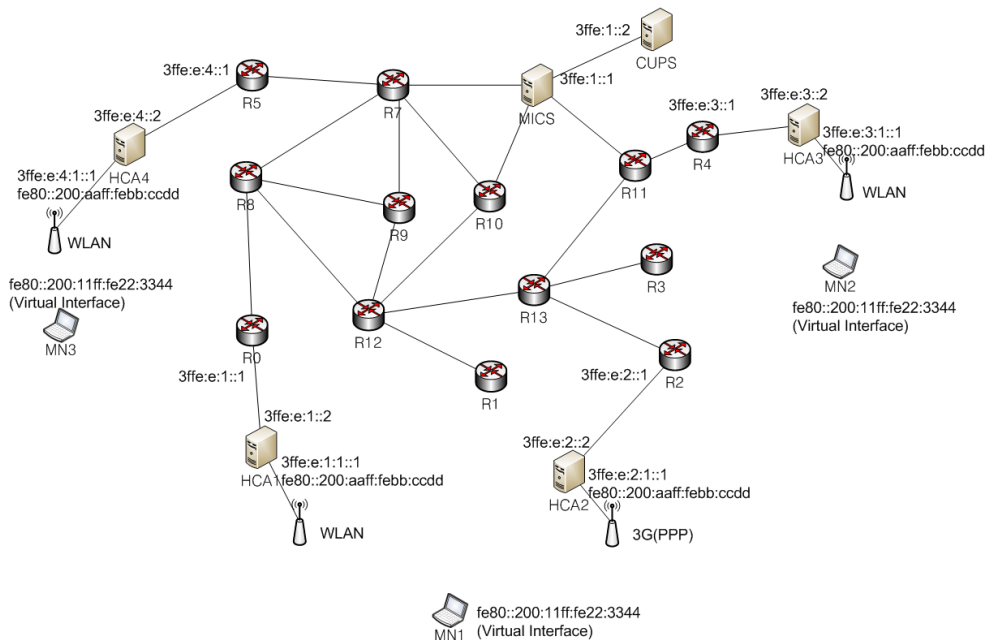


그림 7. NS-3 시뮬레이션 상의 네트워크 구성도

표 1. 3개의 Flow 의 정의 및 특성

Flow	Src. IP	Dst. IP	Src. Port	Dst. Port	Protocol	Data Rate	Start Time	Stop Time
UDP1	MN2	MN1	10258	15020	UDP	0.5 Mbps	2.0s	15.0s
UDP2	MN2	MN1	10259	15030	UDP	0.8 Mbps	4.0s	15.0s
UDP3	MN3	MN1	10257	15010	UDP	1.0 Mbps	11.0	15.0s

표 2. MN1에 대한 MICS의 원격 정책

Priority	Flow Selector	Access Network Preference List	Type	LifeTime
3	(*, MN1, *, 15030, UDP)	WLAN→3G	Static	infinite
2	(*, MN1, *, 15020, UDP)	3G→WLAN	Static	infinite
1	(*, *, *, *, *)	3G→WLAN	Static	infinite

를 지닌다. Type은 정적 또는 동적 정보를 지닐 수 있으며 정적 정보는 MN에게 플로우 이동 서비스를 개시하는 시점부터 만들어져 있는 정보이다. 이후 MICS의 판단에 의하여 임의의 플로우를 이동할 일이 발생되면 동적 정보를 추가할 수 있다. 예를 들어, 표 1과 표 2를 분석하여 보면 UDP1 플로우는 우선순위 값 2에 해당하는 정책과 매칭이 되어 우선적으로 MN의 3G를 통하여 보내려고 하며 UDP2 플로우는 우선순위 값 3에 해당하는 정책과 매칭이 되어 우선적으로 MN의 WLAN을 통하여 보내려고 한다. 만약 MN1이 아직 WLAN과 연결되어 있지 않다면 UDP2 플로우도 3G로 보내어진다.

표 3은 시뮬레이션 시나리오를 보여주고 있다. 표 3에서 알 수 있듯이 시뮬레이션이 시작된 직후 MN1은 3G부터 연결을 한다. 이후 UDP1과 UDP2 플로우가 각각 2초와 4초부터 MN2에서 MN1으로 전송되며 아직까지는 WLAN이 활성화되어 있지 않기 때문에 두 개의 플로우는 모두 3G를 통해 전송된다. 7초에는 MN1이 WLAN로 연결을 하며, 이 때 UDP2가 MICS에 있는 원격 정책에 의하여 3G에서 WLAN으로 이동이 된다. 11초에는 UDP3가 MN3에서 MN1으로

3G를 통해 전송이 된다. 13초에는 MICS의 독자적인 판단에 의하여 UDP1을 3G에서 WLAN으로 이동시키기 위하여 자신의 원격 정책에 새로운 동적 정보를 표 4의 상단에 있는 것과 같이 추가한다.

그림 8은 시나리오에 따른 각 플로우의 전송률(Mbps)의 변화를 보여준다. UDP1은 처음 2초에 전송되기 시작하여 4초 까지 자신의 원래 전송률인 0.5 Mbps의 전송율을 그대로 보여준다. 하지만 0.8 Mbps의 전송율을 가진 UDP2가 4초에 전달되기 시작하면 두 플로우들의 전송량 합이 3G의 대역폭인 1Mbps를 넘기 때문에 전송되지 못하는 UDP1과 UDP2 패킷들은 bottleneck인 3G의 기지국에 일부가 큐에 쌓이면서 많은 패킷들은 손실된다. 7초에 MN1의 WLAN 인터페이스가 연결되면 MICS에 있는 MN1의 원격 정책에 따라 UDP2는 WLAN으로 이동하게 된다. 이때, 3G의 기지국에 쌓여 있던 UDP2 패킷과 WLAN을 통해 전달되는 UDP2는 패킷이 동시에 도착하기 때문에 순간적으로 높은 데이터 전송률을 보인다. UDP1 패킷들도 3G의 기지국에 쌓여 있었기 때문에 8~9초 사이에는 3G의 최대 전송률로 MN1에 패킷이

표 3. 시뮬레이션 시나리오

Time	Events
0.0	시뮬레이션 시작
0.0	MN1의 3G 활성화
2.0	UDP1 전송 시작
4.0	UDP2 전송 시작
7.0	MN1의 WLAN 활성화 및 UDP2를 3G에서 WLAN으로 이동
11.0	UDP3 전송 시작
13.0	MICS가 UDP1을 MN1의 WLAN으로 이동
15.0	모든 UDP 전송 종료
16.0	시뮬레이션 종료

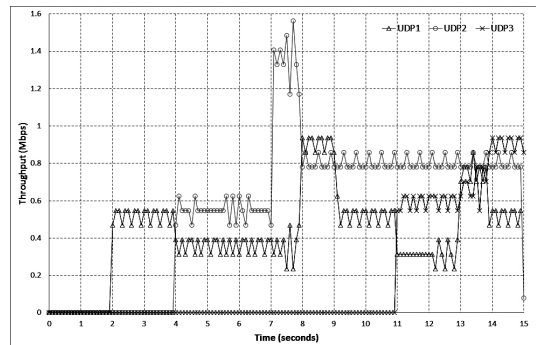


그림 8. 각 플로우 별 전송률 변화

표 4. MN1에 대한 MICS의 원격 정책에 추가된 새로운 동적 정보

Priority	Flow Selector	Access Network Preference List	Type	Lifetime
100	(MN2, MN1, 10258, 15020, UDP)	WLAN	Dynamic	100s
3	(* , * , * , 15030, UDP)	WLAN→3G	Static	infinite
2	(* , * , * , 15020, UDP)	3G→WLAN	Static	infinite
1	(* , * , * , * , *)	3G→WLAN	Static	infinite

도착한다. 이후 11초까지는 UDP1과 UDP2가 각자 자신들의 원래 전송률에 맞게 정상적으로 전송된다. 11초가 되면 MN3에서 MN1으로 전송되는 UDP3 플로우가 3G 네트워크를 다시 혼잡하게 만든다. 13초에 MICS의 판단에 의해서 UDP1을 WLAN으로 이동시키면 이후 약 1초간 큐에 쌓여 있는 패킷들과 함께 한꺼번에 전송되다가 14초 즈음부터는 모든 플로우가 정상적인 전송률에 맞게 전송됨을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 ETRI에서 진행중인 AIMS 프로토콜에 플로우 이동성을 지원할 수 있는 방법을 제안하고 NS-3 시뮬레이션을 통하여 제안 방안을 검증한 연구 결과를 제시하였다. MN은 여러 개의 물리 인터페이스를 지니고 있지만 논리 인터페이스를 두어 지역 정책을 바탕으로 상향 플로우를 내보낼 물리 인터페이스를 선택한다. HCA는 이러한 플로우들을 일단 잠시 버퍼링하면서 MICS를 통하여 CN의 HCA 정보를 얻어와 그 HCA와 터널을 만들어 전달한다. MICS는 각 MN 별로 플로우 이동성을 관리하며 자신이 지닌 원격 정책을 바탕으로 어떠한 HCA에 하향 플로우를 전달할지 결정한다. 이러한 정책 관리를 통하여 본 논문에서는 플로우에 대한 이동이 일어나는 두 가지 경우 즉, 1)단말이 새로운 인터페이스를 통해 새로운 연결을 시도하는 경우와 2)이미 연결이 되어 있는 인터페이스 간에 MICS가 플로우 이동성을 결정하는 경우로 나누어 각각의 경우별로 플로우 이동 절차를 설계하였다.

시뮬레이션 결과는 각각의 경우별로 제안하는 플로우 이동 방안이 올바르게 작동할 수 있음을 보여준다. 또한, 동적인 플로우의 재분배를 통하여 임의의 네트워크에 혼잡을 초래하는 현상을 피하고 네트워크의 자원을 보다 효율적으로 활용할 수 있음을 알 수 있었다. 하지만, 정책 관리에 오류가 있다면 MICS가 관리하는 원격 정책과 MN이 관리하는 지역 정책 내의 정보가 서로 어긋날 수 있으며 이로써 본 논문에서

제안하는 플로우 이동 방안이 올바르게 동작 못할 수 있다. 그러므로, 제안하는 플로우 이동을 보다 강건하게 보완할 수 있도록 올바른 정책 생성 및 관리에 관한 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, June 2004
- [2] S.Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC5213, August 2008.
- [3] T. Melia, S.Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Logical Interface Support for Multi-mode IP Hosts," IETF NETEXT WG , August 2010.
- [4] C. J. Bernardos (Ed.), "Proxy Mobile IPv6 Extensions to Support Flow Mobility," IETF Internet Draft, draft-bernardos-netext-pmipv6-flowmob-03 (work in progress), March, 2011.
- [5] Xia, F (Ed.), "Flow Binding in Proxy Mobile IPv6", IETF Internet Draft, raft-xia-netext-flow-binding-02 (work in progress), June 2010.
- [6] T. M. Trung, Y.-H. Han, H.-Y. Choi, Y.-G. Hong, "A Design of Network-based Flow Mobility based on Proxy Mobile IPv6," IEEE INFOCOM 2011 Workshop on Mobility Management in the Networks of the Future World, April, 2011.
- [7] H. Soliman (Ed.), "Flow Bindings in Mobile IPv6 and Network Mobility (NEMO) Basic Support," IETF RFC6089, January, 2011.
- [8] G. Tsirtsis (Ed.), "Traffic Selectors for Flow Bindings," IETF RFC6088, January, 2011.
- [9] 류원, 이경희, 김봉태, 박성수, "유무선 통합네트워크에서의 품질보장형 이동성 관리 기술 구현 연구," Telecommunications Review, 제18권 4

- 호, pp.624-638 2008년8월
- [10] 홍강운, 이경희, 류원, 김봉태, 최준근, “네트워크 기반 이동성 제어 구조와 네트워크 적용을 위한 고려사항,” 한국통신학회지(정보와통신), 제26권 제2호, pp.44-52, 2009년1월
 - [11] 이성근, 이경희, 홍강운, 엄태원, 이현우, 류원, 박진우, “방통융합 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 안정된 네트워크 기반의 이동성 관리 기술,” 한국통신학회논문지 제35권 제3호, pp. 526-535, Vol.35 No.3, 2010년3월
 - [12] 이경희, 이성근, 이은준, 조경섭, 이현우, 류원, 홍승필, “멀티모드 단말을 위한 가상 인터페이스 구현 연구,” 한국통신학회논문지 제35권 제4호, pp.677-686, Vol.35, No.4, 2010년4월
 - [13] K.-H. Lee, H.-W. Lee, W. Ryu and Y.-H. Han, “A Scalable Network-based Mobility Management Framework in Heterogeneous IP-based Networks,” Telecommunication Systems, Springer, Accepted, 2011
 - [14] T. Um, S. Choi and J. Choi, “MPLS-Based Mobility and QoS Capabilities for NGN Services,” ITU-T Rec. Y.2807, Jan. 2009.
 - [15] ITU-T SG13/19, “Framework of Location Management for NGN,” ITU-T Rec. Q.1708/Y.2805, Sept. 2008.
 - [16] ITU-T SG13/19, “Framework of Handover Control for NGN,” ITU-T Rec. Q.1709/Y.2806, Sept. 2008.
 - [17] V. Gupta et al., “Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services,” IEEE Standard 802.21-2008, Jan. 2009.
 - [18] <http://www.nsnam.org>
 - [19] H. Y. Choi, S.-G. Min, Y.-H. Han, J. Park and H. Kim “Implementation and Evaluation of Proxy Mobile IPv6 in NS-3 Network Simulator,” The 5th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications (CUTE 2010), pp. 1-5, Dec. 2010.

이 성 근 (Sungkuen Lee)

정회원



2004년 2월 고려대학교 전기전자전파공학과 공학학사
 2009년 3월 고려대학교 전자공학과 공학박사
 2009년 3월~ 현재 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부 스마트스크린융합연구부 융합서비스네트워킹연구팀 연구원

<관심분야> 이동성 관리 기술, IPTV, 무선 통신

이 경 희 (Kyoung-hee Lee)

정회원



1999년 광운대학교 전자계산학과 학사
 2000년 한국정보통신대학교 공학부 석사
 2006년 한국정보통신대학교 공학부 박사
 2006년 3월~ 현재 한국전자통신연구원 통신연구원 방송통신융합연구부 스마트스크린융합연구부 융합서비스네트워킹연구팀 선임연구원

<관심분야> NGN, IPTV, 이동성 관리, QoS.

민 성 기 (Sung-Gi Min)

정회원



1988년 고려대학교 컴퓨터학과 학사
 1989년 런던대학교 석사
 1994년 런던대학교 박사
 1994년~2000년 LG 정보통신 중앙연구소 책임연구원
 2001년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야> 센서 네트워크, 분산 시스템, 무선 통신

이 효 범 (Hyo-Beom Lee)

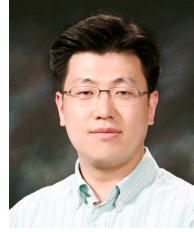
정회원



2004년 8월 고려대학교 컴퓨터
학과 학사
2006년 8월 고려대학교 컴퓨터
학과 석사
2006년 9월~현재 고려대학교
컴퓨터학과 박사과정
<관심분야> IPv6 Mobility

한 연 희 (Youn-Hee Han)

중신회원



1996년 2월 고려대학교 수학과
(이학사)
1998년 5월 고려대학교 컴퓨터
학과(이학석사)
2002년 2월 고려대학교 컴퓨터
학과(이학박사)
2002년 2월~2006년 2월 삼성
종합기술원 전문연구원
2006년 3월~현재 한국기술교육대학교 조교수
<관심분야> 이동성 관리, 지능형 센서 네트워크

이 현 우 (Hyun-woo Lee)

정회원



1993년 한국항공대학교 항공전
자공학과 학사
1995년 한국항공대학교 대학원
정보통신공학과 석사
2005년 한국항공대학교 대학원
정보통신공학과 박사
1995년~현재 한국전자통신연

구원 방송통신융합연구부분 스마트스크린융합연
구부 융합서비스네트워킹연구팀 팀장

<관심분야> 서비스 제어기술, 통신망 연동, 트래픽
혼잡제어