
Proxy Mobile IPv6 환경에서 동적 페이징 지원을 위한 이동성 관리기법

이명규* · 김철중** · 박석천*** · 양영규***

A New Mobility Management Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks with Dynamic Paging Support

Myung-Kyu Yi* · Cheol-Joong Kim** · Seok-Cheon Park*** · Young-kyu Yang***

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-313-D00873)

요 약

Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)는 이동 노드에게 이동성 관리 기능을 요구하지 않는 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜이다. PMIPv6에서 Mobile Access Gateway(MAG)는 이동노드가 이동 할 때마다 원거리에 위치한 Local Mobility Anchor(LMA)에 위치등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록은 네트워크의 과도한 트래픽과 LMA 부하를 증가시키는 원인이 된다. 따라서, 본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 동적 페이징 지원을 위한 이동성 관리기법을 제안하였다. 제안기법에서는 위치등록비용을 감소하기 위해서 페이징 기법을 적용하였으며, 페이징 영역의 크기는 이동노드의 이동 및 통신 패턴에 따라 동적으로 조정된다. 제안기법의 성능을 분석하기 위하여 유체유동(fluid flow) 모델을 이용한 비용 계산식을 구하였으며, 수학적 비용 분석 결과를 통하여 제안기법이 PMIPv6보다 우수한 성능을 제공할 수 있다.

ABSTRACT

Proxy Mobile IPv6(PMIPv6) is a network-based mobility management protocol and it does not require mobile node's involving in mobility management. In PMIPv6, the Mobile Access Gateway (MAG) incurs a high signaling cost to update the location of a mobile node to the remote Local Mobility Anchor (LMA) if it moves frequently. It may cause excessive signaling traffic and increase a high traffic load on LMA. Therefore, we propose a new mobility management scheme in proxy mobile IPv6 networks with dynamic paging support. To minimize signaling overhead, in our proposal, the size of the paging area is determined dynamically according to the changes of mobility and traffic patterns of the mobile node. An analytic model is applied to determine the optimal size of the paging area. The cost analysis using fluid flow model presented in this paper shows that our proposal can achieve performance superior that of PMIPv6 scheme.

키워드

proxy mobile IPv6, 위치관리기법, IP 페이징, 이동성 관리

Key word

proxy mobile IPv6, location management, IP paging, mobility management

* 강원대학교 연구교수(교신저자, kainos@kyungwon.ac.kr)

** 강원대학교 전자계산학과

*** 강원대학교 정교수

접수일자 : 2010. 07. 16

심사완료일자 : 2010. 08. 02

I. 서 론

최근, 이동통신 및 무선인터넷의 급속한 성장에 힘입어 사용자들은 무선 인터넷 환경을 통해 다양한 IP 기반 응용서비스에 보다 쉽게 접근할 수 있게 되었다. 노트북이나 PDA, 아이폰과 같은 휴대용 단말기를 이용하여 사용자들은 더 이상 유선 인터넷이나 전화선의 연결에 의한 접속에 제한을 받지 않으며, 무선 접속 영역도 캠퍼스와 같은 범위를 넘어서 점차 확대되는 추세이다. 무선인터넷의 이용이 확대됨에 따라 IP 이동성 관리 기술이 차세대 기술 중의 하나로 각광을 받고 있으며, 현재 IP 이동성 관리와 관련된 기술들의 표준화는 Internet Engineering Task Force(IETF)를 중심으로 이루어지고 있다. Mobile IPv6(MIPv6)[1]은 무선 인터넷 환경에서의 이동성 지원에 관련된 핵심기술이며, 네트워크 계층에서 단말의 이동성을 지원하고자 하는 기술이다. 하지만, MIPv6는 몇 가지 문제점을 노출하고 있다.

MIPv6는 일반적으로 성능 및 자원이 한정되어 있는 이동노드(Mobile Node, 이하 MN)에게 프로토콜 스택의 수정을 요구한다. 또한, MN이 이동할 때 마다 MN과 액세스 라우터(Access Router, 이하 AR)사이의 위치등록 수행이 이루어지므로 무선구간에서의 자원 사용량 증가하게 되며, 이로 인해 MN의 전력 사용량이 증가하게 된다. 이러한 문제점을 인식한 인터넷 프로토콜 개발자들은 결국 MIPv6와 같은 호스트 기반 이동성 프로토콜이 아닌 네트워크 기반 이동성 프로토콜에 관심을 갖기 시작하였다.

이와 관련된 기술을 다루기 위해 IETF에 Network-based Localized Mobility Management(NetLMM)이라는 워킹그룹을 신설되었으며, MIPv6의 문제점을 해결하기 위해 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)[2]가 제안되었다. PMIPv6에서는 이동 단말이 어떠한 IP 이동성 프로토콜 시그널링에도 관여하지 않으며, 이동 단말에서 수행하던 이동성 관리를 통신사업자인 네트워크에서 처리한다. 따라서, 이동단말에 복잡한 표준 사양이 탑재되어야 하는 MIPv6의 문제점을 해결할 수 있다. 하지만, PMIPv6에서도 MIPv6의 문제를 모두 해결한 것은 아니다. MN이 이동할 때마다 이동 에이전트들은 여전히 위치등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록은 MN의 통신 여부와 상관없이 수행된다.

MN의 빈번한 이동은 네트워크 트래픽 부하를 증가시키고, 네트워크 자원을 낭비하게 된다. 따라서 본 논문에서는 위치관리비용을 감소하기 위하여 MN의 통신 및 이동 패턴에 따라 페이징 영역을 동적으로 조정하는 이동성 관리기법을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 관련 연구 및 문제점을 분석하고, 3장은 제안 기법을 위한 시스템 구성에 대하여 설명한다. 4장은 제안 기법에 대하여 설명하고, 5장에서는 제안 기법의 성능을 평가하기 위한 수학적 모델을 제시하고 이 모델에 따른 비용을 산출한 후, 제안 기법의 성능을 PMIPv6의 성능과 함께 비교분석한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 도출한다.

II. 연구배경

PMIPv6는 이동단말의 추가적인 기능 수정 없이 한정된 도메인 내에서 이동성을 지원하는 네트워크 기반 이동성 프로토콜이다. PMIPv6의 새로운 구성요소로는 Local Mobility Anchor(LMA)와 Mobile Access Gateway(MAG)가 있다. LMA는 PMIPv6 도메인에서 MN에 대한 일종의 홈 에이전트(Home Agent, 이하 HA) 역할을 수행하며, 일반적으로 게이트웨이 위치에 배치되고 홈 네트워크 프리픽스(Home Network Prefix, 이하 HNP)를 할당하여 MN에 보내주는 역할을 한다. LMA는 자신이 관리하는 PMIPv6 도메인 내의 모든 MN의 주소와 위치정보를 유지하여 연결을 보장한다. MAG는 주로 AR에 그 기능이 위치하며, MN을 대신하여 네트워크에 대한 연결 기능과 라우팅 기능을 담당한다. PMIPv6의 동작절차는 다음과 같다.

MN이 네트워크에 접속하게 되면, L2 접속인증을 수행하며 MN의 식별자를 MAG에 전송한다. MAG는 MN의 식별자를 이용하여 AAA서버와 인증과정을 수행한 후 해당 MN의 프로파일을 얻게 된다. MN의 프로파일에는 해당 MN을 서비스 할 LMA의 주소와 주소설정방법, MN의 HNP, 그리고 서비스 정책등과 같은 정보를 포함한다.

이후 MAG는 LMA에게 프록시 바인딩 업데이트(Proxy Binding Update, 이하 PBU) 메시지를 전송하며, LMA는 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리(Binding Cache

Entry, 이하 BCE)에 해당 정보를 추가한다. 이 과정이 모두 정상적으로 수행되면 LMA는 MAG에게 프록시 바인딩 승인(Proxy Binding Acknowledgement, 이하 PBA) 메시지를 전송하고, LMA와 MAG간의 양방향 터널을 생성한다. PBA 메시지를 수신 받은 MAG는 LMA가 할당해준 HNP과 IP주소 정보가 포함된 라우터 광고(Router Advertisement, 이하 RA) 메시지를 MN에게 전송한다.

PMIPv6는 네트워크에 위치한 라우터들이 IP 이동성 관리를 담당함으로써 이동노드에 대한 부하를 감소시켜 MIPv6의 문제점을 보완했다. 하지만, MIPv6와 마찬가지로 PMIPv6에서도 이동노드가 이동할 때마다 MAG는 LMA에 위치등록을 수행해야 하며, 이동노드의 빈번한 이동은 네트워크상에서 불필요한 시그널링을 유발한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 제안된 몇가지 IP 페이징 기법들이 있다. [3,4]에서는 Mobile IPv4 환경에서 동작하는 적응적 개별 페이징 기법을 제안하였는데, [3]에서는 이동노드의 이동 및 통신패턴에 따라 최적의 페이징 영역을 계산하여 페이징 비용을 감소시켰지만, 이동노드의 전력소모 문제를 유발한다. [4]에서는 페이징 영역 안에 있는 모든 이동 에이전트에게 페이징 요청 메시지를 전송함으로써 페이징 비용 증가문제가 발생한다. [5]에서는 PMIPv6 환경에서 페이징 기법을 제안하였지만, 정적 페이징 기법만 지원한다. 따라서, PMIPv6 도메인 영역이 큰 경우 페이징 비용이 높아지게 된다. 또한, 페이징 영역내의 MAG들에게 페이징 요청 메시지를 전송할 때 멀티캐스트의 지원을 필요로 한다. 본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 이동노드의 통신 및 이동패턴에 따라 페이징 영역을 동적으로 조정하여 위치관리비용을 감소하는 위치관리기법을 제안하고자 한다.

III. 시스템 구성

본 장에서는 제안기법을 위한 시스템 구성 및 수정된 메시지 포맷에 대해서 설명하고 있다.

3.1 시스템 구성

LMA는 PMIPv6 도메인내의 경계 라우터(border router)에 위치하고 있으며, BCE에 PMIPv6 도메인 내의

MN에 대한 바인딩정보를 가지고 있다.

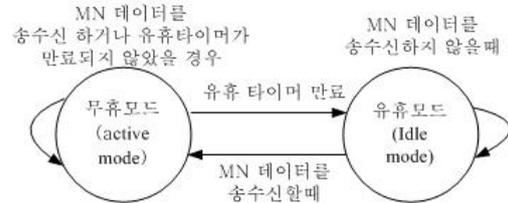


그림 1. MN의 상태 전이도
Fig 1. MN's state diagram

LMA과 MAG의 BCE에는 추가적인 바인딩 정보가 있는데, 그 중의 하나는 MN의 상태정보이다. MN의 상태는 MN의 통신 상태에 따라 그림 1과 같이 무휴모드(active mode) 혹은 유희모드(idle mode)로 구성된다. 각 모드는 유희 타이머(idle timer)값에 의해 결정되며, MN이 통신하지 않으면 타이머가 작동된다. 유희타이머 값이 만료되어도 통신상태가 지속되지 않으면, LMA나 MAG는 MN이 유희상태에 있음을 인지한다. MN이 데이터를 송신하거나 수신하는 경우 MN의 상태는 유희모드에서 무휴모드로 전환된다. 또한, LMA의 BCE에는 추가적으로 MN의 평균 세션 도착시간과 평균 서브넷 상주시간의 항목을 가지고 있다.

본 논문에서 LMA은 각 MN에 대한 평균 세션 도착시간 및 평균 서브넷 상주시간을 알고 있다고 가정한다. MN의 평균 세션도착시간 및 평균 서브넷 상주시간은 통계적인 측정값을 통해 구현이 가능하다[6]. LMA는 실제 경계 라우터에 위치함으로써 MN에 대한 트래픽 모니터링과 같은 방법 등을 통해 평균 세션 도착시간을 얻을 수 있으며, 평균 서브넷 상주시간은 주기적으로 MAG로부터 전송되는 PBU 메시지를 이용해 산출될 수 있다. LMA는 각 MN의 평균 세션도착시간 및 평균 서브넷 상주시간 비율(Session to Mobility Ratio, 이하 SMR)값에 따라 최적 페이징 영역을 결정한다. 또한, LMA는 각 MAG의 위상(topology)를 알고 있다고 가정한다. SMR 및 MAG들의 위상에 대한 자세한 사항은 5장에서 설명한다.

3.2 수정된 PBU 메시지 형식

제안기법을 위하여 본 논문은 기존의 PBU 메시지에 그림 2와 같이 유희모드를 지시하기 위한 'D' 플래그 비

트를 추가한다. 만약, 'D'비트가 설정된 경우, 이 메시지를 받은 LMA는 해당 노드의 SMR값을 이용하여 최적의 페이징 영역을 계산하고, 이 페이징 영역에 속하는 MAG 리스트를 AAA서버에게 전송한다. 또한, MN의 상태를 유휴모드로 변경하고, MN으로 전송되는 패킷을 위해 버퍼링을 수행한다.

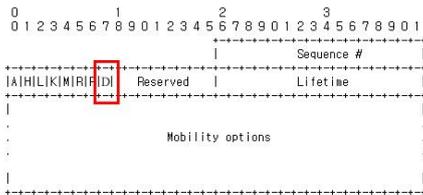


그림 2. 수정된 proxy binding update 메시지
Fig 2. Modified proxy binding update message

IV. 제안하는 위치관리기법

본 장에서는 제안하는 위치관리기법의 위치등록 및 패킷전송절차에 대해서 기술한다.

4.1 위치등록절차

제안기법의 위치등록절차는 다음과 같다.

- 1) MN이 새로운 도메인에 진입하게 되면, MAG는 이를 인지하고 AAA서버에게 인증을 위한 질의 메시지를 전송한다.
- 2) AAA서버에서 인증절차가 성공적으로 수행되면, AAA 응답메시지를 통해 MN의 프로파일을 전송한다.
- 3) MAG는 LMA에게 PBU 메시지를 전송하며, PBU를 수신한 LMA는 해당 MN에 대한 BCE를 생성한다. 이후 LMA는 HNP가 포함되어 있는 PBA 메시지를 MAG에게 전송한다.
- 4) MAG는 PBA 메시지를 이용하여 MAG와 LMA간의 양방향 터널을 생성한다.
- 5) MAG는 MN의 HNP를 할당하는 RA 메시지를 MN에게 전송한다.

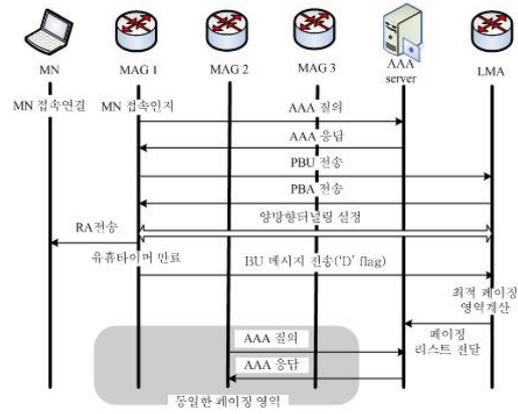


그림 3. 제안기법의 위치등록절차
Fig 3. Proposed location update procedure

지금까지의 등록절차는 PMIPv6와 동일하다. 하지만, MN의 유휴타이머가 만료되고 MN이 유휴모드에 진입하게 되면 다음과 같은 과정을 수행한다(그림3)

- 6) MAG는 LMA 서버에게 'D' 비트가 설정된 PBU 메시지를 전송하여 해당 MN이 유휴모드임을 알린다.
- 7) 'D' 비트가 설정된 PBU 메시지를 받은 LMA 서버는 해당 노드의 SMR값을 이용하여 최적의 페이징 영역을 계산하고, 페이징 영역에 속하는 MAG들의 리스트를 AAA서버에 전송한다.
- 8) 만약 유휴상태에 있는 MN이 동일 페이징 영역 안에서 이동할 경우, MAG는 AAA서버와 인증절차만 수행한다. 이는 AAA서버에 미리 저장된 MAG들의 리스트를 통해 LMA에는 등록절차를 수행할 필요가 없음을 알기 때문이다. 만약, MN이 다른 페이징 영역으로 이동하게 되면 MAG는 LMA와 등록절차를 수행하고 MN의 상태를 무휴상태로 변경한다.

4.2 패킷전송절차

MN이 무휴상태 일 때 CN이 MN에게 패킷을 전송하는 절차는 PMIPv6와 동일하다. 하지만, MN이 유휴상태에 있을 경우, 그림 4와 같이 제안기법의 패킷전송절차를 수행한다.

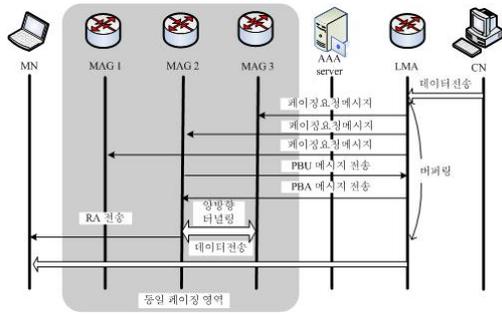


그림 4. 제안기법의 패킷전송절차
Fig 4. Proposed packet delivery procedure

- 1) CN이 MN에게 데이터를 전송하면 먼저 LMA에게 전송되며, LMA에서는 BCE에서 해당 MN이 유희상태에 있음을 감지한다. 이후, LMA는 MN에게 보내지는 패킷을 버퍼링 한 후, 해당 페이징 영역에 속한 MAG들에게 페이징 요청 메시지를 전송한다.
- 2) 페이징 요청 메시지를 받으면, MN이 위치한 MAG는 LMA에 PBU 메시지를 전송하여 위치등록을 수행한다. LMA는 BCE 정보를 갱신한 후 PBA 메시지를 MAG에게 보낸다.
- 3) MAG는 PBA 메시지를 이용하여 양방향 터널링을 생성한다. 또한, LMA는 MN을 위해 버퍼링했던 데이터를 MAG를 통해 해당 MN에게 전송한다.

V. 성능분석

5.1 네트워크 모델

본 논문에서는 제안기법의 성능분석을 위해 그림 5과 같은 정육각형 구조의 네트워크 모델을 사용한다[6]. PMIPv6 도메인 영역은 서브넷 영역의 집합으로 간주될 수 있으며, 각 서브넷은 동일한 크기의 정육각형으로 표시할 수 있다.

서브넷의 모양을 정육각형으로 나타내는 이유는 평면에 겹치는 공간이 없이 원형에 가깝게 도식화하는데 편리하므로 이동성 모델에 자주 사용되기 때문이다. 기본적으로 모든 서브넷의 크기는 동일한 모양, 동일한 크기를 가진다고 가정한다. 서브넷의 둘레를 l 이라고 가정하면, 서브넷의 면적 A_s 는 $\frac{\sqrt{3}}{24}l^2$ 이 된다.

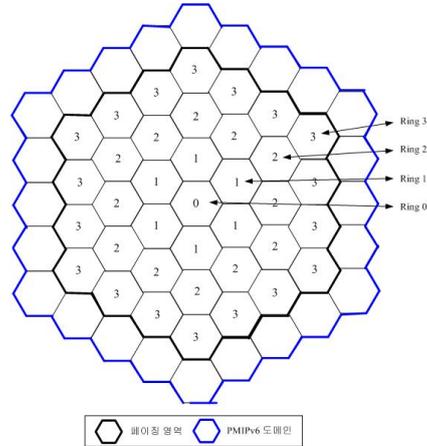


그림 5. 정육각형 구조의 네트워크 모델
Fig 5. Hexagonal network model

제안 기법에서 페이징 영역은 서브넷의 집합이라고 볼 수 있으며, PMIPv6 도메인 영역의 부분집합이라고 볼 수 있다. 그림 5에서 페이징 영역의 가장 가운데 있는 서브넷을 Ring 0라고 부르며, 가장 가운데 서브넷을 제외한 나머지 주변의 6개의 서브넷을 Ring 1이라고 부를 수 있다. Ring 1의 셀은 모두 '1'로 표시된다. 따라서, Ring R개를 가진 PMIPv6 도메인의 전체 서브넷의 수 $N_T(R)$ 는 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$N_T(R) = 1 + 6 \sum_{r=1}^R (r-1) = 3R(R+1) + 1 \quad (1)$$

또한, Ring r개를 가진 페이징 영역의 둘레는 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$L = (2r+1)l \quad (2)$$

5.2 비용 계산식

본 절에서는 PMIPv6과 PMIPv6 환경에서 정적인 페이징 기법[5], 그리고, 동적 페이징을 지원하는 제안기법의 위치관리비용을 계산하기 위한 비용 계산식을 구하고자 한다. PMIPv6 환경에서 정적인 페이징 기법을 SP-PMIPv6, 그리고 제안기법을 DP-PMIPv6라 표기한다. 각각의 위치관리비용을 구하기 위해서 표 1과 같은 매개 변수를 정의한다. DP-PMIPv6에서는 위치등록비

용은 감소하지만, CN이 MN에게 패킷을 전송하는 경우 페이징을 위한 추가 비용을 발생한다. 따라서, 비용계산식은 위치등록비용과 페이징 비용으로 구성한다[4]. 본 논문에서는 MN의 이동성 모델링을 위해 유체유동(fluid flow) 모델을 사용하였다. 각 MN은 PMIPv6 내의 서브넷을 단일분포를 따라 $[0, 2\pi]$ 사이를 이동한다고 가정한다. v 를 MN의 평균속도라 가정하고 ρ 를 MN의 밀도라고 가정하면, MN의 서브넷의 교차율 R_s 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$R_s = \frac{\rho v l}{\pi} \quad (3)$$

또한, MN의 세션도착시간은 포와송과정(Poisson process)을 따른다고 가정하고, MN의 서브넷 상주시간은 평균 $\frac{1}{\lambda_m}$ 과 분산 V_m 을 갖는 감마분포(Gamma distribution)을 따른다고 가정할 때, 이 분포의 라플라스-스틸체스 변환(Laplace-Stieltjes transform)은 다음과 같다.

$$f^*_m(s) = \left(\frac{\delta \lambda_m}{s + \delta \lambda_m}\right)^\delta, \text{ where } \delta = \frac{1}{V_m \lambda_m^2} \quad (4)$$

표 1. 비용 계산식을 위한 매개 변수
Table 1. costs and parameters

매개 변수	설 명
R_r	MN의 평균 바인딩 갱신 비율
A_s	서브넷의 면적
l	서브넷의 둘레
L	페이징 영역의 둘레
σ	MN의 상태가 무휴상태일 확률
λ_s	MN의 평균 세션 도착 시간
$1/\lambda_m$	MN의 서브넷 평균 상주시간
t_α	MAG와 AAA서버간의 평균 거리 (네트워크의 홉(hop)의 수)
t_β	MAG와 LMA간의 평균 거리 (네트워크 홉(hop)의 수)
δ_U	위치등록비용을 위한 비례상수
δ_T	터널링 설정비용을 위한 비례상수

(4)식을 이용하여, 두 세션도착 시간 사이에 MN이 K개의 서브넷 경계를 지나갈 확률, $\alpha(K)$ 를 구하면 다음과 같다[7].

$$\alpha(K) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{\theta} [1 - f_m^*(\lambda_s)] & , K=0 \\ \frac{1}{\theta} [1 - f_m^*(\lambda_s)]^\theta [f_m^*(\lambda_s)]^{K-1} & , K>0 \end{cases} \quad (5)$$

여기서 θ 는 SMR값이며, $\theta = \frac{\lambda_s}{\lambda_m}$ 이 된다. 따라서, 두 세션 도착 시간동안 MN이 이동 한 서브넷의 수 N_s 는 다음과 같다.

$$N_s = \left[\sum_{K=0}^{\infty} K \cdot \alpha(K) \right] \quad (6)$$

최악의 경우 MN의 이동방향이 동일하다고 가정하면, 페이징 영역내의 서브넷의 수 N_p 는 PMIPv6 도메인 전체의 서브넷 수보다 크지 않으므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N_s = \min \{R, N_s\} \quad (7)$$

$$N_p = \min \{N_T(R), 3N_s(N_s + 1) + 1\} \quad (8)$$

또한, (7)식을 이용하여 MN의 페이징 영역 교차율 R_p 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$R_p = \frac{\rho v L}{\pi} = \frac{\rho v (2N_s + 1) l}{\pi} \quad (9)$$

PMIPv6의 경우 MN이 이동 할 때마다 MAG가 위치등록을 수행하므로, (9)식을 이용하여 구한 PMIPv6의 위치관리비용 C_L 은 다음과 같다.

$$C_L = ((2t_\alpha + 2t_\beta)\delta_U + \delta_T) \times [R_s \cdot N_p + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot R_r] \quad (10)$$

(10)식은 MAG와 LMA에 위치등록 및 터널링 수행에 드는 비용과 MN이 바인딩 정보를 갱신을 하는 경우 발생하는 위치등록비용으로 구성되어 있다. 제안기법의

경우 MN은 페이징 영역 내에서 이동할 경우 LMA에 위치등록을 수행하지 않는다. 따라서, (10)식을 이용한 DP-PMIPv6의 위치관리비용은 다음과 같다.

$$C_L^{DP} = ((2t_\alpha + 2t_\beta)\delta_U + \delta_T)[R_p + \sigma(R_s \cdot N_p - R_p)] + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot R_r + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot (1-\sigma)\lambda_s + (N_p + 2t_\beta + \delta_T) \cdot \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot (1-\sigma)\lambda_s \quad (11)$$

(11)식은 각각 MN이 유희상태일 때 위치등록비용과 무휴상태일 때 위치등록비용, 그리고 MN이 유희상태일 때 데이터 송수신에 의해 발생하는 위치등록비용 및 페이징 비용으로 구성된다. SP-PMIPv6의 경우, MN의 정적 페이징 영역 교차율 R_p 는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$R_p' = \frac{\rho\nu(2R+1)l}{\pi} \quad (12)$$

(11)식과 (12)식을 이용하여, SP-PMIPv6의 위치관리비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_L^{SP} = ((2t_\alpha + 2t_\beta)\delta_U + \delta_T)[R_p' + \sigma(R_s \cdot N_p - R_p')] + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot R_r + \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot (1-\sigma)\lambda_s + (N(R)_T + 2t_\beta + \delta_T) \cdot \rho \cdot A_s \cdot N_p \cdot (1-\sigma)\lambda_s \quad (13)$$

5.3 성능분석

본 절에서는 5.2절에서 구한 비용 계산식에 의하여 몇 가지 실험에 따른 결과를 분석한다. 먼저, 표 2와 같이 성능 평가를 위한 기본적인 매개 변수 값을 설정한다 [4,5,6,7].

표 2. 성능 분석을 위한 매개 변수 설정
Table 2. Performance analysis parameters

매개변수	값	매개변수	값
ρ	0.02	λ_s	0.01~100
ν	10~100	$1/\lambda_m$	0.01~100
l	100	t_α	4
R	5~20	t_β	16
$N_T(R)$	31~111	δ_U	10
R_r	0.2	δ_T	3
V_m	10~100	σ	0.01~1

그림 6은 $R = 10, \nu = 80, \sigma = 0.05, V_m = 10, \lambda_m = 50$ 일 경우 평균 세션 도착시간 λ_s 에 의한 위치관리비용 비교를 보여주고 있으며, 그림 7는 $R = 10, \nu = 80, \sigma = 0.05, V_m = 100, \lambda_m = 10$ 일 경우 평균 세션 도착시간 λ_s 에 의한 위치관리비용 비교를 보여주고 있다.

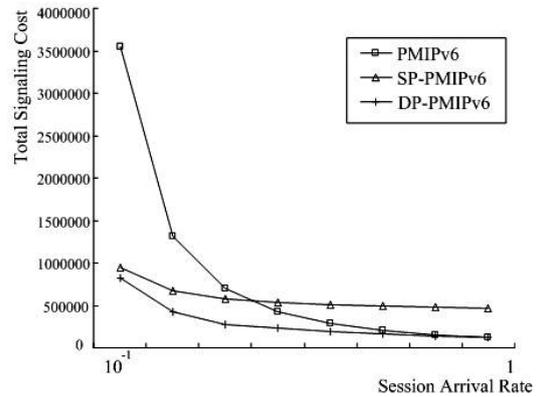


그림 6. 평균 세션 도착시간 λ_s 에 의한 위치관리비용 비교 ($\lambda_s [0.1 \sim 1]$)

Fig 6. Effect λ_s on total signaling cost

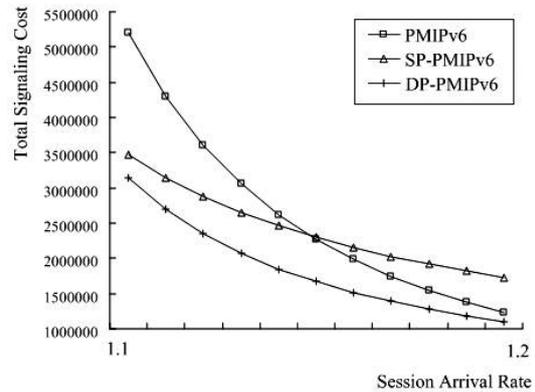


그림 7. 평균 세션 도착시간 λ_s 에 의한 위치관리비용 비교 ($\lambda_s [1.1 \sim 2]$)

Fig 7. Effect λ_s on total signaling cost

그림 6과 그림 7에서 볼 수 있듯이 SMR값이 증가할수록 위치관리비용은 감소하고 있으며, 전체적으로 제

안기법이 PMIPv6와 SP-PMIPv6보다 감소된 위치관리 비용을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한, SMR값이 낮을 때 제안기법이 더 우수한 성능을 보여주고 있는데, 이는 SMR값이 낮을수록 MN의 이동성이 상대적으로 증가함에 따라 위치등록비용이 증가하기 때문이다. 하지만, 제안기법에서는 MN이 유휴상태일 경우 동적 페이징 기법을 이용하여, 원거리에 위치한 LMA에 위치등록을 수행하지 않음에 따라 위치관리비용을 감소시킨다.

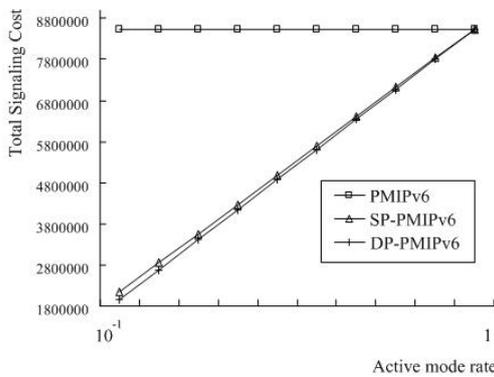


그림 8. MN의 상태가 무휴상태일 확률 σ 에 의한 위치관리비용 비교

Fig 8. Effect σ on total signaling cost

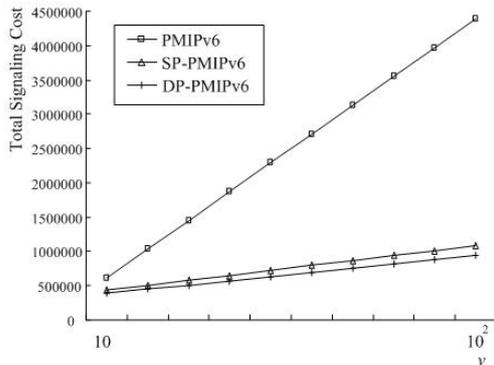


그림 9. MN의 평균속도 ν 에 의한 위치관리비용 비교

Fig 9. Effect ν on total signaling cost

그림 8은 $R=15$, $\nu=80$, $\lambda_s=0.5$, $V_m=100$, $\lambda_m=10$ 일 경우 MN이 무휴상태일 확률 σ 에 의한 위치관리비용 비교를 보여주고 있다. 그림 8에서 볼 수 있

듯이 제안기법이 PMIPv6와 SP-PMIPv6보다 감소된 위치관리비용을 보여주고 있음을 알 수 있다. 이는 MN이 유휴상태에 있을 경우 페이징 기법을 이용하여 위치등록비용을 감소하기 때문이다. 또한, 페이징 영역을 MN의 통신 및 이동 패턴에 따라 동적으로 조정함으로써 제안기법이 정적인 페이징 기법인 SP-PMIPv6보다 감소된 위치관리비용을 보여주고 있다. 그림 9는 $R=10$, $\sigma=0.05$, $\lambda_s=0.1$, $V_m=100$, $\lambda_m=10$ 일 경우 MN의 평균속도 ν 에 의한 위치관리비용 비교를 보여주고 있다. 그림 9와 같이 전체적으로 제안기법이 PMIPv6와 SP-PMIPv6보다 감소된 위치관리비용을 보여주고 있다. 이는 MN의 속도가 증가할수록 빈번한 위치등록이 수행하기 때문에 위치관리비용이 증가하고 있지만, 제안기법에서는 동적인 페이징 기법을 이용하여 위치관리비용을 감소시키기 때문이다. 위의 실험결과에 종합해 볼 때, 제안기법이 전체적으로 PMIPv6 및 SP-PMIPv6보다 좋은 성능을 보여주고 있음을 알 수 있다.

VI. 결론

PMIPv6는 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜이다. PMIPv6에서 MN에 전송되는 모든 데이터는 LMA와 MAG를 통해 전달된다. MN이 이동할 때 마다, MAG는 원거리에 위치한 LMA에 위치등록을 수행해야 하며, 이러한 위치등록은 LMA에 부하를 증가시킬 뿐 아니라, 네트워크로 전달되는 전체 트래픽이 증가하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 동적 페이징 기법을 이용한 이동성 관리기법을 제안하였다. 제안기법에서 MN이 무휴상태일 경우 PMIPv6와 동일하게 LMA에 위치등록을 수행한다. 하지만, MN이 유휴상태일 경우에는 MAG는 원거리에 위치한 LMA에 등록하지 않고, 이동노드의 통신 및 이동패턴에 따른 동적 페이징 기법을 이용하여 위치관리비용을 감소할 수 있다. 제안기법의 성능을 분석하기 위하여 유체유동(fluid flow) 모델을 이용한 위치관리비용 계산식을 구하였으며, 수학적 비용 분석 결과를 통하여 제안기법이 PMIPv6보다 우수한 성능을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] D. Johnson, C. E. Perkins, J. Akko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, Aug. 2008.
- [3] C. Castelluccia, "Extending Mobile IP with Adaptive Individual Paging: A Performance Analysis," Proc. IEEE Symp. Computer and Comm., pp. 113-118, 2000.
- [4] X. Zhang, J. Castellanos, and A. Campbell, "Design and Performance of Mobile IP Paging," *ACM Mobile Networks and Applications*, pp.127-141, March, 2002.
- [5] Jong-Hyouk Lee, Tai-Myoung Chung, Sangheon Park, Sri Gundavelli, "Shall we apply paging technologies to proxy mobile IPv6?," In Proc. of the 3rd international workshop on Mobility in the evolving internet architecture, pp.37-42, 2008.
- [6] Yi-Bing Lin, Shun-Ren Yang, "A Mobility Management Strategy for GPRS," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 2 ,pp. 1178 - 1188, November 2003.
- [7] Lin, Y.-B. "Reducing Location Update Cost in a PCS Network," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 5, No. 1 , pp 25-33, February 1997.



양영규 (Young-kyu Yang)

1972년 서울대학교 졸업(학사)
1974년 서울대학교 환경대학원
졸업(석사)
1985년 Texas A&M 대학교 대학원
공간정보처리 전공(박사)

1973년 - 1996년 시스템공학연구소 연구원
1996년 - 2003년 한국전자통신연구원 연구원
2003년 - 현재 경원대학교 컴퓨터미디어전공 교수
※ 관심분야 : LBS, RS/GIS

저자소개

이명규 (Myung-Kyu Yi)

한국해양정보통신학회 논문지
제14권 제4호 참조

김철중 (Cheol-Joong Kim)

한국해양정보통신학회 논문지
제14권 제4호 참조

박석천 (Seok-Cheon Park)

한국해양정보통신학회 논문지
제14권 제4호 참조