

Cross-layer 기반 응용 별 이동성 관리를 위한 플랫폼

(A Cross-Layer Based Per-Application Mobility Management Platform)

장문정* 이미정**
(Moonjeong Chang) (Meejeong Lee)

요약 차세대 무선 네트워크 환경의 필연적인 추세는 상이한 특성을 가지는 무선 액세스 네트워크들이 상호 보완적인 방법으로 공존한다는 것이다. 또한 두 개 이상의 에어 인터페이스를 갖추고 다양한 서비스를 동시에 받을 수 있는 이동 단말들도 등장하고 있다. 이와 같은 환경에서 이동 사용자가 이질의 액세스 네트워크 간을 로밍하는 경우에도 끊김없는 통신을 지속할 수 있도록 해 주고, 여러 개의 공존하는 무선 액세스 네트워크들을 효과적으로 활용함으로써 응용 별 서비스품질 요구를 만족할 수 있는 해결책이 필요하다. 이에 본 연구에서는 응용 별 종단 간 이동성 관리와 cross-layer 핸드오버 제어에 기반한 이동성 관리 플랫폼을 제안한다. 제안하는 플랫폼은 종단 사용자의 단말에서 동작하며, Monitoring Agent, Profile Database, Decision Engine, IP Agent 등 4개의 기능적인 모듈로 구성된다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 플랫폼이 응용 별로 적합한 액세스 네트워크를 선택함으로써 향상된 QoS를 제공할 것을 보였다.

키워드 : Cross-layer, 종단 간/응용 별 이동성 관리, 수직적 핸드오버, seamless 핸드오버

Abstract An inevitable trend in the next generation wireless network environments is coexistence of different wireless access networks in a complementary manner. In addition, mobile devices equipped with multiple air interfaces simultaneously executing diverse applications have been emerging. In such network environment, It is required that a solution for mobile users to seamlessly roam between different access networks as well as to satisfy QoS requirements of each application by efficiently utilizing coexisting various wireless access networks. In this paper, therefore, we propose a mobility management platform based on per-application end-to-end mobility management and cross-layer handover controls. Four core functional modules composing the proposed platform for end user devices are defined: Monitoring Agents, Profile Database, Decision Engine, and IP Agent. We show through simulations that the presented platform provides an improved QoS as it selectively utilizes the best available networks.

Key words : Cross-layer, End-to-End/Per-application mobility management, Vertical handover, Seamless handover

* 이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국과학기술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2005-041-D00671)

† 학생회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과
mjchang@ewhain.net

** 정회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수
lmj@ewha.ac.kr

논문접수 : 2007년 4월 30일
심사완료 : 2007년 10월 31일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제35권 제1호(2008.2)

1. 서론

Pervasive mobile computing에 대한 요구가 급격히 증가함에 따라 무선 데이터 서비스에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한, 무선 네트워크 기술의 발전으로 인해 Bluetooth, WiFi, WiMax, 3G Cellular 등의 다양한 무선 시스템이 등장 하였는데, 이들 무선 시스템은 대역폭, 지연, 사용가능 속도나 커버하는 영역의 크기, 보안 등의 측면에서 매우 상이한 특성을 가지며, 상호 중첩되는 영역을 가지기도 하면서 공존하고 있다. 따라서 차세대 무선 네트워크 환경에서는 필연적으로 이들 무선 시스템의 상호 보완적 활용이 이루어질 것이다. 한편, 두

개 이상의 에어 인터페이스를 갖추고, voice, e-mail, web browsing, file transfer 등의 다양한 서비스를 동시에 받을 수 있는 이동 단말들의 출현이 곧 이루어지게 될 것이다[1]. 이와 같은 환경에서는 이동 사용자가 액세스 네트워크를 끊임없이 로밍하면서도 서비스에 대한 만족도를 최대화할 수 있도록 해 주는 해결책을 제공하는 것이 매우 중요한 이슈이다.

이질적인 무선 액세스 네트워크들이 공존하는 환경에서 특히, 여러 개의 무선 액세스 네트워크들이 중첩되어 있는 영역에서 최적의 액세스 네트워크를 선택함으로써 사용자나 서비스 제공자가 모두 이익을 극대화할 수 있는데, 이에 관한 기존 연구들은 전적으로 네트워크 계층에서 핸드오버를 처리한다는 가정에 기반을 두고 있어서 노드별 네트워크 선택만을 다룰 수 있다. 즉, 하나의 노드에 여러 개의 응용이 통신 중인 경우라 하더라도 해당 노드에 대해서 액세스 네트워크 하나만이 선택될 수 있다. 그러나 하나의 액세스 네트워크가 다양한 응용의 서비스품질 요구사항을 모두 만족시킬 수 없기 때문에 액세스 네트워크 선택을 통해 서비스 품질과 액세스 네트워크 활용을 최적화하고자 한다면 응용 별 액세스 네트워크 선택이 가능해야 한다. 사실 응용 별 서비스품질 만족을 추구하는 것은 이질의 무선 네트워크들이 등장한 근본적인 원인이기도 하다. 따라서 차세대 통신에서는 단말에 대한 최적의 액세스 네트워크 선택이 아닌 응용 별 최적의 액세스 네트워크 선택이 지원될 수 있어야 진정한 의미의 서비스품질 지원이 이루어 질 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 여러 개의 무선 액세스 네트워크들이 중첩되어 있는 환경에서 다중의 인터페이스를 동시에 사용할 수 있는 이동단말이 여러 개 응용을 동시에 실행하는 경우 각 응용 별로 핸드오버 여부를 판단하고, 핸드오버를 수행하는 응용에 대해서 해당 응용이 요구하는 서비스 품질을 만족시킬 수 있는 최적의 네트워크를 선택하는 응용 별 이동성 관리 플랫폼을 제안하고자 한다.

현재 TCP/IP 네트워크에서의 트랜스패런트한 호스트 이동성 지원을 위한 네트워크 계층 이동성 관리 방안들인 MIP(Mobile IP)[2] 및 그와 관련된 일련의 개선책들이 가장 보편적으로 수용되고 있다[3-5]. 그런데, MIP는 호스트 수준에서의 라우팅(즉, 어느 호스트가 어느 IP 서브넷에 접속되어 있는지)만을 관여하기 때문에 이와 같은 네트워크 계층 이동성 지원 구조 하에서는 응용 별 네트워크 선택을 지원하는 것이 명백히 어렵다. 본 논문에서 제안하는 응용별 최적의 네트워크 선택을 MIP 기반으로 구축하기 위해서는 MIP에서 기용하고 있는 이동 에이전트들(Home Agents, Foreign Agents)이 각 IP 호스트 별로 그 IP 호스트에서 진행 중인 보

든 연결에 대하여 접속점을 알고 있어야 한다. 이는 네트워크 계층 라우팅의 기본 기능에 위배될 뿐 아니라, 이동 에이전트의 확장성이나 비효율성 문제가 발생하게 된다. 이 밖에도 MIP 기반 방식들은 이동 에이전트를 네트워크에 추가함으로써 인해 발생하는 네트워크 구조의 복잡성, 삼각 라우팅, 터널링 등의 오버헤드를 부담해야 한다[6].

이에 최근에는 종단 간 이동성을 지원하는 방안들이 제안되었다. 종단 간 이동성 관리 방식은 기본적으로 무선 액세스 네트워크들의 특성에 독립적으로 이동성을 지원할 수 있기 때문에 일반적으로 서로 다른 사업자에 의해 제공됨으로 인해 연동문제를 안고 있는 이질의 네트워크 환경에서 유리하다. 즉, 네트워크 계층 이동성 관리 방안들에 비해 상대적으로 간단한 네트워크 구조를 가지므로 종단 간 이동성 관리 방식에서의 핸드오버 절차는 네트워크 계층 이동성 관리 방안에서의 핸드오버 절차에 비해 간단해지며, 앞서 언급한 네트워크 계층 이동성 관리 방안들이 가지는 제약점들을 해결한다. 대표적인 종단 간 이동성 관리 방식으로 mSCTP(mobile Stream Control Transmission Protocol)[6,7], HIP(Host Identity Protocol)[8,9] 등이 있다. mSCTP는 특정 트랜스포트 프로토콜인 SCTP를 기반으로 한 종단 간 이동성 지원 방안으로 존재하는 트랜스포트 프로토콜에 수정이 요구되며, 일반적으로 사용하고 있는 응용들을 그대로 실행하는 것이 어렵다. HIP와 [9]는 응용 측에서 원래 종단점의 IP 주소(혹은 호스트 식별자)와 매핑된 연결을 사용하도록 하고, 이를 현재 이동단말이 있는 위치의 IP 주소로 매핑해주는 종단 프로토콜을 됴으로써 응용에 트랜스패런트하게 이동성을 지원한다. 그러므로 HIP, [9]는 앞서 언급한 mSCTP 방안의 문제를 해결한다. 그러나 이 방안들에서의 종단 간 이동성 관리 방안의 목적은 네트워크에서의 추가적인 지원없이 이동성을 다룸으로써 핸드오버 지연시간을 줄이는 것이며, 노드 기반의 네트워크 액세스라는 컨텍스트 속에서 seamless 한 핸드오버를 위한 해결책을 논의하고 있다.

본 논문에서는 HIP, [9]와 유사한 종단 간 이동성 관리 방안을 제안한다. 그러나 본 논문에서의 종단 간 이동성 관리 방안은 HIP, [9]의 목적처럼 단지 핸드오버 지연시간을 줄이는 것을 목적으로 하는 것이 아니라 응용 별 이동성 관리를 용이하도록 하는데 있다. 즉 응용 별 이동성 관리를 실현하기 위한 하나의 요소기술로서 종단 간 이동성 관리방안이 요구된다. 게다가, 종단 간 이동성 관리의 원리로 인해 단말의 이동을 통신하는 상대방에게 명시적으로 항상 알릴 수 있다는 사실을 활용함으로써 seamless 핸드오버를 위한 적절한 프로토콜 제어조건도 가능하다. 그러므로 제안하는 응용 별 종단

간 이동성 관리 플랫폼의 목적은 아래와 같이 두 가지로 요약된다.

(1) 핸드오버 수행여부에 대한 결정이나 핸드오버 할 네트워크 선택은 응용 별로 이루어져야 함.

(2) 핸드오버가 이루어졌을 때, 응용 별로 전송/응용 계층에 적합한 제어를 적용할 수 있어야 함.

이 두 가지 목적을 성취하기 위해서는 프로토콜 스택 각 계층으로부터 동적 상태정보들을 효율적으로 수집하고, 수집된 정보들을 기반으로 각 프로토콜 계층에서의 파라미터들과 각 프로토콜의 제어를 동적으로 조절할 수 있어야 한다. 예를 들어, 각 사용자 flow에 대한 최적의 핸드오버 결정을 수행하기 위해 이용 가능한 무선 네트워크 인터페이스들과 각 무선 네트워크들의 특성 정보뿐 아니라 응용 수준에서 측정된 성능과 요구사항에 대한 정보도 함께 고려되어야 한다. 또한 이질 무선 액세스 네트워크 환경에서 실제적으로 핸드오버가 발생하는 경우 각 사용자 flow의 seamless한 QoS 제공을 위해 TCP와 같은 전송계층 프로토콜을 위한 전송 제어 조절과 비디오 스트림과 같은 멀티미디어 스트리밍 응용을 위한 인코딩률에 대한 조절이 요구된다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 목적을 위해 cross-layer 기반의 동적 성능 최적화가 가능한 응용 별 이동성 관리 플랫폼을 제안한다. 제안하는 플랫폼은 계층 간 정보 교환 오버헤드 부담이 큰 cross-layer 설계의 복잡성을 해결할 수 있는 매우 단순하지만 강력한 틀이 된다. 또한 제안하는 플랫폼은 기존 프로토콜에 미치는 영향을 최소화하여 현재의 무선 네트워크 기술로부터 무리없이 진화할 수 있도록 하기 위해 모듈화의 원칙에 따라 설계되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 제안하는 플랫폼의 구조와 동작과정을 자세히 설명한다. 3장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 통해 그 성능을 보이고 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. Cross-Layer 기반 응용 별 이동성 관리 플랫폼

본 장에서는 응용 별 이동성 관리와 seamless 핸드오버를 달성하기 위하여 제안한 Cross-layer 기반 응용 별 이동성 관리 플랫폼의 구조와 동작방식을 설명한다. 제안된 플랫폼은 종단 단말에서 실행되며 네트워크 단에는 어떠한 변화도 요구하지 않는다. 그림 1은 제안하는 플랫폼을 구성하는 기능적 모듈들과 각 모듈들 간 개념적 관계를 보여준다. 제안하는 플랫폼에서는 Monitoring Agent(MA), Profile Database(PDB), Decision Engine(DE), IP Agent 등 4가지 모듈을 정의한다.

각 프로토콜 계층에서의 MA와 PDB는 계층 간 통신을 효율적으로 용이하도록 하기 위한 기능적 모듈이다.

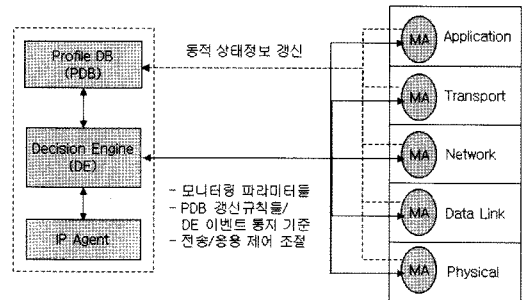


그림 1 제안하는 플랫폼

MA는 각 프로토콜 계층에서 동적 상태정보를 관찰하고 수집한다. 또한 존재하는 프로토콜들의 직접적인 변경없이 프로토콜 제어를 조절하기 위해 기존의 각 프로토콜 계층에 대해 인터페이스 역할을 수행한다. PDB는 핸드오버 결정을 위해 필요한 정적정보와 동적정보를 모두 유지하며 특히, 동적정보는 각 프로토콜 계층의 MA에 의해 갱신된다. 또한 PDB에 수집된 각 프로토콜 계층 별 동적 상태정보는 핸드오버 결정을 위해 필요한 cross-layer 정보로서 매우 용이하게 이용 가능하다. DE는 응용 별 핸드오버 프로세싱 정책을 유지함으로써 각 사용자 세션에 대해 seamless 핸드오버가 수행되도록 한다. DE는 핸드오버 결정 시에, 핸드오버 결정에 필요한 정적/동적 데이터를 PDB로부터 획득함으로써 각 프로토콜 계층에서 미리 정의한 중요한 파라미터들에 대한 정보를 활용할 수 있다. IP Agent는 현재 진행 중인 세션의 중단 주소를 현재 위치에 상응하는 주소로 매핑하는 역할을 수행한다. 또한 IP Agent는 상대단말의 현재 위치를 발견하며, 중단 단말의 IP 주소변경을 트래킹으로써 핸드오버 동안 데이터 전송 연결이 유지되도록 한다.

2.1 계층 간 통신구조

제안된 계층 간 통신구조는 기존 프로토콜 스택의 변화를 최소화하며, cross-layer 기반의 핸드오버 결정이 가능하도록 디자인되었다. 그림 1에서 보는 것처럼 MA는 제안된 플랫폼의 다른 모듈들인 PDB, DE, IP agent 등과 상호작용을 하기 위한 각 프로토콜 계층 별 인터페이스 역할을 한다. 각 사용자 세션이 시작할 때, DE는 새로운 사용자 세션에 대해서 MA가 관찰해야 할 파라미터들과 MA가 PDB를 갱신하기 위한 기준들, 마지막으로 DE에 알려줄 이벤트를 발생시키기 위한 조건들을 MA에게 알려준다. MA는 이러한 지시사항들을 바탕으로 각 프로토콜 계층 별로 동적 상태정보를 갱신하기 위해 PDB에 접근하며, 각 프로토콜 계층에서 진행 중인 사용자 세션에 대해 핸드오버 결정 절차를 요구하는 이벤트가 발생하면 MA는 DE에 이를 알린다. 표 1은 각 계층 별 MA가 모니터링 할 수 있는 파라미터들

을 정리한 것이다. PDB는 표 2에서 보는 것과 같이 MA가 수집한 각 프로토콜 계층에서의 동적정보와 정적 정보를 유지한다. 정적정보는 사용자 선호도, 단말의 규격과 관련된 능력, 응용 클래스 별 QoS 요구사항, 무선 액세스 네트워크 별 능력 등을 포함할 수 있다. 동적정보는 현재 단말의 상태, 액세스 가능한 네트워크 별 링크상태정보와 현재 이용 가능한 자원정보 및 QoS 파라미터 정보 등을 포함할 수 있다. 표 3은 정적정보와 동적정보를 관리하는 PDB 구조의 예를 보여준다.

2.2 DE

DE는 응용 별 이동성 관리를 구현하기 위한 핵심모듈로 그림 2는 DE의 구조와 DE와 다른 모듈들 간의 상호작용을 보여준다. 제안하는 플랫폼에서는 각 응용들을 UMTS의 QoS 유형에 따라 4가지 QoS 유형(conversational, streaming, interactive, background)으로 분류하고, 각 QoS 유형별로 Application-specific DE (ADE)를 정의한다. DE는 이러한 ADE들을 포함한다. 각 ADE는 해당 QoS 유형에 적합한 핸드오버 결정 메

표 1 각 계층 MA 별 모니터링 할 수 있는 파라미터들

계층	모니터링 가능한 파라미터들
응용 계층	jitter, peek signal to noise ratio, compression degree, throughput, goodput etc.
트랜스포트 계층	packet delay-jitter, round trip time, end-to-end delay, congestion window size, RTO, available bandwidth, receiver window size etc.
네트워크 계층	ICMP messages, packet loss rate, handover latency etc.
링크 계층	received signal strength, carrier to interference and noise ratio, bit error ratio, packet error ratio, frame error ratio etc.
물리 계층	transmission rate and power etc.

표 2 PDB에서 유지하는 정보

	정보	요소
정적 정보	사용자 선호도	선호하는 네트워크 유형, 비용과 서비스 품질 간의 선호도 등
	단말의 규격과 관련된 능력	장착된 네트워크 인터페이스 수, 지원 가능한 프로토콜 리스트, 네트워크 인터페이스 리스트 등
	응용 클래스 별 QoS 요구사항	표 3의 (1) 참조
	무선 액세스 네트워크 별 능력	Diffserv/Intserv/MPLS 지원가능여부, 지원 가능한 보안 메커니즘, 비용 등
동적 정보	현재 단말의 상태	속도, 이동패턴, 위치 정보 등
	액세스 가능한 네트워크 별 동적 상태 정보	링크상태정보, 현재 이용 가능한 자원정보 및 QoS 파라미터 정보 (received signal strength, available bandwidth 등)

표 3 PDB에서의 정적정보와 동적정보 관리를 위한 구조의 예

(1) 정적정보: 응용 클래스 별 QoS 요구사항

	처리율 (bps)	대역폭 (byte)	종단간 지연 (ms)	지터 (ms)	패킷 손실률 (%)	오류률 (%)		
						Bit	Frame	Packet
클래스 1								
클래스 2								
클래스 3								
클래스 4								

(2) 동적정보: 액세스 가능한 네트워크 별 동적 상태 정보

MAC 주소	물리 계층		링크 계층	
	파라미터	값	파라미터	값

커니즘(HDM)과 seamless 핸드오버를 위한 전송/응용 제어(TAC) 메커니즘을 포함한다. 또한 각 ADE들은 해당 QoS 유형에 기반하여 각 프로토콜 계층의 MA가 관찰할 파라미터들과 MA가 PDB를 갱신하기 위한 기준들, 그리고 DE에게 알려줄 이벤트를 발생시키는 조건들을 생성한다.

한편 DE는 진행 중인 사용자 세션에 대한 정보를 포함하는 session profile table(SPT)를 유지한다. SPT를 설명하기 위해 먼저 제안하는 플랫폼이 인식하는 2가지 종류의 IP 주소를 정의한다.

- (1) 인지주소 - 트랜스포트 계층 세션과 소켓에 의해 인지되는 원래 IP 주소
- (2) 전송주소 - 핸드오버 마다 변하는 실제 데이터 전송을 위해 사용되는 IP 주소로 이동단말의 현재 위치 정보를 나타냄.

각 사용자 세션 별로 하나의 SPT 엔트리가 생성되며, 각 엔트리는 다음 정보를 포함한다.

- 각 사용자 세션을 나타내기 위한 5-tuple: (송신단말 인지주소, 목적지단말 인지주소, 트랜스포트 프로토콜, 송신단말 포트 번호, 목적지단말 포트 번호)
- 전송 IP 주소와 MAC 주소
- 해당 사용자 세션의 ADE 유형
- 세션 식별자(SID): 제안된 플랫폼의 모든 기능적 모듈들이 사용자 세션을 식별하기 위해 사용함.

DE가 SPT 엔트리를 갱신하고, ADE를 실행하는 경우는 다음 3가지이다.

- (1) 응용 계층의 MA가 새로운 사용자 세션 시작을 알리는 경우
- (2) 한 개 이상의 MA들이 핸드오버 결정 절차를 요구하는 이벤트를 알리는 경우
- (3) 현재 진행 중인 임의의 한 사용자 세션에 대해 상대방의 핸드오버 사실을 IP Agent가 알리는 경우

첫 번째 경우 응용 계층의 MA가 새로운 사용자 세션 시작을 DE에게 알리면, DE는 먼저 SID와 새로운 세션에 대한 ADE 유형을 결정한다(그림 2-①). 또한 DE는 이용 가능한 모든 네트워크 인터페이스를 발견하기 위해 PDB와 통신하며(그림 2-②), 두 개 이상 이용 가능한 액세스 네트워크가 존재하는 경우에는 해당 사용자 세션에 대한 초기 전송주소를 결정하기 위해 해당 ADE를 실행한다. 따라서 SID, ADE 유형, 초기 전송주소가 모두 결정되면 새로운 세션에 대한 해당 SPT 엔트리 생성이 완료된다. 또한 해당 ADE는 새로운 사용자 세션에 대해 각 프로토콜 계층의 MA들이 관찰할 파라미터들과 동작하는 기준을 각 MA들에게 알려준다(그림 2-③'). 마지막으로 ADE는 새로운 사용자 세션에 대하여 상대단말의 IP Agent와 중단 간 이동성 관리를 위한 세션설립을 시작할 수 있도록 하기 위해 자신의 IP Agent에게 새로운 세션의 시작을 알린다(그림 2-③'').

두 번째 경우 한 개 이상의 MA들이 핸드오버 결정 절차를 요청하는 이벤트를 DE에게 알리면, DE는 먼저 SPT를 통해 어떤 ADE를 실행하여야 하는 지를 결정하고 선택된 ADE의 HDM이 실행된다(그림 2-④). HDM은 해당 응용에 대한 핸드오버 결정과 네트워크 선택을 하기 위한 필요한 상태 정보를 PDB와 통신하여 획득한다(그림 2-⑤). HDM이 핸드오버를 수행하기로 결정하면 TAC가 실행된다. TAC의 제어 결정은 전송/응용 계층의 상응하는 MA에게 알린다(그림 2-⑥'). 또한 STP 엔트리는 새로운 전송 IP 주소와 MAC 주소로 갱신되며 ADE는 전송주소 변경에 대하여 상대단말의 IP Agent에게 알리기 위해 자신의 IP Agent에게 상응하는 사용자 세션에 대한 전송주소 변경을 알린다(그림 2-⑥'').

마지막으로 사용자 세션의 상대방에서 핸드오버가 발생한 경우로 IP Agent가 발견하고 DE에게 알린다(그림 2-(i)). DE는 SPT를 통해 상응하는 세션에 대한 ADE를 결정하고 TAC를 실행한다(그림 2-(ii)). 제안하는 플랫폼에서 TAC를 사용하는 목적은 중단 단말의 전송/응용 계층에서 명시적으로 핸드오버 사실을 인식할 수 있음을 활용함으로써 핸드오버 성능을 향상시키는 데 있다. 그러므로 TAC는 자신이 핸드오버를 수행하는 경우와 상대단말이 핸드오버를 수행하는 경우 모두 실행된다. 또한 TAC는 seamless 핸드오버를 수행하기 위해 전송/응용 계층에 적합한 각각의 제어조절 메커니즘을 유연하게 사용할 수 있다.

2.3 IP Agent

IP Agent의 주된 기능은 상대단말의 현재 위치를 발견하고 중단단말의 전송 IP 주소변경을 트래킹으로써 핸드오버 동안 데이터 전송 연결을 유지하는 것이다. 이

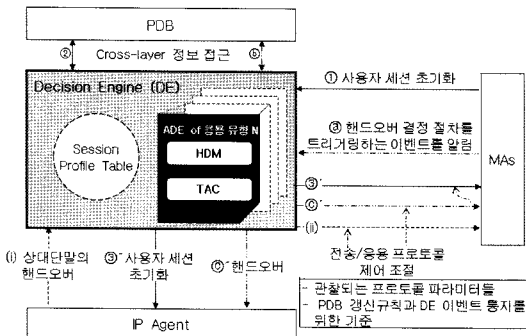


그림 2 기능적 모듈들과 DE와의 상호작용

에 IP Agent는 위치관리모듈(LMM)과 주소관리모듈(AMM)로 구성된다. 그림 3은 IP agent의 구조와 다른 모듈들과의 가능한 상호작용을 보여준다.

AMM은 IP agent의 핵심적인 기능을 담당하는 모듈로서, 인지주소와 전송주소 간 매핑을 책임진다. AMM은 매핑정보테이블(MIT)를 통해 통신이 진행 중인 각 사용자 세션 별로 송수신 측 양 종단의 IP 주소 매핑정보를 유지한다. DE와 상대단말의 AMM은 각각 송신단말의 전송주소와 목적지단말의 전송주소 변경을 알리며, AMM은 이 정보에 따라 MIT를 갱신한다. 이와 같이 제안하는 플랫폼에서 세션의 각 패킷은 캡슐화 되거나 IPv6 라우팅 헤더를 포함하지 않는 대신, 패킷을 전송할 때에는 인지주소가 전송주소로, 패킷을 수신할 때에는 전송주소가 인지주소로 대체됨으로써 두 단말 간에 전송된다. 그러므로 이 기술은 터널링이나 라우팅 헤더 접근법에 비해 통신 오버헤드가 줄어든다는 이점이 있다.

새로운 사용자 세션이 시작되면 DE는 송신단말/목적지단말 인지주소와 송신단말 전송주소를 AMM에게 알린다(그림 3-①). AMM은 새로운 사용자 세션에 대해 새로운 MIT 엔트리를 생성하고, LMM에게 목적지단말의 전송주소를 요청한다(그림 3-②). LMM은 상대단말의 현재 위치에 해당하는 IP 주소를 발견하는 것을 책임지며, 제안하는 플랫폼에서는 이와 같은 기능을 수행하기 위해 새로운 고유의 위치관리 프로토콜을 정의하기 보다는 기존의 보편적인 Location management 방안(i.e. SIP, DDNS, RserPool etc.)을 활용한다. 즉, IP agent의 LMM은 상대단말의 현재 주소를 발견하기 위해 가용한 위치관리시스템과 연동하는 인터페이스를 가진다(그림 3-③). 예를 들어 위치관리시스템으로서 SIP 시스템이 사용되고 있다면 IP agent의 위치관리모듈은 SIP의 클라이언트로 동작하여 상대단말의 현재 주소를 얻어내고, 자신의 현재 위치를 해당 SIP 서버에 업데이트한다. 이와 같이 LMM을 통해 상대단말의 현재 위치 IP 주소를 획득함으로써 AMM은 새로운 MIT 엔트리 생성을 완료한다(Fig. 3-④).

AMM은 종단 간 이동성 관리(E2E-MM) 메시지를 전송함으로써 상대단말의 AMM과 새로운 사용자 세션에 대한 종단 간 이동성 관리를 위한 세션설립을 시작한다(그림 3-⑤). E2E-MM 메시지는 AMM 세션 관리와 두 단말의 AMM 간 종단 간 핸드오버 지시를 위해 사용된다. 두 단말이 통신하는 동안 계속적으로 교환할 E2E-MM 메시지들이 어떤 사용자 세션에 해당하는 메시지인지를 식별하기 위해 사용되는 SID를 AMM 세션을 설립하는 동안, 상대 단말의 AMM과 협상한다. 또한 종단 단말 간 안전한 SID 교환을 위해 적당한 보안 메커니즘이 사용되어야 한다. 새로운 AMM 세션 설립을 요청하는 E2E-MM 메시지를 수신하면, 상대단말의 AMM은 새로운 사용자 세션에 대한 새로운 MIT 엔트리를 생성한다.

사용자 세션의 전송주소가 변경되면, DE는 새로운 전송주소를 AMM에게 알린다(그림 3-⑥). AMM은 MIT로부터 상응하는 세션의 송신단말 전송주소를 수정한 후, 상대단말의 AMM에게 새로운 전송주소를 알리기 위해 E2E-MM 메시지를 전송한다(그림 3-⑦). 이 경우 E2E-MM 메시지는 seamless 핸드오버를 위해 전송/응용 계층 제어를 조절하기 위한 추가적인 정보를 포함할 수 있다. 상대단말의 AMM이 핸드오버가 발생하였음을 알려주는 E2E-MM 메시지를 수신하면, MIT에서 상응하는 세션의 목적지단말 전송주소를 갱신한다(그림 3-(i)). 또한 상대단말의 핸드오버 지시가 전송/응용 계층에서의 데이터 전송 제어에 반영될 수 있도록 DE에게도 이 사실을 알린다(Fig. 3-(ii)).

3. 성능 평가

본 장에서는 NS-2(Network Simulator-2)[10]를 이용하여 제안하는 cross-layer 기반 응용 별 이동성 관리 플랫폼의 장점을 보이기 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 시뮬레이션 네트워크 환경은 현재 가장 보편적으로 사용되는 UMTS 3G망(500kbps)과 IEEE 802.11b WLAN(11Mbps)이 오버레이 되어 있는 경우를 가정하였다. 이와 같은 환경에서 이동단말은 FTP와 VoIP를 동시에 수행하면서 random waypoint mobility 모델에 따라 이동한다. 이동구간은 UMTS망의 임의의 두 지점으로 선택되 이동 시작지점으로부터 종료지점에서의 동선에서 WLAN을 경유하도록 설정하였다.

본 시뮬레이션에서는 각 응용 별로 품질의 정도를 측정할 수 있는 요소를 성능 측정치를 선택하였다. 즉, FTP의 경우는 처리율을, VoIP의 경우는 핸드오버 지연 시간, 지터를 측정하였다. VoIP의 경우 VoIP가 UDP를 기반으로 하고 있기 때문에 모든 스킴 간 처리율의 차

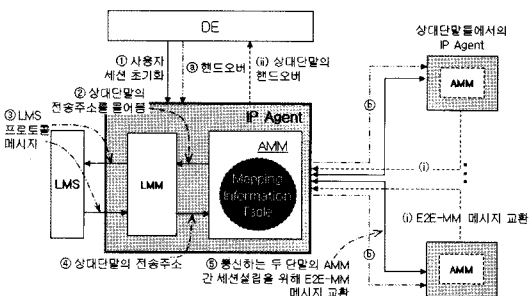


그림 3 기능적 모듈들과 IP Agent와의 상호작용

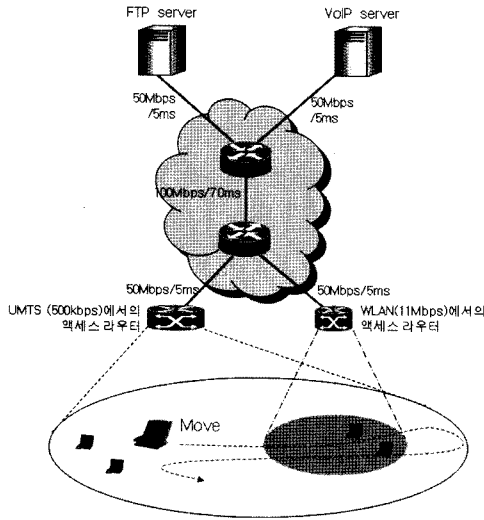


그림 4 시뮬레이션 네트워크 모델

이가 크지 않으며, 처리율은 VoIP 서비스 품질의 정도를 측정하는데 큰 영향을 미치는 요소가 아니기 때문에 본 논문에서는 VoIP 처리율에 대해서는 결과분석은 생략한다. 시뮬레이션 파라미터로는 이동단말의 속도와 WLAN에서의 가용대역폭 크기를 변경시켜 보았다. WLAN에서의 가용대역폭 크기는 1Mbps, 150kbps, 70kbps로 변경해 보았는데, 이는 각각 WLAN의 가용대역폭이 UMTS 망보다 큰 경우, UMTS와 WLAN의 가용대역폭이 동일한 경우, 그리고 WLAN의 가용대역폭이 UMTS보다 더 낮은 경우에 해당한다. 각 망에서의 가용대역폭을 조정하기 위해 본 시뮬레이션에서는 UDP 기반 외부 트래픽을 주입하였다.

본 시뮬레이션에서는 노드 기반 핸드오버가 수행된 경우와 제안하는 플랫폼을 이용한 응용 기반 핸드오버를 수행한 경우의 성능을 비교하였다. 노드 기반 핸드오버가 이루어지는 경우는 WLAN이 액세스 가능하게 되면 WLAN으로 노드가 핸드오버하는 경우와 그대로 UMTS에 접속되어 있는 경우로 나눌 수 있는데 전자의 경우는 결과적으로 WLAN 액세스가 가능해지면 노드에서 진행되고 있는 FTP와 VoIP 두 개의 서비스가 모두 WLAN을 통해 이루어지게 되며 후자의 경우에는 두 개의 서비스가 모두 계속 UMTS를 통해 이루어지게 된다. 앞으로 전자의 경우를 ALL_HO, 후자의 경우를 NO_HO라 부르기로 한다.

제안하는 cross-layer 기반 응용 별 이동성 관리 플랫폼을 사용하는 경우에 대해서는 응용 별 DE의 핸드오버 결정, 네트워크 선택 및 seamless 핸드오버를 위한 전송제어 방식이 다음과 같다고 가정하였다. 먼저, FTP서비스에 대해서는 WLAN이 액세스 가능한 경우

WLAN의 가용대역폭을 현재 통신 중인 3G망에서의 가용대역폭과 비교하여 WLAN의 가용대역폭이 같거나 큰 경우에만 WLAN으로 핸드오버한다. 또한 DE는 핸드오버 시 발생하는 TCP 성능 저하를 줄이기 위해 [11]에서 제안된 알고리즘인 CWND-restore 방안을 활용한다. 이 방안은 핸드오버 시 이전 네트워크의 CWND 값을 저장하고 있어 추후에 동일 네트워크로 이동하였을 때, 저장된 CWND 값을 사용하며, 처음으로 새로운 네트워크로 핸드오버 하는 경우에는 저장된 CWND 값이 없기 때문에 heuristic한 값을 할당하여 사용한다. 본 시뮬레이션에서는 FTP 응용에 대한 DE가 이와 같은 TCP 성능향상 알고리즘 적용한 경우와 그렇지 않은 경우를 각각 실험하였는데, 앞으로 전자의 경우를 Enhanced_FTP_HO라 하고, 후자의 경우를 FTP_HO라 부르기로 한다. 한편 제안하는 플랫폼의 DE는 VoIP 서비스에 대해서는 VoIP가 요구하는 지터와 지연을 만족시키기 위해 WLAN이 액세스 가능하더라도 핸드오버를 수행하지 않고 UMTS 망으로부터 계속 서비스 받는다고 가정하였다. 앞으로 제안하는 방안에서의 VoIP에 대한 핸드오버는 VoIP_HO라고 부르기로 한다.

그림 5, 그림 6, 그림 7은 WLAN에서의 가용 대역폭이 1Mbps, 150kbps, 70kbps로 변화하는 각 경우 별로 이동단말의 속도를 5m/sec~30m/sec으로 변화시켜 보면서 FTP 서비스의 처리율을 보인 것이다. 그림 5, 그림 6, 그림 7에서 보면 이동단말의 속도가 빨라질수록 WLAN의 coverage area 내에 머무는 시간이 짧아지기 때문에 WLAN과 UMTS 가용대역폭 차가 다른 세 경우 모두 이동단말의 속도가 빨라질수록 세 스킵의 성능차는 줄어들지만, 제안하는 플랫폼을 사용한 FTP_HO와 Enhanced_FTP_HO의 성능이 항상 두 가지의 노드 기반 핸드오버 경우에 비해 더 나음을 알 수 있다.

WLAN의 가용대역폭이 UMTS의 가용대역폭 보다 훨씬 큰 경우(그림 5)에는 이동단말이 WLAN에 머무는 동안 WLAN을 사용하여 FTP를 서비스 받는 ALL_HO와 제안하는 플랫폼을 사용하는 FTP_HO 및 Enhanced_FTP_HO의 성능이 NO_HO에 비해 처리율이 훨씬 높음을 알 수 있다. No_HO에 비해 FTP_HO와 ALL_HO의 경우는 최대 1.9배 정도, Enhanced_FTP_HO의 경우는 최대 2.3배 정도 더 높은 처리율을 보인다. FTP_HO와 ALL_HO는 거의 처리율이 유사하나 5m/sec와 같이 이동단말의 속도가 낮아서 이동단말이 WLAN에 머무르는 시간이 긴 경우는 FTP_HO의 처리율에 비해 약간(3% 정도) 더 높다. 이는 ALL_HO의 경우 FTP 뿐만 아니라 VoIP 도 함께 WLAN으로 핸드오버하기 때문에 WLAN의 이용 가능한 대역폭을 이 두 서비스가 공유하므로 AIMD 특성에 의한 데이터 패킷손

실이 발생하는 시간간격이 제안하는 방안에 비해 약간 더 짧기 때문이다. Enhanced_FTP_HO의 경우 FTP_HO나 ALL_HO에 비해 훨씬 높은 처리율을 보이는데, 이는 핸드오버 시 발생하는 패킷 손실을 복구하는데 걸리는 시간을 최소화하고, 불필요하게 발생하는 재전송 문제를 해결하였기 때문이다.

WLAN의 가용대역폭이 UMTS에서의 가용대역폭과 유사한 경우(그림 6)에는 두 가지의 노드 별 핸드오버 방식의 처리율이 제안하는 플랫폼을 이용한 두 가지의 응용 별 핸드오버의 처리율보다 모두 낮음을 볼 수 있는데 FTP_HO나 Enhanced_FTP_HO의 경우 이동단말이 WLAN에 머무는 시간 동안 UMTS 망에서는VoIP 서비스를, WLAN에서는 FTP 서비스를 제공받아 두 망을 모두 활용하였기 때문이다. Enhanced_FTP_HO는 핸드오버가 발생했을 때의 TCP 흐름제어 조정으로 인해 이 경우에도 역시 가장 좋은 성능을 보인다.

노드기반 핸드오버의 두 가지 경우가 거의 성능차이를 보이지 않으나 NO_HO가 조금 더 나은 성능을 보이는데, 이는 WLAN의 가용대역폭이 UMTS 망과 동일해서 WLAN을 사용함으로써 인한 가용대역폭 증가가 없

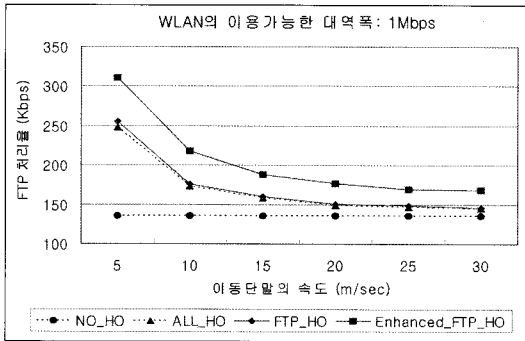


그림 5 WLAN에서의 가용 대역폭이 1Mbps인 경우 FTP 처리율

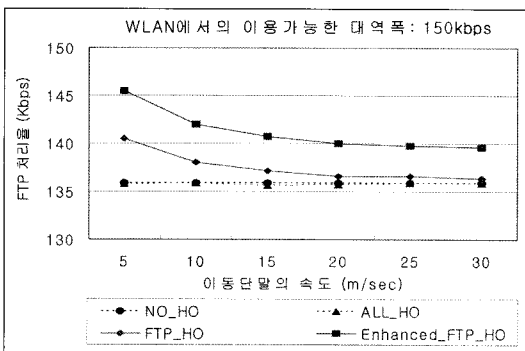


그림 6 WLAN에서의 가용 대역폭이 150kbps인 경우 FTP 처리율

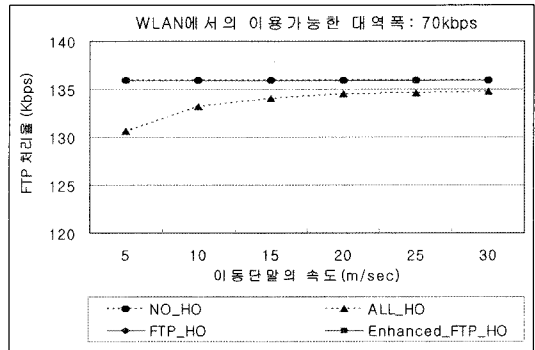


그림 7 WLAN에서의 가용 대역폭이 70kbps인 경우 FTP 처리율

었을 뿐 아니라 오히려 핸드오버로 인해 데이터 손실이 발생하였기 때문이다.

그림 7은 WLAN의 가용대역폭이 현재 UMTS망에서의 가용대역폭보다 작은 경우로 제안하는 방안의 DE는 이와 같은 경우에 FTP 세션을 WLAN으로 핸드오버하지 않는다. 따라서 이 경우 Enhanced_FTP_HO와 FTP_HO의 성능은 NO_HO와 동일하다. ALL_HO의 경우 UMTS 망에서보다 더 작은 가용대역폭을 가진 WLAN을 통해 FTP와 VoIP를 함께 서비스 받기 때문에 세 가지 경우에 비해 더 낮은 성능을 보인다.

표 4와 표 5는 WLAN의 가용대역폭이 1Mbps인 환경에서 이동단말의 속도가 15m/sec일 때 각각 VoIP 서비스에서의 지터와 핸드오버 지연시간을 보여준다. 핸드오버 지연시간은 핸드오버 수행을 완료하는데 걸리는 시간과 VoIP 서버가 새로운 경로로 데이터 전송을 시작하는 시간에 의해 결정되는데, 이 시간은 이동단말의 속도와는 무관하기 때문에 일반적으로 단말의 이동속도를 자동차 속도인 15m/sec로 고정하고 핸드오버 지연시간과 지터 값을 측정하였다.

표 4에서 보는 바와 같이, VoIP 세션을 WLAN으로

표 4 VoIP 서비스에서의 지터

스킴	지터	Maximum	Mean	Standard deviation
	NO_HO	0.015	0.009	0.005
ALL_HO	0.746	0.025	0.012	
VoIP_NO_HO	0.015	0.008	0.005	

표 5 VoIP 서비스에서의 핸드오버 지연시간

스킴	UMTS -> WLAN			WLAN -> UMTS		
	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG
NO_HO	0	0	0	0	0	0
ALL_HO	0.19	0.09	0.14	1.04	0.44	0.64
VoIP_NO_HO	0	0	0	0	0	0

핸드오버하는 스킴인 ALL_HO가 그렇지 않은 스킴인 제안하는 방안과 NO_HO에 비해 편차가 큰 지터를 보임을 알 수 있다. ALL_HO 경우 표 5에서 보는 것처럼 UMTS망과 WLAN 간 핸드오버 시 발생하는 핸드오버 지연시간 때문에 편차가 큰 지터 값을 보이는 것이다. 일반적으로 VoIP 서비스는 0.4초 미만의 핸드오버 지연 시간과 0.01초 미만의 지터를 요구하므로[12] ALL_HO의 경우 고품질의 VoIP 서비스를 제공하는 것은 어렵다는 것을 알 수 있다.

종합적으로 볼 때, 노드기반 핸드오버 중 NO_HO는 UMTS망을 통해 두 응용에 대한 서비스를 모두 받기 때문에 UMTS망에 비해 상대적으로 WLAN의 데이터 전송률이 높은 경우 이를 활용하지 못하므로 FTP 성능이 좋지 못하며, ALL_HO는 VoIP와 FTP를 모두 WLAN으로 핸드오버하기 때문에 VoIP에 대해 지터나 지연 측면에서 QoS를 만족시키기 어렵다. 이에 반해, 제안하는 플랫폼을 이용하여 응용 별 핸드오버를 수행하는 방안에서는 FTP의 경우 데이터 전송률이 높은 네트워크(즉, WLAN)를 통해 서비스를 받도록 할 뿐만 아니라 핸드오버 시 핸드오버 성능향상을 위한 전송 제어 메커니즘을 수행하며, VoIP의 경우 핸드오버를 수행하지 않음으로써 각 응용 별 요구사항들을 노드기반 핸드오버 방안에 비해 더 잘 만족시킴을 알 수 있다.

4. 결론

차세대 네트워크 환경은 각기 다른 특성을 가진 무선 액세스 네트워크들이 오버레이 된 구조를 가지며, 이와 같은 환경에서 다중 인터페이스를 동시에 사용할 수 있는 이동단말은 여러 개의 응용을 동시에 실행할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 환경에서 아래와 같은 두 가지 목적을 달성하기 위해 응용 별 종단 간 이동성 관리와 cross-layer 핸드오버 제어에 기반한 이동성 관리 플랫폼을 제안하였다.

- (1) 핸드오버 수행여부에 대한 결정이나 핸드오버 할 네트워크 선택은 응용 별로 이루어져야 함.
- (2) 핸드오버가 이루어졌을 때, 응용 별로 전송/응용 계층에 적합한 제어를 적용할 수 있어야 함.

제안하는 플랫폼은 계층 간 효율적인 통신을 위한 모듈인 MA, PDB와, 응용 별 핸드오버 결정 및 네트워크 선택과 seamless 핸드오버를 위해 각 응용에 적합한 전송/응용 제어를 적용하는 DE, 응용 별 종단 간 이동성 관리를 수행하는 IP agent 등 4개의 기능적 모듈로 구성된다. 제안하는 플랫폼은 기존 프로토콜에 미치는 영향을 최소화하여 현재의 무선 네트워크 기술로부터 무리없이 진화할 수 있고, 핸드오버 최적화 메커니즘 방안들에 대한 다양한 연구들의 결과를 적용할 수 있는 유

연한 플랫폼을 제공한다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안하는 플랫폼을 이용하여 응용 별로 핸드오버 결정 및 네트워크 선택을 각각 최적화하고, 핸드오버 시 응용에 적합한 전송제어를 적용함으로써 각 응용 별 요구사항들을 기존의 노드기반 핸드오버 방안에 비해 더 잘 만족시킬 수 있음을 보였다.

향후 대표적 응용들에 대하여 응용 별 DE 알고리즘 및 제어와 seamless 핸드오버를 위한 응용 별 전송/응용 계층 제어 방안에 대해 연구 할 예정이다.

참고 문헌

- [1] J. G. Atallah and M. Ismail, "Future 4G Front-Ends Enabling Smooth Vertical Handovers," IEEE Circuits & Devices Magazine, January/February 2006.
- [2] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC3344, August 2002.
- [3] C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC3775, June 2004.
- [4] R. Koodli, "Fast Handovers for MobileIPv6," IETF RFC4068, July 2005.
- [5] H. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management(HMIPv6)," IETF RFC4140, August 2005.
- [6] L. Ma, F. Yu, et al., "A New Method to Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP," IEEE Wireless Communications, August 2004.
- [7] A. Argyriou and V. Madisetti, "A soft-handoff transport protocol for media flows in heterogeneous mobile networks," Elsevier Computer Networks, vol.50, pp.1860-1871, August 2006.
- [8] C. Guo, Z. Guo, et al., "A Seamless and Proactive End-to-End Mobility Solution for Roaming Across Heterogeneous Wireless Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.22, June 2004.
- [9] R. Moskowitz and P. Nikander, "Host Identity Protocol (HIP) Architecture," IETF RFC4423, May 2006.
- [10] <http://www.isi.edu/nsnam>
- [11] H. Chang and Q. Chen, "An Agile Vertical Hand-off Scheme for Heterogeneous Networks," ACS/IEEE ICPS, June 2006.
- [12] ITU G.1010, "Draft New Recommendation G.QoS-RQT - End-user Multimedia QoS Categories," ITU-T study group12, contribution37, August 2001.



장 문 정

1997년~2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과 졸업(학사). 2001년~2003년 이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사). 2003년~2007년 이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터정보통신공학과(공학박사). 2007년~ 이화여자대학교 Post. Doc. 관심분야는 차세대 네트워크에서의 이동성 관리 및 QoS 지원, P2P overlay networks



이 미 정

1983년~1987년 이화여자대학교 전자계산학 학사. 1987년~1989년 University of North Carolina at Chapel Hill 컴퓨터학 석사. 1990년~1994년 North Carolina State University 컴퓨터공학 박사. 1994년~현재 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수. 관심분야는 고속 통신 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어 전송을 위한 트래픽 제어, 인터넷에서의 QoS 지원, 무선 이동 네트워크, Ad-hoc 네트워크, 광대역 통합망, 가상사설망