

Design and Performance Analysis of Cost-Effective and Fast Inter-Domain NEMO Scheme with Multicasting Support

Sunghee Han[†] · Jongpil Jeong^{††}

ABSTRACT

In recent years, there are many data and multimedia services that are supported by WiFi-enabled mobile devices. As a result, the demand for the ability to connect to the Internet anywhere is rapidly increasing and network infrastructure is becoming increasingly important. The design of cost-efficient network mobility (NEMO) protocol is intended to reduce the demand for limited wired / wireless network bandwidth at the signaling of mobility support and packet delivery operations. In this paper, we propose a cost-effective inter-LMA domain mobility management scheme which provides fast handover with multicasting support in NEMO environments. And our Fast PR-NEMO scheme is compared with N-PMIPv6, rNEMO, and PR-NEMO. In conclusion, our proposed scheme shows the best performance in terms of location updating cost, and packet tunneling cost.

Keywords : Multicasting, Handover, NEMO, Inter-Domain, PMIPv6, Cost Effective

멀티캐스팅 지원의 비용효과적인 도메인간 빠른 NEMO 기법의 설계 및 성능분석

한 성 희[†] · 정 종 필^{††}

요 약

최근 Wi-Fi 기능이 내장된 휴대용 장비가 제공하는 다양한 자료와 멀티미디어 서비스가 점점 늘어나고 있으며, 어디서든 인터넷에 접속하려는 전반적인 요구가 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 네트워크에 많은 비용 부담이 증가하고 있다. 따라서, 모바일 네트워킹에 관한 최근의 연구 중 에너지 효율적인 네트워크 이동성 기술은 큰 주목을 받고 있다. 네트워크 이동성 환경에서 비용 효율적인 프로토콜 설계는 이동성 시그널링과 패킷 전달, 그리고 비용 효율성의 중요한 이슈 중의 하나인 유, 무선에서 제한된 네트워크 대역폭을 절약하여 불필요한 비용을 감소시키는 것이다. 본 연구에서는 기존의 네트워크 이동성 기법에 멀티캐스팅을 지원하는 고속 핸드오버, 효율적인 도메인간 이동성 관리와 패킷 전달 메소드를 제공하는 비용 효율적인 기법을 제안한다. 본 논문에서는 위치 갱신 비용과 패킷 터널링 비용을 합한 총 비용의 관점으로 기존의 NEMO 기법인 N-PMIPv6, rNEMO, PR-NEMO의 성능과 새롭게 제안하는 Fast PR-NEMO의 성능을 비교 분석하고, 제안된 기법이 기존 제안된 기법들에 비해 총 비용이 낮은 가장 에너지 효율적인 방식을 증명한다.

키워드 : 멀티캐스팅, 핸드오버, NEMO, Inter-Domain, PMIPv6, 비용 효율성

1. 서 론

NEMO(NETwork MObility)는 버스, 기차 등과 같은 움직이는 차량 내에서 노드 그룹을 관리하는 개념이다. 특히 Fig. 1과 같이 외부 무선 광역 액세스 네트워크에 연결하려

는 중간 라우터를 통해 인터넷에 접속하는 무선 장비를 위한 효과적인 방법을 제공한다. 최근 휴대용 Wi-Fi 장비의 급속한 전파와 어디에서나 인터넷 접속을 하고자 하는 요구의 증가는 NEMO 기술을 보다 눈에 띄게 만들었다[1]. NEMO를 적용하기 위해, IETF(Internet Engineering Task Force)에 의해 만들어진 NEMO-BSP(NEMO Basic Support Protocol)[2]는 확장된 MIPv6(Mobile IPv6) 호스트 프로토콜[3]로 MNN(Mobile Network Node)을 위한 이동성 관리를 하는 MR(Mobile Router)에 설치된다. NEMO-BSP는 MR을 위한 HA(Home Agent)를 적용하고 MNN에 관한 정보를 담은 모든 패킷은 MR의 HA를 통해 전달되는데 이러한 과

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초 연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0027030).

† 준 회 원 : 성균관대학교 정보통신대학원 석사과정

†† 정 회 원 : 성균관대학교 산학협력단 산학협력특성교수

논문접수 : 2012년 5월 31일

수정일 : 1차 2012년 7월 26일

심사완료 : 2012년 7월 27일

* Corresponding Author : Jongpil Jeong(jpjeong@skku.edu)

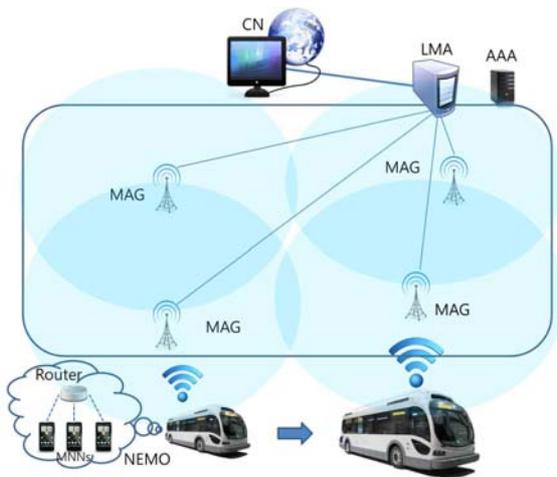


Fig. 1. Concept of the NEMO in PMIPv6

정에서 패킷 전송 오버헤드가 발생한다. 비록 MNN이 다른 MIPv6 네트워크로부터 이동된 모바일 노드를 방문한다고 하더라도, 패킷 오버헤드는 더 발생하고 모바일 터미널은 HA로 새로운 위치를 업데이트하는 것에 관여한다. 이러한 단점들은 빈번한 핸드오프와 모바일 네트워크 안의 다수의 MNN을 고려할 때 비용 효율성 문제에 연결되어 있다. 모바일 네트워킹의 몇 가지 에너지 효율적인 네트워크 연구는 라우팅 프로토콜[4], 토폴로지 제어[5], 무선 인터페이스의 전력 소비[6]와 관련하여 연구되었다. 그러나, NEMO에서 이동성 시그널링과 패킷 전송으로 인한 불필요한 네트워크 대역폭을 감소시키는 비용 효율적인 프로토콜 설계는 중요한 에너지 효율성 이슈의 하나이다[7][8][18].

최근의 연구는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)를 NEMO에 적용하는 것이었다. 왜냐하면 PMIPv6[9][22]는 네트워크 기반의 향상된 지역 이동성과 호스트 스택의 수정을 요구하지 않기 때문이다. 관련 기법으로는 N-PMIPv6(NEMO-enabled PMIPv6)[10], rNEMO(relay-based NEMO)[11], PR-NEMO(Proxy Router based NEMO)[17]가 있다. N-PMIPv6[10]는 NEMO BSP에 정의된 MR 대신 mMAG (moving Mobile Access Gateway)를 소개한다. mMAG 또한 MNN을 위한 이동성관리를 하기 때문에 MAG(Mobile Access Gateway)는 MNN의 위치 정보를 유지할 필요가 없다. 그러나 이는 LMA(Local Mobility Anchor)가 재귀 조회를 수행하게 하며, 패킷을 중첩된 터널을 통해 MNN으로 보내게 한다. 이러한 방법은 LMA의 정상 작동을 변화시키고 심각한 패킷 터널링 비용을 발생하게 한다. rNEMO[11]에서 PMIPv6 네트워크를 위한 NEMO-BSP의 간단한 지원에 의한 패킷 터널링 비용 발생을 완화하기 위해 간단한 릴레이 기능을 가진 스테이션이 사용되었다. 이 릴레이 스테이션은 이동성관리 기능이 없어 MAG는 MNN이 언제 모바일 네트워크가 다른 MAG의 셀 지역으로 이동하든지 각각의 MNN을 위한 위치 업데이트 수행이 요구된다.

PR-NEMO[17]는 MR 대신 PR(Proxy Router)을 이용하여 MNN과 MAG사이의 데이터 패킷과 MNN 대신에 MAG

에서 노드 정보의 프록시 포워딩을 하기 위해 사용한다. LMA는 하나의 모바일 네트워크안의 PR과 MNN을 고유한 PRGID(Proxy Router Group ID)로 관리하며 PR이 새로운 MAG로 핸드오버할 때, LMA는 모바일 네트워크 안에서 모든 노드의 MAG IP 주소를 새로운 IP 주소로 변경하여 추가적인 시그널링없이 PR에 알려주어 비용 효율적인 핸드오버 관리를 한다.

그러나 세가지 방법 모두 보편화된 멀티테스킹에 적합하지 않고 이동하면서 이용하기에는 핸드오버 시간 지연이 길어 데이터 유실이 크다. 또한 지역간 이동에 따른 도메인간 핸드오버[19][20]가 고려되지 않았다. 따라서 PMIPv6 네트워크[21]에서 기존의 세가지 방식의 단점을 개선한 비용 효율적인 고속 NEMO 프로토콜을 제안한다. 고속 PR-NEMO 기법은 기존의 비용 효율적인 기법인 PR-NEMO를 기반으로 하여 핸드오버의 경우 사전접속을 하기 위한 메시지인 Pre-PBU 메시지를 이용하여 접속 단절이 이루어지기 전에 이동하고자 하는 MAG로 사전 연결을 하도록 한다. 그리고 사전 연결을 통해 기존의 MAG로 보내는 멀티캐스팅 트래픽을 이동할 MAG로 버퍼링을 한다. 새로운 MAG로 접속이 이루어지면, 즉시 버퍼링하고 있었던 멀티캐스팅 트래픽을 PR로 전달하고 PR은 MNN으로 전송하게 된다. 이러한 과정을 거치게 되면 접속이 단절되고 새로운 접속이 이루어지기 전까지 데이터 유실이 발생하는 것을 방지할 수 있고, 사전 접속을 하기 때문에 핸드오버 지연시간 또한 감소한다. 기존의 방법과 제안된 방법의 성능 평가를 위해 위치 업데이트 비용과 패킷 터널링 비용의 전체 합을 분석하였다. 그 결과 고속 PR-NEMO가 가장 비용 효과적인 방법으로 증명되었다.

논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 관련 연구를 설명하고, 3장은 제안하는 기법의 아키텍처와 작동절차를 설명한다. 4장에서는 제안 기법의 성능평가를 수행하고, 마지막으로 5장에서는 성능평가 결과에 따른 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 N-PMIPv6

N-PMIPv6[10]의 주요 아이디어는 PMIPv6 도메인을 확장하여 모바일 네트워크로 포함시켜 확장하는 것이다. MAG와 같은 고정된 인프라와 MR모바일 네트워크 모두 같은 네트워크 오퍼레이터에 속한다. N-PMIPv6에서 모바일 네트워크에 접속하는 MNN도 PMIPv6 도메인의 일부이다. N-PMIPv6 도메인은 일반적인 IP 노드를 MNN이 사용 중인 IPv6를 변경하지 않고 고정된 MAG, MR을 이동하는 것을 가능하게 한다. 결과적으로 MIPv6 같은 기존의 글로벌 IP 이동성 기법에 비해 핸드오버 시그널링 부하는 감소하고, 핸드오버 시 접속 지연 등의 성능은 향상된다. N-PMIPv6에서는 MNN의 이동성 관리 기능을 MR에 요구하지 않는 반면에 NEMO BSP는 MR이 스스로 이동성 관리를 하는 것을 요구한다. 이것은 N-PMIPv6내의 MR과

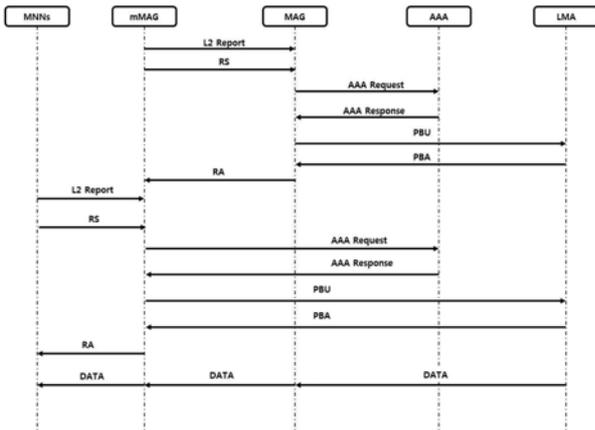


Fig. 2. Attachment operation in the N-PMIPv6

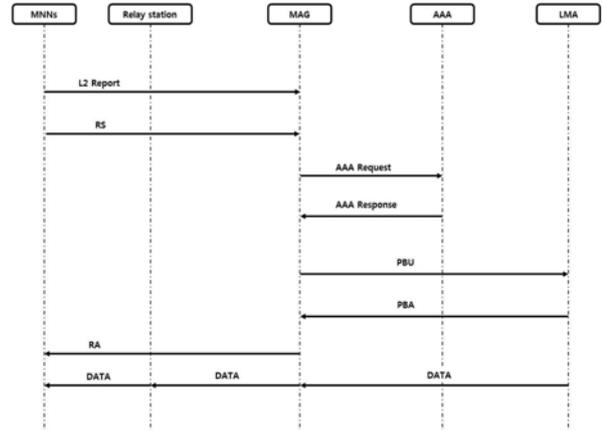


Fig. 3. Attachment operation in the rNEMO

MNN의 이동성을 네트워크 기반으로 관리해 주기 때문이다. N-PMIPv6에서 MNN은 추가적인 기능이 필요하지 않다. IPv6 주소를 변경하는 것이 필요하지 않은 모바일 네트워크에 접속하는 MNN 때문에 MR은 모바일 네트워크를 위한 확장 PMIPv6 도메인 기능이 필요하다. 그러므로 N-PMIPv6내 MR은 모바일을 지원하기 위해 PMIPv6의 MAG와 비슷한 기능을 수행하는, mMAG(moving MAG)라는 MR을 소개한다. mMAG는 도메인에 접속한 MNN과 LMA에 의해 전송된 패킷에 부여된 IPv6 프리픽스에 의해 PMIPv6 도메인을 확장한다. mMAG의 기본 작동 절차는 Fig. 2와 같으며, 다음 설명과 같은 절차로 작동한다. mMAG가 고정된 MAG에 접속했을 때, MAG는 LMA에게 mMAG의 식별자를 포함한 PBU 메시지를 보내 접속을 알린다. LMA는 mMAG를 식별할 IPv6 Prefix를 부여하고, 접속된 mMAG의 식별자인 IPv6 프리픽스와 고정된 MAG를 조합하여 BCE(Binding Cache Entry)를 생성한다. mMAG가 다른 MAG로 이동하게 되면, LMA는 새로운 MAG의 정보를 업데이트한다. 이것은 일반적인 MNN이 PMIPv6의 MAG에 접속했을 때와 같은 기본적인 PMIPv6 절차이다. N-PMIPv6는 mMAG의 이동성을 PMIPv6가 MNN을 관리하는 것과 같은 방법으로 관리한다. mMAG에 접속하는 MNN의 관점으로 보면 mMAG는 N-PMIPv6 도메인에서 고정된 MAG와 같이 동작한다. 특별히 MNN이 mMAG에 접속할 때, PMIPv6 절차에 따라 mMAG는 LMA에 이를 알리고 MNN을 위한 IPv6 프리픽스를 얻는다. LMA는 전달받은 프리픽스인 MNN의 ID와 MAG의 IPv6 주소로 조합된 새로운 BCE를 추가한다. LMA는 허가된 MAG에게만 이러한 요청을 허용한다. 이것은 mMAG가 N-PMIPv6 도메인 내에서 작동하기 위해서는 반드시 LMA와 보안 연결을 해야 한다는 것을 의미한다. BC의 재귀 조회를 지원하기 위해 LMA 기능을 확장한다. 첫 조회에서 LMA는 MNN이 접속되어 있는 mMAG의 정보를 얻는다. 그 후, LMA는 두번째 조회에서 mMAG의 BC를 찾고 연계된 MAG를 확인한다. 이 정보를 통해 LMA는 받은 패킷을 mMAG로 적절한 MAG를 통해 요약할 수 있다. 그리고 mMAG는 MNN으로

데이터 패킷을 전송할 수 있다. 두개의 중첩된 터널은 LMA와 mMAG사이에 데이터 패킷을 요약하는데 사용된다. mMAG(M) flag라고하는 새로운 필드는 LMA에 의해 BC에 재귀 조회를 수행하기 위해 추가된다. mMAG로 부터 전달된 PBU에 의해 생성되거나 수정된 BC 항목은 M 플래그에 'yes'로 설정되고, 반면에 고정된 MAG에서 전송된 PBU에 의해 생성되거나 수정된 항목은 M 플래그에 'no'라고 설정된다. 이 플래그는 LMA의 불필요한 재귀 조회 수행을 방지하기 위해 사용된다.

2.2 rNEMO

rNEMO[11]의 릴레이 스테이션은 PMIPv6 네트워크에서 NEMO를 쉽게 할 수 있도록 한다. Fig. 3과 같은 접속 절차를 수행하며, MNN이 PMIPv6 도메인에 접속했을 때 릴레이 스테이션을 통해 MNN으로 전달된 LMA의 프리픽스 정보를 이용하여 IPv6 주소를 설정한다. PMIPv6 네트워크에서는 LMA는 MNN의 HA 역할을 하고 설정 주소는 MNN의 HoA(Home Address)로 사용된다. MNN이 다른 PMIPv6 도메인으로 이동할 때, 일종의 AR(Access Router)인 MAG로 접속하고 인터넷 액세스와 LMA로 부터 엔드 포인트를 제공한다. MAG와 링크 계층 연결이 만들어지기 위해서, MNN은 IEEE 802.1x와 같은 링크 액세스 인증을 한다. 액세스 인증이 성공적으로 이루어지면, LMA는 홈 네트워크 링크와 MNN의 식별자 정보를 MAG로 보낸다. MAG는 PBU 메시지를 MAG의 인터페이스를 설정한 프록시 CoA와 보내고 MNN의 위치 정보를 업데이트한다. LMA가 PBU 메시지를 받을 때, LMA는 LMA와 MAG간 양방향 터널을 생성한다. 반면에 MAG는 MNN 프로파일의 기반하여 RA(Router Advertisement) 메시지를 MNN에 전송한다. RA 메시지는 MNN의 홈 링크 정보가 포함되어 있기 때문에, MNN는 홈 네트워크에 남아 HA로 어떠한 BU(Binding Update)도 하지 않는다. rNEMO에서 릴레이 스테이션은 MAG로부터 모든 메시지를 전달하는 간단한 장비다. 따라서 릴레이 스테이션은 전달받은 RA 메시지를 MNN에 보낸

다. LMA에 패킷이 도착했을 때 LMA는 MAG로 터널을 생성하여 패킷을 보내고, MAG는 대응하는 MNN에 전달받은 패킷을 보낸다. NEMO BSP에서 MNN은 PMIPv6 설계에 의해 MR과의 연결을 유지하고 MR은 MAG로 연결한다. MNNs 대신에 MR은 BU를 PMIPv6 네트워크로 수행하며, 그렇기 때문에 MNN으로의 시그널링 트래픽은 확연히 감소한다. 그러나 NEMO BSP가 HA와 터널링을 기반으로 있어 MR에 추가적인 터널링 오버헤드와 처리 지연을 유발할 수 있다.

2.3 PR-NEMO

PR-NEMO[17]의 기법은 PR이 PMIPv6 네트워크에 접근할 때, MAG에 의해 감지되어 PBU 메시지의 B와 N 플래그를 1로 셋팅하여 LMA에 보낸다. GID(Group ID)의 할당을 요청하는 B 플래그는 각각의 모바일 호스트의 확장된 바인딩 라이프타임으로 요구된 과도한 신호 비용을 감소시키기 위한 벌크 재등록 메카니즘으로부터 유래했다[12]. 모바일 네트워크에서 효율적인 핸드오프를 지원하기 위해 이를 이용한다. 그에 따라 새로운 GID의 할당을 요청하는 N 플래그를 PBU 메시지와 PBA 메시지 안에 예약된 필드가 추가됐다. 주어진 절차를 지원하기 위해, MAG는 라우터나 모바일 호스트인 부착된 노드를 알아야 하고, 해당 정보는 MAG와 AAA사이의 보안 연결로부터 획득 될 수 있다. 다른 MNN이 PR에 접속할 때, 그것은 MNN-ID를 PR에 RS 메시지를 사용하여 보낸다. RFC 5213[9] 설계는 링크로의 노드 접속과 단절의 링크 레이어 정보 없이 운영 할 수 있다. 정의에 따라, RS 메시지는 MNN-ID를 전송하는데 사용된다. RS 메시지를 MAG로 전송하기 위해, PR은 신호와 데이터 패킷 기능을 전달한다. MNN-ID는 MAC 주소나 NAI[13]로 사용될 수 있다. NAI는 PR은 전달받은 RS를 MAG로 전달하는 것이 필요하지 않기 때문에 PR-NEMO에 보다 적합하다. 전달하는 MAG에 있는 RS 메시지의 출처를 구별하기 위해 P 플래그가 추가 되었다. RS 메시지를 받을 때, MAG는 접속된 MNN에 속해 있는 PR을 P 플래그 값이 1로 셋팅되어 있는 것으로 확인한다. RS 메시지에 MNN의 ID를 포함한다. PR에 접속한 노드를 관리하기 위해, PBU 메시지는 MAG에 보내지는데 MNN-ID를 포함해야 하고, 접속된 PR의 PR-ID와 B 플래그를 1로 셋팅하여 보내진다. LMA는 MNN를 위해 HNP를 할당하고 MNN과 PR-GID와 함께 PR의 그룹을 만든다. PBA 메시지를 받은 다음에, MAG는 MNN을 PR-GID그룹에 추가한다. 할당된 HNP는 P플래그를 1로 셋팅하여 RA 메시지를 통해 PR에 전송된다. 그리고 플래그를 0으로 셋팅한 RA 메시지는 MNN에 도착한다. 효과적인 핸드오버 지원을 위해, PR만이 핸드오버 운영에 참여할 수 있다. PR이 nMAG로 이동 할 때, pMAG는 L2 시그널로 PR의 접속 단절을 감지한다. 그리고 PR에 등록 해지 프로세스를 시작한다. PR의 접속을 감지한 nMAG는 PR의 접속 초기화 과정과 같은 방법으로 위치 업데이트 과정을 수행한다. AAA 서비스 절차에서, nMAG는 부착된

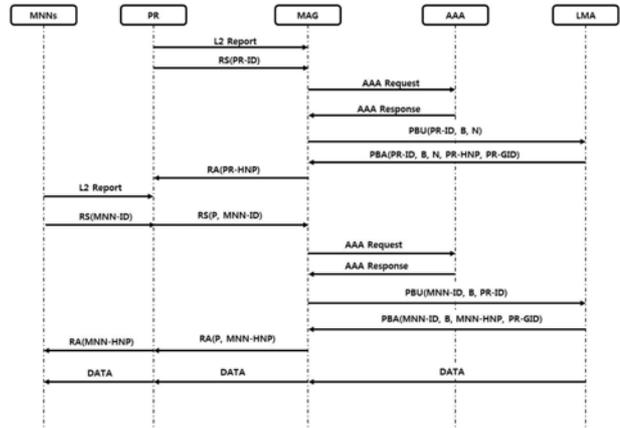


Fig. 4. Attachment operation in the PR-NEMO

노드가 NEMO 서비스를 위한 프록시 라우터인 것을 알게 된다. 그리고 nMAG는 B와 N 플래그를 담은 PBU 신호 메시지를 LMA한테 보낸다. PBU 신호를 받을 때, LMA는 해당하는 PR-GID와 PR-ID를 찾는다. LMA의 BCE에 PR의 PR-ID와 PR-GID가 존재하면, LMA는 같은 PR-GID를 가지고 있는 모든 노드의 MAG IP 주소 필드를 nMAG의 IP 주소로 변경한다. LMA는 nMAG에는 PR에 속해있는 MNN에 관한 정보가 없기 때문에 MNN-ID와 MNN-HNP를 포함하여 PBA 메시지를 N-MAG로 보내고, PR-HNP와 PR-GID도 보낸다. 정보 전달은 MAG에서 데이터 패킷을 터널링 절차 없이 PR에 보내는 것을 가능하게 한다. 보통 PMIPv6 절차에 따라 N-MAG는 모든 MNN의 HNP와 RA 메시지를 PR에 전달한다. 이 행동은 차량 안의 MNN의 숫자에 따라 PBA 메시지를 약간 크게 만든다. 그러나, 하나의 MNN이 하나 또는 그 이상의 세션을 가지고 하나의 세션이 최소한 여러 패킷을 가지는 것을 고려했을 때, 증가된 PBA 메시지의 크기는 하나의 MNN으로부터 생성된 패킷 터널링 비용 보다 크지 않기 때문에 영향이 크다. 이와 같은 수행 절차는 Fig. 4와 같다.

3. 제안기법

3.1 제안 아키텍처

본 논문에서는 앞에서 살펴본 3가지 PMIPv6 네트워크 환경에서의 NEMO 기법 중 패킷 터널링 비용과 위치 업데이트 비용이 가장 효율적인 것으로 알려진 PR-NEMO를 기반으로 하여, 멀티태스킹을 지원 하도록 하며, 핸드오버할 때 Pre-PBU 메시지를 이용하여 접속 단절이 이루어지기 전에 이동하고자 하는 MAG로 사전 연결을 하도록 한다. 사전 연결을 통해 기존의 MAG로 보내는 멀티캐스팅 트래픽을 이동할 MAG로 버퍼링을 한다. 새로운 MAG로 접속이 이루어지면, 즉시 버퍼링하고 있었던 멀티캐스팅 트래픽을 PR로 전달하고 PR은 MNN으로 전송하게 된다. 이러한 과정을 거치게 되면 접속이 단절되고 새로운 접속이 이루어지

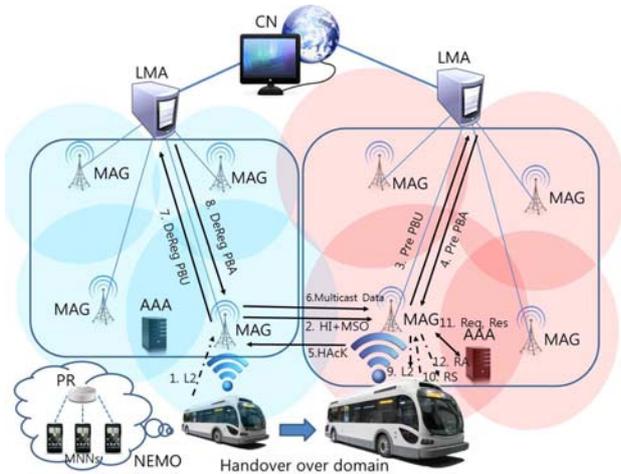


Fig. 5. Concept of the Fast PR-NEMO

기 전까지 데이터 유실이 발생하는 것을 방지할 수 있고, 사전 접속을 하기 때문에 핸드오버 지연시간 또한 감소한다. 도메인간 핸드오버가 발생할 때에는 이전 도메인에 PR이 접속하고 있던 MAG에서 새로운 도메인의 이동이 예상되는 MAG로 PR의 정보를 유선망을 이용하여 전송한다. PR이 직접 접속하는 MAG간 데이터 교환이 이루어 지므로 다른 경로를 이용하는 방법에 비해 물리적인 거리가 가장 가까워 접속 지연이 상대적으로 짧게 일어난다. 이러한 수행 절차는 Fig. 5와 같다. 본문에서는 새롭게 제안하는 기법을 Fast PR-NEMO로 명명하며, 접속하고 있는 MAG를 pMAG(previous MAG), 이동하여 새로 접속할 MAG를 nMAG(new MAG)라고 정의하고 다른 노드의 경우에도 p, n 문자를 이용하여 이전, 이후의 상태 표시를 하며, 핸드오버 이전의 도메인은 LMA1, 핸드오버하여 이동하는 새로운 LMA는 LMA2라고 표시한다.

3.2 작동절차

1) MAG간 핸드오버 작동절차

pMAG에 접속하고 있는 PR이 서비스 중 이동을 하여 nMAG로 이동하려고 하면, pMAG는 L2 시그널을 감지한다. L2 시그널을 감지하는 것으로 접속 해제 프로세스가 시작된다. pMAG는 PR의 접속이 예상되는 nMAG에 핸드오버 착수 메시지인 HI(Handover Initiate)와 멀티캐스팅 지원을 위한 MSO(Multicast Support Option)를 전송한다. pMAG에게 HI, MSO 메시지를 받은 nMAG는 LMA에 PR을 선 접속시키기 위한 Pre-PBU 메시지와 MSO 메시지를 전송한다. Pre-PBU 메시지를 받은 LMA는 AAA로 PR-ID를 이용해 인증을 수행한다. 인증이 성공적으로 완료되면, LMA는 pMAG로 전송되고 있는 데이터를 nMAG로 돌리지 않고 nMAG로 PR을 가접속 상태로 등록시킨다. LMA BCE에 PR의 PR-ID와 같은 PR-GID를 가지고 있는 모든 노드를 새로 등록하고 가접속 상태로 설정한다. 그 후 nMAG로 PR의 접속이 완료되었음을 알리는 Pre-PBA 메시지를 보낸다.

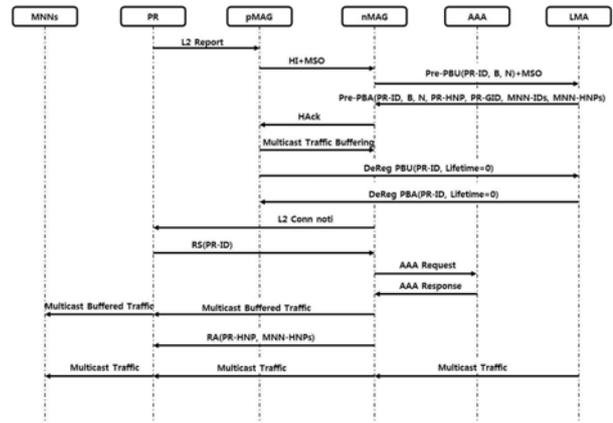


Fig. 6. Handover operation in the Fast PR-NEMO

Pre-PBA 메시지를 받은 nMAG는 핸드오버 응답 메시지인 HAcK를 pMAG로 전송한다. HAcK 메시지가 전송되면 pMAG는 멀티캐스팅 트래픽을 nMAG로 버퍼링한다. 그 후 pMAG는 LMA로 PR을 접속 해지시키기 위해 DeReg PBU 메시지를 전송한다. LMA는 pMAG에 접속된 PR의 등록을 해지하고 LMA BCE에 같은 PR-GID를 가진 모든 데이터를 삭제하고 가접속 상태로 되어 있는 nMAG의 PR-GID를 가진 모든 노드의 상태를 접속 상태로 변경한다. 그리고 DeReg PBU에 대한 응답 메시지인 DeReg PBA를 pMAG에 전송한다. 이와 동시에 nMAG에서는 PR에 접속이 완료되었음을 의미하는 L2 응답 메시지를 보낸다. 메시지를 받은 PR은 접속하고자 하는 nMAG에 RS 메시지를 전송한다. nMAG는 이미 PR을 등록시켜 냈기 때문에 AAA 서버에 정보 인증을 수행하고 인증이 되면 PR에 pMAG로부터 받아두었던 멀티캐스팅 버퍼 트래픽을 전송하고 PR은 해당 MNN에 멀티캐스팅 트래픽을 전송한다. 버퍼링된 멀티캐스팅 트래픽을 전송한 nMAG는 접속 완료 메시지인 RA를 PR에 보내는 것으로 MAG간 핸드오버 절차는 마무리된다. 사전 접속과 멀티캐스팅 트래픽 버퍼링으로 MNNs, PR 입장에서 접속단절이 이루어지고 거의 동시에 트래픽 손실을 최소화하여 접속 연결이 되는 것이다. Fig. 6과 같은 핸드오버 절차를 수행한다.

2) 도메인간 핸드오버 작동절차

한 도메인내의 pMAG에 접속하고 있는 PR이 서비스 중에 이동을 하여 다른 도메인 네트워크인 LMA2의 nMAG로 이동하려고 하면, pMAG는 L2 시그널을 감지한다. pMAG는 PR이 접속하려고 예상되는 LMA2의 nMAG에 핸드오버 착수 메시지인 HI와 멀티캐스팅 지원을 위한 MSO를 전송한다. pMAG에게 HI와 MSO 메시지를 받은 nMAG는 LMA2에 PR을 미리 접속시키기 위한 Pre-PBU 메시지와 MSO 메시지를 전송한다. Pre-PBU 메시지를 받은 LMA2는 AAA로 PR-ID를 이용해 인증을 수행한다. 인증이 성공적으로 완료되면, nLMA는 BCE에 pMAG로부터 전달받은 PR-ID와 PR-GID를 가지고 있는 MNN의 목록을 등록한다. 그 후

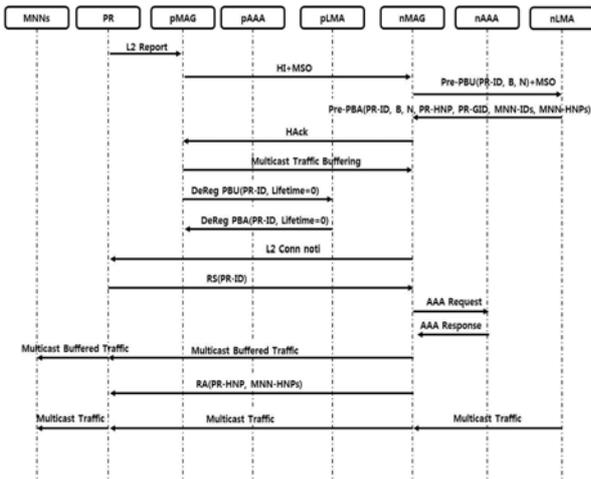


Fig. 7. Inter domain handover operation in the Fast PR-NEMO

nMAG로 PR의 접속이 완료되었음을 알리는 Pre-PBA 메시지를 보낸다. Pre-PBA 메시지를 받은 nMAG는 핸드오버 응답 메시지인 HAcK를 pMAG로 전송한다. HAcK 메시지가 전송되면 pMAG는 멀티캐스팅 트래픽을 nMAG로 버퍼링한다. 그 후 pMAG는 LMA1로 PR을 접속 해지시키기 위해 DeReg PBU 메시지를 전송한다. LMA1은 pMAG에 접속된 PR의 등록을 해지하고 LMA1 BCE에 같은 PR-GID를 가진 모든 데이터를 삭제한다. 그리고 DeReg PBU에 대한 응답 메시지인 DeReg PBA를 pMAG에 전송한다. 그리고 nMAG에서는 PR에 접속이 완료되었음을 의미하는 L2 응답 메시지를 보낸다. 메시지를 받은 PR은 LMA2의 nMAG에 RS 메시지를 전송함으로써 접속을 요청한다. nMAG는 이미 PR을 등록시켜 놓기 때문에 nAAA 서버에 정보 인증을 수행하고 인증이 되면 PR에 pMAG로부터 버퍼링되어 있던 멀티캐스팅 트래픽을 전송한다. 데이터를 받은 PR은 해당 MNN에 다시 전송한다. 버퍼링된 멀티캐스팅 트래픽을 전송한 nMAG는 접속 완료 메시지인 RA를 PR에 보내는 것으로 MAG간 핸드오버 절차는 마무리된다. 이와 같은 절차는 Fig. 7과 같다.

3) MNN의 MAG 핸드오버 작동절차

MNN이 모바일 네트워크로부터 밖으로 이동할 때, PR은 L2 신호의 MNN이 접속 단절을 하는 L2 신호를 인식한다. PR은 MAG로 MNN의 접속 해지를 요구하는 RS 메시지를 전송한다. 이 RS 메시지는 P 플래그와 D 플래그를 1로 셋팅하고, MNN-ID를 포함한다. D 플래그는 MAG에게 MNN의 이동을 알리기 위한 의미로 사용된다. MAG는 RS 메시지를 받으면 LMA에 Pre-PBU 메시지를 MSO 메시지와 전송한다. LMA는 BCE에 MNN을 MAG에 속하는 것으로 가접속시키고 MAG에게 접속 요청이 완료되었음을 의미하는 Pre-PBA 메시지를 전송한다. Pre-PBA 메시지를 받은 MAG는 더 이상 PR로 멀티캐스팅 트래픽을 전송하지 않고 자체적으로 버퍼링을 한다. 그리고 MAG는 MNN을 PR에서

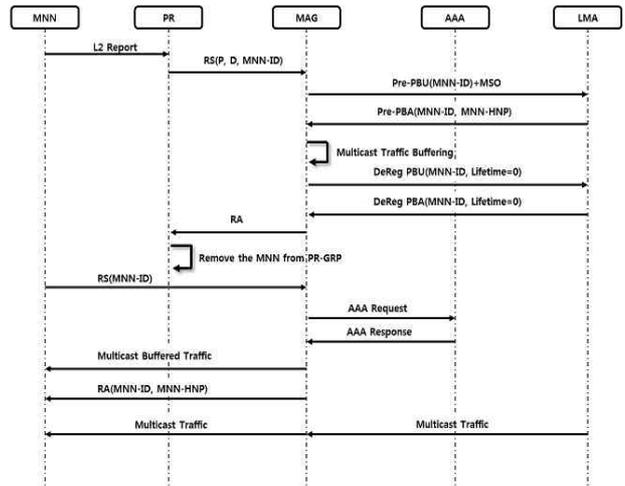


Fig. 8. Node handover operation in the Fast PR-NEMO

접속을 해지시키기 위해 LMA에게 DeReg PBU 메시지를 전송한다. 메시지를 받은 LMA는 해당 PR 그룹에서 MNN을 제거하고 가접속되어 있던 MNN의 상태를 접속으로 변경한다. LMA는 MAG에 DeReg PBA 메시지를 보내 해당 PR 그룹내에서 MNN이 접속 해지되었음을 알린다. 그 후 MAG는 RA 메시지를 PR에 보내 LMA 캐시에서 MNN이 접속이 해지되었음을 알린다. 메시지를 받은 PR은 자체적으로 관리하는 데이터에서 MNN의 정보를 삭제한다. PR 네트워크에서 벗어난 MNN은 MAG로 RS 접속 요청 메시지를 보내고, MAG는 사전 접속을 시켜놓았기 때문에 바로 AAA 서버에 인증 요청을 한 후 버퍼링되어 있던 멀티캐스팅 트래픽을 MNN에 전송한다. 그리고 MAG는 MNN에 접속 절차가 완료되었음을 의미하는 RA 메시지를 전송한다. 이것으로 MNN의 PR 네트워크에서 MAG로 핸드오버하는 절차가 마무리되고, 그 이후로는 일반적인 PMIPv6의 작동 절차와 같으며, Fig. 8과 같다.

4. 성능 평가

이번 장에서는, 기존에 제안된 세가지 방식과 새롭게 제안하는 방식을 수학적 모델링을 하여 성능평가를 실시한다. 동일 프로토콜 도메인에서의 방식을 다루고, 각 NEMO 방식이 얼마나 많이 네트워크에서 생성된 비용을 감소시킬 수 있는지 알아보는 것이기 때문에 비용 분석을 위해 C_{LU} (Cost of the Location Update)와 C_{PT} (Cost of the Packet Tunneling)의 합인 C_{TOT} (Cost of the TOTAl)를 분석했다. 각 비용은 메시지의 크기와 대역폭 관점으로 홉 거리에 의해 정의된다. 이 정의에 따라, 라우터 프로세싱 비용은 고려하지 않았으며, 분석적인 모델을 위해 아래 사항과 같은 가정을 했다. λ_s 의 비율인 세션간 도착 시간은 지수분포를 따른다. 그리고 패킷에서 평균 세션 길이는 $E(S)$ 이다. MAG

서브넷 교차 비율은 μ_c 비율의 의미와 일반적인 분포를 따른다[14]. $d_{\alpha-\beta}$ 는 네트워크 엔티티 α 와 β 사이의 홉 거리를 의미한다. $RS_{\alpha-\beta}$ 와 $RA_{\alpha-\beta}$ 는 $d_{\alpha-\beta}(L_{RS})$ 와 $d_{\alpha-\beta}(L_{RA})$ 같이 α 와 β 사이의 RS와 RS 메시지 단위 비용을 의미하고, L_γ 는 각각의 γ 의 메시지 크기를 의미한다. 그리고 $LU_{\alpha-\beta}$ 는 $d_{\alpha-\beta}(L_{PBU} + L_{PBA})$ 와 같이 α 와 β 사이의 PBU/PBA 메시지의 비용을 의미한다.

4.1 위치 업데이트 비용

rNEMO 방식에서는 모바일 네트워크가 다른 MAG로 이동할 때, MAG는 PR에서 MNN에 보내거나 받는 PBU/PBA 메시지에 의한 LMA와 함께 위치 업데이트 동작을 수행한다. MNN은 RS/RA 메시지를 MNN의 수 만큼 PR과 교환한다. 서브넷 교차의 평균 숫자 중 T는 $\mu_c T$ 와 같다[14]. 그러므로 도메인 내의 위치는 rNEMO Intra (1)에 나타난 방식으로 업데이트 비용이 발생한다. 또한, 도메인 간의 위치 업데이트 비용은 rNEMO Inter (2)와 같으며 도메인 내의 업데이트 비용에 LMA 간 업데이트 비용이 추가 되었다.

δ 는 MNN의 수를 나타내며, τ 와 κ 는 유선/무선 링크의 단위 전달 비용을 각각 나타낸다. 그리고 일반적으로 무선 링크의 전달 비용은 유선 링크의 전달 비용 보다 크기

때문에 κ 는 τ 보다 크다고 정의한다.

N-PMIPv6 방식에서, mMAG은 MNN을 대신하여 업데이트 작동을 수행한다. C_{LU} 는 PR에서 MNN의 수에 상관없이 변하지 않는다. 그러므로 (3)에 의해 상응하는 도메인내의 C_{LU} 를 계산 할 수 있다. 도메인간의 위치 갱신 비용은 (4)와 같으며, 도메인 내의 위치 업데이트 비용에 LMA간 위치 업데이트 비용이 추가 되었다.

PR-NEMO 방식의 제안에서, PR 또한 MNN 대신에 위치 업데이트 동작을 수행한다. 그러나 MNN-ID와 MNN-HNP는 PBA 메시지에 의해 새롭게 접속된 MAG에 전달된 LMA BCE에 저장되었다. MNN-ID와 MNN-HNP 옵션을 MNN의 숫자만큼 추가 하기 위해 $\delta\tau d_{LMA-MAG}(L_{MNN-ID} + L_{MNN-HNP})$ 을 PR-NEMO의 C_{LU} 에 각기 추가했다. 따라서 도메인 내의 C_{LU} 는 (5)에 의해 계산될 수 있다. 또한 도메인 간의 C_{LU} 는 (6)에 의해 계산될 수 있으며, (5)에서 LMA간 위치 업데이트 비용이 추가되었다.

Fast PR-NEMO 방식에서는, 기본적으로 PR-NEMO와 비슷한 절차로 위치 업데이트를 수행하기 때문에 PR-NEMO와 기본 계산법은 유사 하지만, 가 접속을 하여 핸드오버를 진행하기 때문에 추가적으로 pMAG에서 nMAG로 핸드오버 준비 신호를 유선으로 보내는 τHI 와 τHA 값이 추가 되었다. 따라서 도메인 내의 C_{LU} 는 (7)에 의해 계

$$C_{LU-Intra}^{rNEMO} = \mu_c T \delta (\kappa RS_{MNN-MAG} + \kappa RA_{MAG-MNN} + 2\tau AAA_{MAG-AAA} + 2\tau LU_{MAG-LMA}) \quad (1)$$

$$C_{LU-Inter}^{rNEMO} = \mu_c T \delta (\kappa RS_{MNN-MAG} + \kappa RA_{MAG-MNN} + 2\tau AAA_{MAG-AAA} + 2\tau LU_{MAG-LMA}) + 2\mu_c T \delta \times d_{LMA1-LMA2} (L_{P-Query} + L_{P-Ack}) \quad (2)$$

$$C_{LU-Intra}^{N-PMIPv6} = \mu_c T (\kappa RS_{mMAG-MAG} + \kappa RA_{MAG-mMAG} + 2\tau AAA_{MAG-AAA} + 2\tau LU_{MAG-LMA}) \quad (3)$$

$$C_{LU-Inter}^{N-PMIPv6} = \mu_c T (\kappa RS_{mMAG-MAG} + \kappa RA_{MAG-mMAG} + 2\tau AAA_{MAG-AAA} + 2\tau LU_{MAG-LMA}) + 2\mu_c T \times d_{LMA1-LMA2} (L_{P-Query} + L_{P-Ack}) \quad (4)$$

$$C_{LU-Intra}^{PR-NEMO} = \mu_c T (\kappa RS_{PR-MAG} + \kappa RA_{MAG-PR} + 2\tau AAA_{MAG-AAA} + 2\tau LU_{MAG-LMA} + \delta\tau d_{LMA-MAG} (L_{MNN-ID} + L_{MNN-HNP})) \quad (5)$$

$$C_{LU-Inter}^{PR-NEMO} = \mu_c T (\kappa RS_{PR-MAG} + \kappa RA_{MAG-PR} + 2\tau AAA_{MAG-AAA} + 2\tau LU_{MAG-LMA} + \delta\tau d_{LMA-MAG} (L_{MNN-ID} + L_{MNN-HNP})) + 2\mu_c T \times d_{LMA1-LMA2} (L_{P-Query} + L_{P-Ack}) \quad (6)$$

$$C_{LU-Intra}^{FastPR-NEMO} = \mu_c T (\kappa (RS_{PR-nMAG} + RA_{nMAG-PR}) + 2\tau AAA_{nMAG-AAA} + 2\tau LU_{nMAG-LMA} + \delta\tau d_{LMA-nMAG} (L_{MNN-ID} + L_{MNN-HNP}) + \tau (HI_{pMAG-nMAG} + HA_{nMAG-pMAG})) \quad (7)$$

$$C_{LU-Inter}^{FastPR-NEMO} = \mu_c T (\kappa (RS_{PR-nMAG(LMA2)} + RA_{nMAG(LMA2)-PR}) + 2\tau AAA_{nMAG(LMA2)-AAA} + 2\tau LU_{nMAG(LMA2)-LMA2} + \delta\tau d_{LMA2-nMAG(LMA2)} (L_{MNN-ID} + L_{MNN-HNP}) + \tau (HI_{pMAG(LMA1)-nMAG(LMA2)} + HA_{nMAG(LMA2)-pMAG(LMA1)})) \quad (8)$$

$$C_{PT-Intra}^{rNEMO} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{LMA-MAG} L_T) \tag{9}$$

$$C_{PT-Inter}^{rNEMO} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{LMA-MAG} L_T + \tau d_{LMA1-LMA2} L_P) \tag{10}$$

$$C_{PT-Intra}^{N-PMIPv6} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{LMA-MAG} 2L_T + \kappa d_{MAG-mMAG} L_P) \tag{11}$$

$$C_{PT-Inter}^{N-PMIPv6} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{LMA2-MAG(LMA2)} 2L_T + \kappa d_{nMAG(LMA2)-mMAG} L_P + \tau d_{LMA1-LMA2} L_P) \tag{12}$$

산될 수 있다. 도메인간 위치 업데이트 비용은 (7)에서 MAG가 직접 메시지를 주고 받기 때문에 (8)과 같이 계산될 수 있다.

4.2 패킷 터널링 비용

패킷 터널링 비용은 CN에서 MNN으로부터 유래된 데이터 패킷의 IP 터널 헤더 크기를 의미한다. 패킷의 값은 Little's law[15]에서 유래되었다. T는 $\lambda_s TE(S)$ 에 의한 대략적인 값이다. 그러므로 rNEMO의 도메인 내의 C_{pr} 는 (9)에 의해 나타낼 수 있고, 도메인간 패킷 터널링 비용은 도메인간 터널링 비용이 추가되어 (10)에 의해 계산될 수 있다.

N-PMIPv6에서, LMA가 MNN 주소로 설명된 패킷을 받을 때, 패킷은 두 터널 헤더를 받은 패킷에 추가하여 MAG에 보내진다. MAG는 단지 외부 헤더를 제거하고 나머지를 mMAG로 보낸다. 그러므로 N-PMIPv6의 도메인 내의 C_{pr} 를 (11)과 같이 나타낼 수 있고, 도메인간 패킷 터널링 비용은 (11)에 도메인간 터널링 비용이 추가되어 (12)에 의해 나타낼 수 있다.

MAG와 LMA 사이에서 사용되는 PMIPv6 터널 헤더를 제외하면 사용되는 터널 헤더는 없기 때문에 PR-NEMO의 도메인 내의 C_{pr} 는 rNEMO의 도메인 내 C_{pr} 와 같으므로 (13)과 같이 나타낼 수 있고, (14)에 의해 도메인간 PR-NEMO의 패킷 터널링 비용을 계산할 수 있다.

$$C_{PT-Intra}^{PR-NEMO} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{LMA-MAG} L_T) \tag{13}$$

$$C_{PT-Inter}^{PR-NEMO} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{LMA2-nMAG(LMA2)} L_T + \tau d_{LMA1-LMA2} L_P) \tag{14}$$

Fast PR-NEMO는 MAG가 직접 터널링을 하기 때문에 도메인간 패킷 터널링 비용은 (15)와 같이 계산되어 질 수 있고, (16)에 의해 도메인간 패킷 터널링 비용을 계산할 수 있다.

$$C_{PT-Intra}^{FastPR-NEMO} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{pMAG-nMAG} L_T) \tag{15}$$

$$C_{PT-Inter}^{FastPR-NEMO} = \lambda_s TE(S)(\tau d_{pMAG(LMA1)-nMAG(LMA2)} L_T) \tag{16}$$

4.3 수치분석 결과

rNEMO, N-PMIPv6, PR-NEMO, Fast PR-NEMO의 네 가지 기법에 대한 전체 비용을 계산하기 위해 사용된 매개변수 값[16]이 Table 1에 있다.

Fig. 9는 세션 도착 비율에 대한 총 비용을 보여준다. 세션 도착 비율이 점차 증가하면서 패킷 전달 비용도 기법들간 차이가 많이 발생했다. 특히 N-PMIPv6(E(S)=30) 기법의 총 비용이 눈에 띄게 증가했다. rNEMO가 PR-NEMO와 같은 패킷 터널링 비용을 가지지만, 총 비용은 rNEMO가 PR-NEMO보다 크게 나왔다. rNEMO 작동방법이 각각의 MNN의 수 만큼 위치 업데이트를 하도록 설계되어 있기 때문에 rNEMO가 Fast-NEMO, PR-NEMO보다 큰 값이 나오게 된다.

Fig. 10은 rNEMO가 빈번한 핸드오프에 매우 취약하다는 것을 보여준다. N-PMIPv6와 PR-NEMO의 총 비용 또한 증가했다, 그러나 PR의 핸드오버 시그널링으로 부터 증가하는 결과가 나왔다.

Fig. 11은 MNN의 수에 따른 총 비용의 결과를 보여준다. MNN 수가 증가할수록 rNEMO의 총 비용이 다른 기법들에 비해 급격하게 증가하는 것을 나타내고 있다. 왜냐하면 패킷 터널링 비용이 급격히 증가하기 때문이다. Fast PR-NEMO 기법에서는 MNN의 수 만큼 PBA 메시지 크기도 증가했다. 그리고 증가하는 MNN에 대한 패킷 터널링 비용 또한 같은 시간에 약간 증가하였다. E(S)를 MNN당 적어도 10 패킷으로 추정하면, 결과는 증가된 PBA 크기가 총 비용에 많은 영향을 미치지 않았다는 것을 보여준다.

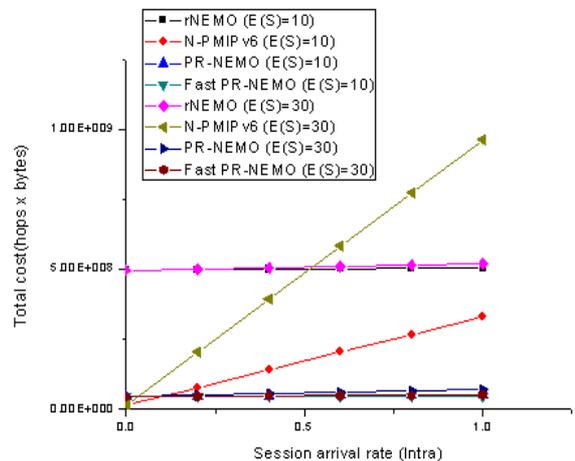


Fig. 9. Total cost for the session arrival rate, Intra

Table 1. Parameter values for performance analysis

매개변수	값	매개변수	값
$d_{MNN-PR(mMAG)}$	1	δ	10
$d_{PR(mMAG)-MAG}$	1	κ	2
$d_{MAG-AAA}$	1	τ	0.5
$d_{MAG-LMA}$	4	T	1000
RS	70	S	1000
RA	110	PBU	112
AAA	100	PBA	96
L_T	40	L_p	1500
HI	32	HA	10
$L_{P-Query}$	100	L_{P-Ack}	50

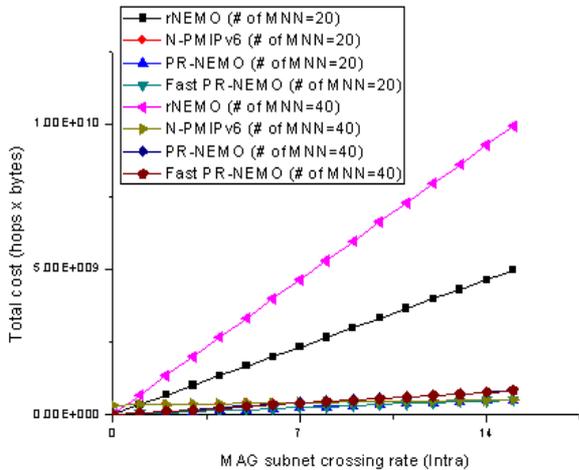


Fig. 10. The MAG subnet crossing rate, Intra

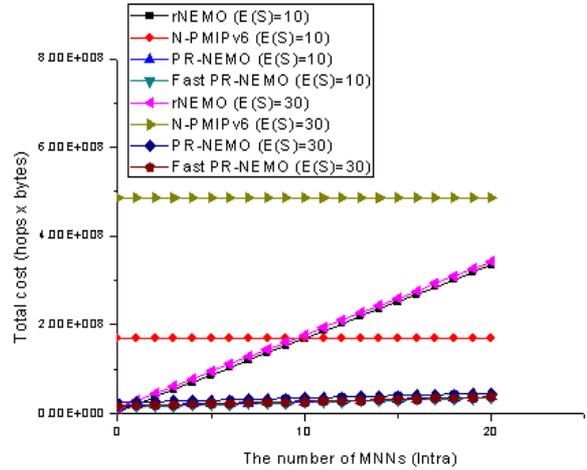


Fig. 11. Total cost as the number of MNNs, Intra

MNN 수 만큼 더 많은 데이터를 가지고 있어도 다른 대상과 비교하여도 가장 작은 총 비용을 발생 시키는 것을 확인할 수 있다.

PR-NEMO와 rNEMO의 총 비용을 비교할 때, 결과는 또한 PR-NEMO의 증가된 PBA 크기가 증가하는 위치 업데이트 비용보다 작다고 보여준다. 다양한 네트워크 환경의 총 비용을 보여주기 위해, 세션 도착 비율을 핸드오프 비율로 나누는 SMR(Session to Mobility Ratio)을 사용한다. SMR이 크면, 세션 활동성이 핸드오프 비율보다 비교적 높다는 것을 의미한다. Fig. 12, 13에서 Fast PR-NEMO는 SMR의 증가에 따라 변동이 거의 없고 다른 기법에 비해 가장 낮은 총 비용을 발생시키는 것을 확인할 수 있다.

도메인간의 핸드오버 절차에 대한 성능분석은 도메인 내

의 평가 방법에 LMA 간 발생하는 추가적인 비용이 더해진 것이며, 세션 도착 비율에 따른 총 비용을 살펴보면 Fig. 14와 같은 결과를 얻을 수 있다. 다른 기법들은 세션 도착 비율이 증가 함에 따라 급격히 비용이 증가하는 것을 살펴볼 수가 있지만, Fast PR-NEMO 기법은 비율의 변동에 상관없이 가장 낮게 일정한 값을 유지하고 있는 것을 알 수 있다.

도메인간 서브넷 교차 비율에 따른 총 비용은 rNEMO 기법이 다른 기법과 비교 했을 때 가장 급격한 변화를 일으키는 것을 Fig. 15에서 확인할 수 있고, 또한 Fast PR-NEMO가 PR-NEMO에 비교해서 낮은 값을 유지하면서 서서히 증가 하는 것을 확인할 수 있다.

도메인간 MNN의 수에 따른 총 비용에 대한 성능 분석 결과는 Fig. 16과 같으며, 다른 기법들은 MNN의 수에 상관

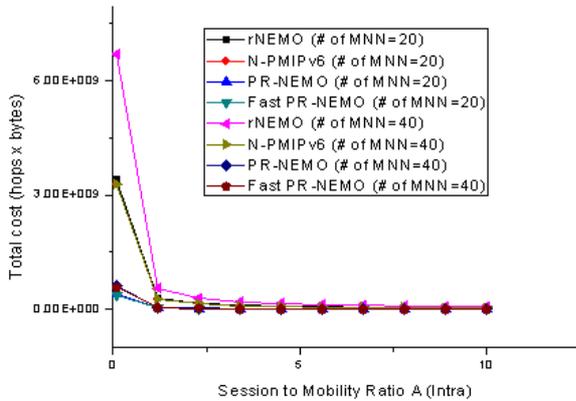


Fig. 12. Total cost as SMR A, Intra

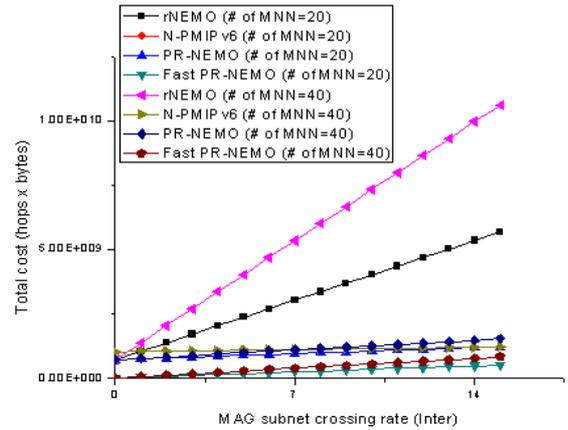


Fig. 15. The MAG subnet crossing rate, Inter

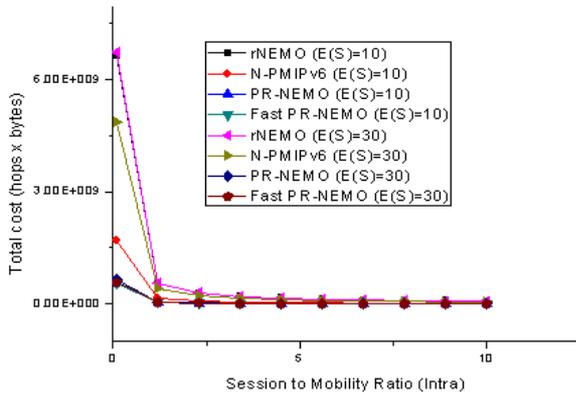


Fig. 13. Total cost as SMR B, Intra

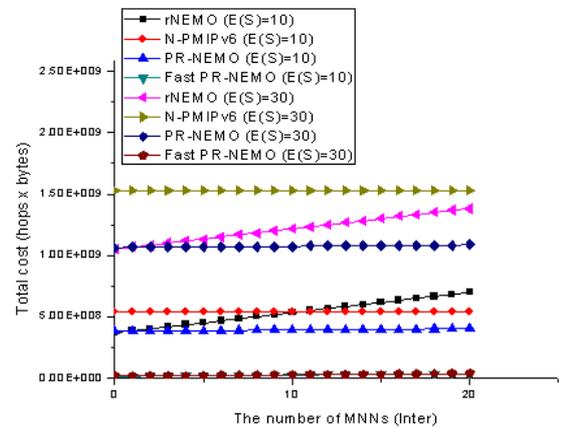


Fig. 16. Total cost as the number of MNNs, Inter

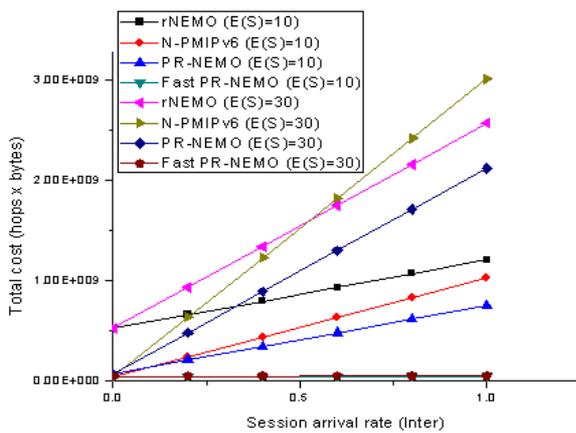


Fig. 14. Total cost for the session arrival rate, Inter

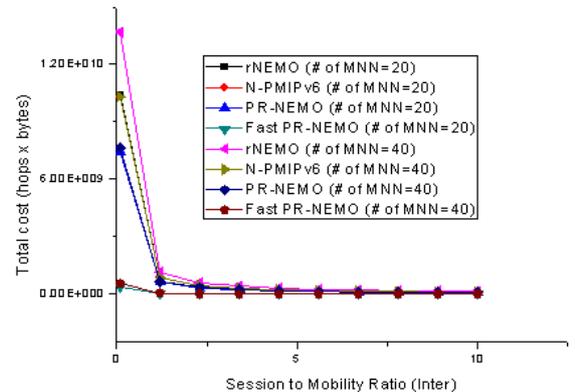


Fig. 17. Total cost as SMR A, Inter

없이 일정한 비용을 발생시키는 것을 확인할 수 있으나, rNEMO 기법은 MNN의 수가 증가하면서 비용 또한 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. Fast PR-NEMO 기법은 비교 대상들 중 가장 낮은 비용을 발생 시키며 MNN의 증가에 가장 효율적인 방법인 것으로 확인할 수 있다.

NEMO 기법들의 도메인간 총 비용을 비교할 때, 결과는 또한 Fast PR-NEMO의 증가된 PBA 크기가 증가하는 위치

업데이트 비용보다 작다고 보여준다. 다양한 네트워크 환경의 총 비용을 보여주기 위해, 세션 도착 비율을 핸드오프 비율로 나눈 SMR을 사용한다. SMR이 크면, 도메인간 세션 활동성이 핸드오프 비율보다 비교적 높다는 것을 의미한다. Fig. 17, 18에서 Fast PR-NEMO는 SMR의 증가에 따라 거의 변동이 없고 rNEMO가 가장 많은 비용이 발생하고 N-PMIPv6 기법이 다음으로 높은 비용을 발생 시키며

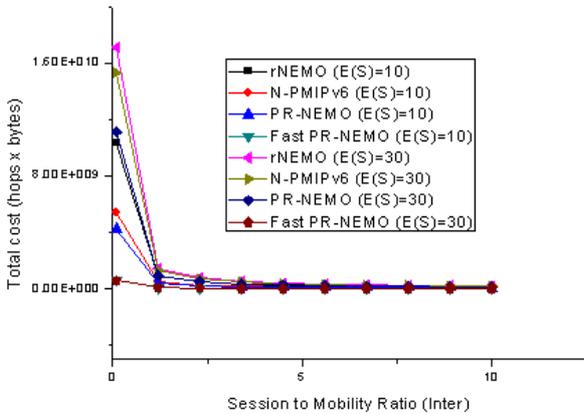


Fig. 18. Total cost as SMR B, Inter

PR-NEMO가 기존 기법 중에서는 가장 낮은 비용을 발생 시키고 Fast PR-NEMO 기법이 가장 낮은 총 비용을 발생 시키는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 PMIPv6 네트워크를 통한 Fast PR-NEMO라고 불리는 비용 효율적인 NEMO 프로토콜을 제안했다. Fast PR-NEMO는 효율적인 이동성관리와 패킷 전송 매소드를 제공하며, 멀티캐스팅 지원, 고속 핸드오버, 도메인 간 핸드오버를 지원한다. 결과적으로, Fast PR-NEMO는 위치 업데이트 오버헤드와 패킷 터널링 오버헤드를 감소시켰다. Fast PR-NEMO, PR-NEMO, N-PMIPv6, rNEMO의 총 비용을 분석과 평가하여, Fast PR-NEMO가 다른 방법들과 비교하여 핸드오버 시 가장 우수한 비용 효율성을 가지는 것을 증명하였으며, 데이터 손실이 적고, 지연시간이 거의 없으며 도메인간의 핸드오버도 지원하는 NEMO 솔루션이라는 것을 확인했다. 기존의 기법들의 문제점을 개선하여 상대적으로 저비용으로 보다 높은 만족도를 가질 수 있으며, 이는 Fast PR-NEMO가 이동성 Wi-Fi 환경에 가장 적합한 솔루션으로 판단할 수 있는 근거가 된다. 또한 추가적인 연구를 통해 고려되지 않았던 기존의 다른 기법들과의 성능 분석을 수행을 할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] Pack S., Shen X., Mark J.W. and Pan J., "Mobility management in mobile hotspots with heterogeneous multihop wireless links," *IEEE Commun. Mag.*, 45, 9, pp.106-112, September, 2007.
 [2] Devarapalli V., Wakikawa R., Petrescu A. and Thubert, P., "Network mobility (NEMO) basic support protocol," *IETF RFC 3963*, January, 2005.
 [3] Johnson, D. Perkins and C. Arkko, J., "Mobility support in IPv6," *IETF RFC 3775*, June, 2004.

[4] Zabin F., Misra S., Woungang I., Rashvand H.F., Ma N.-W. and M. Ahsan Ali, "REEP: data-centric, energy-efficient and reliable routing protocol for wireless sensor networks," *IET Commun.*, 2, 8, pp.995-1008, April, 2007.
 [5] Venkataraman G., Emmanuel S. and Thambipillai, S., "Energy-efficient cluster-based scheme for failure management in sensor networks," *IET Commun.*, 2, 4, pp.528-537, April, 2008.
 [6] Namboodiri V. and Gao L., "Energy-efficient VoIP over wireless LANs," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, 9, 4, pp.566-581, April, 2010.
 [7] Lee J., Ernst T. and Chung T., "Cost analysis of IP mobility management protocols for consumer mobile devices," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, 56, 2, pp.1010-1017, May, 2010.
 [8] Makaya C. and Pierre S., "An analytical framework for performance evaluation of IPv6-based mobility management protocols," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, 7, 3, pp.972-983, March, 2008.
 [9] Gundavelli S., Leung K., Devarapalli V., Chowdhury K. and Patil B., "Proxy mobile IPv6," *IETF RFC 5213*, August, 2008.
 [10] Soto I., Bernardos C.J., Calderon M., Banchs A. and Azcorra A., "NEMO-enabled localized mobility support for internet access in automotive scenarios," *IEEE Commun. Mag.*, 47, 5, pp.152-159, May, 2009.
 [11] Pack S., "Relay-based network mobility support in proxy mobile IPv6 networks," *Proc. IEEE CCNC 2008*, pp.227-228, January, 2008.
 [12] Abinader F., Gundavelli S., Leung K., Krishnan S. and Premec D., "Bulk re-registration for proxy mobile IPv6," draft-ietf-netext-bulk-reregistration-01.txt, January, 2010.
 [13] Aboba B., Beadles M., Arkko J. and Eronen P., "The network access identifier," *RFC 4282*, December, 2005.
 [14] Pack S., Shen X., Mark J.W. and Pan J., "Adaptive route optimization in hierarchical mobile IPv6 networks," *IEEE Trans Mob. Comput.*, 6, 8, pp.903-914, August, 2007.
 [15] Kleinrock L., "Queueing systems volume 1: theory," John Wiley & Sons, January, 1975.
 [16] Jeon S., Kang N. and Kim Y., "Enhanced predictive handover for fast proxy mobile IPv6," *IEICE Trans Commun.*, E92-B, 11, pp.3504-3507, November, 2009.
 [17] Jeon S. and Kim Y., "Cost-efficient network mobility scheme over proxy mobile IPv6 network," *Communications, IET*, 5, 18, pp.2656-2661, December, 2011.
 [18] Seung-Hyun Lee, Dong-Ryeol Shin, Jongpil Jeong, "SePH: Seamless Proxy-based Handoff Scheme in IP-Based

Heterogeneous Mobile Networks,” The KIPS Transactions : Part C, 19, 1, pp.71-82, 2012.

- [19] Chai Hyun Suk, Jeong Jong Pil, “Security Analysis and Implementation of Fast Inter-LMA domain Handover Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks,” The KIPS Transactions : Part C, 19, 2, pp.99-118, 2012.
- [20] Sewon Yoo, Jongpil Jeong, “Analytical Approach of Fast Inter-Domain Handover Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks with Multicasting Support,” The KIPS Transactions : Part C, 19, 2, pp.153-166, 2012.
- [21] Jae-Hoon Kim, Jongpil Jeong, “Performance Analysis of Cost-Effective Handoff Scheme in PMIPv6 Networks with DNS Supporting,” The Institute of Webcasting, Internet And Telecommunication, 11, 4, pp.131-140, August, 2011.
- [22] Do-Kyoung Ra, Jongpil Jeong, “Cost-Effective Mobility Management Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks with Function Distributor Support,” The Institute of Webcasting, Internet And Telecommunication, 12, 1, pp.97-107, February, 2012.



한 성 희

e-mail : iwas1006@gmail.com
 2010년 중앙대학교 정보시스템 학사
 2012년~현 재 성균관대학교
 정보통신대학원 석사과정
 관심분야: 모바일컴퓨팅, 네트워크 보안,
 IT 융합 등



정 중 필

e-mail : jpjeong@skku.edu
 2008년 성균관대학교 정보통신대학
 (공학박사)
 2009년 성균관대학교 컨버전스연구소
 연구교수
 2010년~현 재 성균관대학교 산학협력단
 산학협력중점교수
 관심분야: 모바일 컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크,
 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT 융합, 인터랙션
 사이언스 등