

# 항만 내 네트워크의 이동성 지원을 위한 PMIPv6망의 NEMO 지원 기법

민 상 원\*, 한 경 일\*, 정 민 아\*\*, 이 성 로<sup>o</sup>

## NEMO Support Scheme within PMIPv6 for Supporting Network Mobility in Harbor Area

Sang-Won Min\*, Kyeong-Il Han\*, Min-A Jeong\*\*, Seong Ro Lee<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문은 해양과 IT 기술 융합의 하나로써 PMIPv6(proxy mobile IPv6) 네트워크가 구성된 항만에서 NEMO(network mobility) 지원 기법을 적용함으로써 항만 네트워크에 접속해있는 승객, 물류 등의 이동성 지원뿐만 아니라 외부에서 해당 네트워크로 handover하는 MN(mobile node)에 대한 연결 방안을 제안한다. PMIPv6 망의 항만에서 NEMO를 지원할때 LMA(local mobile anchor)와 HA(home agent)의 터널과 BCE(binding cache entry)가 중복되어 생성되는 문제점이 발생하기 때문에 이를 해결하기위한 방안인 프로세싱 오버헤드를 줄일 수 있는 PMIPv6망의 NEMO 지원을 위한 메시지 형식 보안을 제안하였다. 이를 위해서 MN 및 MR의 네트워크 초기접속간 PBU(proxy binding update) 메시지에 옵션필드를 추가하여 초기접속 혹은 handover임을 LMA/HA에 통보하고 바인딩 절차를 줄인다. 이에 따라 PMIPv6 기반의 항만 네트워크에서 NEMO를 지원할 때 발생하는 지연 시간 감소와 자원 절약을 할 수 있다.

**Key Words** : Harbor Network, PMIPv6, NEMO, Handover

### ABSTRACT

In this paper, as one of the fusion of IT and ocean technology, we propose a scheme to support NEMO in a harbor area network to provide network mobility for passengers, distribution as well as give a connection to an MN from an outside network. In a harbor area under PMIPv6 with NEMO support, a problem could be occurred due to overlapping HA/LMA tunnels and duplicate BCE fields. To Solve these problems, we consider the existing mobility option and add an optional field in the PBU message, which can notify the LMA and HA for either an initial connection or handover request. This procedure can reduce some overlapped steps of binding procedure. Hence, our proposed scheme could reduce an amount of delay and save the processing resource in the harbor area under PMIPv6 with NEMO support.

\* 본 논문은 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009)과 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2012R1A1A2007155) 연구결과로 수행되었음.

♦ First Author : Kwangwoon University Department of Electronic Communication Engineering, min@kw.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : Dept. of Information & Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원

\* Kwangwoon University Department of Electronic Communication Engineering, kyeongil@kw.ac.kr, 학생회원

\*\* Dept. of Computer Engineering, Mokpo National University, majung@mokpo.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2014-05-165, Received May 2, 2014; Revised August 7, 2014; Accepted August 7, 2014

## I. 서 론

최근 IT 기술이 급격히 발전함에 따라 다른 요소 기술과의 융합이 이루어지고 있다. 조선, 해양 업계에 선 조선-IT 융합 플랫폼 구축을 골자로 IT 기술을 핵심으로 하는 기업들과의 협업을 통해 상용 이동통신망을 통해 업무 환경을 통합하여 효율적인 선박건조 생산성을 제공하는 스마트 조선소, 선박 내 통합 네트워크를 구성하여 선박 내 성능감시 및 원격 관제 시스템을 제공하는 스마트 선박 등을 개발 하고 있다. 이 뿐만 아니라 해운/항만 등의 글로벌 물류 환경에서도 다양한 IT 기술이 도입되고 있다<sup>1)</sup>.

IETF(internet engineering task force)에서 이동 단말의 IP 이동성을 지원하기 위한 기술로 표준화된 PMIPv6는 네트워크상의 액세스 라우터가 MN(mobile node) 대신에 MN의 위치정보를 HA(home agent)와 BU(binding update) 메시지 교환을 통해 갱신하는 접속하는 단말에 대한 이동성 관리 프로토콜이다. PMIPv6에서는 네트워크상에서 이동성 관리 시그널링 절차를 수행하기 위한 LMA (local mobility anchor)와 MAG(mobile access gateway)가 새롭게 정의되었다. 또한 NEMO(network mobility)는 버스, 기차, 비행기, 선박 등과 같이 이동하는 네트워크 환경에서 네트워크 전체의 이동성과 지속성을 보장하는 기술이며 네트워크의 이동뿐만 아니라 네트워크 내의 이동 단말에 대한 IP 연결을 지원한다<sup>2,3)</sup>.

본 논문에서는 이동성 지원에 주목하여 단말에 대한 이동성 관리 프로토콜인 PMIPv6에 NEMO를 적용함으로써 PMIPv6 항만 네트워크내의 이동하는 차량, 승객, 물류에 대한 네트워크 이동성 지원과 외부에서 해당 네트워크로 handover하는 MN에 대한 이동성 지원 방안을 제안한다. 항만 네트워크란 항만 지역 내의 통신망을 뜻한다. 그리고 항만 네트워크에 NEMO를 지원하는 과정에서 LMA와 HA의 터널과 BCE(binding cache entry)가 중복되어 생성되는 문제점이 발생하기 때문에 이를 해결하기위한 방안인 프로세싱 오버헤드를 줄일 수 있는 PMIPv6망의 NEMO 지원을 위한 메시지 형식 보완을 제안하였다. 제안한 방식을 통해 handover시에 중복된 터널, BCE 관리를 통해 빠른 handover와 패킷 손실, 지연 시간을 줄일 수 있다. 본 논문은 II장에서 본 논문의 기반이 되는 항만 네트워크에서 PMIPv6기반의 NEMO 지원절차와 기존의 PMIPv6 메시지 형식에 대해 설명하고, III장에서 네트워크의 이동성을 지원하면서 발생하는 handover 지연시간과 패킷손실을 최소화하기 위하여 새로운 메시지 형식을 제안한다. 제안된 방안을 바탕

으로 새로운 handover 방안에 대해 설명하며, IV장에서 선 제안한 방식에 대한 검증과 평가를 수행하고 마지막 V장에서는 결론을 도출하였다.

## II. 항만 네트워크와 NEMO 관련 연구

### 2.1 PMIPv6 기반의 항만 네트워크에 NEMO 지원

그림 1은 PMIPv6 기반의 항만 네트워크 망에서 NEMO를 지원하는 방안을 나타낸 것이다. 항만 네트워크는 PMIPv6망으로 구성되어 있으며 항만 내의 물류, 승객등의 차량에 NEMO가 적용되어 있다. PMIPv6 기반의 NEMO 지원 구조는 PMIPv6의 LMA와 NEMO의 HA이 있으며 LMA는 MR의 CoA(Care of address)의 토폴로지 상의 앵커지점이 된다. LMA와 HA의 연동을 통해 PMIPv6 도메인에서 MR은 이동하더라도 동일한 HA를 기반으로 하고 있기 때문에 주소는 바뀌지 않으며 NEMO의 이동성을 지원한다. 그리고 MR을 통해 MN은 이동성과 관련된 절차를 직접 처리하지 않게 되어 MIPv6 스택이 탑재되지 않는다<sup>4,5)</sup>.

NEMO의 구성 요소로서 MN(mobile network node), MR(mobile router)와 MNP(mobile network prefix)가 있으며, MN은 MNP가 포함된 주소를 지닌다. MR은 이동하는 네트워크에 장착된 기본 게이트웨이(default gateway)로의 역할을 수행한다. MR가 구성하고 있는 네트워크를 mobile network라고 부른다. 여기서는 MR이 NEMO가 적용된 물류, 승객 차량의 기본 게이트웨이이다. MR은 handover시에 mobile network에 있는 모든 MN에게 주소변환 없이

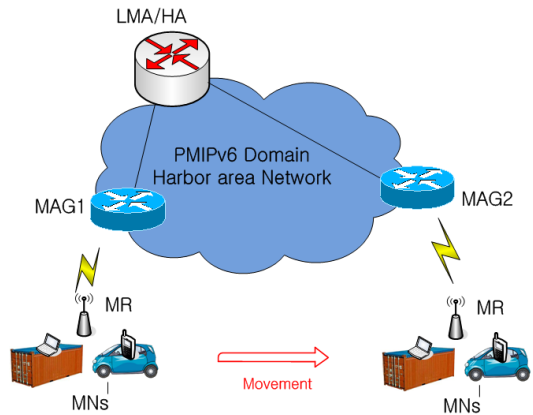


그림 1. PMIPv6 기반의 항만 네트워크망의 NEMO 지원  
Fig 1. Harbor area under PMIPv6 with NEMO support

논리적 연결을 유지한다. MNP는 MR에서 자신이 구성하고 있는 mobile network에 전송하는 IPv6 prefix를 의미하며 MN이 mobile network에 부팅하게 되면 MR에서 전송하는 MNP를 이용하여 주소를 생성한다. MR은 글로벌 홈 주소를 가지고 있는데, 이 홈 주소는 HA로부터 획득한 prefix를 기반으로 자동으로 설정되거나 DHCP 등을 통해 정적으로 설정될 수 있다<sup>6)</sup>.

본 논문에서는 MR은 네트워크를 구성하는 기본 게이트웨이의 역할을 수행하며 MN은 이동 네트워크 내의 통신망에 접속할 수 있는 장비를 나타낸다. 또한 PMIPv6망에서 HA가 할당한 prefix를 통해 MR의 주소가 생성되는 상황만을 고려하였다.

### 2.2 MN과 MR의 초기접속 절차

그림 2는 PMIPv6기반의 NEMO가 적용된 항만 네트워크의 초기접속 절차를 나타낸 것이다<sup>7)</sup>. MR이 HA의 네트워크에 초기 접속하게 되면 MR은 HA로부터 prefix를 할당받아 MR-HoA(Home of Address)를 형성한다. 그리고 MN이 이동 네트워크에서 부팅이 되어 초기 접속하게 되면 이동 네트워크의 MNP를 기반으로 HoA를 생성한다. MR이 홈 링크를 떠나 새로운 액세스 라우터에 접속하면 방문 링크로부터 CoA를 획득한다. MR은 CoA를 획득하자마자 HA로 BU(Binding Update) 메시지를 전송한다. HA는 MR이 전송한 BU 메시지를 수신하면 MR이 HoA를 현재

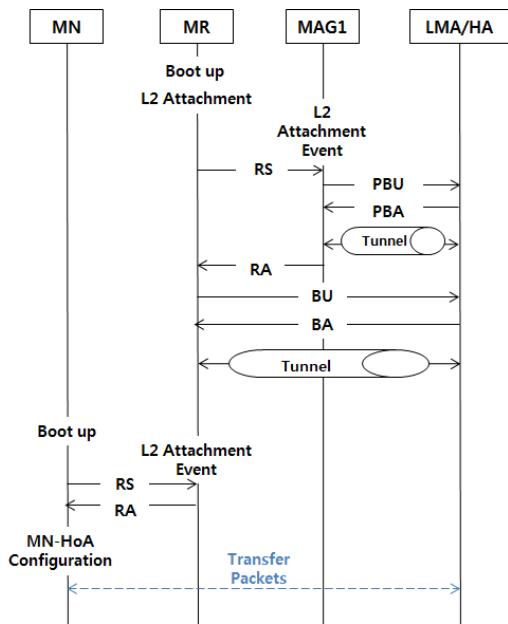


그림 2. 항만 네트워크의 초기접속절차  
Fig. 2. Initial access procedure for harbor area network

접속된 지점의 CoA 정보로 바인딩하기 위해 BCE를 생성한다. 이때 MR이 보내는 BU 메시지의 prefix information option에 현재 자신의 이동 네트워크에 속해있는 MNP를 포함하여 HA에게 알려주게 된다. 이를 전송받은 HA는 각각의 MNP들에 전송되는 패킷들을 MR의 CoA로 포워딩하도록 설정한다. BU 메시지를 수신한 HA는 BA(Binding Acknowledgement) 메시지를 MR로 전송한다. R 플래그가 설정된 BA는 HA가 이동 네트워크에 대한 전송기능을 설정했다는 의미이다. 바인딩 절차가 완료되면 HA와 MR 사이의 양방향 터널이 설정되며 MR은 터널을 통해 HA로 패킷을 전송한다. 이때 터널의 end-point는 MR의 CoA와 HA의 주소이다.

### 2.3 기존 PMIPv6 메시지 구조

PMIPv6에서 LMA와 MAG 사이에 이동성을 관리하기 위해 주고받는 PBU, PBA(proxy binding acknowledgement) 메시지는 기존의 MIPv6의 BU, BA(binding acknowledgement) 메시지를 수정하여 확장한 것이다. 그림 3은 PBU, PBA 메시지를 나타낸 것이며, 기존의 MIPv6 BU 메시지에서 P 플래그가 포함된 형태로 되어있다. 이 P 플래그가 1로 설정된 PBU 메시지를 LMA가 받게 되면 MAG가 BU를 요구한 것으로 판단하여 PBA 메시지를 전송한다. PBA 메시지에서도 P 플래그가 1로 설정되면 PBU에 대한 응답으로 PBA를 보내는 것이 된다<sup>8)</sup>.

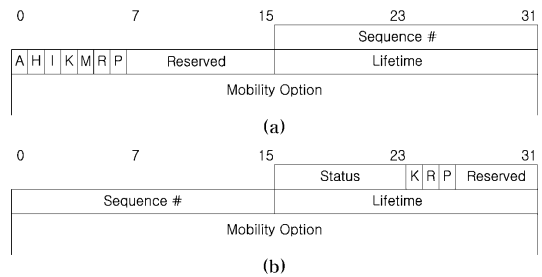


그림 3. 메시지 구조 (a) PBU (b) PBA  
Fig. 3. Message structure (a) PBU (b) PBA

## III. 항만 네트워크에 PMIPv6기반의 NEMO 지원을 위한 핸드오버 바인딩 기법 제안

### 3.1 항만 네트워크에서 PMIPv6 기반의 NEMO 지원방안의 문제점

기존 방안은 초기 연결과정에서 MAG-LMA, MR-HA 사이의 중복된 터널과 LMA와 HA에 MR에

대한 중복된 BCE가 생성된다. 이로 인해 MR에 속한 MN이 CN과 패킷 전송시 프로세싱 오버헤드가 증가하는 문제점이 발생한다. 또한 MR의 MAG간 handover시 새로운 MAG에 접속했을 때 PBA 메시지를 통해 얻은 prefix값은 같기 때문에 MR이 이전과 동일한 HoA를 설정하게 된다. 따라서 바인딩 절차를 다시 수행하는 과정에서 중복된 BCE 설정과 터널링 중복의 문제가 발생한다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 PBU 메시지에 Mobility option에 MR connection option 필드를 추가하는 방안을 제안하였다. 그림 4는 본 논문에서 제안한 PBU 메시지의 MR connection option의 구조이다. 이 옵션은 MR이 초기 접속인지 핸드오버인지를 나타내는 필드로서 MAG는 연결중인 MR의 연결 상태를 LMA에게 PBU 메시지를 통해 전달한다. 8bits로 구성된 MR connection 필드에는 0부터 255까지의 값이 설정될 수 있으며, 0은 Reserved이며 1은 초기 접속이다.

Type	Length	Reserved	MR Connection
------	--------	----------	---------------

그림 4. 제안한 MR connection option 구조  
Fig. 4. Proposed MR connection option structure

### 3.2 MN과 MR의 초기접속 절차

그림 5는 제안한 항만 네트워크의 초기 접속 절차이다. 이동 네트워크가 부팅되어 MR이 MAG1에 초기 접속하면 PBU, PBA 메시지를 통해 prefix 값을 획득한다. 그 후 바인딩 절차를 거쳐 MR은 R flag와 HoA, MN의 prefix 값을 HA에게 전송하고 HA는 MR과의 터널을 생성하게 된다. 그 과정 중 제안한 메시지 구조인 MR connection option을 이용한다.

MR은 네트워크가 부팅되면 PBU 메시지에 MR

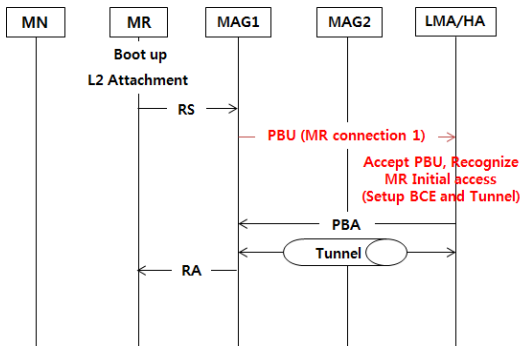


그림 5. 제안한 MN과 MR의 초기접속 절차  
Fig. 5. Proposed initial access process

connection option 필드에 초기접속임을 나타내는 값을 추가하여 LMA에 전송하도록 한다. LMA는 MAG1로부터 수신한 PBU 메시지의 MR connection option에서 MN이 초기접속임을 감지하고 기존 절차를 거쳐 MN과 CN이 연결되게 된다.

### 3.3 MR과 MAG간 handover 절차

그림 6은 NEMO가 적용된 승객, 물류 차량등 이동 네트워크가 이동하였을 때의 handover 절차와 외부에서 항만 네트워크로 이동했을 때의 handover 절차를 나타낸 것이다. MR이 MAG1의 접속을 끊고 MAG2로 이동했을 때 RS 메시지를 통해 MAG2가 LMA로 전송하는 PBU 메시지에 MR connection option 필드에 MR이 handover임을 알리는 값을 전송한다. LMA는 MAG2로부터 수신한 PBU 메시지에 MR connection option에서 MR이 handover임을 알고, LMA는 BCE를 설정하고 MAG2와 터널을 생성한 뒤 R flag를 체크하여 PBA 메시지를 MAG2에게 전송한다. 그리고 바인딩 과정을 생략하고 미리 HA가 BA 메시지를 MN에게 전송하여 MN과 CN의 통신이 가능함을 알린다. 따라서 MR이 바인딩 절차를 거치지 않고 추가적인 터널링과 BCE 생성 없이 바로 CN과 연결되어 데이터 전송이 가능해진다.

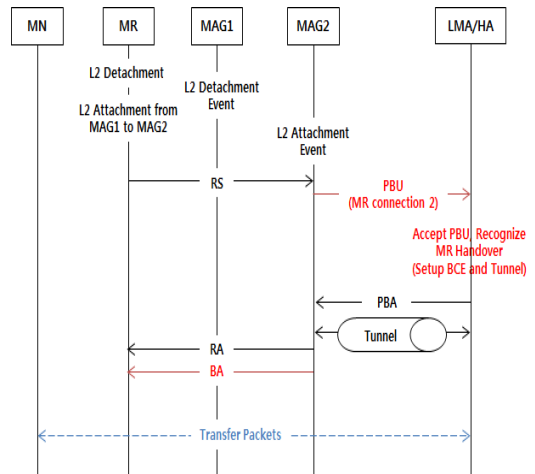


그림 6. 제안한 MR의 MAG간 핸드오버 절차  
Fig. 6. Proposed handover process

## IV. 프로토콜 검증 및 평가

제안한 프로토콜의 동작 수행 능력에 대한 검증을 위하여 3장의 요구사항들 중에서 고려해야 할 부분은 PBU 메시지에 MR Connection 필드가 추가되어 있

고 LMA/HA도 MR Connection 필드를 식별하여 MAG와 미리 터널을 형성하여 바인딩 절차를 줄일 수 있어야 한다는 점이다. PMIPv6 기반의 NEMO가 적용된 항만 네트워크 망의 동작을 state transition diagram을 이용하여 구성하였다<sup>9)</sup>.

검증 방법으로 state transition diagram을 선택한 이유는 항만 네트워크에서의 PMIPv6기반의 NEMO를 지원하는 과정에 대한 네트워크 구성과 프로토콜 구조에 대한 제안이기 때문에 state transition diagram을 통해 프로토콜 검증 수행이 가능하기 때문이다.

그림 7은 PMIPv6기반의 NEMO를 지원하는 항만 네트워크에서의 LMA/HA의 동작을 나타낸 처리 과정이다. LMA/HA가 MR로부터 RS 메시지를 받은 MAG가 PBU 메시지를 받았을 때 MR Connection option 필드의 값을 확인하고 1이면 handover 상태임을 간주하고 MR과 HA의 바인딩 절차를 거치지 않고 R flag가 체크된 PBA 메시지를 MAG에게 전송하고 HA는 BA 메시지를 MR에게 전송하여 MR과 CN이 연결된다. MR Connection option 필드의 값이 1이 아니면 초기 연결 과정이나 재접속으로 간주하고 기존 절차와 동일한 방법으로 BCE를 설정하고 MAG와 터널을 수행한다음 MR과 HA의 바인딩 절차를 통해 MR과 CN이 연결된다.

그림 8은 state transition diagram으로 분석한 항만 네트워크의 동작을 나타낸 것이다. 기본적으로 모든 state에서 MR로부터 MAG를 거쳐 LMA/HA로 메시지를 주고 받음에 따라 state가 변환되어 동작이 수행된다.

항만 네트워크에 NEMO가 적용된 네트워크가 존재 하지 않는 RUNNING state에서 네트워크가 부팅되어 초기 연결을 하기 위해 MR이 MAG로 RS 메시지

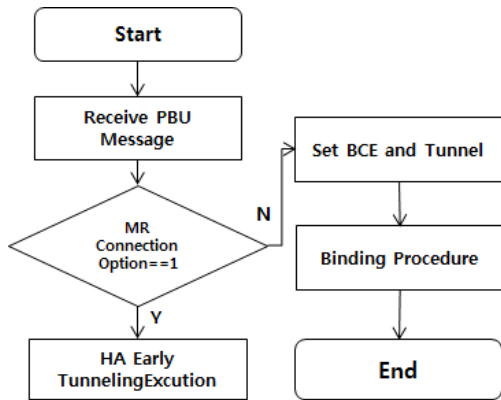


그림 7. 제안한 LMA/HA 동작 과정  
Fig. 7. Proposed procedure of LMA/HA

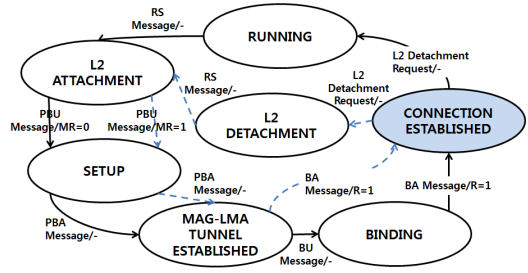


그림 8. State transition diagram으로 분석한 항만 네트워크의 동작  
Fig. 8. Operation of harbor area network by state transition diagram

지를 보내면 MAG는 L2 ATTACHMENT state로 천이하고 PBU 메시지를 보내면 LMA/HA는 SETUP state로 천이하여 MAG와 BCE를 설정하고 MAG-LMA TUNNEL ESTABLISHED state가 된다. 그리고 MR과 BINDING state를 통해 바인딩 절차를 거치면 MR-HA간 Tunnel이 형성 되고 CONNECTION ESTABLISHED state가 되어 PMIPv6망에 NEMO가 적용된 네트워크가 연결된다는 점이 초기 접속 과정에서 가장 핵심적인 동작이다. 연결이 끊어지지 않는 이상 CONNECTION ESTABLISHED state가 계속 동작하여 네트워크가 CN과 계속 통신을 할 수 있다.

네트워크가 이동하여 handover 과정을 수행할때는 L2 DETACHMENT state로 천이되어 LMA와 다시 SETUP 절차를 수행하게 된다. PBU 메시지에 handover임을 알리는 MR Connection option 값이 설정된다면 MAG-LMA TUNNEL ESTABLISHED state에서 바인딩 절차를 거치지 않고 HA가 바로 BA 메시지를 MR에게 전송하여 중복된 BCE와 터널 형성 없이 CONNECTION ESTABLISHED state로 천이 되어 네트워크와 CN이 통신을 할 수 있게 된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 PMIPv6 기반의 항만 네트워크에서 NEMO가 적용된 승객, 물류 등의 이동하는 자원에 대한 이동성 지원방안에 대해 설명하고 새로운 옵션 필드 추가로 패킷 손실, 지연 시간을 줄일 수 있는 새로운 이동성 관리 절차에 대해 제안하였다. 기존 기법에 의해 HA와 MR의 바인딩 과정을 줄이기 때문에 handover 지연 시간 및 패킷 손실의 감소를 기대해 볼 수 있다. 이를 통해 항만 네트워크내의 이동성 관리 지원과 최적화를 기대할 수 있다. 또한 네트워크와 프로토콜 구조에 대한 제안이기 때문에 메시지 플로우

를 기반으로 제안한 연결 과정을 state transition diagram 방식으로 검증을 수행하였다.

본 논문에서 제안한 기법을 다양한 환경에서의 적용 여부에 대한 연구를 수행해야 할 것이며, 또한 제안하는 방안에 대해 시뮬레이션을 통한 성능검증 및 분석을 고려해야 한다.

## References

- [1] G. Kwark and J. Lee, "Routing protocol of shipping container network suitable for port/yard stacking environment: SAPDS," *J. KICS*, vol. 36. no. 6, pp. 728-737, May 2011.
- [2] G. Giaretta, "Interactions between proxy mobile IPv6 (PMIPv6) and mobile IPv6 (MIPv6): scenarios and related issues," *IETF RFC 6612*(2012), Retrieved April., 1, 2014, from <http://www.rfc-editor.org/info/rfc6612>.
- [3] G. Tsirtsis, H. Soliman, N. Montavont, G. Giaretta, and K. Kuladinithi, "Flow bindings in mobile IPv6 and network mobility (NEMO) basic support," *IETF RFC 6089*(2011), Retrieved April., 6, 2014, from <http://www.rfc-editor.org/info/rfc6089>.
- [4] S. Min, "Algorithm design and implementation of interworking with MR for NEMO in PMIPv6 network," *J. KICS*, vol. 36, no. 1, pp. 615-622, Jun. 2009.
- [5] I. Joe and J. Kim, "An improved route optimization algorithm for RMTTP support in the NEMO environment," *J. KICS*, vol. 34, no. 6, pp. 67-72, Jan. 2011.
- [6] Y. Na and S. Min, "Proposal of a handover scheme in NEMO support in the ITS networks based on PMIPv6," in *Proc. KIITS Spring Conf.*, pp. 66-71, Asan, Korea, May 2010.
- [7] S. Ha, S. Min, B. Ki, K. Kim, Y. Lee, J. Bae, and S. Lee "A mobility management scheme for NEMO within PMIPv6," in *Proc. KICS Conf.*, pp. 107-108, Seoul, Korea, ov. 2011.
- [8] J. Lee and Y. Kim "A flow-based mobility support mechanism in proxy MIPv6 based network," *J. KICS*, vol. 36, no. 6, pp. 592-599, Jun. 2011.
- [9] M. Park, D. Lee, and S. Min, "Proposal and

design of a novel SNA protocol for the power control system," *J. KICS*, vol. 35, no. 8, pp. 1122-1128, Aug. 2010.

### 민 상 원 (Sang-Won Min)



1996년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사  
1999년 2월~현재 : 광운대학교 전자통신공학과 교수  
1990년 2월~1999년 2월 : LG정보통신 선임연구원  
<관심분야> Next-Generation

Convergence Networks

### 한 경 일 (Kyeong-il Han)



2014년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 학사  
2014년 3월~현재 : 광운대학교 전자통신공학과 석사과정  
<관심분야> IPv6, IMS, VoIP

### 정 민 아 (Min-A Jeong)



1992년 2월 : 전남대학교 이학사  
1994년 2월 : 전남대학교 이학석사  
2002년 2월 : 전남대학교 이학박사  
2002년 4월~2003년 2월 : 광주과학기술원정보통신공학과 Post-Doc  
2003년 4월~2005년 2월 : 전남

대학교 전자통신기술연구소 Post-Doc

2011년 9월~2013년 2월 : Cleveland Clinic Research  
2005년 3월~현재 : 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수  
<관심분야> 데이터베이스데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자공  
학과 공학사

1990년 2월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학석사

1996년 8월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학박사

1997년 9월~현재 : 목포대학교

공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시  
스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템