

모바일 클라우드 환경에서 PMIPv6를 이용한 효율적인 가상머신 마이그레이션

이 태 희*, 나 상 호, 이 승 진, 김 명 섭, 허 의 남^o

Efficient Virtual Machine Migration for Mobile Cloud Using PMIPv6

Tae-hee Lee*, Sang-ho Na, Seung-jin Lee, Myeong-eeob Kim, Eui-nam Huh^o

요 약

클라우드 컴퓨팅 환경에서 Infrastructure as a Services (IaaS), Platform as a Services (PaaS), Software as a Services (SaaS), Desktop as a Services (DaaS) 등 다양한 솔루션들이 지속적으로 제공되고 있다. 현재는 사용자 단말이 클라우드 서비스를 제공받으면서 이동성을 보장하기 위한 솔루션으로 Mobile as a Services(MaaS)가 가장 많은 주목을 받고 있다. 사용자는 이동을 하면서도 클라우드에 있는 데이터 및 어플리케이션에 대한 접근과 이용이 가능해야 한다. 다시 말해 모바일 Thin-Client 환경에서 클라우드와 통신, 이동성 지원은 필수 요소이다. 모바일 단말의 이동성을 지원하기 위해 MobileIPv6 (MIPv6) 및 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)가 소개되면서 많은 연구가 진행되고 있다. 또한, PMIPv6에 대한 연구는 도메인 내에 패킷 손실을 우려한 최적 경로 설정, 빠른 핸드 오버 등의 개선방안이 많이 제시된 바 있다. 본 논문은 모바일 Thin-Client 지원을 위해 PMIPv6 및 클라우드 연동 시스템을 제안한다. 제안한 시스템에서 모바일 Thin-Client가 서비스를 지원받기 위해 Replica서버를 이용하여 원활한 서비스를 제공하는 기법을 제안하며 성능평가를 통하여 기존 PMIPv6에서 핸드오버에 대한 데이터 비용을 비교 분석할 것이다.

Key Words : PMIPv6, Thin-client, Cloud computing, Middleware, Replica server

ABSTRACT

In a cloud computing environment, various solutions were introduced to provide the service to users such as Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), Software as a Service (SaaS) and Desktop as a Service (DaaS). Nowadays, Mobile as a Service (MaaS) to provide the mobility in a cloud environment. In other words, users must have access to data and applications even when they are moving. Thus, to support the mobility to a mobile Thin-Client is the key factor. Related works to support the mobility for mobile devices were Mobile IPv6 and Proxy Mobile IPv6 which showed performance drawbacks such as packet loss during hand-over which could be very critical when collaborating with cloud computing environment. The proposed model in this paper deploys middleware and replica servers to support the data transmission among cloud and PMIPv6 domain. It supports efficient mobility during high-speed movement as well as high-density of mobile nodes in local mobility anchor. In this paper, through performance evaluation, the proposed scheme shows the cost comparison between previous PMIPv6 and verifies its significant efficiency.

* “이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-차세대정보컴퓨팅기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2012-0006418).”

• 주저자 : 경희대학교 컴퓨터공학과 클라우드 컴퓨팅 및 보안 연구실, alcard4@khu.ac.kr 정희원
o 교신저자 : 경희대학교 컴퓨터공학과 클라우드 컴퓨팅 및 보안 연구실, johnhuh@khu.ac.kr, 정희원
논문번호 : KICS2012-06-292, 접수일자 : 2012년 6월 29일, 최종논문접수일자 : 2012년 9월 4일

I. 서론

클라우드 컴퓨팅 환경에서 Infrastructure as a Services (IaaS), Platform as a Services (PaaS), Software as a Services (SaaS), Desktop as a Services (DaaS) 등, 지속적으로 다양한 솔루션들이 제공되고 있다. 현재는 사용자 단말이 클라우드 서비스를 제공 받으면서 이동성을 보장하기 위한 솔루션으로 Mobile as a Services (MaaS)가 가장 많은 주목을 받고 있다. 향후 모바일 기기들이 Thin-Client, 클라우드 기반의 모바일 디바이스로 전환되는 것을 목도하게 될 것이라는 기정사실이다.

본 논문에서는 모바일 Thin-Client가 이동성을 지원받으며 클라우드 서비스를 제공 받는 모델을 제안한다. 모바일 Thin-Client에 이동성을 지원하기 위해 PMIPv6를 적용하였다. 네트워크 기반 이동성 관리의 PMIPv6를 적용하게 되면 모바일 Thin-Client의 Mobile Node(MN)은 별도의 IP 이동성 관리를 할 필요가 없다.^[1] 기존 호스트 기반 이동성 관리의 MIPv6 기술에서는 추가적인 스택이나 시그널링을 요구하는 관계로 그로 인한 오버헤드나 에너지 소모율이 높다. PMIPv6은 이러한 단점을 보완하기 위해 Internet Engineering Task Force (IETF)에서 개선한 방식이다. 그러나, 클라우드로부터 제공 받는 콘텐츠의 크기는 다양하다. 텍스트에서부터 영상, 사용자가 어떠한 콘텐츠를 사용하느냐에 따라 전달되는 데이터의 크기는 동적으로 계속 변한다. PMIPv6에서 MN이 한 Local Mobility Anchor (LMA)에서 새로운 LMA로 이동 시 Correspondent Node (CN)으로부터 오는 패킷 손실이 발생 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 패킷 손실을 최소화하기 위하여 도메인 내에 Replica 서버를 두어 MN의 이동 경로 정보를 바탕으로 Replica 서버에 VDI 이미지를 Migration 하는 방안을 제안한다.

본 논문은 다음과 같은 구성을 가진다. 2장에서는 모바일 이동성 관리 프로토콜인 MIPv6 및 PMIPv6와 PMIPv6 도메인의 빠른 핸드오버 기법을 다룬 Partial Bicasting with Buffering for PMIPv6 (PBB-PMIP)를 살펴보고, 3장에서는 PMIPv6를 이용한 모바일 Thin-Client의 노드 이동성 지원 기법을 제안하며, 4장에서 제안한 노드 이동성 지원 기법의 효율성과 가상머신 마이그레이션을 통한 성능 향상 보이고, 마지막으로 결론과 향후 연구 방향을 제시하는 5장을 통해 본 논문을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1. Proxy Mobile IPv6

현재 네트워크의 구조는 기본적으로 단말의 이동을 고려하지 않고 설계되어, 단말이 이동을 하여 새로운 네트워크에 연결되는 경우에는 기존의 연결이 끊어지고 다시 연결설정을 해야 한다. 단말이 이동하는 경우에 연결을 계속해서 유지할 수 있도록 하는 기술이 이동성 제공 기법이며 이것으로 MIPv6 프로토콜이 제안되었다.^[2,17,18,19,20] 하지만 MIPv6 프로토콜은 단말에서 이동성을 위한 동작들을 처리하게 되며, 이를 위해서 모든 단말이 MIPv6 프로토콜을 갖추고 있어야 한다. 또한 MIP은 오랜 기간 동안 많은 연구를 통해 표준화된 안정된 기술이지만, 상용 망에서 MIP의 도입은 활발하게 이루어지지 않고 있다. 그 이유는 MIP 표준을 지원하는 운영체제가 많지 않고, MIP 표준이 소규모 모바일 단말에 탑재하기에는 너무 큰 규모의 표준이며, 이동 단말과 액세스 라우터 사이의 시그널링으로 인한 무선 구간에서의 자원 사용량 증가, 성능 및 자원이 한정되어 있는 이동 단말에서의 복잡한 표준사양 구현, 이런 기능의 수행으로 인한 전력 사용량 증가와 새로운 기능을 추가하기 위한 모바일 단말의 프로토콜 수정 등 부담이 크다. 이런 문제점이 대두되자 인터넷 프로토콜 개발자들은 결국 MIPv6와 같은 클라이언트 기반 이동성 프로토콜(Client Controlled Mobility Management)이 아닌 네트워크 기반 이동성 프로토콜(Network Controlled Mobility Management)에 대한 관심이 증대되었고 여러 기술들의 논의되기 시작하면서 IETF의 netlmm(Network based Localized Mobility Management) 워킹그룹이 신설되어 활발하게 표준화가 진행 중이다.^[1] 이와 별도로 다른 표준화 기구인 3GPP2와 WiMAX 포럼에서 통신사업자 중심으로 PMIPv6 솔루션을 공식적으로 반영하겠다는 선언을 하자 67차 IETF회의에서 netlmm WG에서는 PMIPv6 프로토콜을 네트워크 기반 이동성 프로토콜로 채택하게 되었고 공식 표준안인 RFC5213-Proxy Mobile IPv6가 작성되었다.

2.2. Partial Bicasting with Buffering PMIPv6

PMIPv6에서 핸드오버 시 패킷 손실에 대한 문제를 해결을 위해 다양한 연구가 진행 되었다.^[19] RFC5949에서 제안된 Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6 (FPMIPv6) 및 Bicast 기법이 있다. 특히 Bicast 기법은 MN의 핸드오버 시 데이터

패킷 손실을 최소화 하는 기법이며 MN이 새로운 Mobile Access Gateway (MAG)에 attach 시 데이터 패킷을 언제 전달해야하는 ‘시간적인 애매함’을 제거하였다. 그러나 PMIPv6을 지원하기 위한 Bicastng 기법에도 고려해야 할 문제점들이 있다. 첫째, Bicastng을 이용한 PMIPv6 핸드오버는 중복 데이터 패킷을 전달함으로써 무선 네트워크의 자원 낭비를 야기한다. 그리고 핸드오버 중 link switching에 의해 데이터 손실을 초래하는 문제도 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 제안 된 스키마는 Partial Bicastng with Buffering for PMIP (PBB-PMIP) 핸드오버이다.^[6] PBB-PMIP은 LMA 및 MAG간의 터널을 이용하여 Bicastng을 하게 된다. 또한 핸드오버 시 데이터 손실을 최소화하기 위해 CN으로부터 오는 데이터 패킷을 MN이 이동할 MAG에 버퍼링을 하게 된다. PBB-PMIP에서 제안된 스키마를 활용하면 핸드오버 지연 및 데이터 손실을 보장해주며 무선 링크의 네트워크 자원의 효율적인 활용이 가능하다. PBB-PMIP의 핸드오버 시 시그널링 흐름은 그림 1과 같다.

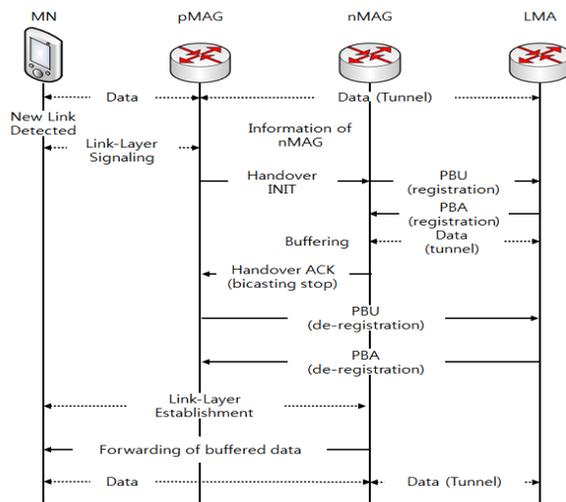


그림 1. PBB-PMIP 핸드오버 시그널링 흐름
Fig. 1. PBB-PMIP Handover Signaling Flow

pMAG가 Link-Detected로부터 Link-Layer Signaling 메시지를 전달 받으면 pMAG은 Handover INIT 메시지를 포함하여 nMAG에게 LMA간 터널 생성을 요청하게 된다. nMAG는 LMA에게 PBU 메시지를 전달하고 PBU 메시지를 전달 받은 LMA는 nMAG의 Binding Update가 완료되었다고 PBA 메시지를 nMAG에게 전달하게 된다. 기존 Bicastng 기법에서는 LMA가 pMAG

및 nMAG에게 데이터를 전송하게 되지만 PBB-PMIP에서는 데이터를 nMAG에 buffering을 하게 된다. PBA 메시지를 수신한 nMAG는 pMAG와 LMA간 통신을 중단하고 터널 소멸 요청과 함께 Handover ACK 메시지를 pMAG에게 전달하게 된다.

pMAG는 그 후 MN이 detach 되었음을 LMA에게 알리고 pMAG의 MN에 Binding Update를 요청한다. MN이 nMAG간 새로운 연결이 이루어지면 nMAG는 버퍼링 된 데이터를 MN에게 전달하고 이후에는 일반적인 PMIP의 방식대로 데이터 패킷 교환을 하게 된다. 본 논문에서 PMIP 도메인은 PBB-PMIP 기법을 이용하여 모바일 Thin-Client 및 클라우드 간 이동성을 보장하는 기법을 제안한다. 또한 LMA간 이동 시 기존 PBB-PMIP 기법에서 CN으로부터 오는 데이터 패킷을 nMAG에서 버퍼링을 하지 않고 제안된 시스템의 Replica 서버에 buffering하는 기법을 제안한다.

III. PMIPv6 도메인을 활용한 모바일 Thin-Client의 이동성 지원 기법

3.1. PMIPv6 도메인-클라우드 지원을 위한 위 치기반 Replica 서버 배치

콘텐츠 전달을 위해서 최적의 Replica 서버 배치 및 탐색 알고리즘을 제안한 연구들이 진행 되어왔다.^[15] 기존에 제안 된 Replica 서버 배치 연구들은 새로운 네트워크 모델을 설계하여 콘텐츠 분산을 최소화하기 위해 Replica 서버 배치 수를 제한하였고 그러한 콘텐츠 전달을 위한 라우팅 기법들이 있었다. 최적의 Replica 서버 배치를 하여 비용 절감에는 효율적인 개선을 하였지만, Replica 서버 배치 하는데 있어 Replica 서버가 콘텐츠 전달 할 수 있는 coverage area나 네트워크 환경은 고려하지 않았다. 또한, 클라우드 컴퓨팅측면에서는 콘텐츠 전달이 아닌 가상 단말(VM: virtual machine) Migration을 고려한 Replica 서버 배치는 없었다. Migration의 경우에도 근접한 서버들의 집합체 범위 한해서 서버의 자원을 고려하여 효율적인 자원 관리를 위한 VM Migration 연구가 진행 되었다.

PMIPv6에서 MN이 MAG 및 LMA간 이동을 할 경우 새로운 LMA가 Binary Cache Entity (BCE) 업데이트를 하지 않고 기존 LMA 및 MAG간의 양방향 터널을 중단하지 않은 이상, CN으로부터 오는 모든 패킷은 기존 LMA 및 MAG를 통해 새로운 MAG로 버퍼링이 된다. 그림 2와 같이 제안하는

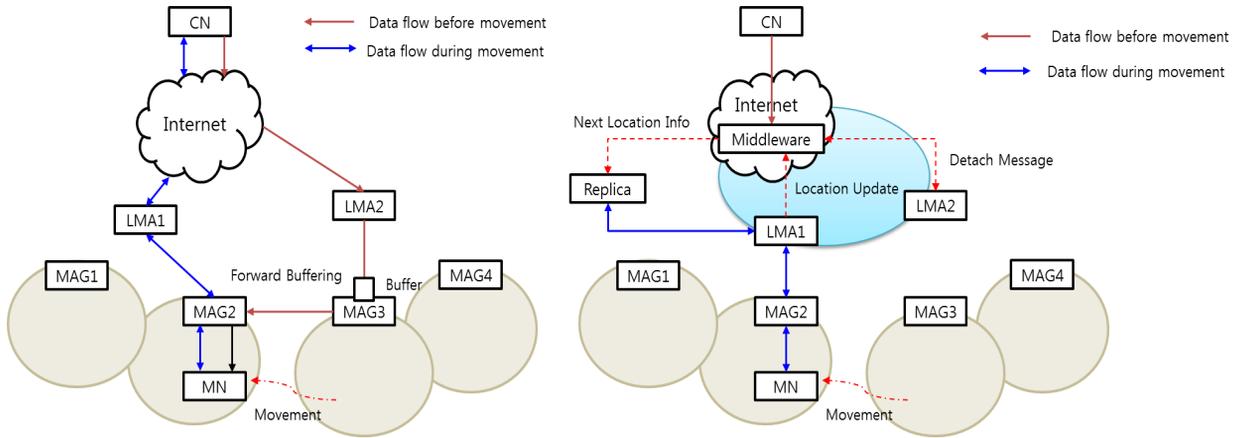


그림 2. Replica 유무에 따른 패킷 전달 경로
 Fig. 2. Packet forwarding path according to the presence or absence of replica

시스템에서 Replica 서버 없이 PMIPv6과 연동을 할 경우 데이터 패킷 전달 경로 및 제안하는 시스템의 패킷 전달 경로이다.

IV. 실험

4.1. MN 이동비율에 따른 데이터 비용 성능분석

본 논문에서 PMIPv6 도메인의 Replica 서버 유무에 따른 단일 LMA 평균 패킷 비용 성능평가를 위해 정의된 값들은 표 1과 같다.

MN가 PMIPv6 도메인에 Attach된 후 Handover (LMA-LMA)시 패킷 전달 전체 비용 값은 식 (1)와 같다.

$$C_{total} = N_{M_1} \times C_p + N_{M_2} \times C_p + \dots + N_{M_n} \times C_p \quad (1)$$

$$= C_p \sum_{i=1}^n N_{M_i}$$

(1)를 통하여 패킷 전달 비용의 평균값을 알 수 있으며 식 (2)와 같다.

$$C_{avr} = \frac{C_p \sum_{i=1}^n N_{M_i}}{n} \text{ where, } C_p \quad (2)$$

$$= C_{Attach} + C_{Handover} + C_{Data}$$

여기서 C_p 값을 구하기 위해서 C_{Attach} 및 $C_{handover}$ 는 동일한 값으로 간주한다. 그러므로 Replica 유무에 따른 패킷 비용은 C_{Data} 에서 차이가 발생한다. C_{Data} 값을 구하기 위해 다음과 같은 사항들을 고려해야한다

표 1. 시스템 파라미터
 Table 1. System Parameters

Notation	Meaning
N_{M_i}	Numbers of MN in LMA_i ($0 < N_{M_i} \leq l$)
C_p	Packet transmit cost from MN-CN in LMA_i
LMA_c	Capacity of MN in LMA_i (Value = 1)
n	Amount of LMA
C_{total}	Total packet cost in n LMA
C_{avr}	Average packet cost in n LMA
$C_{Attach}, C_{Handover}, C_{Data}$	Cost for Attach, Handover and Data transmission

- CN(Correspondent Node, Cloud)가 λ 의 비율로 MN에 패킷을 전송
- MN는 μ 의 비율로 이동
- MN이 이동 시 CN으로 부터 수신되는 평균 패킷 수를 PMR(Packet to Mobility Ratio)라 정의
- PMR : $p = \lambda / \mu$
- Packet Ratio : $l = ld / lc$
(lc : 제어패킷의 평균 길이, ld : 데이터패킷의 평균 길이)
- 패킷 전송 비용은 송신자와 수신자의 거리에 비례
- 각 Entity에서 제어 패킷을 처리하는 평균 비용 r

이러한 사항들을 고려할 때 Replica 서버가 없을 시 PMIPv6의 패킷 비용 값은 MN의 인증 시간동안 패킷 재전송 시간 C_{RT} , Attach 된 후 데이터 전송 비용 C_T 가 추가 되어 C_{Data} 값은

$$C_{Data} = [p \times \mu \times t_{auth} \times (a + b + 2c + d)] + [a + b + c + d] + 7r \quad (3)$$

그리고 Replica 서버가 있을 시 C_{RT} 는 pLMA와 Middleware간 프로토콜을 통해 패킷 전송을 중단하고 Replica 마이그레이션을 통해 MN Attach 메시지 수신을 위한 비용이며, C_T 는 Attach 된 후 데이터 전송 비용이며, C_{msg} 는 pLMA와 Middleware간, Replica와 Middleware간 주고받는 메시지 값을 고려한 비용으로 Replica 서버가 있을 시 데이터 비용 C_{Data} 는 다음 식 (4)와 같다.

$$C_{Data} = [p \times \mu \times a] + [2c + d] + 2b \times (1/l) \quad (4)$$

여기서 C_{msg} 는 제어패킷이며 데이터 패킷의 평균 길이는 제어 패킷의 l 배임으로 데이터 비용에서 제어패킷의 평균길이는 $1/l$ 이라는 것을 알 수 있다. 식 (3), (4)를 비교 하였을 때 C_{Data} 의 비교 값은 다음과 같다.

$$\frac{Replica C_{Data}}{PMIPv6 C_{Data}} = \frac{[p \times \mu \times t_{Auth} \times a] + [2c + d] + 2b \times (1/l)}{[p \times \mu \times t_{Auth} \times (a + b + 3c + d)] + [a + b + c + d] + 7r} \quad (5)$$

식 (5)을 통하여 성능분석을 위해 표 2, 표 3과 같이 값들을 정의 하였다.

표 2. μ 값

Table 2. μ value

μ (MN movement ratio)	$\mu \times P: P=100m$
25	0.0025
300	0.03
500	0.05

표 3. Entity 구간별 delay 시간 및 패킷 비용 값
Table 3. Packet cost value according to Entity section delay

Parameter	Delay/Value
l_c (control packet)	96bytes
r	Average cost of control packet among nodes (Value =1)
t_a	10ms
t_b	50ms
t_c	38ms
t_d	20ms

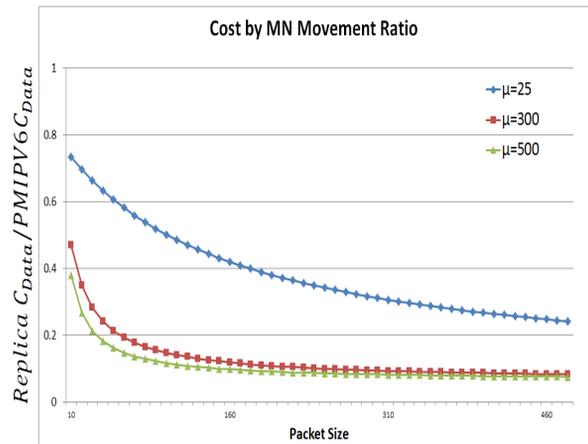


그림 3. $\frac{Replica C_{Data}}{PMIPv6 C_{Data}}$ 의 이동 비율에 따른 성능 분석
Fig. 3. Performance analysis according to $\frac{Replica C_{Data}}{PMIPv6 C_{Data}}$ moving percentage

식 (5)에 제시한 값을 적용한 C_{Data} 값의 비율은 그림 3과 같은 그래프 결과 보여주는데 이는 제안한 시스템과 기존 PMIPv6와의 데이터 비용 성능차이를 확인 할 수 있다. CN으로부터 오는 데이터 패킷의 크기가 증가함으로써 MN의 이동비율에 따른 데이터 비용을 측정 하였을 때, 본 논문에서 제안하는 시스템은 기존 시스템에 비해 비용이 감소한다는 것을 알 수 있다. MN의 이동 비율이 25이고 패킷 크기가 100kb일 때 비용이 50%가 감소하였다. 제안한 시스템에서 비용은 패킷의 크기가 작을 때는 비용 차이가 많이 안 나지만 패킷 크기가 증가하면서 기존 시스템에서 도메인 간 이동 시 패킷 경로가 기존 도메인으로부터 버퍼링되어 전달이 되어서 불필요한 경로 선정에 의한 비용이 증가

하는 반면에 제안하는 시스템에서는 미들웨어에서 MN의 이동 경로를 분석하여 Replica 서버에 VM을 MN이 Attach되기 전에 Migration을 통해 MN가 도메인을 변경을 하여도 즉각적으로 데이터를 전달 받을 수 있게 되어 데이터 비용이 감소 할 수 있었다.

4.2. MN 이동 속도에 따른 데이터 비용

본 논문에서의 네트워크 구조는 hexagonal cellular의 구조로 가정을 한다. 각 LMA 도메인의 링 R의 개수는 동일하며 LMA의 수는 $6cr$ ($cr > 0$) 셀이다.^[23] 링 R의 셀의 수 $N(R)$ 은 식 (6)과 같다.

$$N(R) = \sum_{cr=1}^R 6cr + 1 = 3R(R+1) + 1 \quad (6)$$

Mobility 모델로서는 fluid-flow mobility를 이용하였다.^[24] Fluid-Flow 모델은 MN의 이동비율 및 정적인 속도 및 방향에 따른 빠른 이동에 적합한 모델이다. LMA 도메인에서 MN의 이동 반경을 (0, 2π)라고 하고 MN의 평균 이동속도를 v , MN의 밀도를 p 라고 할 때, 이동비율 μ 는 다음과 같이 확장해 나갈 수 있다.

$$\mu = \frac{pvLMA(R)}{\pi} \quad (7)$$

$LMA(R)$ 은 LMA 도메인 R의 반경이며 L_c 는 셀의 반경이다. $LMA(R)$ 은 식 (8)를 이용하여 구한다.

$$LMA(R) = 6 \times (2R+1) \times \frac{L_c}{6} (R \geq 1) \quad (8)$$

식 (6~8)를 이용하여 Replica 서버 유무 및 이동 속도에 따른 데이터 비용은 식 (9) 및 (10)으로 구할 수 있다.

$$C_{PMIPv6-MOV} = \frac{[p \times \mu \times t_{Auth} \times (a+b+2c+d)]}{\rho \times N(R) \times \frac{\sqrt{3}}{24} \times L_c^2} + \frac{[a+b+c+d] + 7r}{\rho \times N(R) \times \frac{\sqrt{3}}{24} \times L_c^2} \quad (9)$$

$$C_{PMIPv6-MOV} = \frac{[p \times \mu \times t_{Auth} \times a] + [2c+d] + 2b \times (1/l)}{\rho \times N(R) \times \frac{\sqrt{3}}{24} \times L_c^2} \quad (10)$$

식 (9) 및 (10)을 이용하여 이동속도에 따른 데이터 비용 비교 값은 그림 4와 같이 나온다.

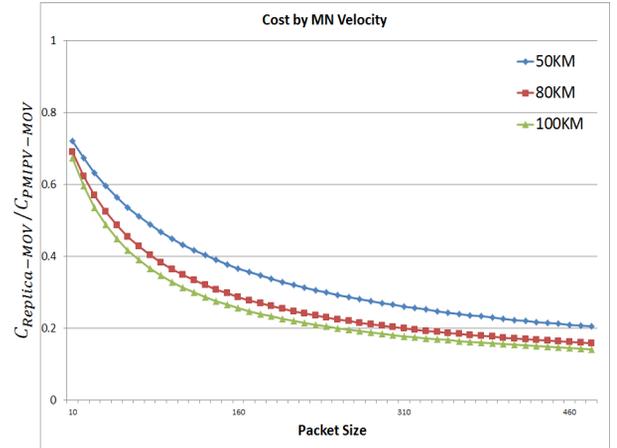


그림 4. $\frac{C_{Replica-MOV}}{C_{PMIPv6-MOV}}$ 의 이동 속도에 따른 성능 분석
Fig. 4. Performance analysis according to the $\frac{C_{Replica-MOV}}{C_{PMIPv6-MOV}}$ moving speed

이동속도에 따른 데이터 비용 분석 결과 MN의 이동속도가 50km이고 데이터 패킷 크기가 10, 150, 450kb일 때 기존 PMIPv6에서 데이터 비용이 각각 28%, 62% 그리고 79% 감소하였다. 또한 MN 80km일 때는 기존 PMIPv6의 데이터 비용보다 31% 감소를 하였고, 100km일 때는 40% 감소를 하였다. 즉, MN가 이동함에 있어 Replica 서버의 VM을 Migration 기법 적용을 통해 MN의 빠른 이동속도에 영향 없이 원활한 클라우드 서비스를 제공할 수 있다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 모바일 Thin-Client의 이동성을 보장하면서 클라우드로부터 원활한 서비스를 제공 받기 위해 PMIPv6를 연동하여 Middleware 설계 및 Replica 서버의 이점에 대해 살펴보았다. 관련 연구 분석을 통하여 모바일 Thin-Client를 지원하기 위해 이동 기법 중 PMIPv6가 기존 이동 기본 관리 프로토콜에 비해 비용 측면에서 효율적이라는 것을 검

토하였다. 그러나 기존 PMIPv6에서도 MN의 이동 비율에 따른 비용 증가 문제가 있어 다양한 크기의 데이터 양 및 MN 노드의 이동에 따른 VM Migration의 지연 시간에 따른 데이터 손실 때문에 적합하지 않다는 문제점이 분석되었다. 이러한 문제점을 기반으로 본 논문에서 제안한 Middleware는 Time Scheduler를 통해 MN의 이동 경로를 예측하여 MN의 도메인간 이동 시 다음 예측 경로의 Replica 서버에 VM을 Migration함으로써 MN를 즉각적으로 지원 할 수 있게 하였으며 기존 PMIPv6에서의 불필요한 데이터 패킷의 흐름 경로를 최적화 하여 비용을 절감하였다.

향후 연구로서는 CN으로 부터의 거리에 따른 비용을 고려한 최적의 Replica 서버 배치 기법에 대한 연구를 할 것이며, MN가 도메인 간 이동 시 MN가 다음 도메인에 Attach 이전 Replica 서버에 VM Migration 할 수 있는 WAN기반의 VM Migration에 대한 연구를 하여 본 논문에서 제안된 사항을 개선 할 예정이다.

References

- [1] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "[RFC 5213] Proxy Mobile IPv6," Aug. 2008.
- [2] J. Kempf, "[RFC 4831], Goals for network-based localized mobility management (NETLMM)," April, 2007.
- [3] SueYeon Wi, JiSu Park, Daewon Lee, and HeonChang Yu "A resource supplying technique for fault tolerance in hybrid cloud computing," in *Proc. KI-IT 2011 Conf.*, Chungju, Korea, May, 2011.
- [4] Seungyeon Lee and Eui-Nam Huh, "An efficient authentication mechanism for fast mobility service in MIPv6," M.A. thesis at KyungHee Univ. Feb. 2007.
- [5] Sang-Ho Na and Eui-Nam Huh, "Secure ID-based Proxy authentication scheme and secure mobility support employing PMIPv6 for wireless sensor network," M.A. thesis at KyungHee Univ. Feb. 2010.
- [6] Ji-In Kim and Seok-Joo Koh, "Partial bi-casting with buffering for Proxy mobile IPv6 handover in wireless networks," *J. Info. Proc. Syst.*, vol. 17, no. 4, pp. 627~634, Dec. 2011.
- [7] Moneeb Gohar, Seok Joo Koh, Tae Won Um, and Hyun Woo Lee, "Seamless multicast handover in PMIPv6-based wireless networks," in *Proc. ICACT 2010*, Pyeongchang, Korea, Feb. 2010.
- [8] Mariar Elizabeth Aldana Diaz, "The cost model of third-party content service for efficient mobile IPTV provision," M.A. thesis at KyungHee Univ. Aug. 2011.
- [9] Kong Gi Shik, "Handover latency analysis and comparison of IPv6 mobile support protocol," *Digital Contents Jour.*, vol. 11, no. 3, pp. 341~348, Sept. 2010.
- [10] Jang Dong Min, Seo Weon Kyoung, Choi Jae In, and Jo Yoo Jae, "An enhanced route optimization scheme for multiple LMAs in PMIPv6 domain," *J. Kor. Info. Commun. Soc. (J-KICS)*, vol. 36, no. 1, pp. 82~89, Jan. 2011.
- [11] Jun Lei and Xiamoming Fu, "Evaluating the benefits of introducing PMIPv6 for localized mobility management," *IWCMC 2008*, pp.74~80, Aug. 2008.
- [12] Oh Eun Young, "Inter-LMA route optimization in PMIPv6," M.A. thesis at Soongsil Univ., Dec. 2010.
- [13] Tien-Dung Nguyen, Mui Van Nguyen, and Eui-Nam Huh, "Service image placement for thin client in mobile cloud computing," *CLOUD 2012*, June, 2012.
- [14] J. T. Piao and J. Yan. "A network-aware virtual machine placement and migration approach in cloud computing," in *Proc. Grid and Coop. Comp. (GCC), 2010, 9th Int'l Conf.*, pp. 87 - 92, Nov. 2010.
- [15] X. Meng, V. Pappas, and L. Zhang "Improving the scalability of data center networks with traffic-aware virtual machine placement," in *Proc. IEEE INFOCOM 2010*, pp. 1 - 9, Mar. 2010.
- [16] Jung-Hoon Lee and Eui-Nam Huh, "Model of future IPTV service and optimal replica placement algorithm," M.A. thesis at

KyungHee Univ., Feb. 2011.

- [17] IETF RFC 5779 “Diameter Proxy Mobile IPv6: Mobile access gateway and local mobility anchor interaction with diameter server,” Feb. 2010.
- [18] IETF RFC 5847, “Heartbeat mechanism for Proxy Mobile IPv6,” June 2010.
- [19] IETF RFC 5949, “Fast handovers for Proxy Mobile IPv6,” Sept. 2010.
- [20] IETF RFC 6097, “Local mobility anchor (LMA) discovery for Proxy Mobile IPv6,” Feb. 2011.
- [21] IETF RFC 6463, “Runtime local mobility anchor (LMA) assignment support for Proxy Mobile IPv6,” Feb. 2012.
- [22] Networking Working Group RFC 3775, “Mobility support in IPv6,” June 2004.
- [23] Lee Gyu Jin, Seo Dae Hee, Na Jae Hoon, and Moon Young Sung, “Enhanced cross-laying Mobile IPv6 fast handover IEEE 802.16e networks in mobile cloud computing environment,” J. IEEK, vol. 47, no. 47, pp. 45~51, Dec. 2010.
- [24] S. Pack and Y. Choi, “A study on performance of hierarchical mobile IPv6 in IP-based cellular networks,” IEICE Trans. Commun., vol.E87-B, no.3, pp. 462~469, Mar. 2004.

이 태 희 (Tae-hee Lee)



2010년 8월 경희대학교
컴퓨터공학과 학사
2012년 8월 경희대학교
컴퓨터공학과 석사
2012년 9월~현재 Nexon 근무
<관심분야> 썬 클라이언트,
클라우드 컴퓨팅

나 상 호 (Sang-ho Na)



2008년 2월 경희대학교
컴퓨터공학과 학사
2010년 2월 경희대학교
컴퓨터공학과 석사
2010년 3월~현재 경희대학교
컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 클라우드 컴퓨팅,
보안, 프라이버시

이 승 진 (Seung-jin Lee)



2010년 2월 경희대학교
컴퓨터공학과 학사
2012년 2월 경희대학교
컴퓨터공학과 석사
2012년 3월~현재 경희대학교
컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> IoT, 빅데이터,
클라우드 컴퓨팅, 보안

김 명 섭 (Myeong-seob Kim)



2011년 2월 경희대학교
컴퓨터공학과 학사
2011년 3월~현재 경희대학교
컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 썬 클라이언트, 모
바일, 클라우드 컴퓨팅

허 의 남 (Eui-nam Huh)



2002년 The Ohio University
전산학 박사
2005년~2011년 경희대학교
컴퓨터공학과 부교수
2011년~현재 경희대학교
컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 클라우드 컴퓨팅,
네트워크 보안, IoT