

PMIPv6 네트워크에서 사용자 기반의 향상된 분산형 이동성 관리 기법

공기식*

요약

중앙 집중형 이동성 관리 프로토콜인 PMIPv6은 모든 제어 트래픽과 데이터 트래픽을 함께 처리하는 local mobility anchor (LMA)에 전적으로 기반하여 동작하기 때문에 코어망으로의 방대한 트래픽 집중 현상 및 삼각 라우팅(triangle routing) 등의 심각한 문제점을 안고 있다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점들을 완화시키고자, 이동 사용자별 traffic locality를 고려한 PMIPv6 기반의 향상된 분산형 이동성 관리 기법을 제안한다. 성능 분석 결과, 이동 사용자가 거의 통신없이 상대적으로 이동성만 매우 큰 특수한 경우를 제외한 대부분의 경우에 있어, 제안 기법이 PMIPv6보다 매우 우수한 성능을 보임을 입증하였으며, 병목현상에 빠지기 쉬운 코어망의 LMA의 부하를 에지망의 mobile access gateway (MAG)들로 분산시킬 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있음을 확인하였다.

키워드 : PMIPv6, 분산형 이동성 관리, 사용자 기반 이동성 관리

A Per-User-based Enhanced Distributed Mobility Management Scheme in PMIPv6 Networks

Ki-Sik Kong

Abstract

Proxy mobile IPv6 (PMIPv6), which is a centralized mobility management protocol, are dependent on a local mobility anchor (LMA) to process all control and data traffics. Therefore, it has serious problems such as the tremendous traffic concentration into the core network and the triangle routing. In this paper, therefore, in order to alleviate these drawbacks, we propose a PMIPv6-based enhanced distributed mobility management scheme considering a user's traffic locality. Performance evaluation results indicate that in most cases, except for when a user's mobility rate is relatively very higher than the traffic rate, the proposed scheme shows better performance result than that of PMIPv6. Besides, it is demonstrated that the proposed scheme can be an effective alternative that can distribute the significant loads on the LMA of the core networks to the MAGs of the edge networks.

Keywords : PMIPv6, Distributed Mobility Management, Per-User-based Mobility Management

1. 서론

※ Corresponding Author : Ki-Sik Kong

Received : October 02, 2015

Revised : March 31, 2016

Accepted : June 10, 2016

* Namseoul University, Department of Multimedia

Tel: 041-580-2195, Fax: 041-580-2905

email: kskong@nsu.ac.kr

■ 이 논문은 2015년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

중앙 집중형 이동성 관리 프로토콜인 PMIPv6 [1]은 모든 제어 트래픽과 데이터 트래픽을 함께 관리하고 처리하는 local mobility anchor (LMA)에 전적으로 기반하여 동작하기 때문에 코어망으로의 방대한 트래픽 집중현상 및 삼각 라우팅(triangle routing) 등의 심각한 문제점을 안고 있다 [2, 3]. 게다가, LMA가 장애 발생 시, 이러한 방식의 이동성 관리는 시스템 전반적으로 심각한 성능 저하를 초래할 수 있게 된다. 이

러한 중앙 집중형 이동성 관리 방식의 문제점을 극복하기 위해서, IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 최근에 분산형 이동성 관리 (distributed mobility management) 기술에 대하여 본격적으로 논의하기 시작하였으며, 현재 이와 관련된 연구가 활발하게 진행 중에 있다.

한편, 무선 셀룰러 네트워크에서 mobile node (MN)의 traffic locality 특성과 관련한 오랜 실험 및 관찰을 통하여 “MN에 대한 대부분의 통신은 주로 빈번하게 통신하는 몇몇 특정 단말들로부터 대부분 집중되어 발생하는 경향이 있다”라는 많은 연구 결과들이 보고되어진 바 있다 [4, 5, 6]. 이러한 특성 및 관찰된 사실에 기반을 두어, 무선 셀룰러 네트워크에서의 MN의 이동성 및 트래픽 특성을 고려한 다양한 향상된 위치 관리와 관련된 연구들이 제안되어져 왔다 [4-9]. 그러나 PMIPv6 기반의 네트워크에서는 이와 관련된 연구들이 아직까지 매우 미비한 실정에 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 traffic locality 특성과 관련하여 연구 관찰된 사실과 무선 셀룰러 네트워크에서의 사용자 프로파일 복제기법[4, 10]에 착안하여 이동 사용자 기반의 향상된 PMIPv6 기반의 분산형 이동성 관리 기법을 제안하고자 한다.

2. 관련 연구

네트워크에서 서비스를 해야 하는 MN들의 수가 방대하게 많을 경우, 홈 위치 데이터베이스(home location database)는 심각한 병목현상(bottleneck)이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 병목현상을 완화시키기 위하여, 무선 셀룰러 네트워크에서 MN의 이동성 및 트래픽 특성을 고려한 프로파일 기반 및 복제(replication) 기반의 다양한 위치 관리와 관련된 연구들이 제안되어져 왔다. [11]에서는 무선 셀룰러 네트워크에서의 Home Location Register (HLR)의 병목현상을 완화시키기 위하여 HLR을 복제하는 기법을 제안하였다. [12]에서는 이동성 게이트웨이에 이동 사용자들의 프로파일을 복제시켜둠으로써 이기종 시스템간의 연동을 효과적으로 지원할 수 있는 위치 관리 기법을 제안하였다.

무선 셀룰러 네트워크에서의 HLR과 유사하

게, Mobile IP 기반 네트워크에서의 Home Agent (HA)도 네트워크상에 많은 MN들을 서비스하게 될 경우 심각한 병목현상이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 [13]에서는 로드 밸런싱(load balancing)을 제공하기 위한 다중의 HA를 구성하는 복제 서버 구조를 제안한 바 있다.

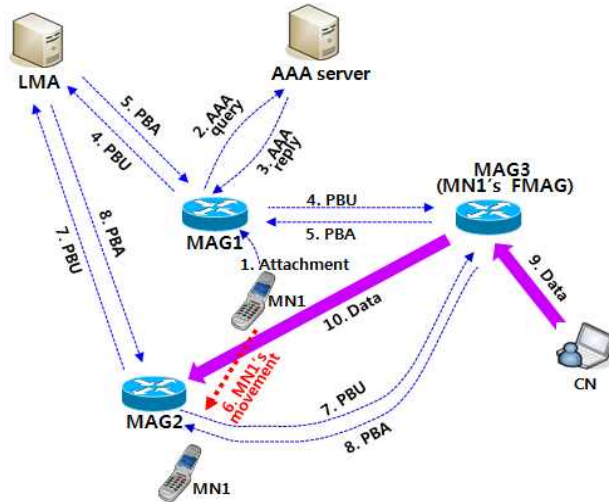
3. 사용자 기반의 향상된 분산형 이동성 관리 기법

본 논문에서 제안하는 근간이 되는 아이디어는 “MN에 대한 대부분의 통신은 주로 빈번하게 통신하는 몇몇 특정 CN들로부터 대부분 집중되어 발생하는 경향이 있다”라는 사실에 착안한다. [4, 5, 6]. 이를 위해서, 본 연구에서는 각 MN별로 빈번한 통신이 발생하는 CN측의 MAG들(CN-MAG)을 Frequently communicating MAG (FMAG)*라고 정의하고 이러한 정보는 도메인 내의 모든 MAG들에 저장되어 있다고 가정한다.

본 논문에서 제안하는 이동 사용자 기반의 분산형 이동성 관리 기술인 uPMIPv6 (Per User-based PMIPv6)은 PMIPv6에 MN의 traffic locality를 함께 고려한 PMIPv6 기반의 분산형 이동성 관리 기술이다. 제안하는 uPMIPv6에서는 PMIPv6과 달리, MN이 MAG 영역을 변경시 마다 MN측 MAG (즉, MN-MAG)가 매번 코어망의 LMA로 위치 등록 절차를 수행하는 것 뿐만 아니라, MN의 FMAG에게도 부가적으로 함께 위치 등록을 시킨다. (즉, 도메인 내의 모든 MAG들에 저장되어 있는 각 MN별 FMAG 주소 테이블을 이용하여 MN-MAG가 해당 MN의 FMAG에게도 위치 등록을 시킨다.). 단, 이때 만일 특정 MN에 대하여, traffic locality를 가지는 빈번한 통신을 수행하는 FMAG가 없는 경우(즉, MN-MAG의 FMAG 주소 테이블 내에 해당 MN의 ID가 존재하지 않을 경우)에는, 제안 기법은 PMIPv6과

* PMIPv6이 이동통신망에서 적용될 경우, 이러한 정보는 시스템 내의 MAG와 MN간의 오랜 관찰된 통신 패턴 등과 관련된 다양한 빅데이터 운영 정보 등을 통하여 수집될 수 있다.

(그림 1) uPMIPv6의 동작 방식



(Figure 1) The operation of uPMIPv6

(그림 2) uPMIPv6의 MAG들에 저장되어 있는 테이블 예

(a) 도메인 내의 모든 MAG들에 저장되어 있는 MN별 FMAG 주소테이블 예

ID	Each MN's FMAGs' Address List
MN1-ID	MAG3 proxy-CoA
MN2-ID	MAG4 proxy-CoA
MN5-ID	MAG3 proxy-CoA
	MAG6 proxy-CoA
.....

(b) MAG3가 MN의 FMAG로서 설정된 경우의, MAG3의 바인딩 테이블 예 (단계 8 절차 이후)

ID	Src. addr	Dest. addr
MN1-ID	MAG3 proxy-CoA	MAG2 proxy-CoA
MN5-ID	MAG3 proxy-CoA	MAG8 proxy-CoA
MN7-ID	MAG3 proxy-CoA	MAG5 proxy-CoA
.....

(Figure 2) The examples of the tables stored in the MAGs in uPMIPv6

동일한 방식으로 동작하게 된다.

한편, CN으로부터 MN을 향한 데이터 전송이 시작되게 되면 CN-MAG에서는 자신이 해당 MN의 FMAG인지를 판별한 후(즉, CN-MAG와 MN들간의 바인딩 테이블 검색을 통하여 이를 판별한 후), 자신이 해당 MN의 FMAG라면 LMA를 경유하지 않고 바로 바인딩 테이블 상의 주소로 패킷을 전송하게 되고, 그렇지 않고 해당 MN의 FMAG가 아니라면 PMIPv6과 동일한 방식으로 LMA를 경유하여 패킷을 전송하게 된다. 따라서 CN-MAG가 해당 MN의 FMAG인 경우에는 비효율적인 삼각 라우팅(triangle routing) 절차를 거치지 않고 최적화된 경로를 통하여 데이터 패킷을 전송하게 됨으로써 코어

망의 LMA의 부하를 완화시켜 주고 패킷 전송 비용을 감소시킬 뿐만 아니라 패킷 전달 지연시간도 감소시키는 효과를 얻을 수 있게 된다. 제안하는 uPMIPv6에 대한 보다 자세한 설명은 (그림 1)과 (그림 2)를 기반으로 하여 다음에서 동작 방식을 설명하고자 한다.

PMIPv6에서와 마찬가지로, MN1이 도메인 내의 MAG1 영역으로 이동하게 되면 AAA 서버와의 인증 절차를 거친다. (단계 1~3). 그런 다음, MAG1은 자신의 FMAG 주소 테이블을 검색((그림 2의 (a) 참조)하여 MN1의 FMAG의 주소(즉, MAG3의 proxy-CoA)를 알아낸 후, LMA에게 뿐만 아니라, MAG3에게도 위치 등록 절차를 수행함으로써, LMA뿐만 아니라 MN1의

FMAG인 MAG3에게도 MN1에 대한 바인딩 정보를 유지해 두도록 한다. (단계 4~5). 이후, CN과의 통신과정 없이 MN1이 MAG1 영역에서 MAG2 영역으로 이동하게 되면(단계 6), MAG1에서와 마찬가지로 MAG2도 자신의 FMAG 주소 테이블을 검색하여 MN1의 FMAG의 주소(즉, MAG3의 proxy-CoA)를 알아낸 후, LMA에게 뿐만 아니라, MAG3에게도 위치 등록 절차를 수행함으로써 MN1의 FMAG인 MAG3에게도 MN1에 대한 바인딩 정보((그림 2의 (b) 참조)를 유지해 두도록 한다. (단계 7~8). 한편, 이후 CN에서 보내는 데이터 패킷은 MAG3에 도달되고(단계 9), MAG3에서는 자신의 바인딩 테이블을 검색 후, MN1의 목적지 MAG주소가 발견되면 LMA를 경유하지 않고 최적화된 경로로 데이터 패킷을 전송하게 된다(단계 10). 만일 이때, 바인딩 테이블 상에서 MN1에 대한 바인딩 정보가 발견되지 않는다면 PMIPv6에서의 패킷 전송 절차와 동일한 방식으로 LMA를 경유하여 패킷이 전송되게 된다.

<표 1> 비용 분석을 위한 파라미터들

Parameter	Description
$E(L_s)$	The average session length (in number of packets)
$E(N_c)$	The average number of the MN's MAG crossings during an inter-session arrival time
d_{lm}	The transmission cost of a single packet between LMA and MAG
d_{cm}	The transmission cost of a single packet between CN-MAG and MN-MAG
d_{fm}	The transmission cost of a single packet between FMAG and MN-MAG
δ	The transmission cost of a single packet in the wireless link between MAG and MN
q	The ratio of the number of data packets destined to the MN originating from its FMAG to the total number of data packets destined to the MN
m	The average number of the MN's FMAGs in a domain
C_{BU}^X	Binding update cost of X scheme ($X \in \{PMIP, uPMIP\}$)
C_{PD}^X	Packet delivery cost of X scheme ($X \in \{PMIP, uPMIP\}$)

<Table 1> Parameters for cost analysis

4. 성능 분석 모델링

본 장에서는 제안하는 기법인 uPMIPv6과 PMIPv6의 총 이동성 관리 비용들을 수학적 분석 모델링에 입각하여 각각 유도해 낸다. 성능 분석을 위해서, 본 논문에서는 inter-session arrival time* 중에 발생하는 하나의 MN에 대한 위치 등록비용 및 패킷 전송 비용을 각각 유도해 낸다.

한편, <표 1>은 성능 분석 모델을 위해 사용된 파라미터들을 보여준다. 여기에서, PMIPv6은 PMIPv6을, 그리고 uPMIPv6은 uPMIPv6를 각각 의미한다. 일반적으로, 이동성 관리 기법들의 총 이동성 관리 비용은 위치 등록비용과 패킷 전송 비용의 합으로 구성된다고 생각해 볼 수 있다. 따라서 PMIPv6에서의 위치 등록 및 패킷 전송 절차에 입각하여, PMIPv6에서의 위치 등록(binding update: BU) 비용 및 패킷 전송(packet delivery: PD) 비용은 각각 다음과 같이 계산된다.

$$C_{BU}^{PMIP} = 2E(N_c)d_{lm} \tag{1}$$

$$C_{PD}^{PMIP} = 2E(L_s)(d_{lm} + \delta) \tag{2}$$

유사한 방식으로 uPMIPv6에서의 위치 등록비용 및 패킷 전송 비용은 각각 다음과 같이 계산된다.

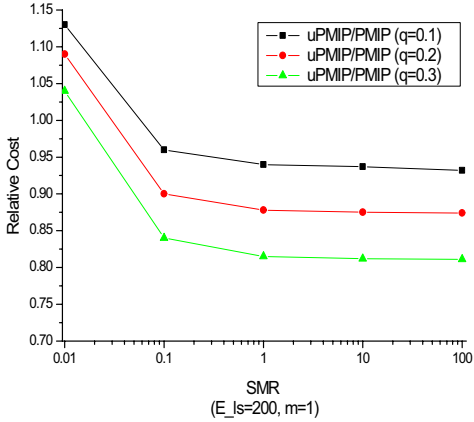
$$C_{BU}^{uPMIP} = 2E(N_c)d_{lm} + 2mE(N_c)d_{fm} \tag{3}$$

$$C_{PD}^{uPMIP} = qE(L_s)(2\delta + d_{cm}) + (1-q)(2E(L_s)(d_{lm} + \delta)) \tag{4}$$

이때, 식(3)에서 $2mE(N_c)d_{fm}$ 은 MN이 MAG 영역 간을 이동시에 MN-MAG가 MN의 m 개의 FMAG에 MN의 위치를 등록시키기 위해 발생하는 비용이며, 식(4)에서 $E(L_s)(2\delta + d_{cm})$ 은 CN-MAG가 MN의 FMAG인 경우의 데이터 패킷 전송 비용이고, $2E(L_s)(d_{lm} + \delta)$ 은 CN-MAG가 MN의 FMAG가 아닐 경우에 LMA를 경유하여 전송되는 데이터 패킷 전송 비용을 각각 나타낸다.

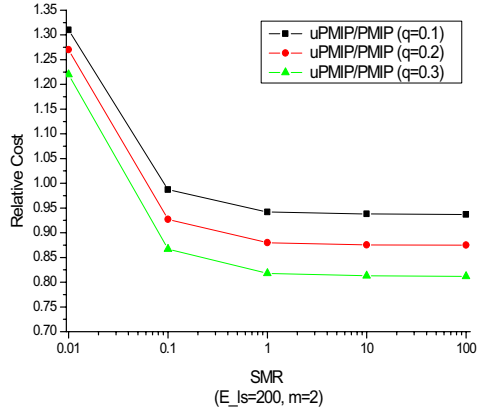
* 하나의 통신세션이 시작된 후, 다음 번 통신세션이 다시 시작될 때까지의 그 사이의 시간 간격으로 정의한다.

(그림 3) $E(L_s)=200, m=1$ 인 경우



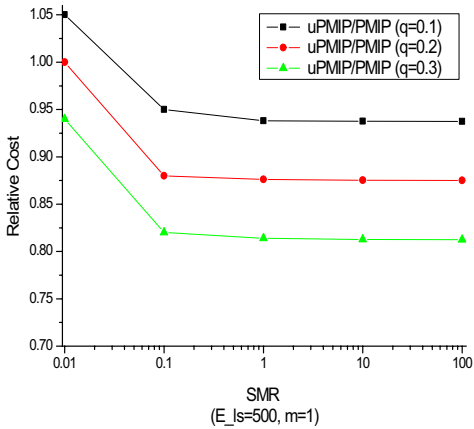
(Figure 3) in case of $E(L_s)=200, m=1$

(그림 4) $E(L_s)=200, m=2$ 인 경우



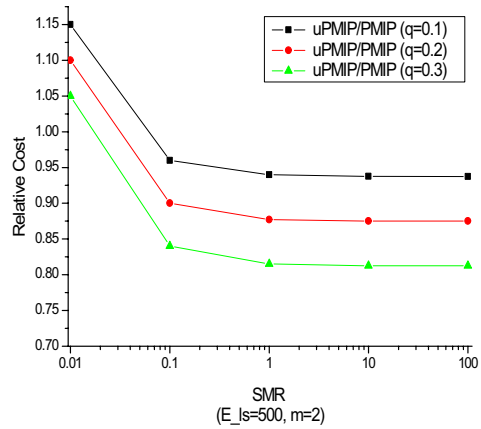
(Figure 4) in case of $E(L_s)=200, m=2$

(그림 5) $E(L_s)=500, m=1$ 인 경우



(Figure 5) in case of $E(L_s)=500, m=1$

(그림 6) $E(L_s)=500, m=2$ 인 경우



(Figure 6) in case of $E(L_s)=500, m=2$

5. 성능 평가

본 장에서는 4장에서 유도된 각 기법들의 비용함수들에 입각하여 성능평가를 수행한다. 이를 위해서, $d_{lm} = 30, d_{cm} = d_{fm} = 20, \delta = 3$ 으로 각각 설정된다. 이러한 값들은 이동성 에이전트 (즉, LMA와 MAG)간의 홉(hop) 거리를 고려하며, [1]에서 사용된 값들에 기반을 두어 설정되

었다.

(그림 3)과 (그림 4)는 평균 세션 길이인 $E(L_s)$ 의 값이 200 (통신 세션 길이가 짧은 경우)인 경우에 대하여, $m=1$ 인 경우와 $m=2$ 인 각각의 경우에서의 PMIPv6과 uPMIPv6의 총 비용에 대한 SMR(Session-to-Mobility Ratio)의 영향을 보여준다. 이를 위해서, 본 논문에서는 PMIPv6의 총 비용을 1로 정규화 시켰을 경우의 uPMIPv6과의 상대적인 총 비용 (즉, uPMIPv6의 총 비용을 PMIPv6의 총 비용으로 나눈 값)

을 성능 평가의 척도로서 고려하고자 한다.

(그림 3)과 (그림 4)에서, SMR이 매우 작은 경우(SMR=0.01인 경우, 즉, MN으로의 세션 도착률 : MN의 MAG 영역간 이동률 = 1 : 100인 경우)에는 제안하는 uPMIPv6이 PMIPv6에 비하여 안 좋은 성능을 보이고 있다. 이 경우에는 MN이 거의 통신 없이 상대적으로 이동성만 매우 큰 다소 특수한 경우에 해당되므로 제안하는 기법의 효과가 제대로 반영될 수 없는 경우이다. 그러나 이 경우를 제외한 다른 모든 경우(즉, SMR=0.1, 1, 10, 100인 경우)에 있어서는 q 값에 상관없이 SMR의 값이 커질수록 uPMIPv6이 PMIPv6보다 더욱 우수한 효과를 보이고 있으며, 또한 이러한 경향은 q 값이 커짐에 따라 더욱 두드러짐을 알 수 있다. SMR의 값이 크다는 의미는 MN의 이동성에 비하여 MN으로 향하는 통신이 상대적으로 더 많다는 것을 의미한다. 제안하는 uPMIPv6에서는 MN으로 향하는 통신량이 특별히 많은 CN-MAG를 FMAG로 지정하고, MN이 MAG 영역간을 이동시마다 LMA뿐만 아니라 FMAG에도 함께 위치 등록을 시켜줌으로써, FMAG로부터 발생하는 데이터 패킷이 FMAG와 MN-MAG간에 최적화된 경로를 통해서 전송되게 함으로써, SMR이 커질수록 총 비용 측면에서 성능 향상 효과를 기대할 수 있게 되는 것이다.

(그림 5)와 (그림 6)은 평균 세션 길이인 $E(L_s)$ 의 값이 500 (통신 세션 길이가 긴 경우)인 경우에 대하여, $m=1$ 인 경우와 $m=2$ 인 각각의 경우에서의 PMIPv6과 uPMIPv6의 총 비용에 대한 SMR의 영향을 보여주고 있다. (그림 3)과 (그림 4)에서와 마찬가지로, 이 경우에도 SMR이 매우 작은 경우(즉, SMR=0.01인 경우)에는 제안하는 uPMIPv6이 PMIPv6에 비하여 다소 안 좋은 성능을 보이고 있다. 하지만, 그 차이는 (그림 3)과 (그림 4)에서의 경우보다 훨씬 더 적어져서 어느 정도 차이가 근소해졌음을 알 수 있다. 이는 MN이 거의 통신 없이 상대적으로 이동성만 매우 큰 경우(SMR=0.01인 경우)라 할지라도 $E(L_s)$ 의 값이 더 길어지게 됨으로 인하여, 즉, 하나의 통신세션동안 더 많은 데이터 패킷이 LMA를 경유하지 않고 FMAG로부터 MN-MAG로 전송됨으로써, uPMIPv6에서의 FMAG로의

부가적인 등록 절차로 인한 부작용이 어느 정도 상쇄될 수 있었기 때문이다.

한편, (그림 3)과 (그림 4)에서와 마찬가지로, SMR=0.01인 경우를 제외한 다른 모든 경우(즉, SMR=0.1, 1, 10, 100인 경우)에 있어서는 q 값에 상관없이 SMR의 값이 커질수록 uPMIPv6이 PMIPv6보다 더 우수한 효과를 보이고 있으며, 또한 이러한 경향은 q 값이 커짐에 따라 더욱 두드러지고 있음을 알 수 있다.

제안하는 uPMIPv6에서는 MN이 MAG 영역간을 이동할 때마다 LMA뿐만 아니라 MN의 FMAG에게도 함께 위치 등록을 시켜주게 된다. (그림 3)~(그림 6)에서 알 수 있듯이, 이를 통하여 MN이 통신 없이 이동성만 매우 큰 특수한 경우를 제외한 대부분의 일반적인 경우에 있어서 그 성능 효과를 볼 수 있음을 알 수 있다. 하지만, m (즉, FMAG의 개수)의 값이 커지고, q (즉, MN으로 도착하는 데이터 패킷이 자신의 FMAG로부터 전송되어져 올 확률)와 $E(L_s)$ (즉, 평균 세션 길이)의 값들이 작아질수록 그 효과는 상대적으로 감소함을 또한 알 수 있다. 따라서 uPMIPv6의 성능 향상을 위해서는, 네트워크/시스템 차원에서 각 MN별로 적절한 FMAG를 구성/설정해 내는 과정이 매우 중요함을 알 수 있으며, 빈번하게 통신하는 특정 몇몇 노드들(이동 노드 또는 고정 노드 모두에 해당함)과 bursty한 통신(예를 들면, 동영상 시청, 대용량 파일 다운로드 등)을 많이 하는 경향이 큰 MN일수록 제안 기법의 성능은 더욱 우수해 질 수 있을 것으로 기대되는 바이다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 MN에 대한 대부분의 통신은 주로 빈번하게 통신하는 몇몇 특정 CN들로부터 대부분 집중되어 발생하는 경향이 있다는 사실에 착안하여, 이러한 traffic locality 특성을 이용하는 이동 사용자 기반의 보다 향상된 PMIPv6 기법인 uPMIPv6을 제안하였다. 이를 위해, 본 논문에서는 각 MN별로 빈번한 통신이 발생하는 CN-MAG를 FMAG라고 정의하였고 이러한 각 MN별 FMAG 주소 정보는 도메인 내의 모든 MAG들에서 저장/관리된다고 가정하였다. 이러

한 정보를 이용함으로써, 제안 기법에서는 FMAG로부터 MN을 향해 발생하는 데이터 패킷 전송의 경우에는 LMA를 경유하지 않고 최적화된 경로로 패킷을 전송하게 함으로써 병목 현상에 빠지기 쉬운 코어망의 LMA의 부하를 에지망의 MAG들로 분산시킴과 동시에 삼각 라우팅의 문제점을 어느 정도 완화시킬 수 있었다.

성능 분석 결과, MN이 거의 통신 없이 상대적으로 이동성만 매우 큰 특수한 경우(즉, SMR의 값이 매우 작은 경우)를 제외한 대부분의 경우에 있어 제안 기법이 PMIPv6보다 매우 우수한 성능을 보임을 입증하였으며, 제안 기법이 PMIPv6의 문제점을 어느 정도 완화시킬 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있음을 확인하였다.

향후 연구로는 MN의 이동성 및 트래픽과 관련한 시스템 상에서 취득될 수 있는 MN의 통신 패턴 등에 기반을 둔 다양한 빅데이터 운영 정보 등을 토대로 보다 정교하게 각 MN별 FMAG를 구성/적용하고자 하는 보다 심도 깊은 연구를 진행할 예정이다. 이러한 연구는 제안 기법의 성능 향상에 있어 매우 중요한 연구로서, 그 주제 자체만으로도 매우 광범위하고 중요한 독립적인 이슈로 볼 수 있으며 기존의 셀룰러 망에서 많이 논의되어져 왔었다 [14, 15].

References

- [1] K. -S. Kong, Y. Han, M. Shin, H. Yoo, and W. Lee, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," *IEEE Wireless Communications*, Vol.15, No.2, pp.36-45, April 2008.
- [2] H. Yokota, KDDI Lab, P. Seite., "Use Case Scenarios for Distributed Mobility Management," *IETF Internet-Draft*, draft-yokota-dmm-scenario-00.txt, 2010.
- [3] H.Jung et al. "Distributed Mobility Control in Proxy Mobile IPv6 Networks," *IEICE Trans. on Communications*, F94-B, pp.2216-2224, 2011.
- [4] Shivakumar, N., Jannink, J., Widom, J., "Per-user profile replication in mobile environments: algorithms, analysis, and simulation results," *ACM/Kluwer MONET*, Vol.2, No.2, pp.129 - 140, 1997.
- [5] R. Jain et al., "A Caching Strategy to Reduce Network Impacts of PCS," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, pp.1434-1445, 1994.
- [6] C. Gihwan and L. Marchall, "An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environments" *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.13, no.5, pp.868-879, Jun. 1995.
- [7] Z. Mao, "An intra-LA location update strategy for reducing paging cost," *IEEE Communications Letters*, Vol.6, No.8, pp.334-336, Aug. 2002.
- [8] C. Lee, C. Ke, and C. Chen, "Improving Location Management for Mobile Users with Frequently Visited Locations," *Performance Evaluation*, Vol.43, No.1, p.p.15-38, Jan. 2001.
- [9] K. -S. Kong, "A PMIPv6-based Distributed Mobility Control Scheme Considering a User's Movement Locality," *Journal of Digital Contents*, Vol.14, No.3, pp. 283-290, 2013
- [10] K. -S. Kong, "Performance Analysis of Profile-based Location Caching with Fixed Local Anchor for Next-Generation Wireless Networks," *IEICE Transactions on Communications*. Vol.E91-B, No.11, pp.3595-3607, Nov. 2008.
- [11] Chen, G., Lee, S., "Evaluation of distributed and replicated HLR for location management in PCS Network," *Journal of Information Science and Engineering*, Vol.19, No.1, pp.85 - 101, 2005.
- [12] Lee, H., Cho, D., "An efficient location management scheme based on replication strategy for intersystem roaming in mobile wireless networks," *Computer Communications*, Vol.29, No.16, pp.3238 - 3249, 2007.
- [13] Jue, J., "Design and analysis of a replicated server architecture for supporting IP-host mobility," *Cluster Computing*, Vol.1, No.2, pp.249 - 260, 2001.
- [14] I. Akyildiz and W. Wang, "The Predictive User Mobility Profile Framework for Wireless Multimedia Ne

tworks," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.12, No.6, pp.1021-1035, Dec. 2004.

- [15] E. Pitoura and G. Samaras, "Locating Objects in Mobile Computing," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering," Vol.13, No.4, 2001.



공 기 식

1999년 : 고려대학교 컴퓨터학과
(이학사)

2001년 : 고려대학교 컴퓨터학과
(이학석사)

2005년 : 고려대학교 컴퓨터학과
(이학박사)

2009년~현재 : 남서울대학교 멀티미디어학과
부교수

관심분야 : IPv6 이동성 관리, 광대역통합망,
미래인터넷, 멀티미디어통신