

Performance Analysis of A Novel Inter-Networking Architecture for Cost-Effective Mobility Management Support

MyoungSeok Song[†] · Jongpil Jeong^{††}

ABSTRACT

PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) is a network-based IP mobility management protocol, which can control the mobility without depending on the type of access system or the capability of mobile node. Combining it with SIP mobility, it can establish the route optimization effectively and ensure the terminal mobility and the session mobility. There are many literatures on PMIPv6-SIP in mobility management, but efficient performance analysis and mathematical modeling has not been standardized. For this, a new PMIPv6-SIP architecture is proposed to compare with Pure-SIP in terms of the handover delay and packet loss.

Keywords : PMIPv6, MIPv6, PMIPv6-SIP, MIPv6-SIP, Mobility Management

비용효과적인 이동성 관리 지원을 위한 새로운 인터넷워킹 아키텍처의 성능분석

송명석[†] · 정종필^{††}

요 약

PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)는 네트워크 주도형 IP 기반 이동성 관리 프로토콜로서 액세스 시스템의 종류나 단말의 능력에 의존하지 않고, 단말 이동성 제어가 가능하다. 이러한 PMIPv6에 SIP 이동성을 접목하면 더 효율적인 경로를 사용해 터미널 이동성 및 세션 이동성을 확립할 수 있다. 이러한 이동성관리를 위해 현재 PMIPv6-SIP에 대한 활발한 연구가 진행되고 있지만, 효과적인 성능평가 및 수학적 모델링이 표준화되지 못하고 있다. 이에 새로운 PMIPv6-SIP 아키텍처를 제안하고 핸드오버 시에 발생하는 지연과 패킷손실을 Pure-SIP과 비교하여 수학적 모델링을 통한 효과적인 성능평가를 제안한다.

키워드 : PMIPv6, MIPv6, PMIPv6-SIP, MIPv6-SIP, Mobility Management

1. 서 론

최근 태블릿 PC, 스마트 폰 등의 이동단말의 발달로 인해, 무선 랜 서비스가 폭넓게 전개되고 있다. 이로 인해 세션을 유지하면서, 다양한 종류의 무선망을 핸드오버 할 수 있는 기술들도 소개되고 있다. 그러나 현재의 공중무선 랜 환경에서는 사용자가 통신 중에 무선 랜 라우터간의 이동이 이뤄지면서, IP 주소의 변화가 생기게 된다. 이동단말이 핸드오버가 이뤄질 때, IP주소 변화가 생기게 되면, TCP 연결을 유지하기 어렵기 때문에, 통신의 끊김이 발생하게 된다.

따라서 이동단말이 핸드오버를 할 때, 이동 후에도 통신의 끊김이 생기지 않도록 하는 것이 중요하다. 이러한 핸드오버를 실현시킬 수 있는 기술이 MIPv6[1]와 SIP[2]을 이용한 기술이다. 그러나 MIPv6와 SIP을 사용하기 위해서는 이동 단말에 미들웨어의 구현이 필요하다. MIPv6는 HA(home agent)라는 이동단말의 위치관리 서버에 데이터를 경유시켜서, IP주소의 변화를 이동단말로부터 숨기고, 핸드오버를 실현시킨다. 이렇게 함으로서, 세션을 유지한 채 핸드오버를 실행할 수 있지만, 이동단말에 미들웨어의 구현이 필요하고, 항상 HA경유로 통신이 되어야 하므로, 통신경로가 확장되는 결과를 초래한다. 그리고 SIP은 세션의 확립, 변경, 절단을 실행하는 프로토콜로서 SIP를 이용하면, 통신을 하려는 단말 간에 최적의 통신경로를 확립할 수 있고, 직접 단말 간에 통신을 할 수 있다. 그러나 SIP이동성에서는 이동단말의 IP주소에 변화가 생긴 경우 SIP 세션을 다시 시작해야 하므로 통신이 끊어지게 된다.

[†] 준 회 원: 성균관대학교 정보통신대학원 석사

^{††} 정 회 원: 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단 산학협력중점교수
논문접수: 2012년 12월 31일

수 정 일: 1차 2013년 3월 29일

심사완료: 2013년 4월 1일

* Corresponding Author: Jongpil Jeong(jpjeong@gmail.com)

3GPP Release 8SAE(System Architecture Evolution)표준화에서 규정한 EPC(Evolved Packet Core)에서는 IP기반의 이동성 관리 프로토콜인 PMIPv6[3]가 채택되었다. PMIPv6는 LTE(Long Term Evolution)무선 내에서 단말의 이동 뿐 만아니라 WLAN, WiMAX, 3GPP2(3rd Generation Partnership Project2)에서 표준화한 무선 등 여러 환경에서의 핸드오버를 지원하는 공통적인 이동성 관리 방법이다. PMIPv6는 MAG(Mobile Access Gateway)에 의해 네트워크 인프라 측에서 네트워크 주도형 핸드오버가 실행된다. LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG간에 핸드오버처리를 실시함으로써, 이동단말에 핸드오버에 필요한 특별한 기능 추가는 필요 없다. 그러나 항상 LMA를 경유해서 통신해야 하므로, 통신 경로는 길어진다.

본 연구에서는 이동단말이 핸드오버를 할 때 특별한 기능 추가 및 미들웨어 없이 세션을 유지한 채 네트워크 주도형 핸드오버가 가능한 새로운 PMIPv6-SIP 아키텍처를 제안한다. 제안된 아키텍처는 터미널 이동성 관리를 위해서 PMIPv6를 사용하고, 중앙 집중식 세션 이동성 관리를 위해서 SIP를 사용한다. 이 아키텍처를 위해 SIP 메시드에 새로운 정보를 추가한다. 그리고 제안된 새로운 아키텍처와 Pure-SIP를 사용한 모델을 비교 분석하고 이에 따른 수학적 분석 모델을 제시하여 효과적인 성능평가를 한다.

논문의 구성 내용은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대한 개요를 설명하고, 3장에서는 이동성 관리 지원을 위한 새로운 방법을 제안하고 있다. 이 방법에는 SIP를 적용한 PMIPv6-SIP의 제안기법이 포함되어 있다. 4장은 성능 평가 및 수치 분석을 하였고, 5장은 결론을 나타낸다.

2. 관련 연구

2.1 IMS 기반의 세션 관리

UMTS release 5에서 멀티미디어 세션을 제어하기 위한 CN(core network)[4]안에 있는 IMS를 처음 소개하였다. IMS의 핵심 요소는 CSCFs와 HSS(Home Subscriber Server)이다. HSS는 이동통신의 HLR(Home Location Register)에서 발전한 것으로 가입자 정보를 관리하는 중앙화된 데이터베이스로서 사용자 등록, 변경, 인증, 권한 부여, 세션 라우팅, 과금 등의 기능을 수행한다. CSCF는 호 및 세션처리에 관련된 부분을 담당하는 기능으로 인입호에 대한 게이트웨이로서의 기능과 호 제어기능, SPD(Serving Profile Database)기능, 주소처리기능 등으로 구성된다. 이러한 CSCFs는 P-CSCF(Proxy-CSCF)와 I-CSCF(Interrogating-CSCF) 그리고 S-CSCF(Serving-CSCF)로 구별될 수 있다. P-CSCF는 UE(사용자)가 GPRS 액세스를 통해서 IMS에 접속할 때 처음 만나는 지점으로 UE가 IMS에 접속하는 첫 포인트 지점이고, GGSN과 같은 도메인에 존재한다. I-CSCF는 망 내의 가입자에게 연결하기 위해서 들어오는 모든 호에 대해서 접점 역할 및 망 내에 로밍한 다른 망 가입자와의 접점 역할을 수행한다. 이로 인해 일반적으로 망

화벽역할을 수행한다. I-CSCF는 HSS를 조회하여, S-CSCF를 결정하고, 등록과정에서 UE에게 S-CSCF를 할당한다. S-CSCF는 IMS의 모든 세션 상태 관리 기능뿐만 아니라, HSS와 연동하여 가입자 프로파일을 수신하여, 호 처리를 위한 주요기능을 수행한다. S-CSCF는 IMS에서 사용자 등록과 세션 관리 조정을 수행하는 사실상의 SIP 서버이다. IMS는 시그널링, 세션, 이동성 관리에 대한 기본 프로토콜로서 SIP을 사용한다. 3GPP2 또한 IMS를 채용해왔다. 멀티미디어 세션 핸드링을 위해, PDS(Packet Data Subsystem) [5].에서마찬가지로, 3GPP2 또한 PDS(Packet Data Subsystem) 내의 Multimedia Session Handling을 위해 IMS를 도입했다. 3GPP2-IMS의 초기 버전은 3GPPS의 IMS 상세 목록에 의해 영향을 받았다. 그럼에도 불구하고, 아래에 요약 된 것처럼, 상당히 많은 차이점들이 존재한다.

3GPP-IMS는

- 세션 이동성을 위해 SIP를 사용한다.
- IPv6 CN에 기반 한다.
- HSS에 의해 가입자의 사용자 데이터가 관리된다.
- P-CSCF Discovery를 위해 PDP Context 활성화가 사용된다.
- P-CSCF와 Associated Home of Visiting GGSN은 반드시 동일한 네트워크에 있어야 한다.

3GPP2-IMS는

- IP 이동성 관리를 위해 MIP를 사용한다.
- 세션 이동성 관리를 위해 SIP 사용한다.
- IPv4 또는 IPV6 사용에 있어 유통성이 있다.
- Home AAA 서버와 데이터베이스가 Subscriber 사용자 정보를 처리한다.
- P-CSCF Discovery를 위해 PDP Context 활성화를 사용하지 않는다.
- P-CSCF와 PDSN이 동일한 네트워크에 있어야 할 필요가 없다.

2.2 Proxy Mobile IPv6

MIPv6는 이동단말이 HA에 위치가 변경되었다는 사실을 통지하는 것으로 이동제어를 실현하는 기술이다. HoA(Home Address)와 이동할 네트워크에 대한 CoA(Care-of Address)의 조합을 통지함으로써 이동 후에도 통신 상대와의 패킷송수신이 가능하다.

MIPv6가 단말 주도형 모빌리티 기술이라면 PMIPv6는 네트워크 주도형 이동제어 기술이다. 즉 네트워크 끝단 노드인 MAG가 이동단말의 이동을 검출하기 때문에, 이동단말에 의한 이동제어가 필요 없다. PMIPv6가 적용된 네트워크인 PMIPv6-Domain은 네트워크 끝단 노드인 MAG가 이동단말의 접속을 검출하고 PMIPv6-Domain의 LMA에 이동단말에 할당되어진 이동단말의 HNP(Home Network Prefix)와 MAG의 IP주소인 Proxy-CoA를 통지한다. 이것에 의해 LMA까지 전송되어진 패킷은 이동단말이 접속한 MAG까지 캡슐화 되어 이동단말로 전송될 수 있다. PMIPv6에서 이동단말은 이동성 제어에 관여하지 않으므로 IPv4, IPv6,

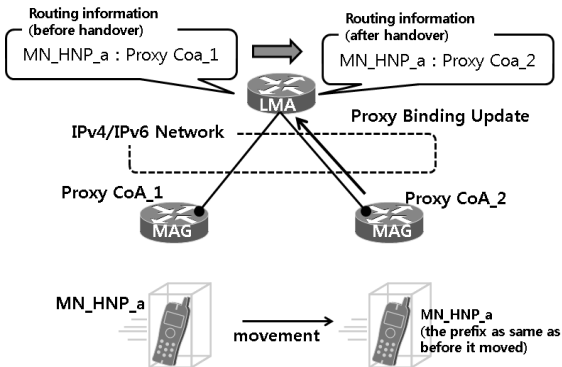


Fig. 1. Proxy Mobile IPv6 brief

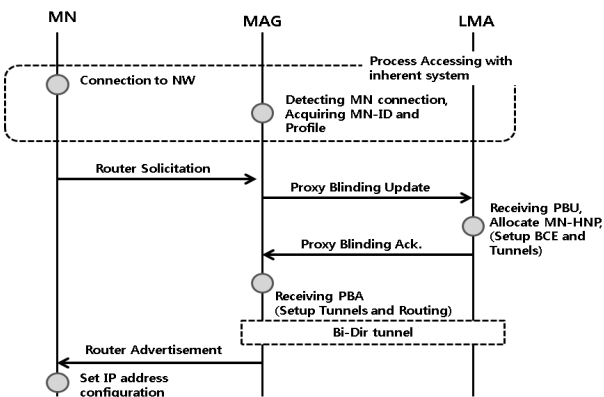


Fig. 2. Information flow when the initial connection is occurred

Dual-Stack 3종류의 이동단말을 지원한다. Fig. 2는 이동단말이 PMIPv6-Domain에 초기 접속할 때의 정보 흐름이다.

MAG는 이동단말의 접속을 검출하고 PBU(Proxy Binding Update)를 LMA에게 전송한다. RS(Router Solicitation) 메시지는 이동단말 접속 후에 랜덤한 시간으로 도착하고 PBU 송신과는 독립적으로 제어되어진다. LMA는 PBU의 정당성을 확인한 후, 이동단말에 대해 HNP을 할당하고, MAG에 대한 PBA(Proxy Binding Acknowledgement)를 송신한다. BCE(Binding Cache Entry)를 작성해서, MAG-LMA간의 양방향터널을 설정한다. MAG는 PBA를 수신하면 LMA와 양방향 터널을 설정하고, 이동단말의 데이터 트래픽에 대한 경로를 설정한다. MAG는 RA(Router Advertisement)을 이동단말에 대해서 송신하고 LMA로부터 수신한 HNP을 통지한다. 이동단말은 RA에 의해 취득한 HNP을 기반으로 Stateful 또는 Stateless 주소 설정을 실시하여 주소취득을 완료한다. 이러한 처리에 의해 이동단말에서는 HNP을 기반으로 한 주소가 MAG와 LMA에서 HNP에 대한 라우팅 정보가 각각 설정된다. PMIPv6-Domain에서는 MAG가 이동단말에 대한 디폴트 게이트웨이 역할을 수행한다. 이동단말에서 MAG로 전송되어진 패킷은 LMA까지 터널로 전송된다. LMA는 수신한 패킷의 캡슐화 헤더를 제거한 후 LMA가 가지고 있는 라우팅 정보에 따라 외부 네트워크 또는 PMIPv6-Domain내로 전송된다. Fig. 3에서 이동단말이 MAG간 핸드오버를 할 때의 정보 흐름을 설명한다.

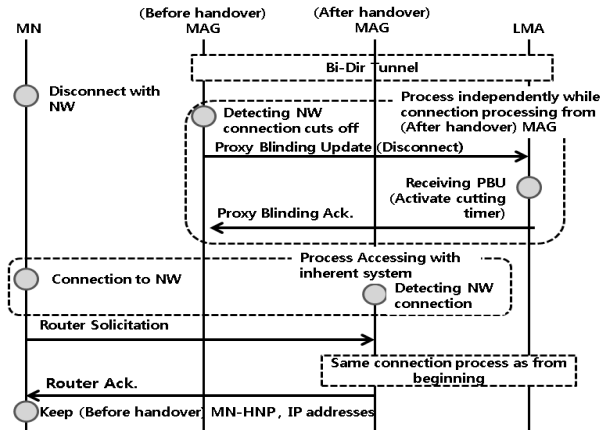


Fig. 3. The flow of information during handover

이동단말이 이동하려는 새로운 MAG의 제어 범위로 들어가면, 새로운 MAG는 이동단말의 접속을 검출하고, Fig. 3에 나온 순서대로 처리한다. 이것에 의해 새로운 MAG와 LMA 사이에 양방향 터널이 설정되어진다. 새로운 MAG는 이동단말로부터 수신한 RS에 대해 RA를 송신하고, LMA에서 통지되어진 HNP을 이동단말에 대해 통지한다. 이동단말은 보유하고 있는 HNP와 동일한 정보를 취득함으로써, 동일 IP주소를 그대로 사용해서 통신을 계속 유지한다. 이동전에 접속했던 MAG는 이동단말과의 접속이 끊어진 것을 감지하고, LMA에 대해 PBU를 송신하고, BCE의 삭제를 요구한다. LMA는 일정 시간을 기다린 후, BCE를 삭제하고 이동단말에 대한 PBA를 송신한다. 위의 순서는 독립적으로 실행할 수 있다.

2.3 이동성 관리

이동성 관리[4]는 IP기반의 음성 망에 대해, 음성전화와 같은 실시간 응용프로그램이 필수인 환경에서, 핸드오버 전후의 지연이 응용프로그램의 요구를 만족하지 못 하는 것을 해결하도록 요구 하고 있다. 이동성 관리는 PMIPv6 도메인을 대상으로 하고 있다. PMIPv6에서 LMA, MAG가 정의되어 있고, 이들이 협조하여 네트워크 측의 이동성을 지원하게 된다. 여기에서 이동성 관리는 PMIPv6 도메인의 핸드오버가 일어날 때, 통신 재개 전에 네트워크 측에서 이동 후 통신경로를 사전 설정하는 것으로 통신 재개까지의 지연을 최소화한다. 구체적으로는 다음과 같다. 이동성 관리는 PIS(Proxy Information Server) 라는 네트워크 전체를 관리하는 서버를 도메인 안에 배치한다. PIS는 네트워크 전체 정보에서 도메인 내의 모든 MAG정보를 파악하고 각각의 MAG와 이웃관계를 유지하는 MAG를 파악한다. 핸드오버시에 이동단말이 MAG로부터 통신을 끊으려고 할 때, LMA는 MAG로부터 그 시기를 통지받게 되고, LMA는 이웃관계에 있는 모든 MAG에 핸드오버 정보를 통지한다. 이동단말이 핸드오버 되어져 새로운 MAG로 접속되어지면, MAG는 LMA에 PBA메시지를 보내는 것만으로 이동단말의 통신이 재개되어진다.

(1) 이동단말이 MAG-1에 접속을 한다. PMIPv6에서 MAG는 링크계층기술에 의한 이동단말의 접속을 인지 가능하도록 한다. (2) MAG-1은 LMA에 이동단말 식별자인 이동단말-ID를 포함하는 PBU메시지를 송신한다.

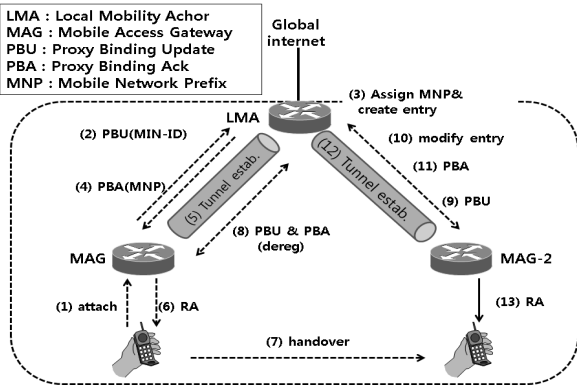


Fig. 4. Handover brief

(3) LMA는 이동단말-ID에 대응되는 HNP(64bit의 prefix)을 할당하고, BCE를 작성한다. (4) LMA는 MAG-1에 HNP를 포함하는 PBA를 송신한다. (5) 이상의 처리 결과 LMA와 MAG-1 사이에 터널이 확립되어진다. (6) MAG-1은 HNP를 포함하는 RA를 이동단말에 송신한다. 이동단말은 RA를 수신하게 되면 IPv6주소를 생성하고 통신 가능한 상태가 된다. 이동단말로 가는 패킷은 우선 LMA에 도착하게 된다. LMA는 해당 패킷을 터널을 통해 MAG-1으로 전송한다. MAG-1은 수신한 패킷에서 터널 헤더를 제거하고 이동단말로 전송한다. 이동단말로부터 온 패킷은 위의 역순 처리를 통해 송신된다. (7) 이동단말이 MAG-2 Area로 핸드오버 되어진다. (8) MAG-1은 이동단말이 통신이 끊어진 것을 감지하고 LMA에게 De-Registration을 위해 PBU를 송신하고 LMA는 PBA를 반송한다. 이 처리에 의해 LMA와 MAG-1사이의 터널은 삭제된다. (9) MAG-2는 이동단말 접속을 감지하고 LMA에 PBU를 송신한다. (10-11) LMA는 BCE를 갱신하고 HNP를 포함한 PBA를 반송한다. (12) 이상의 처리에 의해 LMA와 MAG-2 사이에 터널이 확립된다. (13) MAG-2는 MAN에 HNP를 포함한 RA를 송신한다. HNP는 핸드오버 시에 변화가 없으므로 이동단말은 핸드오버에 상관없이 통신을 유지할 수 있다. (7) ~ (13)에 의한 핸드오버 절차는 PMIPv6의 절차이다.

3. 이동성 관리 지원을 위한 새로운 인터워킹 아키텍처

이동성 관리를 위한 새로운 인터워킹 아키텍처를 위해, WiMAX는 CSN(Connectivity Services Network) 게이트웨이를 통해서, UMTS는 GGSN(GPRS Gateway Support Node)를 통해서, CDMA2000은 PDSN를 통해서, WLAN은 GGSN 에뮬레이터를 통해서, LTE는 S-GW(MAG),

P-GW(LMA)를 통해서 ALL-IP 코어 네트워크에 연결된다. 각 네트워크는 게이트웨이 중 하나와 로컬 P-CSCF에 MAG를 가지고 있다. SIP과 PMIPv6-MAG의 남은 요소들은 이동단말의 홈 네트워크에 위치해 있다. 따라서 SIP은 중앙 집중식 세션 이동성 관리를 위해 사용되었고, PMIPv6는 터미널 이동성 관리를 위해 사용되었다. 제안하고자 하는 인터네트워킹 아키텍처는 Fig. 5에서 표현하였다. 각 네트워크는 해당 게이트웨이를 통해 ALL-IP 코어 네트워크에 연결되어 있다. 데이터 흐름은 홈 네트워크를 우회하여 출발지에서 목적지로 이동된다. 세션 제어 신호인 Call Setup, Call Termination, Session Management 기반의 SIP만 홈 네트워크를 통해 전송된다. 이때 세션 관리 신호는 목적지 네트워크의 P-CSCF에 의해 홈 네트워크의 I-SCSF를 통해 S-CSCF로 전달된다. UMTS에서 LTE로 가는 세션 핸드오버 시나리오는 다음과 같다.

- UMTS 시스템에서 데이터 파이프라인 설정.
- GGSN를 통한 이동 단말에 IP주소 할당.
- HA로 PMIPv6등록 요청.
- P-CSCF를 통해 S-CSCF로 SIP 등록메시지 송신.
- 승인이 되면, 적절한 S-CSCF가 할당.
- 가입자 정보가 지정 S-CSCF로 전송.

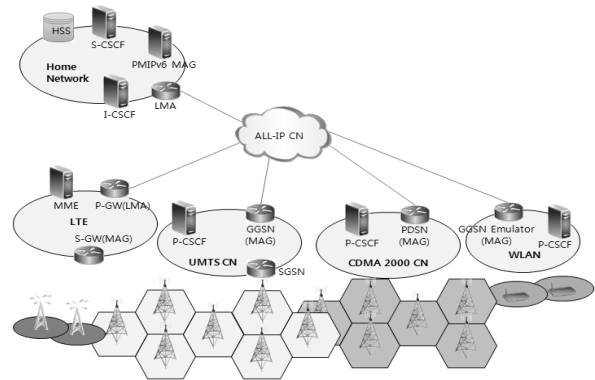


Fig. 5. The Proposed Interworking Architecture

이후 PDP(Packet Data Protocol) Context와 서비스 등록이 활성화 된 후, 이동단말은 세션을 성립할 준비가 된다.

Fig. 6의 내용과 같이 SIP INVITE 메시지는 P-CSCF에 의해 UMTS 인터페이스에서 S-CSCF로 전송되고, 마지막으로 목적지로 전송된다. 이것은 세션 수립 전에 필수 조건인 QoS가 충족되기 위한 호(call) 흐름 모델에 대한 요청도 가지고 있기 때문이다. 그 후, 목적지는 SDP(Session Description Protocol)에 대한 응답을 포함한 183 Session Progress Message와 함께 전송한다. 이 PRACK(Precondition ACKnowledgement) 요청에 의한 임시 응답 수신에 대한 확인은 다음과 같다. PRACK 요청이 목적지에 도달하면 200 OK response가 SDP 응답과 함께 도착한다. 그런 다음 출발지에 의해, 자원 예약을 확인하는 업데이트 요청이 전송된다. 목적지가 업데이트 요청을 수신하면, 200 OK Response를 생성한다. 그 다음 UMTS 인터페이스를 통

해 세션이 진행된다. 이동단말이 LTE로 이동될 때 LTE로의 세션 연결이 요청된다. 우선 표준 LTE 등록 절차 및 PMIPv6-MAG와 함께 PMIPv6 등록 절차가 수행된다. 그런 다음 이 요청을 PMIPv6-LMA로 전달하고, LTE 인터페이스로 할당된 홈 IP 주소를 취득한다. 그 뒤에, 상대노드가 전송한 패킷이 이동노드로 직접 전달되지 못하고 항상 HA를 거쳐서 전달되는 현상(Triangular Routing)을 방지하기 위해서 PMIPv6의 Binding Update Message가 이동단말과 코어 네트워크 사이에서 교환된다.

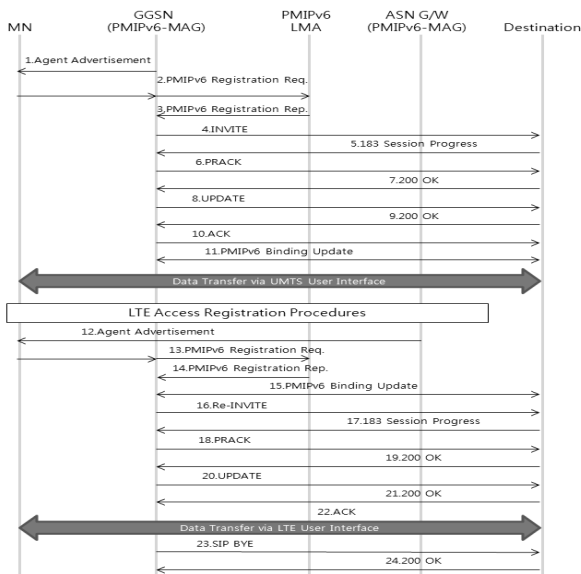


Fig. 6. PMIPv6-SIP signaling

다음 단계는 SIP 세션 핸드오버 절차이다. 이 절차는 진행 중인 세션의 동일한 Call-ID 및 다른 식별자들을 포함한 SIP Re-INVITE를 목적지로 보내는 작업을 한다. 그 다음은 LTE 인터페이스를 위한 필수조건들을 예약하는 작업이다. 일단 이것이 성공적으로 수행되면, 새로운 세션 연결이 시작될 수 있다. LTE 인터페이스를 통해 새로운 데이터 전송이 시작되는 시간 동안, 소프트 핸드오버를 위해, UMTS 인터페이스를 통한 데이터 전송이 아직 활성상태로 남아 있다는 점이 중요하다. 따라서 이 논문에서는 통신채널을 먼저 연결하고, 기존 채널을 끊는, 핸드오버 메커니즘을 따른다. 코어 네트워크의 세션 핸드오버 기술이 중앙 집중화되면, UMTS-LTE-WiMAX-CDMA2000-WLAN 사이의 핸드오버를 쉽게 이용할 수 있다.

제안하는 통신 환경은 Fig. 7에서 단말 간의 통신에서 PMIPv6와 SIP를 활용하는 것이다. 무선 랜 라우터에 SIP를 도입해서 무선 랜 라우터 간의 세션 확립, 변경, 절단을 함으로서 무선 랜 라우터 간의 핸드오버를 처리한다. 그리고 이동단말에 동일 IP주소를 할당함으로써 IP주소의 변경을 숨기고 이동단말에 핸드오버를 위한 기능 추가를 하지 않는다. 그리하여 이동단말에 핸드오버에 필요한 특별한 기능 추가 없이 단말간의 통신 경로의 최적화 및 TCP 연결의 유지를 실현한다.

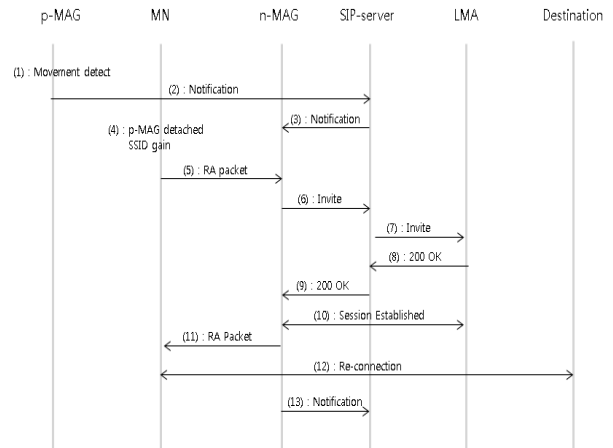


Fig. 7. Handover procedure

MIPv6는 HA(Home Agent)라 부르는 이동단말의 위치관리 서버에 데이터를 경유시킴으로서 IP 주소의 변화를 이동단말로 부터 숨기고 핸드오버를 함으로서 TCP 연결을 유지한 채 핸드오버가 가능해지지만 이동단말에 미들웨어의 구현이 필요하게 되고, 통신 경로도 길어지게 된다. SIP는 세션의 확립, 변경, 절단을 행하는 프로토콜로서 통신을 행하는 단말 간에 최적의 통신 경로를 확립하고, 직접 단말 간에 통신을 행하는 것이 가능하다. 그러나 세션의 변경을 행하는 SIP 이동성에서는 이동 단말의 IP가 변화는 경우, 그 IP를 사용하는 세션의 재확립을 위해 TCP연결을 유지하기 어렵다. SIP 이동성을 이용해 IP주소 변화를 이동단말의 Transport Layer에서 숨기고, TCP 연결을 유지한 채 핸드오버를 실현하는 연구가 있지만[6] 이동단말에 미들웨어의 구현이 필요하다.

PMIPv6는 LMA와 무선 랜 라우터 사이에 배치된 MAG에 의해 네트워크 측에서 네트워크 주도형 핸드오버를 실현한다. LMA와 MAG 사이에서 핸드오버 처리를 함으로서 이동단말에 핸드오버에 필요한 특수한 기능을 구현할 필요가 없다. 그러나 항상 LMA를 거쳐 통신이 이뤄지므로 IP주소 변화를 이동단말로 부터 숨기고 TCP연결을 유지할 수 있지만 통신 경로가 길어진다.

무선 랜 라우터간의 핸드오버 처리하기 위해 SIP서버와 SIP메시지의 확장이 필요하다. 표준적인 SIP서버는 SIP 단말이 가지는 SIPURI와 IP주소의 맵핑을 가진다. 여기에 단말 정보와 세션성립정보를 각 SIP단말의 SIPURI와 IP주소에 대해 추가한다. 단말 정보란 SIP단말인 무선 랜 라우터에 접속한 이동단말의 링크로컬주소이다. 세션확립정보는 그 이동단말과 통신을 하려는 상대단말이 접속하고 있는 무선 랜 라우터의 SIPURI이다. 이것을 가짐으로서 SIP서버에 의한 이동단말의 위치관리가 가능하다. 이러한 정보를 SIP서버에 등록하기 위해 SIP메시지의 확장이 필요하다. SIP메시지에는 여러 메소드가 있는데 등록 요구 메시지인 REGISTER와 확립요구 메시지인 INVITE메시지에 정보를 추가한다. REGISTER에서는 메시지에 무선 랜 라우터에 접

속한 이동단말의 링크로컬주소를 추가하고 INVITE에는 통신 상대의 IP주소를 메시지에 추가한다. 그래서 SIP서버는 각 메소드에 따라 이동단말정보와 세션확립정보를 유지한다. 제안 방법에 의해 통신 상대(Destination)와 통신을 하려고 할 때 이동단말이 이동 전 라우터에서 이동 후 라우터로 핸드오버를 실시할 때의 처리과정을 Fig. 7에서 표시했다. 초기 상태에서 이동 전 라우터에 이동 단말이 접속해 있고, 상대 라우터는 통신상대가 접속하고 있다. 그리고 모든 라우터에는 제안 방식이 도입되어 있고 동일 기능을 가진다. (4) (5) (11) 단계는 일반적인 이동단말이 가지는 기능이다. 이동 전 라우터는 RSSI값에 의해 이동가능성이 있는 이동 단말을 검출하고, 이동 후 라우터에 단말 정보와 세션 확립 정보를 통지한다[(1) ~ (3)단계]. 이동 후 라우터에게 이동 단말의 정보를 통지함으로써 이동 후 라우터는 이동단말의 정보를 SIP서버에 문의하는 것 없이 세션확립이 가능하다. 이동 단말이 이동 후 라우터에 접속한 후 [(4) ~ (5)단계], 이동 후 라우터는 (3)단계에서 통지되어진 정보를 이용해서 상대방 라우터와 세션 확립을 행한다.[(6) ~ (10)단계] 이러한 과정에 의해 이동 후 라우터에서 이동단말의 통신 경로 제어를 할 수 있다. 세션확립 후 이동단말에 Link Local 주소를 할당함으로써 (11)단계 이동 단말은 이동 후에도 이동 전과 동일한 주소를 가질 수 있다. 통신 재 개시 후 [(12)단계], 이동 후 라우터는 이동 단말의 위치 정보를 갱신하기 위해 SIP서버에 통지를 한다[(13)단계].

4. 성능 평가

4.1 시스템 모델링

이동성 관리 평가를 위한 분석 모델에 대해 제안한다. 우선 사용자의 세션은 양방향 통신이 서로 독립적이고, 통신 채널을 먼저 연결하고 기존 채널을 끊는 핸드오버 방식을 따른다고 가정한다. 따라서 전체 트래픽의 일부분으로 각 개인이 독립적으로 생성시킨 트래픽들은 Poisson 도착 프로세스를 따른다고 가정할 수 있다[8]. 또한 백그라운드 트래픽이 제안된 모델의 성능에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 분석은 트래픽이 갑자기 집중적으로 한 번씩 소규모로 발송되는 습성을 포함하는 네트워크 환경인 최악의 시나리오를 고려했다[9].

세션을 맺고 있는 동안의 이동성에 대한 표준 Vertical 핸드오버는 다음으로 규정한다.

기호	설 명
D_1	링크 계층에서의 핸드오버 지연
D_2	이동을 검출할 때까지의 지연
D_3	주소 할당에 따른 지연
D_4	세션을 재 설정하기위해 걸리는 지연
D_5	패킷 재전송 지연 [10]

상위 계층에서의 Vertical 핸드오버 지연은 D_1 을 고려하지 않고 계산하였고, 주로 D_3 과 D_4 로 구성되었다. 그리고 DHCP를 사용한 주소할당은 고려하지 않는다. 따라서 네트워크 계층 기반의 Vertical 핸드오버 지연의 주된 원인은 D_4 라고 주장할 수 있고, 다음 식으로 표현 할 수 있다.

$$D_4 = D_{wl} + D_w + L_{wl} + L_w \tag{1}$$

수식 (1)에서 D_{wl} 은 무선 인터페이스에서의 총 지연이고, D_w 는 유선 링크에서의 총 지연, L_{wl} 은 무선 링크에서의 대기 시간, L_w 가 유선링크에서의 대기시간이다. D_{wl} 과 D_w 을 유도하기 위해서, 시그널링과 데이터 라우팅 경로에 M/M/1 큐잉 모델이 무선 BS(Base Station)와 다른 네트워크 요소에 적용되었다. M/M/1 분석을 적용할 때, 몇 가지의 가정이 이루어져야 하는 데, 그중 제일 중요한 것은 패킷이 다른 노드에서 경험하는 서비스 타임은 서로 독립적이라는 것이다. 그러나 서비스 타임이 패킷 길이에 비례하고, 패킷이 네트워크를 통과할 때 같은 길이를 가지고 있기 때문에, 이 가정은 사실이 아니다. 이러한 독립가정은 대형 네트워크 환경에서는 사용가능하다는 것을 알 수 있다[11]. 사용되어진 큐잉이론에서 D_{wl} 와 D_w 은 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$D_{wl} = \frac{1}{\mu_{wl} - \lambda_{wl}} \tag{2}$$

μ_{wl} 은 무선 인터페이스에서 프로세싱 비율이고 λ_{wl} 은 무선 인터페이스에서의 도착비율이다. 명확성을 위해 μ_{wl} 의 단위는 packet/sec에서 bit/sec으로 변경되었다. 만약 패킷 사이즈 x 의 확률밀도함수(PDF: Probability density function)가 bit로 표현될 때 $1/\mu$ bit/packet의 평균 패킷 길이가 $\mu e^{-\mu x}$ 이 되면, 통신채널 i 의 수용력은 C_i bits/sec 이고, 통신채널 i 의 도착비율은 λ_{wl} packet/sec되고, μC_i 는 서비스율이 된다. 따라서 통신채널 i 에 대해서 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$D_{wl} = \frac{1}{\mu C_i - \lambda_{wl}} \tag{3}$$

D_{wl} 은 큐잉지연과 전송지연을 포함한다. 평균 패킷 사이즈는 통신채널의 수용력과 입력 비율에 영향을 받지 않는다. D_w 은 여러 M/M/1 큐의 지연들의 집합으로 표현될 수 있다. 여러 M/M/1서버의 출력이 다른 서버의 입력 큐에 공급된다면 입력 프로세스 결과 또한 Poisson 이론을 따르고 공급 프로세스의 평균값의 합이 같다는 의미를 가진다[11]. 그러므로 패킷이 겪는 유선 네트워크의 총 지연은 아래처럼 표현될 수 있다:

$$D_w = \frac{1}{\lambda_w} \sum_j \lambda_j \left(\frac{1}{\mu C_j - \lambda_j} \right) \quad (4)$$

λ_w 가 패킷의 총 도착 비율이고, λ_j 가 j^{th} 노드의 도착 비율, μC_j 가 j^{th} 노드의 서비스율 이다. 따라서 수식 (1),(3),(4)을 결합해보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$D_4 = \left(\frac{1}{\mu C_i - \lambda_{wt}} \right) + \frac{1}{\lambda_w} \sum_j \lambda_j \left(\frac{1}{\mu C_j - \lambda_j} \right) + L_{wt} + L_w \quad (5)$$

그러므로 수식 (5)을 이용함으로써, Fig 6의 메시지 흐름을 위한 $D_{Handover}$ 는 수식 (6)과 같이 표현될 수 있다.

$$D_{Handoff} = \sum_{i=1}^{j+1} (D_{PMPi6i} + D_{SIPi}) + \Delta \quad (6)$$

Δ 는 HSS 검색을 위한 대기시간이다. 그러나 수식 (5)은 다양한 메시지들을 손실되게 만들 수도 있는 에러들을 수용한 것은 아니다. 성공적인 세션 수립을 위해 전체 메시지 흐름이 반드시 전부 발생되어야 하는데, 이 때 이 중 하나 이상의 메시지가 손상되거나 손실되는 경우 핸드오버 프로세스가 실패하게 된다. 그래서 큰 지연 값을 가지는 핸드오버에서 지연을 줄이기 위해서는 통신채널을 먼저 연결하고 기존 통신채널을 끊는 핸드오버 방식이 적용된다.

세션을 맺고 있는 동안의 총 패킷 손실은 이동단말이 데이터 패킷을 다운 받으면서 이동할 때의 패킷 손실의 총합으로 정의될 수 있다. 패킷 손실은 Layer 2 핸드오버가 감지되었을 때 시작되고, 이동 시에 발생된 모든 패킷은 Vertical 핸드오버 시간동안 손실된다고 간주한다. 이 내용은 아래와 같이 표현될 수 있다:

$$Pkt Loss = \frac{1}{[(2T_{ud} + D_{Handover})]} \times \lambda_d \times N_m \quad (7)$$

Vertical 핸드오버 동안의 이동성 관리의 시그널링 비용 결과는 이동단말의 세션 동안 교환된 시그널링 메시지의 축적된 트래픽 로드로 분석 될 수 있다.

$$Cost = P \times S_{message} \times H_{a-b} \quad (8)$$

P 는 각 핸드오버가 발생될 확률이고, S 는 시그널링 메시지의 평균 사이즈이며,

H_{a-b} 은 a와 b사이의 평균 홉 수이다. 이동단말이 한 네트워크에서 다른 네트워크로 이동할 때 성공적인 세션 핸드오버가 이루어지려면, Fig. 8에서 보는바와 같이 이동단말이 네트워크에서 이동해 나갈 때 까지는 활성화 상태로 남는 것이 중요하다[12].

이러한 가정을 바탕으로 확률함수가 파생된다. 세션의 평균 도착비율 λ 는 Poisson 프로세스를 수행한다고 가정하고,

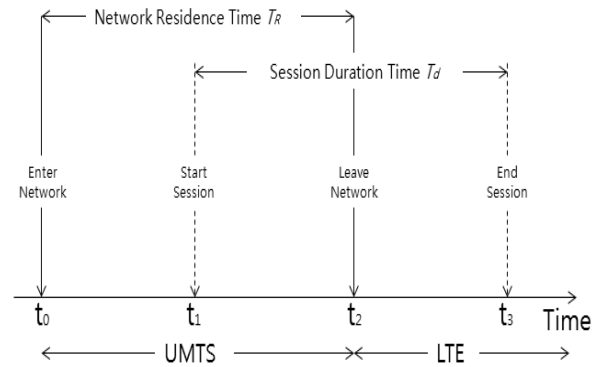


Fig. 8. Timing Diagram

Time Period t 가 $\lambda t e^{-\lambda t}$ 되는 동안에 도착한 어떤 세션이 있을 확률은 평균 비율 λ 을 가지는 Poisson 프로세스를 따르는 세션이라고 가정한다. t_0 과 t_2 사이에서 네트워크 간의 핸드오버를 하는 이동단말을 위한 세션 도착 확률인 P_1 은 다음 수식으로 표현할 수 있다.

$$P_1(t_0 \leq t_1 \leq t_0 + T_R) = \int_0^\infty \lambda t e^{-\lambda t} f_{T_R}(t) dt \quad (9)$$

$f_{T_R}(t)$ 는 네트워크 대기시간인 T_R 의 확률밀도함수(PDF)이다. 주어진 네트워크에서 이동단말의 대기시간인 T_R 은 평균값 $1/\eta$ 을 가지는 지수분포를 보인다. 이때 η 은 네트워크 이동률이다. 따라서 $f_{T_R}(t)$ 은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$f_{T_R}(t) = \eta e^{-\eta t} \quad (10)$$

수식 (9)에서 $f_{T_R}(t)$ 부분의 치환에 의해 수식 P_1 을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_1(t_0 \leq t_1 \leq t_0 + T_R) = \int_0^\infty \lambda t e^{-\lambda t} \eta e^{-\eta t} dt$$

$$P_1 = \frac{\lambda \eta}{(\lambda + \eta)^2} \quad (11)$$

다음 조건은 Session Duration Time인 T_D 가 네트워크 대기시간인 T_R 보다 커야 한다는 것이다. Session Duration Time를 의미하는 T_D 는 $1/\eta$ 의 평균값을 가지는 지수분포이고 μ_{wt} 은 무선 링크의 평균 메시지 프로세싱 서비스율 이다. 따라서 T_D 의 확률밀도함수(PDF)인 $f_{T_D}(t)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$f_{T_D}(t) = \mu_{wt} e^{-\mu_{wt} t} \quad (12)$$

그러므로 이 조건의, Vertical Session 핸드오버 확률인, P_2 는 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$P_2(T_D < T_R) = \int_0^\infty \int_t^\infty \mu_{wt} e^{-\mu_{wt}t} f_{T_R}(t) dydt$$

$$P_2(T_D < T_R) = \int_0^\infty \int_t^\infty \mu_{wt} e^{-\mu_{wt}t} f_{T_R}(t) dydt \quad (13)$$

수식 (3)에서 보인 것처럼, μC_i 가 packet/sec인 서비스율 일 때, μC_i 은 μ_{wt} 으로 대체되었다. 그러므로 P_2 는 최종적으로 이렇게 표현될 수 있다:

$$P_2 = \frac{\eta}{(\mu C_i + \eta)} \quad (14)$$

이제 P_1 과 P_2 에 파생된 값이 수식 (8)에 주어진 시그널링 값의 초기에 정의된 값으로 대체될 수 있다. 또한, η 의 평균값과 λ 의 평균값이 마지막 수식에 포함된다. S_I (SIP INVITE message sequence)는 세션 도달 확률과 세션 도달 비율인 P_1 과 연관이 있다. 그리고 S_R (SIP ReINVITE message sequence)는 Vertical 핸드오버 가능성과 Inter-Network 이동성 비율인 P_2 와 연관이 있다. 따라서 주어진 데이터 세션 중에 Vertical 핸드오버에 의해 발생한 총 시그널링 오버헤더는 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$C_{ost} = P_1 \lambda \sum_{i=1}^{n_1} (S_i \times H_{(a-b)_i}) + P_2 \eta \sum_{i=1}^{n_2} (S_{R_i} \times H_{(a-b)_i}) \quad (15)$$

n_1 과 n_2 는 각 메시지 당 핸드오버 순서가 포함된 메시지 수를 나타낸다. 만약 η 이 이동단말의 네트워크 이동률의 평균이고 λ 가 세션 도착율의 평균이면, λ/η 는 CMR(Call-to-Mobility Ratio)로 정의될 수도 있다[11]. 그러므로 수식 (15)은 다음과 같이 재배열될 수 있다:

$$C_{ost} = P_1 \eta \sum_{i=1}^{n_1} (S_i \times H_{(a-b)_i}) \frac{\lambda}{\eta} + P_2 \eta \sum_{i=1}^{n_2} (S_{R_i} \times H_{(a-b)_i}) \quad (16)$$

4.2 수치 분석 결과

다음의 결과들은 표준 3GPP-SIP 메시지를 사용하여 (5),(7),(15),(16) 수식으로부터 생성되었다. Table 1은 전형적인 SIP 메시지 크기와 참고논문[10],[13]에서 얻은 기타 관련 매개변수를 보여주고, 홵 수에 따른 관련 거리 값은 Fig. 9에 표시되어있다.

Fig. 10는 각각 UMTS-to-LTE와 LTE-to-UMTS에서 증가되는 세션 핸드오버에 대한 Vertical 핸드오버 지연의 동작을 나타낸다. 그래프는 LTE-to-UMTS 인 경우에 대한 상대적으로 높은 핸드오버 지연을 보여준다. 이것은 세션이 상대적으로 낮은 링크 대역폭의 네트워크로 전송되었을 때,

Table 1. PMIPv6-SIP Message Sizes and Parameter Values

Message	Length (Byte)	Parameter	Value
INVITE	736	L_{wl}	2 ms
ReINVITE	731	L_w	0.5 ms
183 Ses. Pro	847	η	10-100 sec
PRACK	571	μ	1-1000 sec
200OK	558	CMR	1-10
UPDATE	546	Δ	100 ms
ACK	314	T_{ad}	1 sec
Reg. Req.	60	λ_d	GSM Codec
Reg. Rep.	56	$\lambda_w, \lambda_{wl}, \lambda_j$	10-100 pkts/sec
Bind. Update	66	C_i	2-70 Mbps
Bind. ACK	66		

상대적으로 높은 Vertical 핸드오버 지연이 기대된다는 것을 나타낸다.

또한 LTE-to-UMTS 경우에, 핸드오버의 수가 5에서 6으로 증가함에 따라, 지연 값이 급격한 지수적인 증가를 보인다. 이는 시스템 사용률은 ρ 인 λ/μ 가 1인, 비교적 낮은 대역폭의 링크에서 여러 핸드오버가 발생되기 때문이다. 만약 핸드오버가 향후 링크의 최대 용량을 증가하는 패킷이 유입되는 지점에서는 결국 패킷 전송이 실패하게 될 것이다. 또한, 제시된 분석 모델에 따르면, PMIPv6-SIP이 포함된 메커니즘에 대해, UMTS와 LTE 인터페이스에 대한 평균 세션 수립 지연은 각각 179ms와 166이다. 다음으로 LTE-to-UMTS와 UMTS-to-LTE에 대해서 PMIPv6-SIP 메커니즘에 기반을 둔 평균 Vertical 핸드오버 지연이 각각 94ms와 180ms 이다. 마지막으로, PMIPv6-SIP 기반의 핸드오버 메커니즘이 Pure-SIP 기반의 접근방식과 비교하여 전반적으로 낮은 Vertical 핸드오버 지연을 보이는 것을 볼 수 있다. PMIPv6-SIP기반의 핸드오버가 Pure-SIP기반보다 Vertical 핸드오버 지연이 적다. 이것은 상대적으로 높은 수의 IMS 관련 응용 계층 기반의 메시지 흐름들과 대기시간을 가진 Pure-SIP 기반의 접근 방식 때문이다[14].

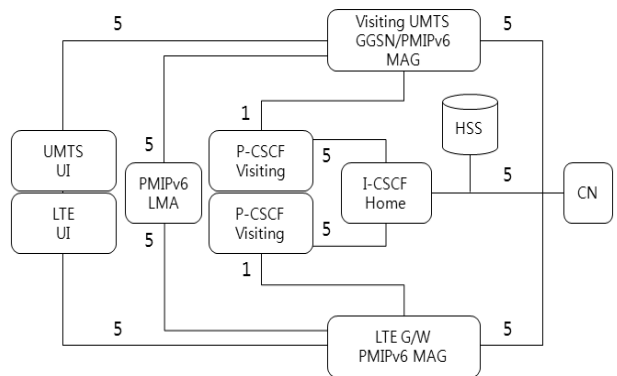


Fig. 9. Relative distances in hops

Fig. 11는 핸드오버 수가 증가함에 따라 Vertical 핸드오버 동안의 일반적인 전송 패킷 손실을 나타내고 있다. 수식 (7)에 따르면, 일시적 패킷 손실은 Vertical 핸드오버 지연에 정비례한다.

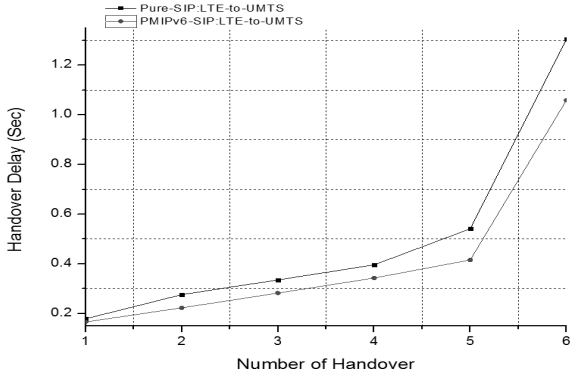


Fig. 10. Vertical Handover Delay vs Number of Session Handovers

따라서 Fig. 11의 전송 패킷 손실 그래프는 Fig. 10와 비슷한 경향을 보인다. Fig. 10을 보면 Pure-SIP이 PMIPv6-SIP보다 다소 패킷 손실이 크다. Fig. 10과 Fig. 11에서 흥미로운 점은 그래프가 패킷 전송률과 핸드오버의 수가 증가함에 따라 서로 갈라진다는 것이다. 이는 Pure-SIP에 추가되어진 IMS관련 대기시간 때문이다. 결국 높은 일시적인 패킷 손실을 초래한다.

Fig. 12는 η 와 μC_i 가 일정할 때(case 1)와 λ 과 μC_i 이 일정할 때(case 2)의 CMR에 대한 정규화된 시그널링 비용을 보여준다. Case 1에 관한 그래프는 CMR에 대한 시그널링 비용의 다소 느린 증가를 보인다. Case 2에 해당하는 그래프는 λ 과 μC_i 가 일정할 때, CMR은 증가하면서 시그널링 비용이 지속적으로 감소하는 것을 보여준다.

Fig. 13는 μC_i 와 λ 이 일정 할 때, η 에 대해 시그널링 비용이 어떻게 반응하는지를 보여준다. η 가 증가될 때, P_1 과 P_2 도 직선으로 증가한다. 그리고 결국 시그널링 비용도 직선으로 증가시킨다.

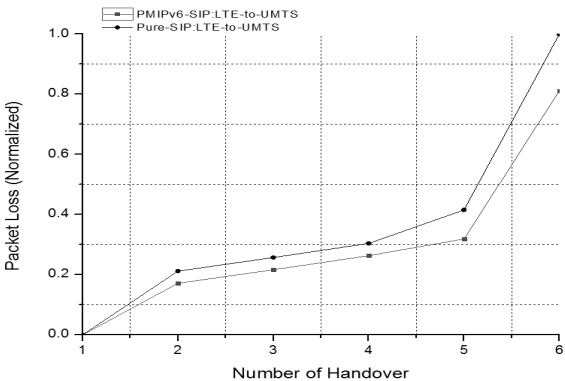


Fig. 11. Transient Packet Loss vs Number of Handover

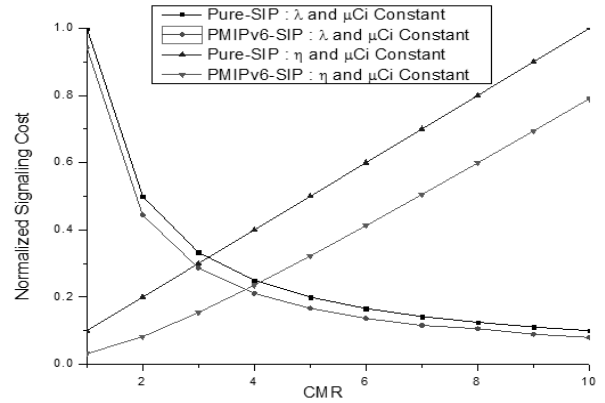


Fig. 12. Cost vs CMR(Call-to-mobility Rate)

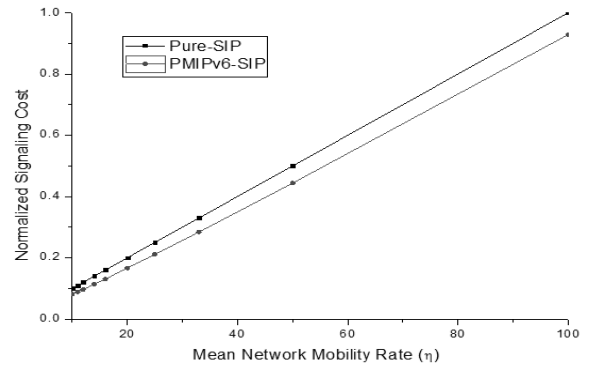


Fig. 13. Cost vs. η when μC_i and λ are constant.

마지막으로, Fig. 14는 η 와 μC_i 가 일정할 때, λ 의 증가에 시그널링 비용이 어떻게 반응하는지를 보여준다.

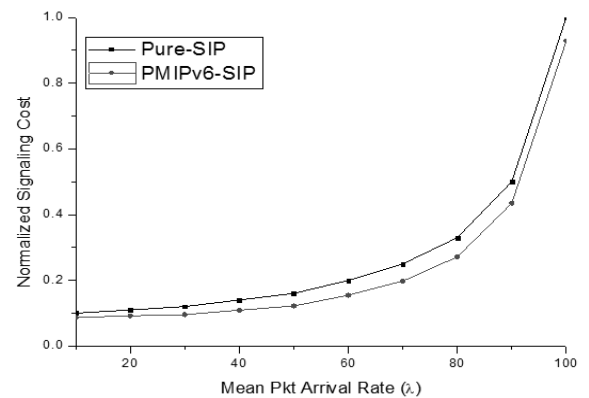


Fig. 14. Cost vs λ when μC_i and η are constant

λ 가 증가함에 따라 시스템도 결국은 포화점에 도달한다. 이것은 시그널링 비용 폭선의 안정화 효과에 의해 나타나진다. 위의 분석과 결과는 서로 독립적으로 무작위 패턴으로 이동하는 사용자를 상정해서 얻어진 것이라는 점 또한 주목해야 한다. 그러나 사용자 사이에 그들의 움직임 혹은 그룹

이동성의 집합으로 이르게 하는 추가 상관관계가 존재하는 경우가 있을 수 있다. 그룹 이동성에서, 각 그룹은 일반적으로 그룹의 케도를 정의하는 논리적 의미의 센터를 가지고 있다. 보통, 사용자는 논리적 센터에 대하여 랜덤 이동성을 가지고 있고 그룹의 지리적 범위 내에서 랜덤하게 배포되는 것으로 여겨진다. 논리적 센터의 움직임은 미리 정의된 모션 경로 혹은 개별 이동성 모델[15]에 의해 정의될 수 있다. 만약 그것이 미리 정의된 모션 경로이면, 논리적 센터의 움직임은 랜덤하지 않을 것이다. 그러나 그룹 이동성의 특별한 케이스 시나리오로, 이러한 논리적 센터의 움직임이 랜덤하게 개별적으로 도보 이동하는 단말에 대한 이동성 모델에 의해 반응한다면, 이러한 시나리오는 여기서 분석한 이동성 모델[15]에 매우 가까울 수 있다고 말할 수 있다.

5. 결 론

이 논문에서 차세대 무선 네트워크에 대한 새로운 인터킹 아키텍처와 이들의 자세한 성능평가에 대해 서술하였다. 분석 모델은 지연, 일시적인 패킷 손실, 시그널링 비용과 같은 Vertical 핸드오버 성능 매트릭을 연구하였다. 수치적 계산 결과는 응용계층에서 추가적인 대기 시간이 전체 성능에 상당한 영향을 미칠 수 있다는 것을 알려준다. 고려되어진 시나리오에서 핸드오버 지연과 패킷 손실 파라미터들 모두는 실시간 VoIP통신에서의 허용 수준이다.

향후의 연구계획은 [16]의 수학적 접근에 기반하여 연구를 확장하고, PMIPv6-SIP에서 보안 강도를 높이면서 절차를 간소화 시켜 네트워크 성능 향상을 가져올 수 있는 방안을 연구하도록 한다. 또한, PMIPv6보안 문제에 관련해서 IKEv2, AAA에 대한 연구를 더 진행하고 있다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC3775, 2004.
 [2] J. Rosenberg, H. Shulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, "SIP :Session Initiation Protocol," RFC3261, 2002.
 [3] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," RFC4861, 2007.
 [4] 3GPP, "IP multimedia subsystem (IMS)," 3GPP TS 23.228 Version 6.10.0 Release 6, 2005.
 [5] 3GPP2, "All-IP core network multimedia domain," 3GPP2 X.S0013-002-A v1.0, November, 2005.
 [6] Brownson Obaridoa Obele and Minho Kang, Mobility Management: A Proactive QoS-Aware Proxy MIP with improved Handover Latency for End-to-End QoS provisioning in a Proxy MIP domain. In ICACT 2009, February, 2009.
 [7] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil. Proxy Mobile IPv6. RFC 5213, IETF, August, 2008.

[8] M. Karam and F. Tobagi, "Analysis of delay and delay jitter of voice traffic in the Internet," Computer Networks, Vol.40, pp.711-726, 2002.
 [9] V. Paxson and S. Floyd, "Wide area traffic: the failure of Poisson modeling," in IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.3, pp.226-244, 1995.
 [10] S. C. Lo, et al., "Architecture for mobility and QoS support in all-IP wireless Networks," IEEE J. Select, Areas Commun., Vol.22, pp.691-705, 2004.
 [11] L. Kleinrock, Queuing Systems: Theory. John Wiley and Sons, 1975.
 [12] U. Narayan and X. Jiang, "Signaling cost analysis of handoffs in mixed IPv4/IPv6 mobile environment," in Proc. IEEE Globecom, Washington, D.C., November, 2007.
 [13] Q. Wang and M. A. Abu-Rgheff, "Interacting mobile IP and SIP for efficient mobility support in all IP wireless Networks," in Proc. IEE Int. Conf. on 3G Mobile Commun., London, Oct., 2004.
 [14] Bo-Wei Li, Kuochen Wang, and Yi-Ling Hsieh "A Hierarchical Social Network-based P2P SIP System for Mobile Environments1" 2010
 [15] L. Badia and N. Bui, "A group mobility model based on nodes attraction for next generation wireless Networks," in Proc. Int. Conf. on Mobile Technol., Applications and Systems, Bangkok, 2006.
 [16] Jui-Hung Yeh et al, "Fast Intra-Network and Cross-Layer Handover (FINCH) for WiMAX and Mobile Internet," IEEE Trans. on Mobile Computing, Vol.8, No.4, April, 2009.

송 명 석



e-mail : bestsong21@hotmail.com
 2013년 성균관대학교 정보통신대학원(석사)
 2009년~현재 ㈜아이티뱅크
 관심분야: 네트워크 성능 평가, 네트워크 보안

정 종 필



e-mail : jpjeong@gmail.com
 2008년 성균관대학교 정보통신대학 (공학박사)
 2009년 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
 2010년~현재 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단 산학협력중점교수
 관심분야: 모바일컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사 이언스 등