

DMM의 패킷 손실 감소 방안 제안 및 성능 비교

Proposal and Performance Comparison for a Packet Loss Reduction Scheme of DMM

하 상 혁*
(Sang-Hyuk Ha)

민 상 원**
(Sang-Won Min)

요 약

본 논문에서는 DMM의 우수성을 나타내기 위해 PMIPv6와 트래픽 부하 변화, 패킷 전달 지연시간에 대해 성능 비교 분석하였다. 그리고 DMM에서 기술한 핸드오버 시 패킷 손실이 발생하는 문제점을 줄이기 위해 핸드오버 이전 MAAR에 버퍼를 생성하는 방안에 대해 연구하였다. DMM의 우수성과 패킷 손실을 줄이기 위한 방안을 분석하였으며, 같은 네트워크 서비스 환경임에도 불구하고 PMIPv6보다 DMM이 트래픽 부하 변화 및 패킷 전달 지연시간 측면에서 확실히 성능이 우수함을 확인하였다. 그리고 제안한 DMM의 버퍼링 방안 성능이 기존 DMM의 핸드오버 절차에 비해 패킷 손실이 줄었음을 입증하였다.

핵심어 : DMM, PMIPv6, 핸드오버, 버퍼링, 패킷 손실

Abstract

In this paper, we considered the performances of PMIPv6 and DMM in the viewpoints of traffic load change and packet delivery latency time, where a new buffering in the previous MAAR is proposed to reduce packet loss during handover. To show the superiority of the DMM and to validate the operation of the buffering scheme, we accomplished its simulation under the typical handover. Our performance comparison results show that the DMM is better than the performance of traffic load change and packet delivery latency time of PMIPv6. We can see that the proposed buffering scheme is better than the existing one in terms of packet loss.

Key words : DMM, PMIPv6, handover, buffering, packet loss

1. 서 론

최근 스마트폰이 등장하면서 모바일 인터넷 트래픽이 급증하고 하고 있으며, 대용량 멀티미디어

앱의 활성화로 인해 모바일 트래픽의 수요는 해마다 증가할 것으로 전망되어 모바일 트래픽을 효율적으로 처리하기 위한 IP (Internet protocol) 이동성 관리기술에 대한 관심은 갈수록 증대될 것으로 예

† 본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2012R1A1A2007155)과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의연구과정의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2012-H0502-12-1007).

* 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과 석사과정

** 공저자 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

† 논문접수일 : 2012년 9월 18일

† 논문심사일 : 2012년 9월 28일

† 게재확정일 : 2012년 10월 10일

상된다. 현재 IETF(Internet Engineering Task Force)는 네트워크 계층의 이동성 관리를 위한 다양한 기술을 연구하고 있으며 그 중 대표적으로 호스트 기반의 글로벌 이동성 관리기술인 MIPv6 (mobile IPv6)와 네트워크 기반의 이동성 관리기술인 PMIPv6 (proxy mobile IPv6)를 표준화하였다[1][2]. 그러나 MIPv6, PMIPv6는 HA (home agent)나 LMA (local mobility anchor)와 같은 노드에서 위치 관리 제어를 하는 중앙 집중형 방식이며, 이는 임의의 단말과 다른 상대 단말 사이에 전송되는 모든 트래픽이 HA나 LMA를 거쳐서 전달되기 때문에 HA나 LMA에 상당히 많은 부하가 걸리게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 IETF의 MEXT (mobility extension for IPv6) 워킹그룹은 위치 정보와 데이터 트래픽을 분리함으로써 보다 효율적인 이동성을 제공하는 관리 기술은 DMM (distributed mobility management) draft가 제안되었다[3][4]. 그러나 DMM 기술의 다수의 장점에도 불구하고 이러한 DMM의 우수성을 나타내는 관련 연구가 부족한 실정이다. 그리고 기존의 DMM에서 기술한 핸드오버 기법은 MN (mobile node)가 다른 MAAR (mobility anchor and access router)로 핸드오버 시 패킷 손실이 생기는 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 DMM의 우수성을 나타내기 위해 PMIPv6와 DMM의 패킷 전달 지연시간에 대해 성능 비교 분석한다. 그리고 MN이 다른 MAAR로 핸드오버 시 발생 가능한 패킷 손실을 줄이기 위한 방안을 제안한다. DMM의 우수성과 패킷 손실을 줄이기 위한 방안을 분석하기 위해서 ns-3 (network simulator 3)를 사용하였다.

본 논문의 II장에서는 PMIPv6, DMM에 대해서 설명하고, III장에서는 DMM에서 기술한 핸드오버 시에 발생하는 패킷 손실 문제점을 설명한 후 이를 해결하기 위한 방안을 설명한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 PMIPv6와 DMM에 대한 시나리오에 따른 성능 비교 분석하고 DMM에서 핸드오버 시 발생하는 패킷 손실과 제안한 방안을 적용시켰을 때의 패킷 손실을 비교 분석하며, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 이동성 관리 프로토콜

1. MIPv6, PMIPv6

MIPv6는 호스트 기반의 이동성 관리기법으로 MN가 자신의 HoA (home of address)를 갖고 네트워크를 계속해서 이동할 수 있도록 하며 상위 계층에는 이동에 대한 사실을 숨기기 때문에 세션의 단절 없이 통신을 할 수 있다[5].

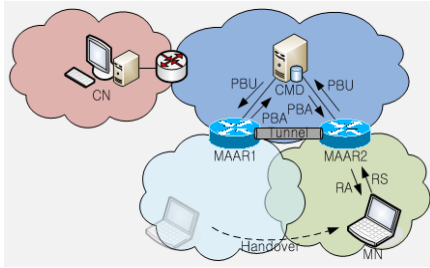
PMIPv6는 네트워크 기반의 이동성 관리 기법이며 네트워크 구성요소가 MN를 대신하여 이동성을 관리함으로써 MN는 이동성 관리에 대한 관여를 전혀 하지 않는다. PMIPv6는 MIPv6에는 존재하지 않았던 LMA와 MAG (mobile access gateway)의 구성요소가 추가되었다[6].

LMA는 PMIPv6 도메인에서 HA의 역할을 제공하는 것은 물론, MN에게 HNP (home network prefix)를 할당하는 역할을 하며 추가적으로 MN에게 패킷을 전달하기 위한 라우터 기능도 한다. MAG는 해당 네트워크에 연결된 MN의 이동성에 관련된 모든 부분을 담당하고 관리한다. 따라서 MN는 MAG와 주소 설정을 하기 위해 RS (router solicitation) 및 RA (router acknowledgement) 메시지를 주고받아 주소를 설정할 뿐 이동성에 관련한 메시지 절차를 수행하는 것은 없다.

2. DMM

DMM은 PMIPv6 기반이긴 하지만 중앙 집중형 방식인 PMIPv6와는 다르게 위치 정보와 데이터 트래픽을 분리함으로써 효율적인 이동성을 제공한다. DMM에는 PMIPv6에 존재하지 않는 구성요소인 CMD (central mobility database)와 MAAR이 추가되었다. CMD는 MN의 이동성 지원을 위해 BCE (binding cache entry)를 관리하는 노드이고, MAAR은 MN이 접속한 first hop 라우터를 의미하며 AR (access router), LMA, 그리고 MAG 기능을 지닌다.

<그림 1>은 DMM에서 MN의 핸드오버 절차를 나타낸다. MN가 핸드오버하게 되면 MAAR2로 MN ID를 포함한 RS 메시지를 전송한다. RS 메시지를



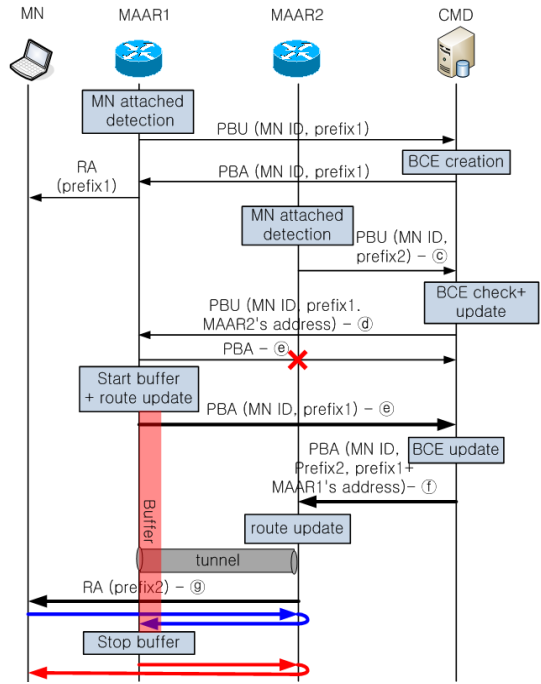
〈그림 1〉 DMM 핸드오버
(Fig. 1) DMM handover

수신한 MAAR2는 MN에게 할당할 prefix2와 MN ID를 포함하여 PBU (proxy binding update) 메시지로 CMD에게 전송한다. CMD는 MN ID가 등록되어 있는지 확인한 후 이미 등록되어 있는 것을 확인하여 BCE를 갱신한다. 이후 MN ID, prefix1, 그리고 MAAR2를 포함한 PBA 메시지를 MAAR1에게 전송하여 prefix1을 갖는 MN ID로 전송된 패킷은 MAAR2로 전송할 것을 알린다. 이후 MN ID, prefix1을 포함한 PBA (proxy binding acknowledgement) 메시지를 CMD에게 전송함으로써 PBU 메시지가 성공적으로 전송되었고 처리되었음을 알린다. MN ID, prefix2, prefix+MAAR1을 포함한 PBA 메시지를 MAAR2에게 전송하면 prefix2를 갖는 MN ID의 패킷은 MAAR1을 통해서 패킷이 전송될 것을 알림으로써 MAAR1과 MAAR2간에는 터널이 생기게 된다. 이후 CN (correspondent node) 에서 MN으로의 패킷 전송은 CN에서 MAAR1을 거치고 MAAR2에게 전달되며 MN에게 전송된다. MN에서 CN로의 패킷 전송은 MN에서 MAAR2를 거치고 MAAR1에게 전달되며 CN에게 전송된다.

III. DMM의 패킷 손실 문제점 해결방안

1. 패킷 손실 문제점

DMM에서 기술한 핸드오버 기법은 MN가 다른 MAAR로 핸드오버 시 CMD에서 전송하는 시그널링 메시지 처리 시 지연시간이 발생하게 되어 새로운 망으로의 핸드오버가 먼저 이루어지게 되면 CN에서 전송하는 패킷을 MN가 수신 받지 못하게 되



〈그림 2〉 패킷 손실 문제점 해결방안
(Fig. 2) Proposed scheme for reducing packet loss problem

는 패킷 손실 문제점이 발생된다. <그림 2>의 MAAR1에서 PBU 메시지에 대한 처리가 늦게 되고 MN가 MAAR2로의 L2 핸드오버 수행을 완료하게 되며 CN에서 전송하는 패킷이 MN에게 전송되지 못한 채 손실이 일어나며 결국 CN와의 원활한 통신을 하지 못하게 된다. 따라서 이러한 패킷 손실을 야기 시킬 수 있는 문제점을 해결해야하는 방안이 요구된다.

2. 해결방안

DMM에서 패킷 손실 문제점을 해결하는 시그널링 절차를 <그림 2>에 나타내었다. MN가 MAAR1에서 처음 등장하게 되면 자신의 MAC 주소인 MN ID를 포함하여 RS 메시지를 전송한다. RS 메시지를 수신한 MAAR1은 MN에게 할당할 prefix1과 MN ID를 포함하여 CMD에게 PBU 메시지를 전송한다. CMD는 PBU 메시지를 수신하고 MN ID가 등록되어 있는지 확인한 후 등록되어 있지 않은 것을 확

인하여 BCE를 생성한다. 이후 MN ID와 prefix1를 포함한 PBA 메시지를 MAAR1에게 전송함으로써 BCE가 성공적으로 이루어졌음을 알린다. PBA 메시지를 수신한 MAAR1은 MN에게 prefix1을 포함한 RA 메시지를 전송하며 RA 메시지를 받은 MN은 해당 prefix1을 이용하여 주소를 생성한다.

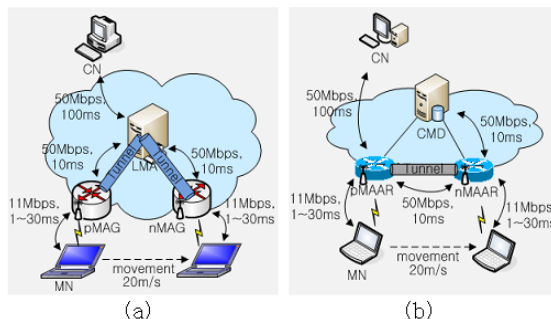
MN이 핸드오버하게 되면 MAAR2로 MN ID를 포함한 RS 메시지를 전송한다. RS 메시지를 수신한 MAAR2는 MN에게 할당할 prefix2와 MN ID를 포함하여 PBU 메시지로 CMD에게 전송한다. CMD는 MN ID가 등록되어 있는지 확인한 후 이미 등록되어 있는 것을 확인하여 BCE를 갱신한다. 이후 MN ID, prefix1, 그리고 MAAR2를 포함한 PBU 메시지를 MAAR1에게 전송한다. 이때, 루트 업데이트 하기 이전에 CN에서 전송하는 패킷을 저장하기 위해 버퍼를 시작하고 prefix1을 갖는 MN ID로 전송된 패킷은 MAAR2로 전송하기 위한 루트 업데이트를 시작한다.

이후 MN ID, prefix1을 포함한 PBA 메시지를 CMD에게 전송함으로써 PBU 메시지가 성공적으로 전송되었고 처리되었음을 알린다. MN ID, prefix2, prefix1+MAAR1을 포함한 PBA 메시지를 MAAR2에게 전송하면 prefix2를 갖는 MN ID의 패킷은 MAAR1을 통해서 패킷이 전송될 것을 알림으로써 MAAR1과 MAAR2간에는 터널이 생기게 된다. 이후 MN이 MAAR2로부터 prefix2를 포함한 RA 메시지를 수신한다. 주소를 생성하고 MN가 CN에게 패킷을 전송하면 MAAR2를 거쳐서 MAAR1에게 전송된다. 처음 MN에서 전송하는 패킷이 도착했을 경우에 MAAR1에서 패킷 손실을 막기 위한 버퍼를 중지하고 저장되었던 패킷을 MN에게 전송한다. 이후 CN에서 MN으로의 패킷 전송은 CN에서 MAAR1을 거치고 MAAR2에게 전달되며 MN에게 전송된다. MN에서 CN으로의 패킷 전송은 MN에서 MAAR2를 거치고 MAAR1에게 전달되며 CN에게 전송된다. 이처럼 MAAR1에서 핸드오버 시에 버퍼를 수행하게 되면 CN에서 전송하는 패킷을 저장하여 MN에게 전달해주기 때문에 원활한 통신을 제공할 수 있다.

IV. 성능평가

1. 패킷 전달 지연시간 성능 평가

패킷 전달 지연시간과 패킷 손실 성능 평가의 시



<그림 3> 패킷 전달 지연시간 및 패킷 손실 성능 평가 시뮬레이션 토폴로지 (a) PMIPv6 (b) DMM
<Fig. 3> Network simulation topology for performance evaluation of packet delivery latency and packet loss (a) PMIPv6 (b) DMM

물레이션을 위한 토폴로지는 <그림 3>에 나타내었다. MN와 CN간에는 UDP 통신을 하며 CN와 LMA 또는 MAAR 구간의 대역폭을 50Mbps, 지연시간을 100ms로 설정하였다. LMA와 MAG, CMD와 MAAR 구간의 대역폭을 50Mbps, 지연시간을 10ms로 설정하였으며 MN와 MAAR 또는 MAG 간의 무선구간은 IEEE 802.11로 설정하였다.

패킷 전달 지연시간 성능 평가로 앞서 설명한 패킷 전달 지연시간 시나리오를 참고하여 식 (1), 식 (2), 식 (3), 식 (4)와 같은 수식을 도출하였다. 핸드오버하기 이전의 MN와 CN간의 패킷 전달 지연시간 식 (1), (3), 핸드오버 이후의 패킷 전달 지연시간은 식 (2), (4)로 도출하였다.

$$PD_{PMIPv6-HOP} = d_{CN-LMA} + d_{LMA-pMAG} + d_{pMAG-MN} \quad (1)$$

$$PD_{PMIPv6-HOA} = d_{CN-LMA} + d_{LMA-nMAG} + d_{nMAG-MN} \quad (2)$$

$$PD_{DMM-HOP} = d_{CN-pMAAR} + d_{pMAAR-MN} \quad (3)$$

$$PD_{DMM-HOA} = d_{CN-pMAAR} + d_{pMAAR-nMAAR} + d_{nMAAR-MN} \quad (4)$$

DMM에서 핸드오버 이전의 패킷 전달 지연시간은 대략 100~110ms이며 DMM에서 핸드오버 이후의 패킷 전달 지연시간은 약 110~125ms로 측정되었다.

PMIPv6에서는 핸드오버 전후 패킷 전달 지연시간은 약 113~125ms로 측정되었다. DMM과 PMIPv6를 비교하였을 때 핸드오버 이전의 패킷 전달 지연시간은 DMM이 약 10~15ms 정도 성능이 우수함을 확인하였다.

2. 패킷 손실 성능 평가

본 절에서는 기존의 DMM 패킷 손실과 제안한 DMM 패킷 손실 해결방안 성능을 정성적 및 정량적으로 비교 분석하였다. 정성적 분석을 위해 패킷 손실 구간은 MN가 패킷을 수신하지 못하는 링크 계층 핸드오버 수행 시점부터 네트워크 계층 핸드오버 종료 시점까지로 정의한다. <그림 4> (a)는 기존의 DMM에서 핸드오버 시 패킷 손실 구간을 나타낸다. ①은 MN의 링크 계층 핸드오버를 나타내며 ②~⑧까지 네트워크 계층 핸드오버를 나타낸다.

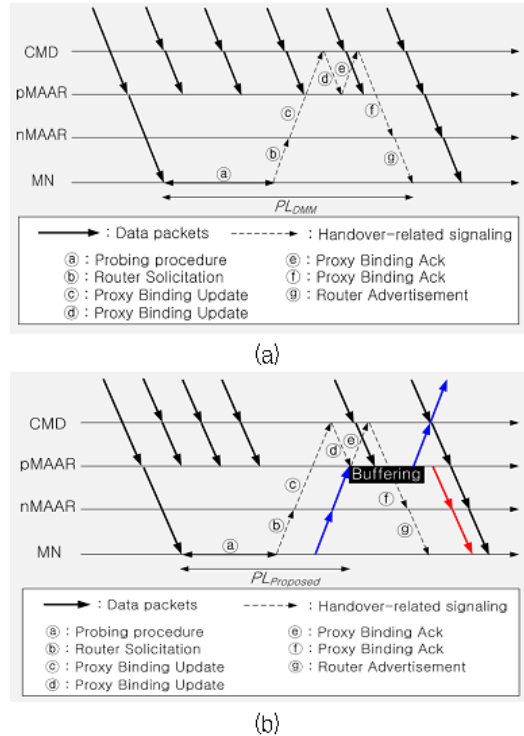
따라서 기존의 DMM 패킷 손실(PL_{DMM})은 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다. $t_{MAAR-CMD}$ 는 MAAR와 CMD간의 이동성 관련 시그널링으로 PBU, PBA 메시지에 해당된다. $t_{MN-MAAR}$ 는 MN와 MAAR 간의 이동성 관련 시그널링으로 RS, RA 메시지에 해당된다.

$$PL_{DMM} = t_{probe} + 4t_{MAAR-CMD} + 2t_{MN-MAAR} \quad (5)$$

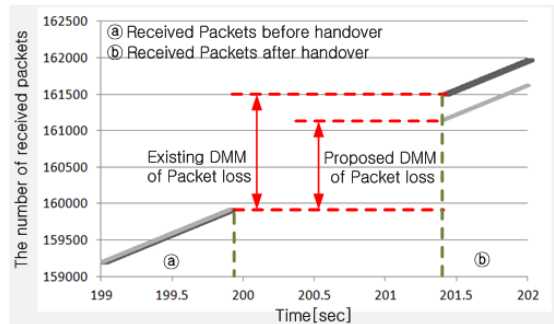
<그림 4> (b)는 제안한 DMM에서 핸드오버 시 패킷 손실 구간을 나타낸다. 본 논문에서는 CMD에서 pMAAR로 전송하는 PBU 메시지를 버퍼트리거로 활용하였기에 기존의 DMM 핸드오버 시 패킷 손실을 보다 줄일 수 있다. 따라서 $2t_{MAAR-CMD} + t_{MN-MAAR}$ 만큼 패킷 손실을 줄일 수 있으며 제안한 DMM 핸드오버 시 패킷 손실 구간($PL_{Proposed}$)는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$PL_{Proposed} = t_{probe} + 2t_{MAAR-CMD} + t_{MN-MAAR} \quad (6)$$

정량적 분석을 위해 기존의 DMM 핸드오버 시 패킷 손실 양을 분석하고 핸드오버 이후 제안한 DMM에서 수신한 패킷 양과 비교 분석한다. 기존의 DMM에 대한 시뮬레이션 토폴로지는 <그림 3> (b)와 같은 환경이며 제안한 DMM에 대한 시뮬레이



<그림 4> 패킷 손실 구간 (a) 기존의 DMM (b) 제안한 DMM
<Fig. 4> Packet loss area (a) Existing DMM (b) Proposed DMM



<그림 5> DMM 패킷 손실 비교
<Fig. 5> Comparison of packet loss in DMMs

션 토폴로지는 기존의 DMM과 같은 환경에서 패킷 손실을 줄이기 위한 버퍼를 수행하도록 하였다.

<그림 5>는 기존의 DMM과 제안된 DMM에서 핸드오버 시 패킷 손실 양을 비교하였다. 정성적으로 분석했던 기존의 DMM 패킷 손실 구간과 거의 일치하게 대략 1.5s의 핸드오버를 수행하였다. 1.5s의 헨

드오버 수행 동안 약 1,000개의 패킷이 손실되었으며 이후에는 원활히 패킷을 수신하는 것을 확인할 수 있다. 핸드오버 이후 제안한 DMM의 패킷 수신 양과 기존의 DMM 패킷 수신 양을 비교하여 패킷 손실 분석을 하였을 때, 제안한 DMM의 패킷 손실은 대략 650개의 패킷이 손실됨을 확인할 수 있다. 따라서 제안한 DMM이 기존의 DMM보다 패킷 손실 측면에서 35% 정도로 보다 우수함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 MIPv6와 PMIPv6가 갖고 있던 문제점을 해결하는 DMM의 성능 우수성을 나타내었으며 MN가 다른 MAAR로 핸드오버 시 발생 가능한 패킷 손실 해결방안을 제시하였다. DMM의 성능 우수성을 나타내기 위해 PMIPv6와 트래픽 부하 변화, 패킷 전달 지연시간에 대해 비교를 하였다. 그리고 DMM의 핸드오버 시 패킷 손실 문제점을 해결하기 위한 방안으로 CMD에서 전송하는 PBU 메시지를 받은 이후 버퍼를 수행하였다.

중앙 집중형 방식인 PMIPv6와 분산형 이동성 관리 기술인 DMM과 비교하였을 때 같은 네트워크 서비스를 이용하였음에도 불구하고 DMM이 보다 성능이 우수함을 확인할 수 있었다. 그러므로 본 논문에서 제안한 버퍼를 이용한 패킷 손실을 줄이는 방안처럼 앞으로도 DMM의 분산형 이동성 관리 시

스템에 관한 기술 개발 및 연구에 많은 관심을 기울여야 한다고 판단된다.

참고문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August 2008.
- [3] S. Figueiredo, S. Jeon, and R. L. Aguiar, "IP Multicast Use Case Analysis for PMIPv6 based Distributed Mobility Management," IETF draft-sfigueiredo-multimob-use-case-dmm-02.txt, July 2012.
- [4] H. Anthony Chan, H. Yokota, J. Xie, P. Seite, and D. Liu, "Distributed and Dynamic Mobility Management in Mobile Internet: Current Approaches and Issues," The Journal of Communications, vol. 6, no. 1, February 2011.
- [5] 민상원, "PMIPv6 망에서 NEMO 지원을 위한 MR 연동 알고리즘의 설계 및 구현," 한국통신학회논문지 제 34권 제6호, 2009년 6월.
- [6] 김문, 문태욱, 조성준, "차세대 이동통신 네트워크를 위한 향상된 이동성 관리 프레임워크," 한국통신학회 논문지 제 36권 제3호, 2011년 3월.

저자소개



하 상 혁 (Ha, Sang-Hyuk)

2011년 : 광운대학교 전자통신공학과 학사

2011년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자통신공학과 석사과정



민 상 원 (Min, Sang-Won)

1996년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사

1999년 2월 ~ 현재 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

1990년 2월 ~ 1999년 2월 : LG정보통신 선임연구원