

논문 2012-49TC-1-1

이종 프록시 이동(모바일) IPv6 네트워크에서 QoS가 보장된 글로벌 로밍 핸드오버 방식

(QoS Guaranteed Handover Scheme for Global Roaming in
Heterogeneous Proxy Mobile IPv6 Networks)

고 광 섭*, 김 수 현*, 김 미 선**, 문 영 성***

(Kwangsub Go, Soohyun Kim, Misun Kim, and Youngsong Mun)

요 약

무선 통신에서 이동성과 서비스 품질(QoS)에 대한 요구는 점점 더 중요한 문제로 부각되고 있다. 종래의 인터넷 서비스는 새로운 접속매체들과 어플리케이션으로 확대되고 있는 중이며, 무선 통신 서비스는 원격 지점에서의 빈번한 핸드오버를 수반하기 때문에 유비쿼터스 통신에서는 확장가능하고 빠른 핸드오버가 필요조건이 되고 있다. 본 논문에서는 QoS가 보장된 서비스와 빠른 핸드오버 요건을 만족시키고자 이종 프록시 이동 IPv6(PMIPv6) 네트워크에 차별화 서비스(Diffserv) 모형을 배치하고, QoS가 보장된 글로벌 로밍 작동 절차 뿐 아니라, 이동 단말의 이동 범위를 기반으로 한 QoS 관리와 핸드오버 비용 평가 방식을 제안하였다. 또한 핸드오버 지연 감소를 네트워크 기반의 지역적 이동성 관리 구조 틀에서 분석하고, 통합된 이종 무선 네트워크 사이의 무선 인터페이스에서 최소 신호 오버헤드를 유지하는 가운데 핸드오버 지연과 관련된 핸드오버 성능을 더 향상 시키고자, 네트워크 기반 개체인 글로벌 이동접속 게이트웨이(G-MAG)로 최적화된 PMIPv6를 제안하고 분석하였다. 핸드오버 지연 감소 정도를 보여주기 위해서 단말 기반 MIPv6에서의 핸드오버 신호 절차를 네트워크 기반 프록시 MIPv6(PMIPv6)와 G-MAG로 보조된 빠른 PMIPv6와 비교하였다. 분석 결과, 핸드오버 지연이 유의하게 감소되었음을 확인하였다.

Abstract

Mobility and quality of service (QoS) are becoming the more important issues in wireless communications. The traditional Internet service is expanding into new access media and applications. Since wireless communication services are accompanied by frequent handovers at remote sites, scalable and fast handover has become a prerequisite for ubiquitous communication. In this paper, the differentiated service (Diffserv) model is deployed in heterogeneous proxy mobile IPv6 (PMIPv6) networks to satisfy the QoS guaranteed service and fast handover requirements. The operational procedures for QoS guaranteed global roaming are presented. In addition, QoS management and handover cost evaluation schemes based on a mobile host's movement scope are proposed. This paper analyzes the reduction in handover delay in a network-based localized mobility management framework. We propose and analyze a PMIPv6 optimized with a global mobile access gateway (G-MAG), which is a network-based entity, to further improve the handover performance in terms of handover delay while maintaining minimal signaling overhead in the air interface among converged heterogeneous wireless networks. The handover signaling procedures with host-based MIPv6 are compared with network-based proxy MIPv6 (PMIPv6) and fast PMIPv6 assisted by G-MAG to show how much handover delay reduction can be achieved. Analytical results show that the handover delay is significantly reduced.

Keywords : QoS, PMIPv6, handover, global roaming, cost evaluation.

* 정회원, 한국과학기술정보연구원(KISIT)

** 정회원, 국민권익위원회(Anti-Corruption & Civil Rights Commission)

*** 정회원-교신저자, 숭실대학교(Soongsil University)

※ 본 연구는 방송통신위원회의 전파방송위성원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [09911-02001, 클라우드 컴퓨팅 환경을 적용한 차세대 디지털케이블 방송서비스 기반기술개발]

접수일자: 2011년8월25일, 수정완료일: 2012년1월18일

I. 서 론

종래의 인터넷 서비스는 단말 이동성 문제, 또는 전송 지연, 패킷 손실비, 대역폭과 같은 QoS 문제를 고려하지 않았다. 그러나 무선이동 서비스에서는 안정적이고 끊김 없는 이동성과 보장된 QoS 제공이 더욱 중요한 사항이 되고 있다. 그 뿐 아니라 인터넷 방송, 원격 회의, 쌍방향게임, 원격 진료와 같이 이동 네트워크상에서 사용되는 서비스들은 기존 QoS를 요구하는 경향이 있다.

무선 네트워크는 가까운 미래에 사용자들로 하여금 다양한 기술들의 이점을 활용할 수 있도록 다른 무선 접속 기술들을 완전히 통합하고, 새로운 어플리케이션들의 QoS 요건들을 충족시키게 될 것이다. 다른 목적을 위해 개발된 각종 무선 통신 프로토콜들은 현재 QoS가 보장되고 빠르고 끊김없는 로밍 서비스를 요구하는 유비쿼터스 통신으로 통합되고 융합되고 있다. 유비쿼터스와 이동 컴퓨팅에 대한 요구 증가로 인하여 앞으로는 WLAN (무선 LAN), 3GPP (3세대 협력 사업), 3GPP2 (3세대 협력 사업 2), IEEE 802.16과 같은 다양한 무선 접속 기술들의 통합이 필요하게 될 것이다. 접속 기술의 가시화를 위해 무선 네트워크들은 인터넷 프로토콜(IP)로 융합되어왔는데, 예를 들면 이동 IPv4 (MIPv4)^[1]와 이동 IPv6 (MIPv6)^[2] 프로토콜들은 이미 IETF(Internet Engineering Task Force)에 의해 표준화되었고, IEEE 802.16e에서 차량속도로 움직이는 사용자를 위한 이동성을 제공할 수 있는 IEEE 802.16 표준 수정안^[3]이 확장되었으며, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)포럼에서는 IP 이동성^[4]이 채택되었다. 이러한 미래 무선 네트워크 사용자가 여러가지 접속 네트워크 간에 자유롭게 로밍할 수 있으려면 IP 수준의 이동성 프로토콜이 필요하다. 가까운 미래에는 글로벌 로밍, 보장된 QoS, 수직적 핸드오버가 널리 이용될 것으로 보인다. 인터넷 프로토콜 IPv4 는 IPv6로 천천히 진보되었는데 이 기간 동안 두 프로토콜들은 인터넷 서비스 인프라의 일부가 되었다. 무선 접속 네트워크에 연결된 기존 유선 핵심 인터넷 구조는 앞으로 무선 인터넷 환경으로 진화하게 될 것이며, 노트북 PC, PDA, 소형 센서 등과 같은 다른 수많은 무선 접속 네트워크들은 다중 홉 기반을 통해 연결되어 활발히 사용되게 될 것이다. 단말 이동성에 기반 한 이동 인터넷 서비스를 제공할 수 있도록 개발된 MIP(mobile Internet protocol)는 안정적이고 성

숙한 기술이긴 하지만 널리 배포되기 위해서는 넘어야 할 장애물들이 있다. 즉 소형 이동 기기에서 구현되기에는 너무 무겁고, 복잡한 메시지 교환 절차가 이동 단말 그 자체로 다루어져야 하는 점이다. MIP의 단말 기반 이동성과 긴 핸드오버 지연 시간^[5]의 문제를 극복하기 위해 네트워크 기반의 지역화 된 이동성 프로토콜인 PMIPv6가 제안되었다. PMIPv6의 목표는 MIPv6의 신호와 특징을 재사용하면서 IPv6 단말에 네트워크 기반 이동성을 지원하는 MIPv6의 단순 확장을 구체화하는 것이다. MIP의 대안으로서 PMIPv6는 MIPv6 개체들과 개념들을 가능한 한 많이 재사용하지만 이동성 관리 절차는 네트워크 기기에 의해 수행된다. 또한 PMIPv6 도메인에서의 이동성 인프라는 전송 네트워크가 IPv4이나 IPv6 네트워크가 아니어도 IPv4, IPv6 또는 이중 모드에서 작동하는 MN에 이동성을 제공할 수 있다. 그 결과 PMIPv6에서 IPv4 단말과 IPv4 네트워크를 지원하는 새로운 표준이 출시되었고^[6] PMIPv6에 부착된 MIPv6 단말을 지원하는 새로운 프로토콜이 활발히 논의되고 있다^[7]. PMIPv6는 다양한 네트워크에 적용 가능하지만 글로벌 로밍 어플리케이션에는 적합하지 않다. MIPv6의 긴 핸드오버 지연시간과 PMIPv6에서의 지역화 이동 해결 방법으로 이 논문에서는 적합한 QoS와 글로벌 로밍을 제공하는 새로운 방식을 제안한다. 이 방식은 QoS 관리 서버와 글로벌 MAG를 채택하며, MN의 위치와 이동을 고려하지 않고서도 PMIPv6의 지역화된 이동 범위를 다른 ISP 또는 국제 지역과 같은 이기종 글로벌 네트워크로 확대시키며, MN의 이동 범위를 기반으로 단말 이동성 비용을 분석한다.

이 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되었다. II장은 핸드오버 비용 감소와 MIP 네트워크에서 QoS 방식 제공 관련 작업을 다룬다. III장은 Diffserv을 배치하는 PMIPv6 네트워크의 구조와 기능성을 다루며, 핸드오버 비용 평가에 대한 이동성 관리 절차와 차별화 서비스 지원도 논의한다. IV장은 MN의 이동에 따른 Diffserv와 핸드오버 비용 분석 결과를 제시한다. V장에서는 의견이 제시되었다.

II. 관련 연구

MIPv4에서 MN는 네트워크에서의 현재 접속점과 상관없이 홉 주소와 동일시되며, 홉이 아닌 경우 현지 주소(CoA)와 연계^[1]되는데, 이러한 삼각 라우팅으로 인해

유의한 지연이 초래되어 핸드오버 성능을 저하시킨다. 이동성 관리에 있어서 무시할 만한 정도의 지연만 허용하면서 빠르고 끊임없는 핸드오버를 지원하는 일은 중단 없이 활발한 서비스를 가능케 하는데 있어 중요하다. 따라서 몇 가지 결점^[2]을 해결하고자 개선된 점들은 이동 IPv6 (MIPv6)이라 불리는 MIP의 새로운 버전으로 통합되었다. 밝혀진 사실은 이동성 관리를 글로벌 이동성 관리와 지역화 이동성 관리로 분류할 경우 훨씬 더 효율적으로 이동성을 다룰 수 있다는 것이다. IETF는 효율적인 지역화 이동성 관리를 위해서 계층적 이동 IPv6 (HMIPv6)^[8]과 이동 IPv6 (FMIPv6)^[9]에 대한 빠른 핸드오버와 같은 MIPv6 확장을 제안하였다. 이러한 지역화 이동성 관리 프로토콜의 주 목표는 MN^[8] 등록을 지역화 함으로써 핸드오버 지연을 감소시켜 무선 네트워크 전체에서 로밍 중 끊임없는 서비스 지속성을 성취할 수 있게 하는 것이다. 핸드오버 지연시간은 주로 발견, 설정, 인증, 이동성 사건과 관련된 결합 갱신 절차의 지연으로 초래된 것이다. 최근에 제안된 대부분의 이동성 관리 방식들은 단말 기반, 즉 MN가 이동성 관련 신호화에 직접 참여하는 것이다. 이러한 지연을 감소시키기 위한 핸드오버 비용 평가에 대한 연구는 다양한 MIPv6 네트워크에서 수행되어왔다^[10~16]. 2계층(L2) 트리거 정보 기반 핸드오버 예상 정보는 등록 지연^[10~14]을 감소시키는데 사용된다. M. 로페즈와 그 동료는 예측모드만을 고려하는 주도적인 핸드오버 방식^[10]을 제안하였다. 예측모드와 반응적 모드 모두 PMIPv6에서 핸드오버 지연을 최적화한다고 여겨지지만 성능은 각 모드별로 분석되었다^[11~12]. K.lee^[13]는 핸드오버 성능을 향상시키기 위해 IEEE 802.16e 네트워크와 조합된 교차계층 메커니즘을 제안하였다. S. Ryu와 그 동료는 FMIPv6에서 더욱 정확한 성능 평가를 위해 두 모드의 병합을 제안하였고, 셀 반지름, 이동 단말 속도, L2 트리거 시간^[14]의 영향을 받는 예측모드 실패 확률 (PPMF)을 고려하였다. 이들은 PMIPv6에서의 핸드오버 성능 향상을 위해 [15~16]에서 각각 인증 지연 최적화와 최적화된 루트 예측을 제안하였다. 핸드오버 성능에 있어서 PMIPv6가 일반적인 단말 기반 MIPv6과 그 확장 보다^[11~12] 더 낮은 지연이지만 MN가 그 지역에서 벗어날 경우 긴 핸드오버 지연이 발생한다. 최근들어 이동 인터넷 트래픽은 지속적으로 증가하였으며 새로운 종류의 어플리케이션은 QoS 를 보장하는 필요를 증가시키고 있어 현재 무선 통신 환경에 큰 도전이 되고 있다. QoS 공급과 수요 간의 차이는 유의하게 확대되었

다. IP 네트워크에서의 QoS 문제^[19~20]를 해결방법으로 통합 서비스 (Intserv)^[17]와 Diffserv^[18]가 제안되었다. 유선과 무선 네트워크에서 대부분의 QoS 공급 모형은 트래픽 형태에 기반한 버퍼 스케줄링 메커니즘에 집중되었고, 이동 IP 네트워크에 대해서는 다양한 QoS 공급 방식이 제안되었다^[21~24]. 그러나 이러한 연구들에서는 MN의 이동이 고려되지 않았다. 본 논문은 보장된 QoS 를 받는 가운데 MN가 원하는 곳으로 이동하는 것을 허용하는 새로운 방식을 제안하는데 이 모형에서는 차별화 QoS 공급을 위해 우선순위 대기행렬 모형을 사용한다. BE 트래픽이 가장 낮은 우선순위를 가지므로 가장 높고 중간 우선순위들을 각각 EF 클래스와 AF 클래스에 배치하고 우선순위 대기행렬 성능분석을 가능케 하고자 M/G/1^[25] 대기행렬 모형을 사용 하였다.

III. 이기종 PMIPv6 네트워크에서 QoS이 보장된 글로벌 로밍 모형

3.1. PMIPv6의 기본 운용

PMIPv6는 기존 MIPv6 프로토콜의 인프라를 재사용하지만 네트워크 기반 이동성 관리를 위해 이동 접속 게이트웨이(MAG), 지역 이동성 에이전트(LMA)와 같은 새로운 개체들을 채택한다. MAG는 접속 링크에서 MN의 이동을 감시하고 MN 대신 LMA에 신호화 메시지를 보낸다. LMA는 MN에 홈 네트워크 프리픽스를 부여하는 MN의 정박점이며 PMIPv6 도메인에서 HA 역할을 수행하고 그 도메인에서 MN의 도달가능 상태를 관리한다. 일반적으로 MAG 기능성들은 접속 라우터에 내장되어 있고 LMA는 게이트웨이에 쌓여있다. MAG와 LMA 간에는 신호와 데이터 패킷을 전송하는 IP 터널이 있다. MN가 PMIPv6 도메인에 부착된 경우 MAG는 정책 서버로부터 MN의 프로파일을 획득하려고 한다. 그 프로파일에는 MN의 ID와 접속 링크에 대한 IP 주소 설정 방법이 들어있고 MN의 IPv6 홈 네트워크 주소도 포함할 수 있다. MAG가 MN의 프로파일을 획득하면 MN의 위치를 등록하기 위해 LMA에 프록시 결합 갱신 메시지를 보낸다. 프록시 결합 갱신 메시지를 받은 후 LMA는 MN의 홈 프리픽스 정보를 포함한 프록시 결합 확인 응답 메시지를 보내고, MAG로 통하는 양방향 터널을 생성한다. 또한 데이터를 MN에 전송하는 라우팅 표를 관리하고 MN의 도달가능성을 유지시킨다. 그 다음 MN는 홈 네트워크 프리픽스와

주소 설정 방법에 대한 정보를 얻고자 라우터 광고 절차를 통해 IP 주소를 설정한다. LMA이 MN에 대해 PMIPv6 도메인로부터 외부 패킷을 받으면 받은 외부 패킷을 터널을 통해 MAG로 전달하고 결국 MN 까지 전달한다.

3.2 글로벌 로밍에 대한 QoS 보장 핸드오버 방식

PMIPv6는 단말의 참여 없이 이동성을 제공하지만 그 이동성 관리 범위는 LMA 도메인 내로 제한되어 있다. 그러나 단말은 LMA 간과 인터넷 서비스 제공자(ISP) 간 이동 뿐 아니라 글로벌 로밍도 필요로 한다. 이 절에서는 글로벌 로밍을 포함한 로밍 방식이 제안되었다. LMA 내, LMA 간 또는 ISP 도메인 간일 수 있는 MN의 이동 범위를 기반으로 QoS가 보장된 핸드오버 비용을 분석한다. 그림 1은 이 기종 PMIPv6에서 QoS가 보장된 빠른 글로벌 로밍에 대해 제안된 네트워크 구조를 보여준다. 이 모형에서는 새로운 개체들, 즉 차별화 서비스를 지원하는 QoS 에이전트(QA)와, MN의 ISP 도메인 간 이동시 빠른 핸드오버를 이루기 위한 글로벌 MAG(G-MAG)가 채택되었다. 이 방식은 PMIPv6 네트워크에서의 사용자의 서비스 수준 협약(SLA)에 따른 QoS 보장 서비스를 제공할 수 있다. MN의 이동과 SLA 관리 절차에 대한 자세한 사항은 [26~27]에 있다. ISP 네트워크는 그 QoS 수준과 지역성에 따라 다양한 접속 인프라로 구성되어 있다고 가정된다. ISP는 Diffserv 네트워크에서의 대역폭 브로커처럼, 글로벌 QoS 관리자 역할을 하는 글로벌 QoS 에이전트(GQA 또는 QA)를 가지고 있다. 근접한 GQA들은 SLA처럼, 도메인 간 QoS 연계를 구축하기 위해 서로 통신할 수 있다. ISP의 각 하부망(서브넷)은 QoS에 대

해 그 지역의 QoS 에이전트(LQA 또는 QA)와 HA, 그리고 그 지역 내의 이동성 관리를 가지고 있을 수 있다. 각 LQA는 서브넷 내에서 자원을 관리할 수 있으며 서비스 프로파일을 가지고 MN을 지원한다.

그림 1은 MN 이동 범위의 세가지 예를 보여주고 있다. 처음 두 예들은 MN가 동일 ISP 도메인 내에서 움직이는 것과, 근접한 ISP 도메인으로 이동하는 것이다. 이 그림에서 (1)은 LMA 내 이동을 가리키는데, 이는 곧 MAG1에 부착된 MN가 MAG2에 연결된 새로운 접속점(AP)으로 이동하는 것을 의미하며, 여기서 두개의 MAG는 동일한 LMA1로 관리된다. 이동 (2)는 LMA 간 이동을 나타낸다. 이는 MAG2에 부착된 MN가 MAG3로 이동하는 것을 의미하는데 여기서 MAG는 다른 LMA로 관리되지만 둘다 동일한 ISP 도메인에 속한다. 이동 (3)은 ISP 간 이동을 보여주며, 이는 MN가 다른 ISP 도메인의 접속점으로 이동하는 것을 의미한다. 이러한 이동을 글로벌 로밍이라 부르며, 이는 핸드오버에 대한 복잡한 절차를 야기시켜 긴 지연과 QoS 저하를 가져온다. 글로벌 MAG(G-MAG)는 이 문제를 해결할 수 있다. 이는 지리적으로 ISP 도메인들 사이의 경계선에 위치하고 있으며 도메인들을 보안 연계(SA)로 연결하는데 사용된다. 따라서 G-MAG는 LMA, AAA, 양 도메인의 QA를 관리할 수 있으며 도메인 간 이전의 핸드오버(pre-inter-domain handover) 중에 그 프로파일과 인증 정보를 한 LMA에서 다른 LMA로 전송할 수 있다. G-MAG은 MN가 부착된 접속점을 추적함으로써 MN의 위치를 추정하고 그 이동을 탐지할 수 있으므로 도메인 간 핸드오버 실행점을 적절하게 예측할 수 있다. 만일 MN가 도메인 간 핸드오버가 끝이 날 경우, G-MAG는 MN가 여전히 G-MAG에 연결된 상태에서 도메인 간 핸드오버에 앞서 이전 MAG와 새 MAG 간에 도메인 간 이전의 핸드오버(pre-inter-domain handover)를 수행한다.

3.3 성능 분석

이 절은 MN의 이동 범위에 따른 QoS 보장 핸드오버 비용 분석 모형을 설명한다. PMIPv6의 핸드오버 비용 C_{HO} 는 이동 탐지 지연시간 T_{MD} , 프록시 결합 갱신 지연시간 T_{PBND} , 라우터 광고 지연시간 T_{RA} 의 합으로 표현될 수 있다.

$$C_{HO} = T_{MD} + T_{PBND} + T_{RA}, \quad (1)$$

$$T_{PBND} = T_{AUTH} + T_{QoS} + T_{CONF}$$

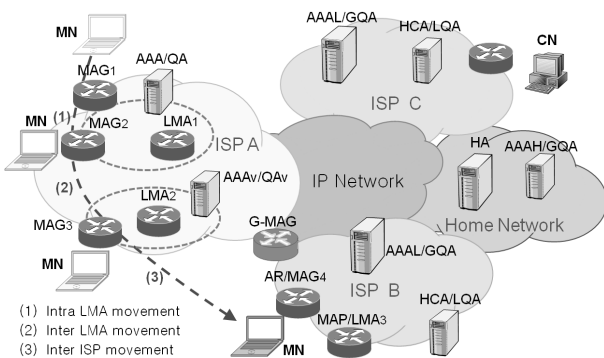


그림 1. QoS가 보장된 빠른 글로벌 로밍 네트워크 구조

Fig. 1. Network architecture for QoS-guaranteed, fast, global roaming.

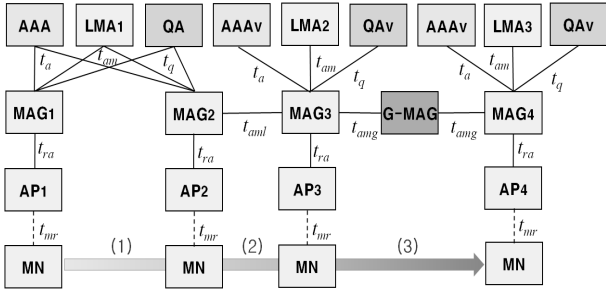


그림 2. QoS가 보장된 빠른 핸드오버 비용 분석
Fig. 2. QoS-guaranteed fast handover cost analysis.

여기서 $T_{P_{BND}}$ 는 인증 지연 T_{AUTH} , QoS 관리 지연 T_{QoS} , 주소 설정 지연 T_{CONF} 의 합으로 표현될 수 있다.

그림 2는 세 개의 모든 MN 이동 시나리오를 보여주는 그림 1에 기반한 QoS 보장 핸드오버 비용 분석 모형을 나타낸다. 기호 (1), (2), (3)은 각각 LMA 내, LMA 간, ISP 간 이동을 나타낸다. 그림 1의 (1)에서 보이는 것처럼 MN가 MAG1에서부터 MAG2로 이동할 때 MAG2는 MN를 LMA에 등록해야 한다. 핸드오버 절차가 MN의 이동 탐지로 이루어지므로, MN가 새로운 MAG(MAG2)에 포함된 새로운 AP에 부착될 때 AP는 L2 핸드오버 메시지를 MAG2에 보내는데 이 때 MN의 이동 탐지 지연 T_{MD} 이 초래된다. MAG2가 MN의 이동을 탐지하면 MN에 대한 인증과 QoS 프로파일 요청 메시지를 각각 AAA 와 QA 서버에 보낸다. 상기 요청에 대한 인증과 QoS 확인응답 메시지를 받은 후 MAG2는 프록시 결합 갱신(PBU) 메시지를 LMA에 보낸다. 만일 LMA가 홈 네트워크 프리픽스를 MN에 배정할 수 있으면 프록시 결합 확인응답(PBA) 메시지를 MAG2에 보낸다. MAG2는 LMA로부터 PBA 메시지를 받을 때 라우터 광고(RA) 메시지를 MN에 보내는데 이로써 PMIPv6에서 LMA 내 핸드오버가 완료된다. 이 경우 두개의 MAG(MAG1와 MAG2)는 LMA1의 동일 지역에 있고, MN의 등록 절차는 종래의 PMIPv6 프로토콜 [5]을 따른다. PMIPv6 네트워크에서 LMA 내 이동의 QoS 보장 핸드오버 비용 $C_{P_{HO}}^{INTRA_LMA}$ 은 식(2)로 설명될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 C_{P_{HO}}^{INTRA_LMA} &= T_{P_{MD}}^{INTRA_LMA} + T_{P_{PBNB}}^{INTRA_LMA} + T_{P_{RA}}^{INTRA_LMA} \\
 &= 2(t_{ra} + t_a + t_q + t_{am}) + t_{mr}, \\
 T_{P_{MD}}^{INTRA_LMA} &= t_{ra}, \quad T_{P_{RA}}^{INTRA_LMA} = t_{ra} + t_{mr}, \\
 T_{P_{PBNB}}^{INTRA_LMA} &= T_{P_{AUTH}}^{INTRA_LMA} + T_{P_{QoS}}^{INTRA_LMA} + T_{P_{CONF}}^{INTRA_LMA} \\
 &= 2(t_a + t_q + t_{am}),
 \end{aligned}$$

(5)

$$\begin{aligned}
 T_{P_{AUTH}}^{INTRA_LMA} &= 2t_a, \quad T_{P_{QoS}}^{INTRA_LMA} = 2t_q, \\
 T_{P_{CONF}}^{INTRA_LMA} &= 2t_{am},
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서 t_{ra} 는 이동 탐지 지연이고, t_{mr} 와 t_{am} 는 무선과 유선 지연이며, t_a 와 t_q 는 각각 인증 지연과 QoS 설정 지연이다. 그림 2의 (2)는 LMA 간 핸드오버 비용 분석을 나타낸다. PMIPv6는 지역 이동을 관리하도록 설계되었기 때문에, 만일 MN가 현재의 LMA 도메인에서부터 멀어지면 MN에 대한 등록 절차는 홈 네트워크를 통해 수행되어야 하는데 이 때문에 긴 지연과 QoS 저하가 초래된다. MN의 홈 네트워크를 통한 핸드오버 지연을 감소시키기 위해서 현재 MAG(MAG2)에서 분리하기 전에 핸드오버 메커니즘을 사용할 것을 제안한다. MN가 현재 것과는 다른 네트워크 프리픽스를 가진 새로운 라우터 광고 메시지를 받으면 이는 MAG2로부터 분리하기 전에 프로파일을 새로운 MAG (MAG3)로 보내기 위하여 현재의 MAG(MAG2)에 요청을 보낸다. 이 메시지는 링크 중단이 없는 이동 관리를 위해 MN의 프로파일이 포함되어 있다. MAG3는 MN의 프로파일을 MAG2로부터 받으므로 홈 네트워크 개체들로부터 인증과 QoS 속성을 요청할 필요가 없다. 따라서 핸드오버 비용이 유의하게 감소된다. MN가 새로운 LMA 도메인에 속하는 새로운 MAG으로 이동하면 제안된 빠른 핸드오버의 비용은 등식 (3)으로 표현된다:

$$\begin{aligned}
 C_{P_{HO}}^{INTER_LMA} &= T_{P_{MD}}^{INTER_LMA} + T_{P_{PBNB}}^{INTER_LMA} + T_{P_{RA}}^{INTER_LMA} \\
 &= 2(t_{ra} + t_a + t_q + t_{am}) + t_{mr} + 6t_{ami}, \\
 T_{P_{MD}}^{INTER_LMA} &= t_{ra}, \quad T_{P_{RA}}^{INTER_LMA} = t_{ra} + t_{mr}, \\
 T_{P_{PBNB}}^{INTER_LMA} &= T_{P_{AUTH}}^{INTER_LMA} + T_{P_{QoS}}^{INTER_LMA} + T_{P_{CONF}}^{INTER_LMA} + T_{P_{PRE_REG}}^{INTER_LMA} \\
 T_{P_{AUTH}}^{INTER_LMA} &= 2(t_a + t_{ami}), \quad T_{P_{QoS}}^{INTER_LMA} = 2(t_q + t_{ami}), \\
 T_{P_{CONF}}^{INTER_LMA} &= 2(t_{am} + t_{ami}), \\
 T_{P_{PRE_REG}}^{INTER_LMA} &= t_{mr} + t_{ra},
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서 t_{ami} 는 두개의 MAG 간에 MN의 프로파일 전송에 대한 지연이며, LMA 간에 MN의 이동을 지원하기 위해 MN가 이동하기 전에 일어나는, 선 핸드오버 지연 $T_{P_{PRE_REG}}^{INTER_LMA}$ 은 무시해도 된다.

ISP 간 핸드오버 비용 분석은 그림 2의 (3)에 나와있다. 이것이 종래의 PMIPv6 방식에서 수행되어야 한다면 MN는 MN의 홈 등록 때문에 긴 서비스 중단을 겪어야 한다. MN가 MAG3에서 MAG4로 이동할 때 ISP

간 핸드오버 지연시간이 너무 길어서 끊임없는 서비스 지속성을 지원할 수 없게 된다. 이러한 긴 ISP 간 핸드오버 지연시간을 감소시키기 위해 그림 1에서 보이는 것처럼 G-MAG라 불리는 네트워크 개체를 채택하는 새로운 방식을 제안한다. G-MAG은 ISP 도메인들 사이에 위치하고 양 도메인에 보안 연계(SA)로 접속되어 있다. 곧 일어날 MN에 대한 도메인 간 핸드오버를 예측할 때, MN는 이전 도메인(ISP A)에서 이전 MAG(MAG3)에 접속되어 있는 동안 핸드오버는 도메인 간 수행된다. G-MAG는 ISP 도메인 간에 이중 접속을 가지고 있으므로 양 도메인의 LMA 정보를 수집하고 관리할 수 있으며 도메인 간 이전의 핸드오버 중에 MN의 프로파일과 인증 정보를 한 LMA에서 다른 LMA로 전송할 수 있다. G-MAG은 MN가 부착된 AP를 추적함으로써 MN의 위치와 이동 방향을 추정할 수 있으므로 도메인 간 핸드오버 실행점을 적절히 예측할 수 있다. 따라서 새로운 MAG(MAG4)는 G-MAG로부터 MN의 프로파일을 받기 때문에 인증과 설정 QoS 속성을 홈 네트워크로부터 요구할 필요가 없다. 그러므로 제안된 방식은 MN의 홈 네트워크로 신호보내기를 피함으로써 도메인 간 핸드오버 지연시간을 감소시킬 수 있다. MN가 새로운 ISP 도메인에 속하는 새로운 MAG로 이동할 때 제안된 방식 핸드오버 비용은 등식(4)로 나타내진다:

$$\begin{aligned}
 C_{fp_HO}^{INTER_ISP} &= T_{fp_MD}^{INTER_ISP} + T_{fp_PBNB}^{INTER_ISP} + T_{fp_RA}^{INTER_ISP} \\
 &= 2(t_{ra} + t_{am} + t_a + t_q) + 6t_{amg} + t_{mr}, \\
 T_{fp_MD}^{INTER_ISP} &= t_{ra}, \quad T_{fp_RA}^{INTER_ISP} = t_{ra} + t_{mr}, \\
 T_{fp_PBNB}^{INTER_ISP} &= T_{fp_AUTH}^{INTER_ISP} + T_{fp_QoS}^{INTER_ISP} + T_{fp_CONF}^{INTER_ISP}, \\
 T_{fp_AUTH}^{INTER_ISP} &= 2(t_{amg} + t_a), \quad T_{fp_QoS}^{INTER_ISP} = 2(t_{amg} + t_q), \\
 T_{fp_CONF}^{INTER_ISP} &= 2(t_{am} + t_{amg}),
 \end{aligned} \tag{4}$$

여기서 t_{amg} 는 다른 ISP 도메인에 속하는 MAG들 간의 지연이다.

제안된 모형의 핸드오버 비용 효율성을 보여주기 위해 그림 3에 종래의 PMIPv6에 대한 핸드오버 비용 분석 모형을 나타내었다. 이는 종래의 PMIPv6에서 LMA 간, 그리고 ISP 간 핸드오버의 비용 평가를 보여준다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 LMA 내 핸드오버 비용은 그림 2의 (1)과 동일하다. 따라서 종래의 PMIPv6에서의 LMA 내 핸드오버 비용은 식 (1)과 같다. 그러나 종

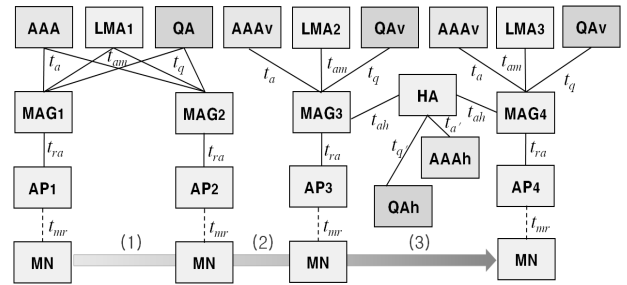


그림 3. 종래 PMIPv6에서의 핸드오버 비용 분석
Fig. 3. Handover cost analysis in conventional PMIPv6.

래의 PMIPv6 네트워크에서 이러한 일이 일어날 경우 MN가 이전 LMA(LMA1)에서 LMA2로 이동하면 새로운 MAG(MAG3)과 LMA2는 MN에 대한 정보를 가지고 있지 않게 된다. 종래의 PMIPv6에서의 LMA 간과 ISP 간 이동에 대한 핸드오버 비용 뿐 만 아니라, MN의 홈 네트워크를 통해 MN의 프로파일, 인증, QoS의 정보를 획득하는 데 연관된 지연도 고려되어야 한다.

그림3에서 (2)와 (3)은 LMA 간과 ISP 간 핸드오버 비용 평가를 나타낸다. MN가 새로운 LMA나 이전 네트워크에 속하지 않는 새로운 ISP 도메인으로 이동할 때, 지역적 이동 관리 방식으로 개발된 PMIPv6에는 아무런 이득이 없다. 따라서 모든 이동성 절차는 MIPv6 네트워크에서처럼 수행되어야 한다. MAG2나 MAG3과 같은 새로운 MAG가 MN의 이동을 탐지할 때는 MN의 프로파일, 인증, QoS 정보를 MN의 홈 네트워크를 통해 획득해야 한다. 새로운 MAG는 홈 네트워크로부터 MN의 프로파일을 받은 후 PBU 메시지를 LMA (LMA2 또는 LMA3)에 보낸다. 새로운 LMA로부터 PBA 메시지를 받은 후 새로운 MAG는 MN에 RA 메시지를 보내어 LMA 간 또는 ISP 간 핸드오버가 완료된다. LMA 간과 ISP 간 이동에 대한 핸드오버 절차가 동일하므로 이러한 두 경우의 핸드오버 비용도 동일하다. 핸드오버 비용은 (5)로 나타내진다:

$$\begin{aligned}
 C_{cp_HO}^{INTER_LMA,ISP} &= T_{cp_MD}^{INTER_LMA,ISP} + T_{cp_PBNB}^{INTER_LMA,ISP} + T_{cp_RA}^{INTER_LMA,ISP} \\
 &= 2(t_{ra} + t_a + t_q + t_a + t_q + t_{am}) + 6t_{ah} + t_{mr}, \\
 T_{cp_MD}^{INTER_LMA,ISP} &= t_{ra}, \quad T_{cp_RA}^{INTER_LMA,ISP} = t_{ra} + t_{mr}, \\
 T_{cp_PBNB}^{INTER_LMA,ISP} &= T_{cp_AUTH}^{INTER_LMA,ISP} + T_{cp_QoS}^{INTER_LMA,ISP} + T_{cp_CONF}^{INTER_LMA,ISP} \\
 &= 2(t_a + t_q + t_a + t_q + t_{am}) + 6t_{ah}, \\
 T_{cp_AUTH}^{INTER_LMA,ISP} &= 2(t_a + t_{ah} + t'_a), \quad T_{cp_QoS}^{INTER_LMA,ISP} = 2(t_q + t_{ah} + t'_q), \\
 T_{cp_CONF}^{INTER_LMA,ISP} &= 2(t_{am} + t_{ah}),
 \end{aligned} \tag{5}$$

여기서 t_{ah} , t'_a , t'_q 는 각각 홈 네트워크를 통해 이루어

지는 MN의 등록, 인증, QoS 관리의 지연을 나타낸다.

IV. 비용 평가 결과

이 절에서는 종래의 방식과 이 기종 PMIPv6 네트워크에서 제안된 모형의 핸드오버 비용을 서비스 형태와 MN의 이동 범위로 비교한다. 이 핸드오버 비용 분석에서 사용된 매개변수는 다음과 같이 정의된다. MN에 보내질 데이터 패킷을 CN의 평균을 a 로 생성하고, MN는 한 서브넷에서 다른 서브넷으로 평균을 b 로 이동한다고 가정하자. 이동성에 대한 패킷의 비율(PMR), $r = a/b$ 은 MN가 CN에서 받는 이동 당 패킷의 평균 수로 정의된다. 매개변수 l_c 과 l_d 은 각각 제어 패킷과 데이터 패킷의 평균 길이로 정의된다. 그 다음 그들의 비율 l 은 l_c/l_d 로 정의될 수 있다. 제어 패킷 전송 비용은 송신자와 수신자 간의 거리로 구한다. 데이터 패킷 전송 비용은 어느 단말에서든 제어 패킷 처리(그리고 HA에서 데이터 패킷 전달) 평균 비용보다 10 배 많다. 평균 지연 시간과 패킷 손실 확률은 QoS에서 매우 중요한 인자들이다. Diffserv 네트워크에서는 입구 에지 트래픽을 SLA로 분류한다. 세 가지 서비스 수준들로는 EF, AF, BE로 가정되며, 접속 라우터는 수많은 접속에서부터 온 다른 형태의 데이터 패킷도 수용한다고 가정된다. 이러한 세 가지 형태의 트래픽을 다루기 위해 각 노드의 출력 버퍼 모듈에서는 세 가지 버퍼를 사용한다. 이 논문에서 각 노드는 우선화 된 패킷의 성능 평가를 위한 M/G/1 대기행렬 모형을 가진다. 패킷들은 합해져서 포이슨 과정에 따라 EF, AF, BE 패킷에 대해 각각 평균을 l_1, l_2, l_3 로 대기행렬에 도착하게 된다. 각 트래픽 클래스에서 온 패킷에 대한 서비스 시간은 지수적 분포를 따르며, EF, AF, BE 패킷에 대한 평균율은 각각 $1/m_1, 1/m_2, 1/m_3$ 이다. 그 버퍼에서 EF, AF, BE 패킷의 평균 부하는 각각 $\rho_1=l_1/m_1, \rho_2=l_2/m_2, \rho_3=l_3/m_3$ 이다. 버퍼 모듈에서의 패킷 스케줄링은 다음과 같다. 먼저 서버는 EF 버퍼를 방문한다. 만일 패킷이 EF 버퍼에 존재할 경우 버퍼가 비워질 때까지 지원한다. 그렇지 않을 경우 서버는 AF 버퍼를 방문하고, 그 버퍼에서 패킷을 지원한다. AF 버퍼에 대한 서비스가 종료된 후에는 BE 패킷이 서비스를 받는다. 제안된 QoS 보장 모형을 기존 MIPv6 확장과 비교하기 위해 [11~12]에서 유선과 무선 실험 결과를 사용하였다. 값들은 $t_{mr}=t_{am}=t_{nc}=10ms, t_a=t_q=t'_a=t'_q=t_{ah}=t_{ac}=20ms, t_{ra}=2ms, t_{amg}=6ms, t_{ami}=4ms$ 이었다. 제어 패킷 크기와

데이터 패킷 크기는 각각 100 바이트와 1,024 바이트로 추정되며, 버퍼 크기 K 는 100으로 추정된다. 트래픽 도착율은 작업 부하 0.5 하에서 $\lambda_1=0.5, \lambda_2=0.3, \lambda_3=0.2$ 이다. 그림 4, 5, 6은 서비스 형태와 MN 이동 범위에 따른 핸드오버 비용을 보여준다. 그림 4는 MIPv6과 PMIPv6의 LMA 내 핸드오버 비용을 나타낸다. 이 경우 종래의 PMIPv6 (cPMIPv6)와 제안된 빠른 PMIPv6(fPMIPv6)로부터의 핸드오버 비용을 PMIPv6로 나타냈는데 이는 MN가 한 LMA 도메인 주변에서 이동할 때 핸드오버 절차가 동일하여 핸드오버 비용도 동일하기 때문이다. 보면 알 수 있듯이, MIPv6과 PMIPv6 간의 핸드오버 비용의 유의한 차이는 MIPv6 네트워크에서 MN의 CoA 등록 때문이다. 또한 이 차이는 서비스 형태가 핸드오버 비용에 영향을 주는 유의한 요소임을 보여주고 있다. 그림 4에서 보는 것처럼 핸드오버 비용의 주요 인자는 서비스 정책이다. PMIPv6은 MIPv6에 비해 매우 좋은 성능을 보여준다. PMIPv6 네트워크에서 EF, AF, BE 서비스에 대한 핸드오버 비용은 모든 트래픽에 있어서 MIPv6 핸드오버 비용보다 9.64 배 적다.

PMIPv6에서 LMA 간, ISP 간 핸드오버 비용은 각각 그림 5와 6에 나와 있다. 이 그림에서 우리는 MIPv6 비용을 생략하였는데 이는 그 결과가 그림 4의 결과와 같기 때문이다. 따라서 여기서는 종래의 PMIPv6과 제안된 빠른 PMIPv6 방식의 결과를 비교하였다. MN이 LMA 간에 이동할 때, fPMIPv6의 핸드오버 비용은 cPMIPv6의 핸드오버 비용보다 유의하게 낮았는데 이는 MN이 cPMIPv6 네트워크에서 다른 LMA로 이동할

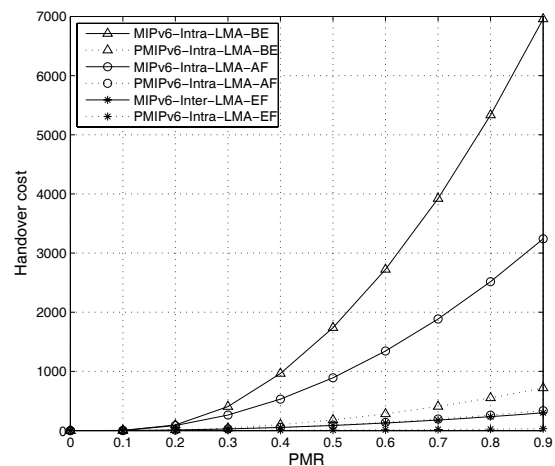


그림 4. PMIPv6 네트워크에서의 LMA 내 핸드오버 비용
Fig. 4. Intra-LMA handover costs in PMIPv6 networks.

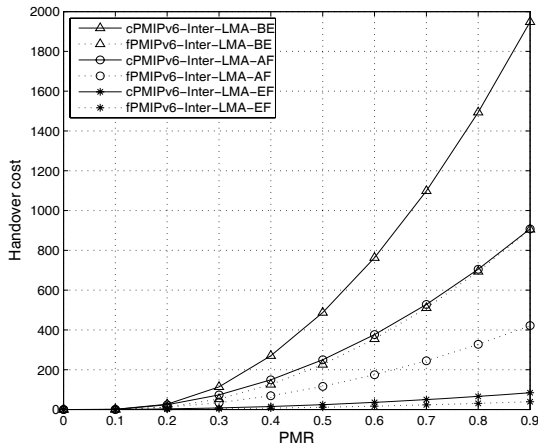


그림 5. PMIPv6 네트워크에서의 LMA 간 핸드오버 비용

Fig. 5. Inter-LMA handover costs in PMIPv6 networks.

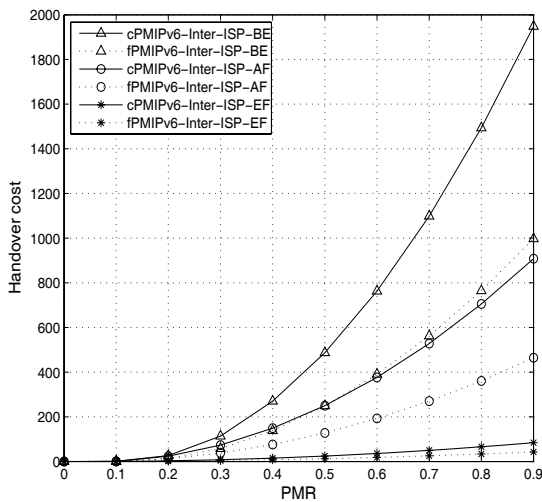


그림 6. ISP 간 핸드오버 비용

Fig. 6. Inter-ISP handover costs.

때 MIPv6에서처럼 MN의 프로파일을 획득하기 위한 추가적인 핸드오버 절차가 필요하기 때문이다. 모든 fPMIPv6 서비스 형태는 cPMIPv6의 AF 서비스 보다 더 나은 성능을 보여준다. fMIPv6의 핸드오버 비용은 모든 트래픽에 대해 cPMIPv6의 핸드오버 비용보다 2.15 배나 적다. 이는 제안된 방식이 LMA 간 이동에서 효과적임을 보여주는 것이다.

그림 6은 ISP 간 핸드오버 비용을 보여준다. 이 경우, 여기서 제안된 방식은 MN 인증 과정과 홈 네트워크와 관련된 QoS 설정 지원을 제거하기 위해 G-MAG을 채택하는 것이다. 핸드오버 비용은 BE, AF, EF 트래픽에 대하여 종래와 빠른 PMIPv6에서 제시되었다. 제안된 방식은 cPMIPv6에 비해 핸드오버 비용을 1.65배 감소

시킨다. 따라서 얻어진 결론은 fPMIPv6이 글로벌 로밍 환경에서 효과적이라는 사실, 그리고 빠른 MN과 QoS가 보장된 로밍을 요구하는 미래의 글로벌 네트워크에서 채택될 수 있다는 사실이다

V. 결 론

다양한 어플리케이션과 휴대용 통신 기기는 다른 환경에서 다양한 QoS와 이동성 수준을 요구한다. 보장된 QoS와 신속한 이동성을 제공하기 위해 이 논문은 이기종 PMIPv6 네트워크에서의 이동성과 QoS 관리 절차를 제안한다. 이동 IP 네트워크에서 Diffserv가 배치되면 다양한 문제를 만나는데 가장 유의한 문제는 다른 ISP 도메인으로 들어갈 때 MN 서비스 프로파일 획득과 관련된 것이다. 첫번째 홈 라우터에는 새로 부착된 MN에 대한 정보가 없으므로 보장된 QoS가 제공될 수 없다. 이 문제 해결을 위해서는 MN의 서비스 프로파일 획득과 MN 이동 범위에 기반한 추가 정보 획득 절차를 제시하였다. 여기서 제안된 방식은 보장된 QoS 핸드오버 비용 분석과 평가를 통해 LMA 내 이동에 대한 핸드오버 비용을 MIPv6에 비해 9.64 배나 감소시킨다. 이뿐 아니라 제안된 방식은 LMA 간과 ISP 간 이동에 대한 핸드오버 비용 효율이 종래 PMIPv6 보다 각각 2.15배, 1.64배 더 나은 것을 보여주고 있다. 따라서 제안된 방식은 글로벌 로밍 환경에서 효과적이며 빠른 속도, 보장된 QoS, 로밍을 요구하는 미래의 글로벌 네트워크에서 채택될 수 있다. 앞으로 진행될 작업에서는 MN의 이동성을 더욱 효과적으로 관리하고 총 통신비용을 절감하기 위해 메시지 형태와 등록 절차를 개선할 것이다. 끊임없는 핸드오버 인증 메커니즘 또한 이기종 PMIPv6 네트워크에서의 보장된 QoS를 이용하여 더욱 효과적이고 안정된 서비스를 구축할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] C. Perkins, "IP mobility support for IPv4," IETF RFC 3344, Aug. 2002.
- [2] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [3] "Part 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," IEEE Std 802.16e-2005, Feb. 2006.
- [4] "Stage 2: architecture tenets, reference model and reference points. Part 2," *WiMAX Forum Network Architecture*, Feb. 2009.
- [5] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy mobile IPv6," IETF RFC 5213, Aug. 2008.
- [6] R. Wakikawa and S. Gundavelli, "IPv4 Support for Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5844, May 2010.
- [7] G. Giaretta, "Interaction between PMIPv6 and MIPv6: Scenarios and Related Issues," draft-ietf-netlmm-mip-interactions-06, May 2010.
- [8] H. Soliman, C. Castellucia, K. Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," IETF RFC 4140, Aug. 2005.
- [9] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.
- [10] A. Dutta, S. Das, D. Famolari, Y. Ohba, K. Taniuchi, V. Fajardo, R. M. Lopez, T. Kodama, and H. Schulzrinne, "Seamless proactive handover across heterogeneous access networks," *Wireless Personal Communication*, Vol. 43, Issue 3, pp. 837-835, Nov. 2007.
- [11] C. Makaya and S. Pierre, "An Analytical Framework for Performance Evaluation of IPv6-Based Mobility Management Protocols," *IEEE Trans. on wireless communications*, Vol. 7, No. 3, pp. 972-983, March 2008.
- [12] K. Kong, W. Lee, Y. Han, M. Shin, and H. You, "Mobility management for All-IP mobile networks: mobile IPv6 vs. proxy mobile IPv6," *IEEE Wireless Communications*, vol. 15, no. 2, pp. 36 - 45, 2008.
- [13] K. Lee and Y. Mun, "Enhanced Cross-Layering Mobile IPv6 Fast Handover over IEEE 802.16e Network," will appear in IEICE Transaction on Communications.
- [14] S. Ryu, K. Lee, and Y. Mun, "Optimized fast handover scheme in Mobile IPv6 networks to support mobile users for cloud computing," *Journal of Supercomputing*, published in Online First, DOI 10.1007/s11227-010-0459-2, June 2010.
- [15] L. Magagula and H. A. Chan, "Optimized handover delay in Proxy Mobile IPv6 using IEEE802.21 MIH Services," *Military Communications Conference, 2008. MILCOM 2008. IEEEpp.1-7,Nov.2008*.
- [16] J. Na, S. Ryu, K. Lee, and Y. Mun "Enhanced PMIPv6 Route Optimization Handover Using PFMIPv6," *IEICE Trans. Commun.* Vol. E93-B, No. 11, pp. 3144-3147, Nov. 2010.
- [17] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview," IETF RFC 1643, June 1994.
- [18] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss. "An Architecture for Differentiated Services," IETF RFC 2475, Dec. 1998.
- [19] M. May, S. Blot, A. Jean-Marie, and C. Diot, "Simple Performance Models of Differentiated Services Schemes for the Internet," *Infocom'99*, vol. 3, pp. 1385-1394, March 1999.
- [20] S. Bakiras and V. O. K. Li, "Efficient Resource Management for End-to-End QoS Guarantees in Diffserv Networks," *2002 IEEE International Conference on Communications*, Vol. 2, pp. 1220-1224, April 2002.
- [21] K. M. Yusof and N. Faisal, "Provisioning QoS in Differentiated Service Domain for MIPv6," *4thNational Conference on Telecommunication Technology 2003*, pp.98-101, January2003.
- [22] R. Jain, T. Raleigh, C. Graff, and M. Reschinsky, "Mobile Internet Access and QoS Guarantees using Mobile IP and RSVP with Location Registers," *ICC98*, pp. 1690-1695, June 1998.
- [23] A. Mahmoodian and G. Haring, "Mobile RSVP with dynamic Resource Sharing," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2000*, Vol. 2, pp. 896-901, September 2000.
- [24] R. Chakravorty, M. D'Arienzo, I. Pratt, and J. Crowcroft. "A Framework for Dynamic SLA based QoS Control for UMTS," *IEEE Wireless Communications, Special Issue on Merging IP and Wireless Networks*, Vol. 10, No. 5, pp. 30-37, October 2003.
- [25] L. Kleinrock, *Queueing Systems*, vol.1. J. Wiley & sons, 1975.
- [26] M. Kim, S. Park, and Y. Mun, "QoS Guaranteed Service Model in Mobile IPv6," *SAM'03*, Las Vegas, U.S., vol. 2, pp. 502-507, June 2003.
- [27] M. Kim and Y. Mun, "Cost Evaluation of Differentiated QoS Model in Mobile IPv6 Networks," *ICCSA 2006*, Glasgow, U.K., vol. 2, pp. 502-507, May 2006.

— 저 자 소 개 —



고 광 섭(정회원)
 2008년 숭실대학교 컴퓨터학과
 박사과정
 2000년~현재 한국과학기술정보
 연구원(KISTI)
 책임연구원

<주관심분야 : MIPv6, Future Network, Sensor
 Network, Security, Parallel computing>



김 수 현(정회원)
 2007년 숭실대학교 컴퓨터학부
 학사
 2009년 숭실대학교 컴퓨터학과
 석사
 2009년~현재 한국과학기술정보
 연구원(KISTI) 연구원

<주관심분야 : Cloud Computing, Virtual
 Network, System management>



김 미 선(정회원)
 1995년 숭실대학교 컴퓨터학과
 학사
 1997년 숭실대학교 컴퓨터학과
 석사
 2011년 숭실대학교 컴퓨터학과
 박사

1997년~1999년 Gisol LTD 연구원
 1999년~2010년 서울 동작구청 전산담당
 2011년~현재 국민권익위원회 전산담당
 <주관심분야 : QoS, Security and Authentication
 with MIP, MIPv6>



문 영 성(정회원)-교신저자
 1983년 연세대학교 전자공학과
 학사
 1986년 Univ. of Alberta
 전자공학과 석사
 1992년 Univ. of Texas, Arlington
 컴퓨터공학 박사

<주관심분야 : Mobile IP, IPv6 보안, Grid, QoS,
 성능분석, Honeypot>