

# SIP 기반 Network Mobility에서 서비스 단절시간을 줄이기 위한 효율적인 세션 복원 절차

준회원 안 두 성\*, 정회원 이 현 진\*, 종신회원 김 재 현\*

## An Efficient Session Recovery Procedure to Reduce Service Interruption Time for SIP based NEMO

Doo-Sung An\* *Associate Member*, Hyun-Jin Lee\* *Regular Member*  
Jae-Hyun Kim\* *Lifelong Member*

### 요 약

NEMO는 무선망에서 망의 이동성을 관리하는 기술로서 단말의 이동성 관리 기술과는 달리 망 요소가 이동성을 갖는 특징이 있다. 응용 계층을 기반으로 설계 되어진 SIP-NEMO는 이러한 망 이동성 관리 기술의 하나로 기존 NEMO의 문제점을 해결할 뿐만 아니라 설치와 확장의 용이성을 갖는다. 그러나 SIP-NEMO에서는 단말기와 망의 게이트웨이 역할을 담당하는 NMS 사이에 통신이 단절될 경우 단말기가 상위 망 요소를 통해 전체 서비스 연결절차를 수행해야 하기 때문에 서비스 단절시간이 증가하는 문제가 있다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 단말기가 상위 망 요소를 통해 서비스를 재연결하는 과정에서 사전에 전달 받은 IP 주소 정보들을 이용함으로써 서비스 단절시간을 줄일 수 있는 방안을 제안한다. 또한 성능평가 결과를 통하여 제안하는 방안 사용시 기존 보다 서비스 단절시간을 최대 35% 줄이고, 메시지 오버헤드 및 패킷 손실량을 줄임을 확인한다.

**Key Words** : SIP-NEMO, Session Recovery, Interruption Time, Latency

### ABSTRACT

The host mobility manages the movement of each mobile user individually, whereas the network mobility supports the movement of network which is composed of a set of mobile users. SIP-NEMO, that is one of the network mobility management mechanism, is designed using the application layer protocol. SIP-NEMO has a merit in deployment and scalability. It can also mitigate the existing problems of NEMO. However, when a user agent is disconnected from the NMS which plays a role of a gateway in SIP-NEMO, the service interruption time can be increased because the user agent should re-establish the connection by performing all service connection procedure. To solve this problem, we propose an efficient session recovery procedure for NEMO that a user agent re-establishes a connection by using IP address of parent-NMS or AR to decrease a service interruption time, the message overhead and the packet loss amount. The performance evaluation results have shown that the proposed mechanism can reduce a service interruption time about 35 percent, it can reduce the message overhead and packet loss amount.

\* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI001822, 서비스 가용성을 위한 이동성 관리 기술 연구]

\* 아주대학교 전자공학과 무선 인터넷 연구실({later818, l33hyun, jkim}@ajou.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-07-337, 접수일자 : 2010년 7월 29일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 12일

## I. 서 론

최근 다양한 무선 이동통신 서비스가 제공됨에 따라 사용자들은 언제 어디서나 인터넷을 사용할 수 있게 되었다. 사용자가 한 위치에 고정되어 있는 경우 뿐만 아니라 다수의 사용자를 싣고 빠르게 움직이는 기차나 버스 안에서도 사용자들은 각자의 단말기를 통해 인터넷을 사용하고 있다. IETF에서는 이처럼 단말기의 이동성 뿐만 아니라 네트워크의 이동성을 다루는 기술로서 NEMO(Network Mobility)의 개념을 제안하였다<sup>1,2</sup>.

NEMO에서는 이동 네트워크 안에 단말기들의 라우팅을 담당하는 MR(Mobile Router)이 적어도 하나 이상 존재하기 때문에 기존의 단말기 단위의 이동성 관리보다 여러 이점을 갖는다<sup>3</sup>. 첫째 단말기와 MR간의 거리가 비교적 짧아 통신을 위한 출력 파워를 줄일 수 있고, 둘째 핸드오버시 단말기가 자신의 위치를 HA(Home Agent)에게 1:1로 업데이트 시킬 필요가 없기 때문에 핸드오버의 단계를 줄일 수 있어서 복잡성과 지연시간을 줄일 수 있다. 그러나 기존의 Mobile IP 기반 NEMO (MIP-NEMO) 기술은 계층적 구조의 이동 네트워크 환경에서 패킷의 캡슐화 과정마다 덧붙여지는 IP 헤더의 증가와 HA 동작 불능시 MR과 HA간 터널링이 실패하면서 발생하는 통신 단절 문제, 그리고 이러한 문제들로부터 발생하는 메시지 전달 지연시간 증가 등의 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 SIP(Session Initiation Protocol)를 이용한 NEMO 기술이 제안되었다(SIP-NEMO)<sup>4</sup>. SIP-NEMO는 응용 계층을 기반으로 설계되어진 기술로서 터널링을 사용하지 않고 사용자간 데이터를 직접적으로 전송할 수 있다는 이점을 갖고 있기 때문에 기존 MIP-NEMO의 문제점들을 해결할 수 있다. 또한 SIP-NEMO는 확장, 설치의 편의성을 갖고 있기 때문에 NEMO를 구현하는데 적합한 기술로서 연구가 진행되어져 왔다.

그러나 SIP-NEMO는 망 요소간 주고 받는 SIP 메시지의 길이가 길기 때문에 낮은 대역폭의 환경에서 핸드오버 지연시간이 MIP-NEMO 보다 길고, 세션 연결시 NMS(Network Mobility Server)에서 메시지 교환 과정을 필요로 하기 때문에 오버헤드가 증가한다는 단점을 갖고 있다<sup>5</sup>.

본 논문에서는 NMS와 UA(User Agent)간 통신이 끊겼을 경우 기존에 연구된 UA의 서비스 연결 절차를 살펴보고, 서비스 단절시간을 줄이기 위한 방안을 살펴본다. 또한 제안한 방안의 성능평가를 수행하고

결과 분석을 통해 제안한 방안의 이점을 살펴본다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 관련 연구로서 SIP-NEMO의 시스템 구조, 위치 등록 및 세션 설정 절차와 NMS와 UA간 통신이 단절될 경우 기존에 제안된 서비스 연결절차를 살펴본다. III장에서는 기존의 서비스 연결절차를 수정하여 서비스 단절시간을 줄일 수 있는 방안을 제안하고, IV장에서 성능평가 결과를 분석한다. 그리고 V장에서 결론을 제시한다.

## II. 관련연구

본 장에서는 SIP-NEMO의 시스템 구조, 위치 등록 및 세션 설정 절차와 통신 단절시 기존에 제안된 서비스 연결절차에 대해서 자세히 살펴본다.

### 2.1 SIP-NEMO의 시스템 구조

그림 1은 SIP-NEMO의 시스템 구조를 나타낸 것이다. SIP-NEMO는 이동 단말기에 해당하는 UA가 통신의 마지막 단계에 위치하고, UA의 등록과 트래픽 관리 및 세션 유지의 게이트웨이 역할을 수행하는 NMS는 계층 구조로 구성될 수 있다. 그리고 방문한 네트워크의 프록시 서버 역할을 수행하는 AR (Access Router)이 있으며 NMS와 UA의 위치 등록을 담당하는 HS(Home Server)와 NMS 및 UA 요청시 IP를 할당해주는 DHCP 서버로 구성되어 있다.

만일 NMS가 계층적 구조로 네트워크가 구성되어 있을 경우 NMS들의 계층 구분을 위해 상위 NMS를 parent-NMS, 하위 NMS를 sub-NMS라 부르며 이때 sub-NMS는 parent-NMS에게 UA와 동일한 과정을 거쳐 등록을 수행해야만 sub-NMS 아래에 있는 UA들의 세션을 유지시켜 줄 수 있다.

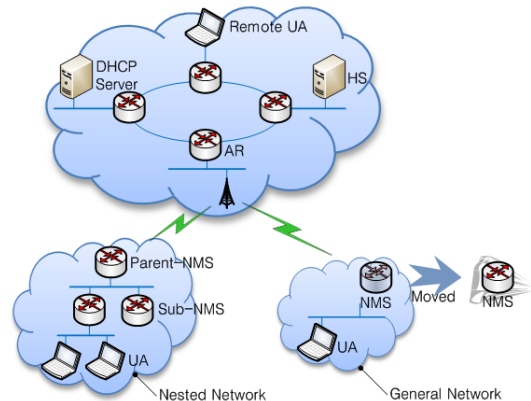


그림 1. SIP-NEMO 시스템 구조도

NMS는 두 가지 인터페이스를 갖는다. 이동 네트워크가 새로운 주소를 할당 받아야 한다면 egress 인터페이스를 통해 새로운 IP를 받아오고, 임의의 UA가 이동 네트워크에 들어오자 한다면 UA는 ingress 인터페이스를 통해 접속을 시도하게 된다. 그리고 NMS는 Network Address Translation 메커니즘처럼 들어오고 나가는 패킷들의 SIP 헤더 부분을 변환해 줌으로서 egress와 ingress 인터페이스간 라우팅을 할 수 있게 한다.

2.2 위치 등록 및 세션 설정 절차

그림 2는 NMS를 신고 있는 이동 네트워크가 새로운 도메인 영역으로 이동할 경우, 위치 등록 및 세션 유지를 위해 노드가 수행하는 세션 연결 절차를 나타낸다.

- ① 새로운 네트워크로 이동하였을 때, NMS는 새로운 CoA(Care of Address) 설정
- ② NMS는 Contact field에 CoA 기입 후 HS에 등록
- ③ NMS의 통신 범위 안으로 들어온 UA는 NMS의 도메인 이름으로부터 CoA 설정
- ④ UA는 Contact field에 CoA 기입 후 NMS에 등록
- ⑤ 등록 메시지 수신 후 NMS는 UA의 Contact field를 자신의 CoA로 변환
- ⑥ NMS가 변환된 등록 메시지를 UA의 HS에게 보내면 HS는 UA의 원래 주소와 CoA를 바인딩
- ⑦ UA는 remote UA에게 INVITE 메시지 송신 및 200 OK 메시지 수신을 통해 세션 재연결

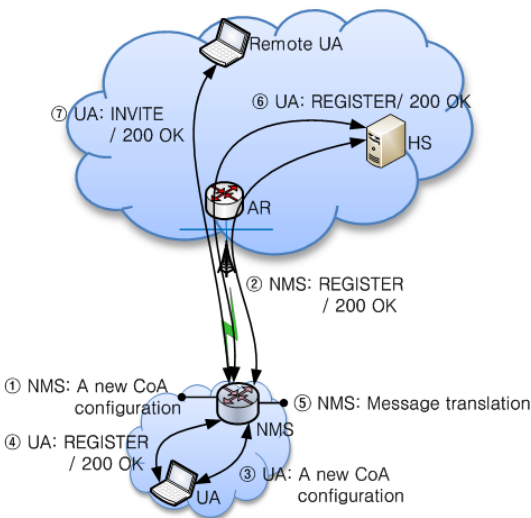


그림 2. SIP-NEMO에서 위치 등록 및 세션 설정 절차

2.3 기존 연구 문제점

NMS는 UA와 같이 이동 가능한 망 요소이기 때문에 NMS와 UA간에는 언제든지 통신이 끊길 가능성이 존재한다. 만약 통신이 끊길 경우 UA는 통신을 복구하기 위해 상위 망 요소인 AR이나 parent-NMS, 또는 이웃 NMS를 통해 서비스 연결절차를 수행하게 되는데 SIP-NEMO에서는 그 대상에 상관없이 전체 서비스 연결 절차를 수행함으로써 서비스 단절시간을 증가시켜 SIP-NEMO의 통신 성능을 저하시킨다. 상위 망 요소별로 통신 단절시 서비스 연결 절차를 살펴본다.

2.3.1 AR을 통해 서비스를 연결하는 경우

UA가 NMS와 통신이 끊긴 후 UA 주변에 NMS가 존재하지 않는다면 UA는 AR을 통해 서비스 재연결 절차를 수행한다. 이 경우 SIP-NEMO 환경은 이동 단말의 SIP 기반 mobility 환경<sup>6-8)</sup>으로 바뀌고 UA는 AR과 접속 후 다음 과정을 수행한다.

- ① 새로운 CoA 설정
- ② AR에 등록
- ③ HS에 등록
- ④ INVITE/ 200 OK 메시지 송수신
- ⑤ 서비스 연결

IPv4 기반 통신의 경우 ①번 과정은 UA와 DHCP 서버간 DHCP Discover/Offer/Request/ACK 메시지 상호 교환 과정을 통해 UA가 새로운 IP를 획득 후 URI(Uniform Resource Identifier) 형태<sup>9)</sup>의 CoA를 생성함으로써 수행된다. IPv6 기반 통신의 경우에는 UA와 AR 사이에서 Router Solicitation/ Advertisement (RS/RA) 메시지 교환을 통해 UA가 AR의 prefix 정보를 수신하고 address auto-configuration 기능을 통해 수행된다. 이 과정은 서비스 단절시간 중 가장 큰 부분을 차지하고 있으며, 통신의 성능을 결정하는 요인으로 작용할 수 있다<sup>10)</sup>.

2.3.2 Parent-NMS를 통해 서비스를 연결하는 경우

UA가 NMS와 통신이 끊기기 전 NMS의 계층적 구조 환경에 놓여 있을 경우, UA는 기존 NMS의 parent-NMS를 통해 서비스를 재연결 할 수 있다. 이 경우 UA는 parent-NMS와 접속 후 아래와 같은 과정을 수행한다.

- ① 새로운 CoA 설정
- ② Parent-NMS에 등록

- ③ INVITE/200 OK 메시지 송수신
- ④ 서비스 연결
- ⑤ HS에 등록

① 번 과정은 IPv6 기반 AR을 통한 서비스 연결 절차와 같이 UA가 새로운 IP를 획득하고 URI 형태의 CoA를 설정하는 단계이다. 그러나 계층적 구조에서는 parent-NMS와 UA가 동일한 도메인을 사용하고 있으며 sub-NMS는 parent-NMS의 ingress 인터페이스 정보를 알고 있기 때문에, 이를 이용하여 UA가 URI 형태의 새로운 CoA를 스스로 설정함으로써 ① 번 과정을 줄일 수 있다.

### 2.3.3 이웃 NMS를 통해 서비스를 연결하는 경우

UA가 NMS와 통신이 끊긴 후 UA 주변에 이웃 NMS가 있을 경우 UA는 parent-NMS을 통해 서비스를 재연결 하는 절차와 비슷한 과정을 통해 통신을 복구할 수 있다. 다른 점은 서비스 재연결 과정에서 사용되는 모든 메시지가 parent-NMS 대신 이웃 NMS를 경유하여 이뤄지고 UA의 parent-NMS 등록 과정은 이웃 NMS 등록 과정으로 대체되어야 한다는 것이다. 그러나 이 경우는 기존에 연구된 사례가 없기 때문에 이웃 NMS로 서비스 연결시 발생될 예상 문제를 사전에 검토해 보아야 한다. 발생 예상 문제 및 해결 방안 등은 3장에서 살펴본다.

## III. 제안하는 방안

본 장에서는 II의 시나리오에 따라 서비스 단절시간을 줄일 수 있는 방안을 제안한다.

### 3.1 AR을 통해 서비스를 연결하는 경우

AR을 통해 서비스를 연결하는 경우 서비스 단절시간 증가의 주요 원인은 UA가 새로운 CoA를 설정하는데 걸리는 시간이다. 새로운 CoA 설정시간을 줄이고 기존 제안된 절차를 수정하여 전체 서비스 단절시간을 줄이기 위한 방안을 주소 체계가 IPv4, IPv6 기반인 경우로 나누어 제안한다.

#### 3.1.1 주소 체계가 IPv4 기반인 경우

그림 3은 주소 체계가 IPv4 기반인 경우 서비스 단절시간을 줄이기 위해 제안하는 절차이다.

- ① NMS와 통신이 끊기기 이전 HS는 UA의 INVITE 메시지에서 TO field에 있는 remote UA의 URI 주소를 저장, 갱신

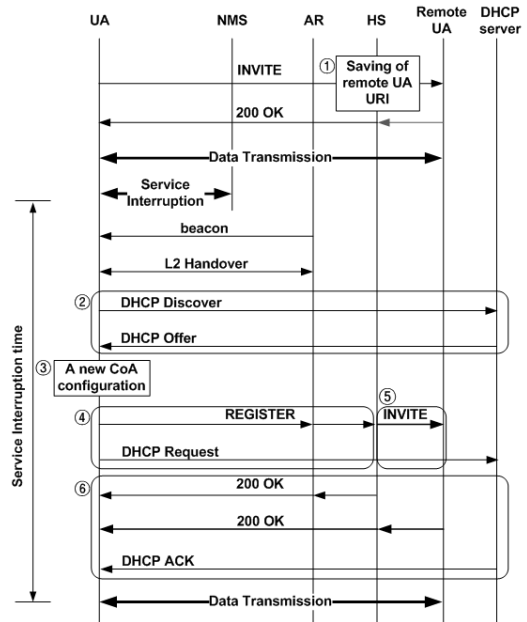


그림 3. IPv4 기반에서 UA가 AR을 통해 서비스를 재연결하는 경우 제안하는 서비스 연결절차

- ② NMS와 통신 두절시 UA는 AR과 접속 후 DHCP Discover/Offer 메시지를 통해 DHCP 서버들에게 IP 할당 요청을 보내고 DHCP 서버들로부터 제공받은 IP 중 하나를 선택
- ③ UA는 자신이 갖고 있는 유저 이름과 할당 받은 IP를 도메인 이름으로 사용하여 URI 형태의 CoA를 설정
- ④ UA는 Contact field에 새로운 CoA를 기입하여 AR과 HS에게 REGISTER 메시지를 송신하고, DHCP 서버로부터 할당받은 IP 정보를 DHCP 서버 및 주변 노드에 알리기 위해 DHCP Request 메시지를 브로드캐스팅
- ⑤ REGISTER 메시지 수신 후 HS는 바인딩 갱신을 수행하고, INVITE 메시지 중 TO field를 통신이 끊기기 이전 저장한 remote UA의 주소로 변경하여 remote UA에게 전송
- ⑥ UA는 DHCP ACK와 REGISTER에 대한 200 OK, INVITE에 대한 200 OK 메시지를 수신 완료함으로써 서비스를 재연결

기존 절차에서는 UA가 DHCP 서버로부터 IP를 할당받는 DHCP Discover/Offer/Request/ACK 메시지 전송 과정 후 HS 등록을 수행한다. 그러나 제안하는 절차는 Request 메시지 전송 이전에 HS 등록 절차를 수행함으로써 Request/ACK 메시지 전송시 지연되는

시간을 줄일 수 있다. UA는 Discover/ Offer 메시지를 통해 global IP를 이미 할당 받았기 때문에 주변 노드와 DHCP 서버들에게 IP 할당 사실을 알리기 위한 용도로 사용되는 Request/ACK 메시지 전송을 REGISTER 메시지 전송과 병행 수행하여도 서비스를 재연결하기 위한 과정에 영향을 주지 않는다.

또한 제안하는 절차는 UA의 HS 등록(REGISTER/200 OK 메시지 송수신) 완료 후 INVITE 메시지를 전송하는 기존의 절차를 HS가 REGISTER 메시지 수신 후 직접 INVITE 메시지를 remote UA에게 전달함으로써 UA가 INVITE/ 200 OK 메시지 송수신 절차에 지연되는 시간을 반으로 줄인다. 여기서 HS가 UA 대신 스스로 INVITE 메시지를 전송할 수 있는 이유는 HS가 통신이 끊기기 이전 UA의 마지막 INVITE 메시지에서부터 TO field에 기입된 remote UA의 주소를 저장하였고, 통신이 끊긴 상황 이외에는 변화된 환경이 없으므로 HS는 INVITE 메시지 중 TO field만을 저장된 remote UA의 주소로 변환하여 INVITE 과정을 수행할 수 있다.

### 3.1.2 주소 체계가 IPv6 기반인 경우

그림 4는 주소 체계가 IPv6 기반인 경우 서비스 단절시간을 줄이기 위해 제안하는 절차이다.

- ① NMS는 통신이 끊기기 이전 RS/RA 메시지를 통해 AR로부터 받은 64bit prefix 정보를 UA에게 전달
- ② UA는 수신한 prefix를 이용하여 CoA를 생성
- ③ 통신 단절시 AR과 접속 후 UA는 Contact field에 새로운 CoA를 삽입하여 AR에 REGISTER 및 200 OK 메시지 송수신
- ④ UA는 remote UA에게 INVITE 메시지를 전송하고, 200 OK 응답을 수신함으로써 서비스를 재연결
- ⑤ UA는 ③과 동일한 REGITSTER 메시지를 만들어 HS에게 등록

제안하는 절차는 기존에 UA가 RS/RA 메시지 송수신을 통해 새로운 CoA를 생성하는 절차를 통신이 끊기기 이전 AR로부터 받은 prefix 정보를 사용하여 UA 스스로 CoA를 생성함으로써 해당 절차를 생략하고, UA의 HS 등록을 서비스 재연결 이후에 수행하여 전체 서비스 연결절차를 줄이고 있다. 즉 UA가 서비스를 재연결 하기 위한 과정은 ③과 ④번 과정으로 ①, ② 및 ⑤번 과정은 통신이 끊기기 전과 서비스가 재연결된 이후에 수행되는 과정이기 때문에 서비스

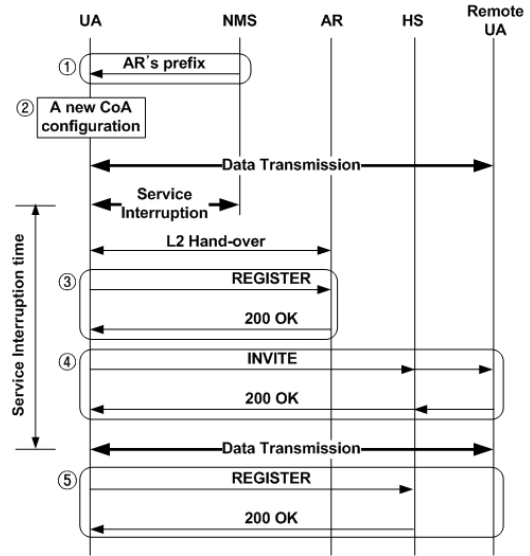


그림 4. IPv6 기반에서 UA가 AR을 통해 서비스를 재연결하는 경우 제안하는 서비스 연결절차

연결 절차에 포함되지 않는다. 그리고 새로운 CoA를 생성하는 과정과 HS 등록 과정이 서비스 연결 절차에서 줄어든 만큼 서비스 단절시간은 감소한다.

NMS가 AR의 prefix를 받아서 UA에게 전달하고 UA가 CoA를 생성, 유지시켜주기 위해서는 추가 알고리즘이 필요하다. 그러나 개체 주소의 저장, 갱신 및 전달 등의 알고리즘은 SIP 메시지 생성, 전달에 필요한 알고리즘에 비해 단순하기 때문에 프로세싱 시간 뿐만 아니라 전체 서비스 단절시간에 큰 영향을 끼치지 않는다.

### 3.2 Parent-NMS를 통해 서비스를 연결할 경우

NMS의 계층적 구조에서 UA와 sub-NMS간 통신이 단절될 경우 서비스 단절시간을 줄이기 위해 다음과 같은 절차를 제안한다.

- ① Sub-NMS는 통신이 끊기기 이전 자신이 갖고 있던 parent-NMS의 ingress 주소 정보를 UA에게 전달
- ② UA는 NMS로부터 받은 ingress 주소를 이용하여 CoA 생성, 유지
- ③ UA는 sub-NMS와 통신이 끊기면 Contact field를 새롭게 생성한 CoA로 변환 후, parent-NMS와 REGISTER/200 OK 메시지 송수신
- ④ UA는 remote UA에게 INVITE 메시지를 전송하고, 200 OK 응답을 수신함으로써 서비스를 재연결
- ⑤ UA는 ③과 동일한 REGITSTER 메시지를 만들어 HS에 등록

NMS의 계층적 구조에서는 NMS들과 UA가 동일한 도메인을 사용하고 있기 때문에 UA와 연결되어 있던 sub-NMS가 네트워크를 벗어나더라도 UA는 새롭게 주소를 할당 받을 필요가 없다. 대신 통신이 끊기기 이전에 sub-NMS가 자신이 알고 있는 parent-NMS의 ingress 주소 정보를 UA에게 전달하여 UA가 CoA를 스스로 생성, 유지함으로써 기존의 새로운 CoA를 설정하는 절차를 줄이고 전체 서비스 연결시간을 줄일 수 있다.

### 3.3 이웃 NMS를 통해 서비스를 연결할 경우

UA가 주변에 존재하는 이웃 NMS를 통해 서비스를 연결하는 경우에는 parent-NMS를 통해 서비스를 연결할 경우에 제안한 절차와 비슷하게 서비스 연결 절차를 줄일 수 있다. 즉 UA가 통신이 끊긴 NMS로부터 사전에 전달받은 이웃 NMS의 ingress 인터페이스 주소 정보를 이용하여 CoA를 생성, 서비스 연결 절차에 사용함으로써 IP를 할당 받는 과정을 생략하고 서비스 단절시간과 메시지 오버헤드를 줄일 수 있다. 그러나 이 경우에는 RH(Recurrent Handover)라는 현상이 발생 할 수 있다. RH 현상은 UA와 NMS간 통신 가능한 범위내에서 짧은 시간동안 반복되는 서비스 재연결 또는 핸드오버 과정 때문에 원활한 통신을 할 수 없게 되는 상황으로 정의한다. 그림 5를 통해 RH 현상에 대한 예제를 살펴본다.

각 버스마다 NMS를 각 1대 소유하고 있다고 가정하면, A 버스에서 하차한 UA는 환승을 원하는 Z 버스가 올 때까지 B부터 Y까지의 버스가 UA를 지나갈 때마다 서비스를 연결하기 위해 위치 등록 및 갱신 과정을 반복하게 된다. 이 과정에서 UA는 짧은 시간동안 계속되는 서비스 재연결 절차 때문에 일정기간 동안 원활한 통신을 할 수 없게 될 뿐만 아니라, 전력 소

모 또한 증가한다. 만일 NMS가 더욱 밀집된 환경이거나 UA가 환승 버스를 기다리지 않고 이동하는 경우, RH 현상은 더욱 심화된다.

이러한 RH 현상을 해결하기 위한 가장 효율적인 방법은 UA가 이웃 NMS가 아닌 보다 상위에 있는 망 요소 AR을 통해 서비스를 연결하는 것이다. 즉 NMS는 망 요소가 이동하는 특성을 갖고 있기 때문에 UA가 모든 이동 요인에 대한 상황을 고려하여 이웃 NMS로 서비스를 재연결하더라도 다시 끊어질 수 있는 가능성이 있고, 결국 시스템 효율과 통신 성능을 저하 시킬 수 있다. 이러한 문제점은 고정된 기반 시설인 AR을 통해 해결 될 수 있으므로 NMS와 UA간 통신이 끊겼을 경우, UA는 AR을 통해 서비스를 연결하는 경우에서 제안한 방안을 통해 통신을 복구하는 과정을 수행하도록 한다.

### 3.4 제안하는 방안 선택 기준

앞서 제안한 방안들은 사용되는 주소 체계와 상위 망 요소에 따라 다른 수행 절차를 보인다. 본 논문에서 각 상황에 맞는 방안을 선택하는 개체는 NMS로서 NMS가 수신한 비콘 또는 시그널링 신호안에 들어있는 정보에 따라 상위 망 요소를 구분 할 수 있다고 가정한다. 추가적으로 NMS가 계층적 구조에 놓여 있을 경우 NMS는 parent-NMS로부터 서비스 연결시 전달 받은 ingress 주소 정보를 저장하였다가 UA와의 서비스 연결시 UA에게 한번 전달하고 그 외 AR과 이웃 NMS로부터 prefix 또는 ingress 주소 정보를 수신하여도 UA에게 전달하지 않는다. 반대로 계층적 구조가 아닐 경우 NMS는 AR로부터 전달 받은 prefix 정보를 UA에게 계속해서 전달한다. 이는 계층적 환경임에도 불구하고 서비스 단절시 UA가 AR에 접속되어 그에 따른 방안을 수행하는 것을 방지한다. 또한 NMS는 parent-NMS 및 AR로부터 전달 받은 주소정보 이외의 주소정보는 UA에게 전달하지 않으므로 UA가 이웃 NMS로의 서비스 연결 시도를 방지한다. 마지막으로 UA는 NMS로부터 전달 받은 주소정보가 64bit prefix일 경우 상위 망 요소가 AR임을 인지하고 URI 형식의 주소일 경우 parent-NMS임을 인지하여 각 상황에 맞는 방안들을 수행한다.

## IV. 성능평가

본 장에서는 Matlab을 이용하여 제안한 알고리즘의 시뮬레이션 성능평가 결과를 살펴본다. 사용된 네트워크 모델은 그림 6과 같다. 통신의 주체인 UA는

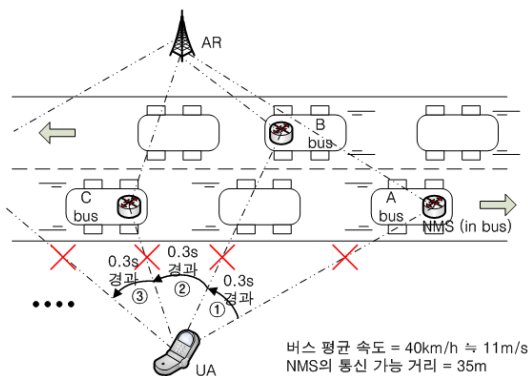


그림 5. UA가 위치등록 과정을 반복하는 R-H 현상 예제

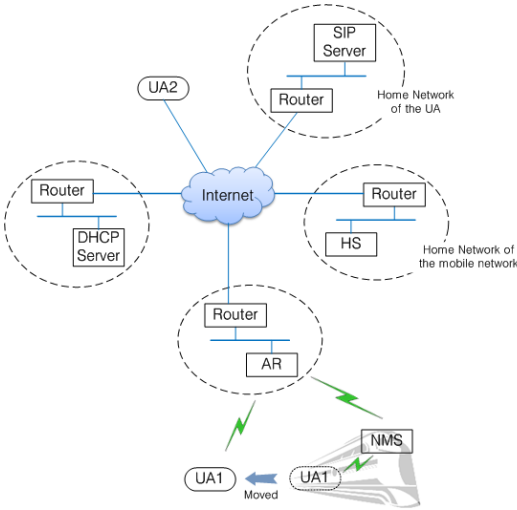


그림 6. 성능평가를 위한 SIP-NEMO 네트워크 모델

caller인 UA1과 callee에 해당하는 UA2로 구성되어 있다. 그리고 UA1의 게이트웨이 역할을 담당하는 NMS가 있고, 이동 네트워크를 인터넷에 연결시켜주는 역할로써 AR이 있으며, UA가 새로운 네트워크에 들어갔을 때 새로운 IP를 할당해주는 DHCP 서버가 있다. 또한 위치 등록을 위해 이동 네트워크의 HS와 UA의 SIP 서버가 독립적으로 존재한다. 모든 유선 링크는 100Mbps 대역폭에서 2ms의 전달지연시간을 갖고, 모든 무선 링크는 11Mbps 대역폭에서 유선 링크보다 상대적으로 높은 지연시간을 갖는 802.11b 기반시설을 이용한다. 프로세싱 지연시간은 보통 1ms 이하의 값을 갖기 때문에 성능평가 요소에 포함시키지 않으며, 두 UA 사이에 CBR(Constant Bit Rate)은 0.01초 간격으로 1,000byte의 패킷들을 전송하는 것으로 설정한다. 또한 L2 핸드오버는 전체 성능에 중요한 요소지만 모든 핸드오버 과정에서 공통적으로 수행되고 있으며 기존 링크계층에서 제안된 다양한 기법들에 의해 충분히 감소될 수 있으므로 본 논문에서는 L2 핸드오버 과정을 생략하고 본문에서 제안된 알고리즘에 대한 성능변화만을 중점적으로 살펴본다.

다음에서는 무선링크 및 인터넷과 remote UA 사이의 전달 지연시간 변화에 따른 전체 서비스 단절시간과 제안한 방안의 메시지 오버헤드, 그리고 패킷 손실량에 대한 성능 평가 결과를 살펴본다.

4.1 서비스 단절시간

본 논문에서 서비스 단절시간은 UA가 NMS와 통신 단절 후 세션을 재성립 하기 이전까지 소요된 시간

으로 정의한다. 본문에서는 상위 망 요소에 따라 UA가 서비스 단절시간을 줄이기 위해 기존 서비스 연결 절차를 수정하는 방안을 제시하였다. 그러므로 성능평가도 상위 망 요소인 AR과 parent-NMS에 따라 나누어 수행한다.

수식 (1)-(3)은 UA가 AR과 parent-NMS를 통해 서비스를 재연결 할 때 기존 절차에서의 서비스 단절시간들을 나타낸 것이며 수식 (4)-(6)은 제안하는 절차의 서비스 단절시간을 나타낸 것이다. 이때  $T_{U-P}$ 는 UA와 parent-NMS간 전달 지연시간이며,  $T_{U-H}$ 는 UA와 HS간 전달 지연시간,  $T_{U-A}$ 는 UA와 AR간 전달 지연시간이다. 그리고  $T_{U-A}$ 는 UA가 AR로부터 prefix를 전달 받을 경우의 전달 지연시간  $T_{U-AP}$ 와 UA가 AR에 등록할 경우의 전달 지연시간  $T_{U-AR}$ 로 나누어 표기한다. 또한  $T_{U-R}$ 은 UA와 remote UA간 전달 지연시간,  $T_{U-D}$ 는 UA와 DHCP 서버간 전달 지연시간,  $T_{H-R}$ 은 HS와 remote UA간 전달 지연시간이다. 본 논문에서는 분석을 용이하게 하기 위하여 상하향 링크의 전송 지연은 동일하다고 가정하였다.

IPv4 기반에서 AR을 통해 서비스를 재연결 할 경우 기존의 방식에서 발생하는 서비스 단절시간은 수식 (1)과 같다.

$$T_{I\_AR\_IPV4}=4T_{U-D}+2T_{U-H}+2T_{U-R} \tag{1}$$

IP를 할당받기 위해 UA와 DHCP 서버간 DHCP Discover/Offer/Request/ACK 메시지 교환에 소요되는  $4T_{U-D}$ 가 있고, UA와 HS의 REGISTER 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-H}$ 가 있으며 UA와 remote UA의 INVITE 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-R}$ 이 있다.

IPv6 기반에서 AR을 통해 서비스를 재연결 할 경우 기존의 방식에서 발생하는 서비스 단절시간은 수식 (2)와 같다.

$$T_{I\_AR\_IPV6}=2T_{U-AP}+2T_{U-H}+2T_{U-R} \tag{2}$$

UA가 AR의 prefix를 전달 받기 위해 RS/RA 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-AP}$ 가 있고, REGISTER와 INVITE에 소요되는  $2T_{U-H}$ 와  $2T_{U-R}$ 이 있다.

Parent-NMS를 통해 서비스를 재연결 할 경우 기존의 방식에서 발생하는 서비스 단절시간은 수식 (3)과 같다.

$$T_{I\_parent-NMS}=2T_{U-P} \times 2 + 2T_{U-R} \tag{3}$$

UA가 parent-NMS로부터 prefix를 전달 받기 위해 RS/RA 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-P}$ 와 UA가 parent-NMS에 등록을 하기 위해 소요되는  $2T_{U-P}$ 가 있으며 INVITE에 소요되는  $2T_{U-R}$ 이 있다.

IPv4 기반에서 AR을 통해 서비스를 재연결 할 경우 제안하는 방안에서 발생하는 서비스 단절시간은 수식 (4)와 같다

$$T_{I\_AR\_IPv4\_proposed} = 2T_{U-D} + 2T_{U-H} + T_{H-R} + T_{U-R} \quad (4)$$

기존 방안에서 IP를 할당받기 위한 DHCP 메시지 교환 과정이 제안하는 방안에서는 DHCP Discover/Offer 메시지 교환 과정에 소요되는  $2T_{U-D}$ 로 감소하였고 REGISTER 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-H}$  이후, HS가 UA 대신 INVITE 메시지를 remote UA에게 전달하고 그에 대한 응답을 UA가 수신함으로써 기존의  $2T_{U-R}$ 이  $T_{H-R}$ 과  $T_{U-R}$ 로 감소되었다.

IPv6 기반에서 AR을 통해 서비스를 재연결 할 경우 제안하는 방안에서 발생하는 서비스 단절시간은 수식 (5)와 같다.

$$T_{I\_AR\_IPv6\_proposed} = 2T_{U-AR} + 2T_{U-R} \quad (5)$$

REGISTER 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-R}$ 은 기존과 동일하지만 UA가 AR의 prefix를 전달 받고 HS에 등록을 하기 위한  $2T_{U-AP}$ 와  $2T_{U-H}$  과정은, 제안하는 방안의 경우 서비스 단절 이전에 prefix를 전달 받고 서비스 이후에 HS 등록을 수행함으로써 서비스 단절 이후 UA와 AR의 REGISTER 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-AR}$ 로 감소되었다.

Parent-NMS를 통해 서비스를 재연결 할 경우 제안하는 방안에서 발생하는 서비스 단절시간은 수식 (6)과 같다.

$$T_{I\_parent-NMS\_proposed} = 2T_{U-P} + 2T_{U-R} \quad (6)$$

수식 (5)와 마찬가지로 REGISTER 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-R}$ 은 그대로지만 기존에 UA가 parent-NMS의 prefix를 전달 받고 parent-NMS에 등록 하기 위한  $2T_{U-P} \times 2$  과정은, 제안하는 방안의 경우 서비스 단절 이전에 sub-NMS로부터 prefix를 전달 받음으로서 서비스 단절 이후 UA와 parent-NMS의 REGISTER 메시지 교환에 소요되는  $2T_{U-P}$ 로 감소되었다.

그림 7은 remote UA와 인터넷간 전달 지연시간을

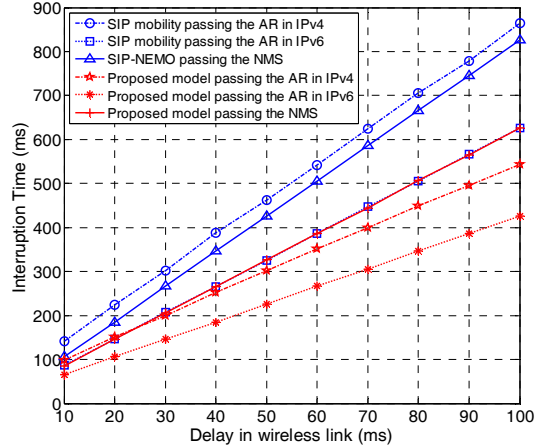


그림 7. 무선링크 지연시간 변화에 따른 서비스 단절시간 (remote UA와 인터넷간 전달 지연시간은 10ms으로 가정)

10ms으로 가정하고 무선링크 지연시간의 변화에 따른 서비스 단절시간을 측정된 그래프이다. 전체적으로 무선링크 지연시간이 증가함에 따라 서비스 단절시간도 비례하여 증가하고 있으며 IPv4 기반의 모델 보다 IPv6 기반 모델에서의 서비스 단절시간이 더 작다는 것을 알 수 있다. 또한 제안한 절차에 따라 서비스 연결을 수행하였을 경우 AR을 통한 서비스 연결시 약 32~35%, NMS를 통한 서비스 연결시 약 25% 정도 기존의 절차보다 단절시간이 감소 하였으며, IPv4 기반 AR을 통한 서비스 연결 절차에서 약 35% 정도로 가장 큰 감소폭을 보였다.

그림 8은 무선링크의 지연시간을 20ms으로 가정하고 remote UA와 인터넷간 전달 지연시간 변화에 따른 서비스 단절시간을 측정된 그래프이다. 전달 지연

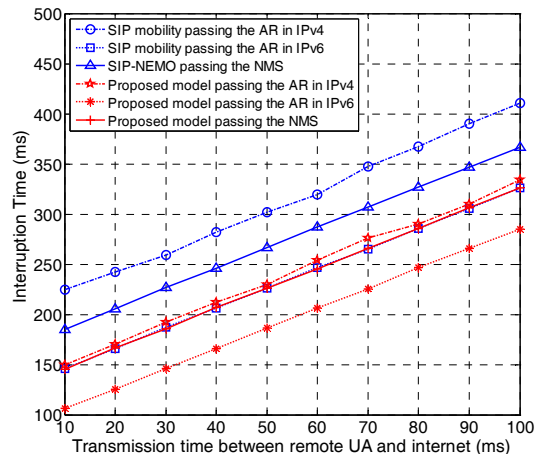


그림 8. Remote UA와 인터넷간 전달 지연시간 변화에 따른 서비스 단절시간 (무선링크 지연시간은 20ms으로 가정)



시간이 증가할수록 서비스 단절시간은 전체적으로 증가하지만 기존 절차와 제안한 절차를 비교해 보았을 때, 제안한 절차의 서비스 단절시간이 더 작다는 것을 알 수 있다.

그림 9는 그림 7의 서비스 단절시간 결과에 평균 지연시간과 최대, 최소 지연시간을 반영하여 기존 절차와 제안하는 절차의 서비스 단절시간을 비교한 그래프이다. 무선링크의 지연시간이 짧을수록 제안하는 절차의 서비스 단절시간은 기존 절차보다 클 가능성이 존재하지만, 무선링크의 지연시간이 증가할수록 제안하는 절차의 서비스 단절시간은 기존 보다 감소됨을 확인 할 수 있다. TCP 통신 환경에서 RTO (Retransmission Timeout)의 값이 400ms으로 설정되어 있고 UA가 ACK 메시지 수신 실패로 패킷 재전송이 일어나는 상황을 가정한다면, 이전 모델에서는 무선링크의 지연시간이 33ms을 넘어갈 경우 서비스 단절시간이 400ms을 초과하여 TCP flow는 slow start를 시작하게 되고 결국 전송 처리율이 저하되는 결과를 초래한다. 그러나 제안한 알고리즘의 경우 기존보다 서비스 단절시간이 줄어들기 때문에 무선링크의 지연시간이 60ms 이상이 되어야 서비스 단절시간이 RTO의 값을 초과하게 되고 이때부터 slow start를 시작한다. 그러므로 제안하는 모델은 이전 모델보다 처리를 부분이 향상되었음을 알 수 있다.

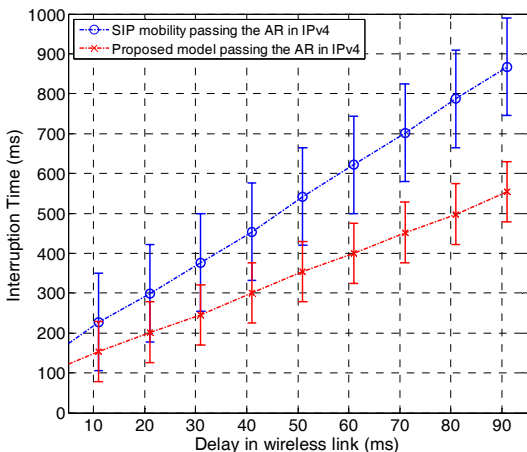


그림 9. 무선링크 지연시간 변화에 따른 서비스 단절시간의 최대/최소 비교 (remote UA와 인터넷간 전달 지연시간은 10ms으로 가정)

4.2 메시지 오버헤드

메시지 오버헤드는 서비스 단절시간 동안 세션을 재성립 하는 과정에서 UA간 전달되는 데이터 이외의

시그널링 메시지로 정의한다. 메시지 오버헤드는 데이터 전송에 불필요한 오버헤드를 만들기 때문에 낮은 대역폭이나 과부하 채널에서 통신 성능의 품질을 저하시키는 요소로서 작용할 수 있다. 그림 10은 DHCP 메시지의 크기를 312 ~ 576byte까지 가변적으로 설정하고 SIP 메시지의 헤더 크기는 500byte, RS 및 RA의 메시지 크기는 30byte로 설정한 후 UA가 초당 3000개 정도의 메시지를 송수신 하고 있다고 가정하였을 때, 메시지 오버헤드를 평가한 그래프이다. AR을 통한 서비스 연결시 IPv4 기반의 제안된 절차에서는 기존 절차의 순서를 효율적으로 재배치 한 것이므로 메시지 오버헤드의 변화는 없다. IPv6 기반의 제안된 절차에서는 기존 절차보다 RS 및 RA의 메시지 오버헤드를 감소시키나 감소된 메시지의 크기가 DHCP 또는 SIP 메시지 헤더 크기보다 작기 때문에 전체 메시지 오버헤드의 감소 효과는 크지 않다. Parent-NMS를 통한 서비스 연결시 제안된 절차 또한 기존 절차보다 RS 및 RA의 메시지 오버헤드를 감소시킨 만큼 전체 메시지 오버헤드를 감소 시키지만 그 폭은 크지 않다.

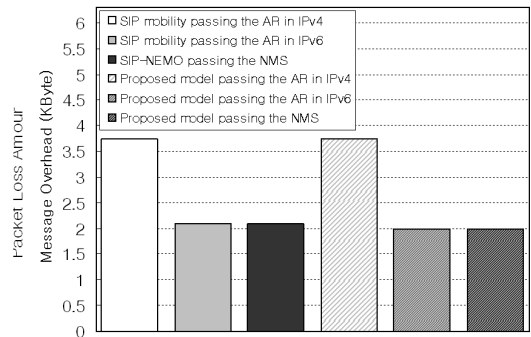


그림 10. 사용자간 통신 두절시 세션 재설정을 위한 시그널링 메시지 오버헤드

4.3 패킷 손실량

패킷 손실량은 UA가 통신이 끊긴 후, 서비스가 재연결 될 때까지 걸리는 단절시간과 패킷 전송률을 곱한 값으로 나타낸다. 그림 11, 12는 무선링크 및 인터넷과 remote UA 사이의 전달 지연시간 변화에 따른 패킷 손실량을 나타낸 그래프이다. 지연시간이 증가함에 따라 서비스 단절시간이 증가함으로써 패킷 손실량도 증가한다. 그러나 제안하는 절차의 패킷 손실량이 기존 절차의 손실량 보다 작으며 지연시간이 증가할수록 패킷 손실량의 차가 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

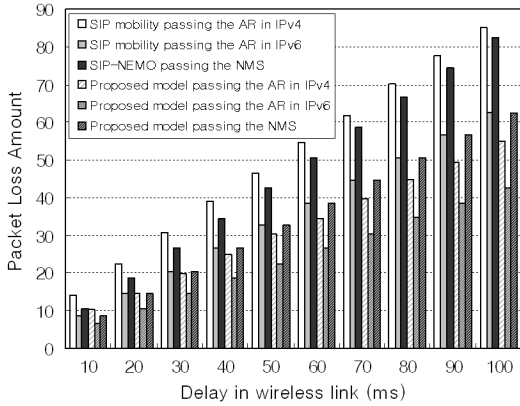


그림 11. 무선링크 지연시간 변화에 따른 패킷 손실량

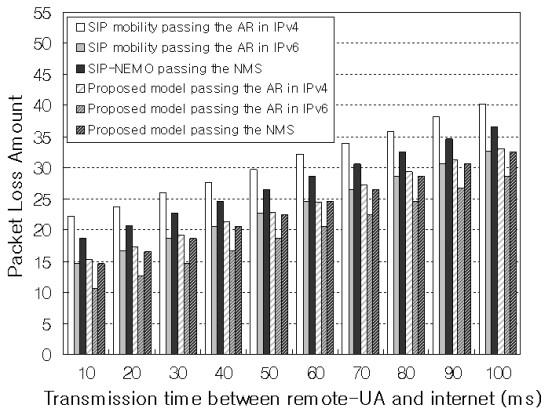


그림 12. Remote UA와 인터넷간 전달 지연시간 변화에 따른 패킷 손실량

## V. 결 론

기존의 SIP-NEMO에서는 UA와 NMS간 통신이 단절될 경우, UA가 통신을 복구하기 위해 전체 서비스 연결절차를 수행한다. 그러나 SIP-NEMO는 망 요소간 주고 받는 SIP 메시지의 길이가 길기 때문에 낮은 대역폭의 환경에서 SIP 메시지의 전송 지연 증가에 따른 서비스 단절시간이 증가하는 문제가 있었다. 본 논문에서는 UA가 통신이 끊기기 이전 상위 망 요소로부터 받은 주소 정보를 이용하여 새로운 CoA를 생성하고, 기존 서비스 연결절차의 순서를 변경함으로써 서비스 단절시간을 감소시키는 방안을 제안하였다. 또한 상위 망 요소 및 인터넷 프로토콜 버전별로 다른 방안을 제안함으로써 제안하는 방안의 실효성을 높였다. 성능평가 결과분석에서는 제안한 방안 사용시 기존 서비스 단절시간을 최대 35% 감소시키고 감소폭만큼 패킷 손실량과 일부 메시지 오버헤드가 감소함

을 확인하였다.

제안하고 있는 방안은 SIP-NEMO에서 뿐만 아니라 IP 기반의 모든 무선 통신 기술 및 프로토콜에 적용될 수 있다. 또한 제안하는 방안 사용시 기존 인터넷 서비스 품질을 한 단계 향상시킬 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert, "Network mobility basic support protocol," *IETF RFC 3963*, Jan. 2005.
- [2] T. Ernst, H. Lach, "Network mobility support terminology," *IETF RFC 4885*, Jul. 2007.
- [3] E. Perera, V. Sivaraman, and A. Seneviratne, "Survey on network mobility support," *ACM SIG MOBILE Mobile Comput. Commun. Rev.*, Vol.8, No.2, pp.7-19, Apr. 2004.
- [4] C. M. Huang, C. H. Lee, and J. R. Zheng, "A Novel SIP Based Route Optimization for Network Mobility," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 24, No.9, pp.1682-1691, Sep. 2006.
- [5] S. Pack, X. Shen, Jon W. Mark, and J. Pan, "Mobility Management in Mobile Hotspots with Heterogeneous Multi-Hop Wireless Links," *IEEE Commun. Mag.*, Vol.45, No.9, pp.106-112, Sep. 2007.
- [6] H. Schulzrinne, E. Wedland, "Application-layer mobility using SIP," *ACM SIGMOBILE Mobile Comput. Commun. Rev.*, Vol.4, No.3, pp.47-57, Jul. 2000.
- [7] T. T. Kwon, M. Gerla, and S. Das, "Mobility management for VoIP service: Mobile IP vs. SIP," *IEEE Wireless Commun.*, Vol.9, No.5, pp. 66-75, Oct. 2002.
- [8] N. Nakajima, A. Dutta, S. Das, and H. Schulzrinne, "Handoff delay analysis and measurement for SIP based mobility in IPv6," in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun.*, Vol.2, pp.1085-1089, May 2003.
- [9] J. Rosenberg, et al., "SIP: Session Initiation Protocol," *IETF RFC 3261*, Jun. 2002.
- [10] J.-O. Vatn, G. Q. M. Jr., "The effect of using co-located care-of addresses on macro handover latency," in *Proc. of 14th Nordic Tele-traffic Seminar*, Aug. 1998.

안 두 성 (Doo-Sung An)

준회원



2009년 2월 아주대학교 전자공학부

2009년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 석사과정

<관심분야> Network Mobility, LTE, Handover, 무선망 QoS 등

김 재 현 (Jae-Hyun Kim)

종신회원



1987년~1996년 한양대학교 전산과 학사 및 석/박사

1997년~1998년 미국 UCLA 전기전자과 박사 후 연수

1998년~2003년 Bell Labs, Performance Modeling and QoS Management Group, 연구원

2003년~현재 아주대학교 전자공학부 부교수

<관심분야> 무선인터넷 QoS, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16/20, 3GPP, 국방 전술네트워크 등

이 현 진 (Hyun-Jin Lee)

정회원



2004년 2월 아주대학교 전자공학부

2009년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 석/박사통합과정

<관심분야> IEEE 802.11e, WLAN, Wibro, 무선망 QoS, Handover 등