

논문 2011-4-19

# PMIPv6 네트워크에서 DNS기반의 비용효과적인 핸드오프 기법의 성능분석

## Performance Analysis of Cost-Effective Handoff Scheme in PMIPv6 Networks with DNS Supporting

김재훈\*, 정종필\*\*

Jae-Hoon Kim, Jongpil Jeong

**요약** PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)는 네트워크 기반 지역 이동성관리 프로토콜을 지원하기 위해 설계되었으나 호스트의 전역 이동성관리를 처리하지 않는다. 본 논문에서는 PMIPv6를 위한 DNS(Domain Name System) 기반의 위치관리 기법을 제안한다. 제안된 기법에서 DNS는 위치관리자로서 전역 이동성을 위한 PMIPv6를 제공한다. 또한 다수의 모바일 터미널을 지원하고 네트워크 확장성을 높이기 위한 페이징 확장 기법을 PMIPv6에 도입한다. 제안된 위치관리 기법을 평가하기 위해 분석모델을 수립하여 위치갱신과 페이징 비용을 수식화하고 전체 시그널링 비용상의 다른 요인의 영향을 분석한다. 수행결과는 여러가지 매개변수에 따라 전체 시그널링 비용이 어떻게 변하는지 보여준다.

**Abstract** Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) is designed to provide a network-based localized mobility management protocol, but it does not handle the global mobility of hosts. In this paper, we propose a location management scheme based on Domain Name System (DNS) for PMIPv6. In this proposed scheme, DNS as a location manager provides PMIPv6 for global mobility. In addition, a paging extension scheme is introduced to PMIPv6 in order to support large numbers of mobile terminals and enhance network scalability. To evaluate the proposed location management scheme, we establish an analytical model, formulate the location update and the paging cost, and analyse the influence of the different factors on the total signalling cost. The performance results show how the total signal cost changes under various parameters.

**Key Words** : PMIPv6, Handoff Scheme with DNS Supporting

### 1. 서 론

NETLMM(Network-based Localized Mobility Management) 워킹그룹은 MN(Mobile Node)의 관여없이 지역 IP 이동성을 처리하는 PMIPv6라고 하는 NETLMM 프로토콜을 표준화하였다<sup>[1]</sup>. Mobile IPv6

(MIPv6) 같은 호스트 기반의 이동성관리 접근에 비하여 PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6)는 중요한 이점을 갖는다<sup>[2]</sup>. 첫 번째, 네트워크가 MN을 대신하여 이동성 관련 시그널링을 수행한다. MN은 어떠한 이동성 관련 시그널링에도 관여할 필요가 없다. 그러므로 PMIPv6는 무선 연결에서 시그널링 비용을 감소시키고 무선 리소스를 효율적으로 이용한다. 두번째, PMIPv6는 MN의 어떠한 수정도 필요하지 않으므로 다양한 형태의 터미널에 서비스를 제공할 수 있다. 결국 네트워크 기반의 이동성관리 프로토콜

\*성균관대학교 정보통신대학원 정보보호학과 석사과정

\*\*성균관대학교 정보통신공학부 교수

접수일자 2011.6.21., 수정완료 2011.7.30.

게재확정일자 2011.8.12

인 PMIPv6는 네트워크 트래픽을 제어할 수 있기 때문에 네트워크 제공자들이 네트워크를 쉽게 관리할 수 있게 한다<sup>[3]</sup>.

그러나 몇 가지 단점들도 있다. 하나는 현재의 PMIPv6는 호스트의 전역 이동성을 지원하지 않는다는 것이다<sup>[1,4]</sup>. PMIPv6는 지역적인 도메인에서 MN에게 네트워크 기반의 이동성관리 지원을 제공하기 위해 설계되었다. 즉, 도메인 간 이동성의 경우에 현재 PMIPv6는 정확한 해결방법을 제공하지 않는다. 그러므로 우리는 PMIPv6에서 전역적인 위치관리자로서의 네트워크 엔티티를 도입할 필요가 있다.

현재의 인터넷에서 대부분의 통신은 도메인명을 IP 주소로 변환하기 위한 DNS 검색으로 시작한다. 또한 DNS(Domain Name System)는 대규모로 사용되고 있어 전역적으로 MN의 위치를 찾을 수 있다. <sup>[5]</sup>에서는 위치관리자로서 DNS를 이용하여 새로운 엔티티의 도입없이 실현가능한 해결방법을 제시하였다. 그러므로, PMIPv6에서 전역 이동성을 지원하기 위해서 위치관리자로서 DNS를 도입한다. 다른 단점은 PMIPv6는 등록절차를 지원하지만 페이징 절차를 지원하지 않는다는 것이다<sup>[6]</sup>. 페이징은 MN의 위치갱신 비용과 전력 소비를 줄일 수 있다. 게다가 페이징 기술은 프로토콜을 확장하여 셀룰라 시스템에서 널리 사용되는 다수의 MN을 처리할 수 있다<sup>[7, 8]</sup>. 그러므로 PMIPv6에서 이동성관리 성능을 최적화하기 위해 페이징 확장 기법을 제안한다.

이 논문에서는 먼저 D-PMIPv6라고 하는 DNS기반의 PMIPv6를 위한 위치관리 기법을 제안한다. 제안된 기법에서 D-PMIPv6에 페이징 확장 기법이 도입된다. 또 위치관리 기법을 평가하기 위해 분석모델을 수립한다. 이 모델에 기반해 위치갱신 비용과 페이징 비용을 수치로 설명하고, PMIPv6 도메인, 이동율, 세션 도착율, Active 모드 비율이 다양한 변수를 이용하여 어떻게 전체 시그널링 비용에 영향을 줄 수 있는지 자세히 설명한다.

이 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 PMIPv6의 개요를 설명한다. 3장에서는 제안하는 DNS에 기반한 LMA간 핸드오프 기법을 자세히 설명하고, 4장에서는 제안하는 기법에 대한 분석모델과 시그널링 비용을 수식화한다. 5장에서는 성능평가 결과를 설명하고, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

PMIPv6<sup>[1]</sup>는 네트워크 기반의 IP 이동성관리를 제공하기 위해 설계되었다. PMIPv6 도메인은 LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG(Mobile Access Gateway) 두 개의 핵심 요소로 구성된다. LMA는 HA(Home Agent)와 현재 등록된 각 MN의 BCE(Binding Cache Entry)를 관리하는 역할을 한다. 그 동안 LMA는 MN이 PMIPv6 도메인 내의 어디로 이동하던지 도달가능성을 관리한다. MAG의 핵심 역할은 MN의 이동을 감지하고 MN 대신 이동성 관련 시그널링을 관리하는 것이다.

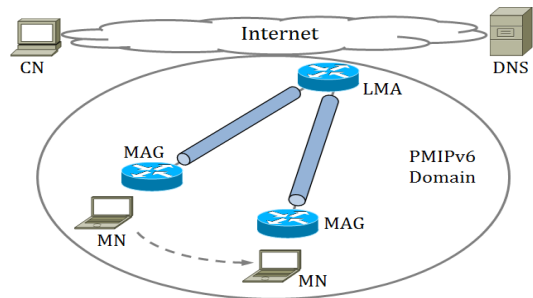


그림 1. PMIPv6 도메인 아키텍처  
Fig. 1. PMIPv6 Domain Architecture

PMIPv6에서 MN이 PMIPv6 도메인의 MAG에 처음 연결되면 MAG에게 RS(Router Solicitation) 메시지를 보낸다. MN이 접속 인증을 통과한 후 MAG는 MN-ID, LMA 주소를 포함한 MN의 프로파일을 얻는다. MAG는 MN을 대신해 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 LMA에게 전송한다. PBU를 받으면 LMA는 MN의 HNP(Home Network Prefix)를 포함하여 MAG에게 PBA(Proxy Binding Acknowledgement)를 전송한다. 동시에 LMA는 MN의 정보를 BCE(Binding Cache Entry)에 기록하고 LMA와 MAG 사이에 양방향 터널을 생성한다. MAG가 PBA 메시지를 받으면 MN에게 RA(Router Advertisement) 메시지를 전송하고 양방향 터널을 수립한다. MN은 HNP가 들어있는 RA 메시지를 받으면 자신의 pHoA(Proxy Home Address)를 설정할 수 있다.

MN은 PMIPv6 도메인에서 pHoA를 획득한 후 이 pHoA로 데이터 트래픽을 송수신할 수 있다. LMA는 CN이 MN에 보내는 모든 데이터 패킷을 수신하고 터널을 통해 MAG에게 전달한다. 터널 반대편 종단의 MAG는

패킷을 받은 후 바깥 쪽 헤더를 제거하고 MN에게 전달한다.

### III. DNS기반의 위치관리 기법

이 장에서는 PMIPv6를 위한 DNS기반의 위치관리 기법을 제안한다. 이 새로운 기법에서 DNS는 전역 위치관리자의 역할을 한다. 기존 위치갱신 기법은 확장이 필요하고 페이징 기법이 도입된다.

#### 1. 위치관리자로서의 DNS

PMIPv6는 지역 이동성관리 프로토콜로 호스트의 전역 이동성관리를 지원하지 않는다<sup>[9]</sup>. 그러므로 PMIPv6를 위해 전역 위치관리자로서의 네트워크 엔티티 도입이 필요하다. DNS는 이미 기존 인터넷 인프라의 일부이고 인터넷 통신은 대부분 FQDN(Fully Qualified Domain Name)을 IP주소로 변환하기 위한 DNS 검색으로 시작한다. 그러므로 DNS는 PMIPv6에서 전역 이동성을 지원하기 위한 위치관리자로 고려될 수 있다. 위치관리자로서의 DNS는 위치갱신과 위치검색의 두가지 동작을 포함한다.

##### 가. 위치갱신

PMIPv6에서 MN이 동일한 PMIPv6 도메인 안에서 핸드오프 시에는 주소를 변경할 필요가 없다. 따라서 DNS의 FQDN-to-IP 엔트리는 변경될 필요가 없다. 그러나 MN이 다른 PMIPv6 도메인으로 이동할 때 현재 HNP로부터 새 IP 주소를 획득하고 MN은 DNS Update 메시지를 보내 DNS의 FQDN-to-IP 엔트리를 갱신한다.

##### 나. 위치검색

호스트가 MN과 통신하고자 할 때 DNS의 FQDN-to-IP 엔트리를 조회한다. DNS가 MN의 현재 IP를 응답하면 호스트는 MN과 직접 통신을 초기화하고 설정할 수 있다. MN의 IP는 LMA의 네트워크 주소 프리픽스의 일부이기 때문에 데이터 패킷은 LMA를 거쳐간다. BCE에 따라 LMA는 데이터 패킷을 터널을 통해 MAG에게 전달하고 결국 데이터 패킷은 MN에 도달한다.

#### 2. 위치갱신 기법

D-PMIPv6에서 위치갱신 기법은 MAG의 LMA로의

MN 위치 정보 통보와 AAA의 DNS 레코드 갱신을 포함한다. 이 절에서 DNS 기반 위치갱신 기법을 제안한다. 추가적으로 MN의 모드, 모드별 위치갱신 메카니즘, 위치갱신 기법의 성능평가 세부사항들을 논의한다.

##### 가. MN의 모드

D-PMIPv6에서 MN의 상태는 Active 모드와 Idle 모드로 나뉜다. LMA와 MAG는 MN의 상태를 유지하고 일관되게 보관한다. 그러므로 LMA의 BCE와 MAG의 BULE(Binding Update List Entry)는 MN의 상태와 Active 타이머 두가지 옵션을 추가해야 한다. Idle모드의 MN이 데이터 패킷을 보내거나 받으면 MN의 상태는 Active로 전환된다. 해당 MAG와 LMA가 패킷을 받으면 LMA의 BCE와 MAG의 BULE의 MN 상태를 Active로 설정한다. MN이 데이터 세션을 가질 때마다 MN, 해당 MAG, LMA의 Active 타이머는 리셋된다. 라이프타임이 만료되면 Idle 모드로 설정한다.

##### 나. 위치갱신 기법

Active 모드의 MN이 동일한 PMIPv6 내의 이전에 연결된 MAG(pMAG)에서 새로 연결된 MAG(nMAG)로 이동할 때 pMAG는 터널과 BCE를 삭제하기 위해 LMA에게 PBU 메시지를 전송한다. nMAG는 LMA에게 MN의 새 위치를 알리고 양방향 터널을 수립한다. 이 경우 MN의 주소는 바뀌지 않으므로 AAA는 DNS로 MN의 이동을 알릴 필요가 없다. 메카니즘은 시그널링 비용과 DNS의 부담을 줄일 수 있는 HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6)의 이동성관리와 유사하다<sup>[10]</sup>. Active 모드의 MN이 PMIPv6 도메인 간의 핸드오프 시 새 주소를 획득한다. 위의 동작 외에 AAA는 DNS의 FQDN-to-IP 엔트리를 갱신해야 한다. Active 모드의 MN이 PMIPv6 간을 이동할 때는 새 주소를 받으므로 LMA는 DNS의 FQDN-to-IP 엔트리를 갱신해야 한다.

Idle 모드의 MN이 동일 PMIPv6 도메인 내에서 이동할 때 nMAG는 터널을 셋업하고 BCE를 생성할 필요가 없다. 뿐만 아니라 nMAG이 PBU 메시지를 보낼 필요가 없으므로 시그널링 비용이 줄어든다. Idle 모드의 MN이 LMA간 이동할 경우는 Active 모드의 경우와 같다.

#### 3. 페이징 기법

페이징 기법은 MN의 위치를 어떻게 효과적이고 빠르

게 결정하는지를 포함하는 MN의 네트워크 위치를 찾는 프로세스이다. 이 절에서는 PMIPv6를 위한 페이징 확장 기법을 제안하고, 페이징 영역 구축과 페이징 기법에서 MN 모드의 영향, 페이징 기법의 메시지 흐름을 논의한다.

**가. 페이징 영역 아키텍처**

인터넷은 몇 개의 PMIPv6 도메인으로 나뉘고 각 PMIPv6 도메인은 LMA와 몇 개의 MAG로 이루어진 페이징 영역이다. 각 페이징 영역은 LMA에 의해 통제되고 LMA 주소 중 하나인 고유한 페이징 영역 ID로 식별된다.

**나. 페이징 기법에서 MN 모드의 영향**

LMA의 BCE는 MN의 상태를 유지한다. MN으로 가는 데이터 패킷을 받을 경우 LMA는 MN의 상태를 확인한다. MN이 Active 모드인 경우 LMA는 MN이 연결된 MAG에게 데이터 패킷을 전달한다. MN이 Idle 모드인 경우 LMA는 PMIPv6 도메인 내의 모든 MAG에게 페이징 요청 메시지를 전송한다.

**다. 페이징 기법의 메시지 흐름**

그림 2는 PMIPv6를 위한 DNS기반 페이징 확장 기법을 보여준다. MAG1이 MN의 부팅을 감지하면 MAG1은 LMA로 등록 절차를 수행한다. 그 결과 터널이 수립되고 데이터 패킷은 MN으로 전송된다. 긴 시간 동안 데이터 패킷의 송수신이 없으면 MN은 Active 모드에서 Idle모드로 변경된다. 네트워크 트래픽은 LMA로 집중되고 LMA는 병목이 되기 쉽기 때문에 LMA보다 해당 MAG가 Idle 모드 안내 메시지를 LMA1 페이징 영역 안의 다른 MAG에게 전송한다.

Idle 모드의 MN이 MAG2에 연결되면 MAG2는 MN이 Idle 모드인 것을 알기 때문에 LMA1과 터널을 수립하거나 PBU 메시지를 보내지 않는다. CN이 MN과 통신하고자 할 때 CN은 DNS에게 MN의 IP 주소를 요청한다. MN의 IP 주소를 획득한 후 CN은 현재 MN에게 서비스하는 LMA1에게 데이터 패킷을 전송한다. LMA는 MN이 Idle 모드인 것을 알고 PMIPv6 도메인 내의 모든 MAG에게 페이징 요청 메시지를 전송한다. LMA1과 MAG2는 터널을 생성하고 LMA의 버퍼링된 데이터 패킷을 MN에게 전달한다. Idle 모드의 MN이 LMA1에서 LMA2로 이동하는 것처럼 PMIPv6 도메인간 이동 시 MN의 위치정보는 LMA2와 DNS에 갱신되어야 한다.

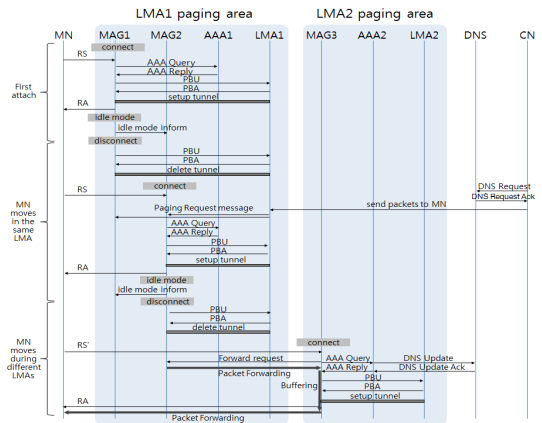


그림 2. DNS기반 PMIPv6 페이징 기법의 메시지 흐름  
Fig. 2. Messages Flows of the Paging Scheme based on DNS for PMIPv6

**IV. 성능평가를 위한 분석모델**

위치관리 성능평가의 매개변수는 위치등록 및 위치갱신 시그널링 비용과 페이징 시그널링 비용의 두 부분으로 이루어진 전체 시그널링 비용이다. 아래에서 우리는 전체 시그널링 비용을 평가하기 위한 분석모델을 제안한다. 이 모델의 몇 가지 아이디어는 [11]에서 가져왔다. 표 1은 주요 매개변수와 각각의 설명이다.

표 1. 시스템 매개변수 및 설명

Table 1. System Parameters and Their Descriptions

매개변수	설 명
$C_{mt}$	MAG-MN 간 전송비용
$C_{lm}$	LMA-MAG 간 전송비용
$C_{mn}$	MAG-MAG 간 전송비용
$C_{am}$	AAA-MAG 간 전송비용
$C_{ad}$	AAA-DNS 간 전송비용
$a_t$	MN의 위치갱신 비용
$a_m$	MAG의 위치갱신 비용
$a_l$	LMA의 위치갱신 비용
$a_a$	AAA의 위치갱신 비용
$a_d$	DNS의 위치갱신 비용
$\theta$	Active 모드 비율
$\sigma$	MN의 Active 모드 변화율
$\lambda_i$	MN으로의 세션 도착율
$\lambda_o$	MN의 패킷 전송율
$N_{mn}$	서브넷 안의 전체 MN 수
$T_f$	MN의 각 서브넷 평균 체류시간

### 1. 핸드오버 지연시간

MN이 PMIPv6 도메인 간을 이동할 때의 전체 핸드오버 시간 및 DNS 갱신 시간을 살펴본다. 그림 3은 [12]에서 제안된 기법에 따른 메시지 흐름을 시간을 기준으로 재구성한 것이고 그림 4는 그림 2의 메시지 흐름을 시간을 기준으로 표현한 것이다.

[12]의 전체 핸드오버 지연시간은 아래와 같다.

$$T_{HL1} = T_{link-switching} + T_{RS} + T_{AAA-Auth} + T_{P-registration} + T_{DNS-Update} + T_{RA} \quad (1)$$

본 논문에서 제안된 기법의 전체 핸드오버 지연시간은 아래와 같다.

$$T_{HL2} = T_{link-switching} + T_{RS} + T_{AAA-Auth} + T_{P-registration} + T_{RA} \quad (2)$$

제안된 기법은 [12]에 비하여  $T_{DNS-Update}$  만큼 전체 핸드오버 지연시간이 단축된다. 또한 [12]에서 DNS 갱신이 완료되어 MN과 통신하고자 하는 CN이 변경된 IP 주소를 확인할 수 있을 때까지의 지연시간은 아래와 같다.

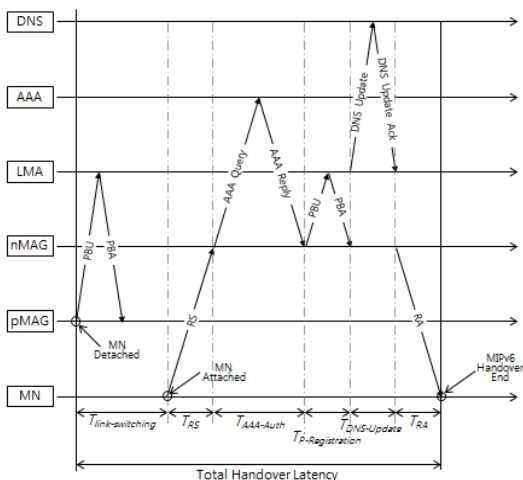


그림 3. 기존 기법에 따른 PMIPv6에서의 핸드오버 지연시간  
Fig. 3. Handover Latency of PMIPv6 with the Existing Scheme

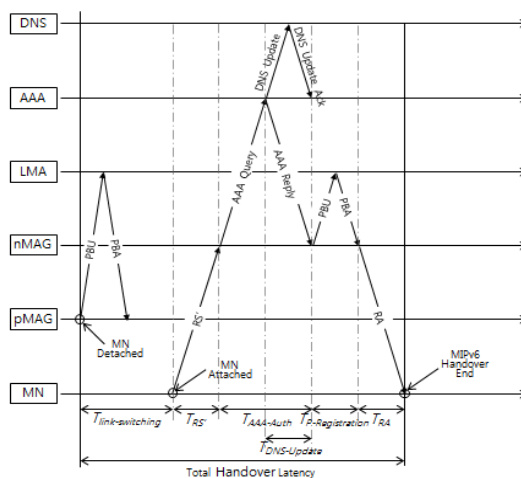


그림 4. 제안된 기법에 따른 PMIPv6에서의 핸드오버 지연 시간

Fig. 4. Handover Latency of Proposed Scheme with the Proposed Scheme

$$T_{DL1} = T_{link-switching} + T_{RS} + T_{AAA-Auth} + T_{P-registration} + T_{DNS-Update} \quad (3)$$

제안된 기법에서 CN이 변경된 MN의 IP 주소를 확인할 수 있을 때까지의 지연시간은 아래와 같다.

$$T_{DL2} = T_{link-switching} + T_{RS} + T_{AAA-Auth} \quad (4)$$

제안된 기법에서는 [12]에 비해  $T_{P-Registration} + T_{DNS-Update}$  만큼 DNS 갱신 시간이 단축된다. 이는 [12]에서 DNS 갱신을 LMA가 수행하던 것을 AAA가 수행하도록 함으로써 LMA가 PBU, PBA를 처리하기를 기다리지 않고 AAA가 nMAG로부터 AAA Query를 받음과 동시에 DNS 갱신을 처리할 수 있기 때문이다.

### 2. 위치갱신 비용

D-PMIPv6에서 각 MN은 N개의 서브넷 간을 이동하고 PMIPv6 도메인에는 k개의 서브넷이 있다고 가정한다. 그러면 MN은 다른 서브넷으로  $1/(N-1)$ 의 증가확률로 이동할 것이다. 이 모델에서 각 MN이 서브넷을 벗어나는 행동을 “movement”라고 한다. 1 movement에서 MN들은 서브넷 안에 머물 것이다. 2 movement에서 MN

들은 다른  $N-1$ 개의 서브넷들로 이동할 것이다. 각 MAG는 하나의 서브넷이고 각 PMIPv6 도메인은 하나의 페이징 영역이라고 가정한다.  $M$  movement에 PMIPv6 도메인을 벗어날 확률은 아래와 같다.

$$P_m = \frac{N-k}{N-1} \cdot \left(\frac{k-1}{N-1}\right)^{m-2}, \quad 2 \leq m \leq \infty \quad (5)$$

$M$ 의 기댓값으로 나타내면 아래와 같다.

$$E[M] = \sum_{m=2}^{\infty} m p_m = 1 + \frac{N-1}{N-k} \quad (6)$$

### 가. Active MN의 위치갱신 비용

Active 모드의 MN이 같은 PMIPv6 도메인 내에서 서브넷 간을 이동할 때 MAG는 MN의 위치를 갱신하기 위해 LMA에게 PBU 메시지를 보낸다. 위치갱신 비용은 네트워크 엔트리 간의 전송비용과 MN, MAG, AAA, LMA의 처리비용을 포함한다. 이것은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{ul} = 2c_{mt} + 4c_{lm} + 2c_{am} + 2\alpha_t + 6\alpha_m + 2\alpha_l + \alpha_a \quad (7)$$

Active 모드의 MN이 PMIPv6 도메인 간을 이동할 때 LMA와 DNS의 MN 위치 정보는 갱신되어야 한다. 그러므로 위치갱신 비용은 아래와 같다.

$$C_{ud} = 2c_{mt} + 4c_{lm} + 2c_{am} + 2c_{ad} + 2\alpha_t + 6\alpha_m + 2\alpha_l + \alpha_a + \alpha_d \quad (8)$$

D-PMIPv6에서 MN은 PMIPv6 도메인을  $M$  movement에 벗어난다. 그것은 MN이 동일 PMIPv6 도메인 내에서  $(E[M]-1)$  movements 동안 이동한다는 것이다. 각 MN이 movement 전에 각 서브넷에 머무르는 평균시간을  $T_f$ 라고 가정하자. 그러면 Active MN에 대한 단위시간 당 평균 위치갱신 비용은 아래와 같다.

$$C_{active} = \frac{(E[M]-1) \cdot C_{ul} + C_{ud}}{E[M] \cdot T_f} \quad (9)$$

MN이 데이터를 긴 시간 동안 보내거나 받지 않으면 MN의 상태는 Active 모드에서 Idle모드로 바뀐다. 그러면 MAG는 Idle 모드 안내 메시지를 같은 PMIPv6 도메

인 내의 다른 MAG에게 전송한다. 그러므로 비용은 아래와 같다.

$$C_{a-i} = \sigma \cdot (k-1) \cdot c_{mm} / T_f \quad (10)$$

여기서  $\sigma$ 는 MN의 상태가 Active에서 Idle로 바뀔 확률이다. 네트워크가 동적 평형상태라고 가정하면 Active에서 Idle로 바뀌는 MN의 수는 단위시간 당 Idle에서 Active로 바뀌는 MN의 수와 같다. 마코프 체인에 따라 다음과 같은 수식이 유도된다.

$$\sigma \cdot (1-\theta) \cdot N_{mn} = (\lambda_i + \lambda_o) \cdot \theta \cdot N_{mn} \quad (11)$$

수식 (11)에서  $\sigma$ 는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma = (\lambda_i + \lambda_o) \cdot \theta / (1-\theta) \quad (12)$$

여기서  $\lambda_i$ 는 MN에서의 세션 도착율,  $\lambda_o$ 는 MN의 패킷 전송율이고  $\theta$ 는 Active 모드의 비율이다.

### 나. Idle MN의 위치갱신 비용

위 절에서 PMIPv6가 페이징 영역이라고 가정했다. 따라서 Idle 모드의 MN이 동일 PMIPv6 도메인 내에서 서브넷 간을 이동할 때 MAG는 LMA에게 PBU 메시지를 보내지 않지만 MN은 RS 메시지를 보낼 필요가 있다. 따라서 비용은 아래와 같다.

$$C_q = C_{mt} + \alpha_m + \alpha_t \quad (13)$$

Idle 모드의 MN이 PMIPv6 도메인 간을 이동할 때 LMA와 DNS의 MN 위치정보는 갱신되어야 한다. 위치갱신 비용은 Active MN의 비용과 동일하다. 그러므로 Idle MN의 단위시간 당 평균 위치갱신 비용은 아래와 같다.

$$C_{idle} = \frac{(E[M]-1)C_q + C_{ud}}{E[M] \cdot T_f} \quad (14)$$

Idle MN이 데이터 패킷을 보내거나 받으면 MN의 상태는 Active 모드로 바뀌고 해당 MAG는 LMA에게 PBU 메시지를 보낸다. 비용은 아래와 같다.

$$C_{i-a} = (\lambda_i + \lambda_o) \frac{C_{ul}}{T_f} \quad (15)$$

$\theta$ 는 MN의 Active 모드의 비율이다. 그러므로 D-PMIPv6에서 전체 MN의 위치갱신 비용은 아래와 같다.

$$C_{d-pmip} = \theta(C_{active} + C_{a-i}) + (1-\theta)(C_{idle} + C_{i-a}) \quad (16)$$

### 3. 페이징 비용

#### 가. Active MN의 페이징 비용

D-PMIPv6에서 MN과 통신하고자 하는 CN은 DNS로부터 MN의 주소를 요청한다. MN의 주소를 획득한 후에 CN은 LMA를 통해 MN에게 데이터 패킷을 송신한다. LMA는 MN이 Active 모드 상태인 것을 알고 MN이 연결된 MAG를 찾기위해 BCE를 확인한다. 검색의 복잡성은 데이터베이스 내의 전체 MN의 수에 비례한다. MAG 서브넷에  $N_{mn}$ 개의 MN이 있고 PMIPv6 도메인은  $k$ 개의 MAG로 구성된다고 가정하자. 그러므로 검색비용은  $N_{mn} \times k$ 에 비례하고 가중치는  $\alpha$ 이다. MN이 Active 모드이기 때문에 페이징 비용은 검색 비용과 같다. 이를 표현하면 다음과 같다.

$$P_{active} = \theta \cdot [k \lambda_i \cdot \alpha k N_{mn}] \quad (17)$$

여기서  $\lambda_i$ 는 각 MN의 평균 패킷 도착율이고  $\theta$ 는 Active MN의 비율이다.

#### 나. Idle MN의 페이징 비용

CN이 MN과 통신하고자 하고 LMA는 MN이 Idle 모드인 것을 알 때 LMA의 검색비용 역시 전체 MN의 수에 비례한다. LMA는 페이징 요청 메시지를 동일 PMIPv6 도메인 내에서 LMA에게 관리되는 모든 MAG에게 전송한다. 이런 방식의 시그널링 비용은 MAG의 수와 MAG와 LMA 간의 평균 전송비용, 각 MN의 평균 패킷 도착율에 비례한다. 페이징 요청 메시지를 받으면 해당 MAG는 BCE를 검색하고 비용은 MAG 서브넷 내의 MN의 수에 비례한다. 따라서 Idle MN의 페이징 비용은 아래와 같다.

$$P_{idle} = (1 - \theta) \cdot [k \lambda_i \cdot (\alpha k N_{mn}) + \lambda_i \cdot (\alpha N_{mn}) + k \lambda_i \cdot k c_{lm}] \quad (18)$$

### 4. 전체 비용

수식 (16)의 위치갱신 비용과 수식 (17)과 (18)의 페이

징 비용에 따라 다음과 같이 전체 시그널링 비용을 구한다.

$$C_{total} = C_{d-pmip} + P_{active} + P_{idle} \quad (19)$$

## V. 수치 결과

위의 분석에 따라 이 장에서는 전체 시그널링 비용 분석 수행 결과를 제공한다. 매개변수 변수 값은  $N=30$ ,  $C_{mi}=6$ ,  $C_{lm}=C_{mm}=C_{an}=\sqrt{k}$ ,  $C_{ai}=15$ ,  $a_i=5$ ,  $a_m=10$ ,  $a_r=20$ ,  $a_a=20$ ,  $a_q=50$ ,  $N_{mn}=10$ ,  $\alpha=0.1$ 로 설정한다.

### 1. PMIPv6 도메인 크기에 따른 전체 시그널링 비용의 영향

먼저 각각 다른 평균 체류시간에서 PMIPv6 도메인 크기에 따라 어떻게 전체 시그널링 비용이 변하는지 확인한다. 이 실험에서  $\lambda_i$ 와  $\lambda_o$ 를 0.002로  $\theta$ 를 0.1로 설정하였다. 다른 매개변수는 표 1의 기본 값으로 설정하였다.

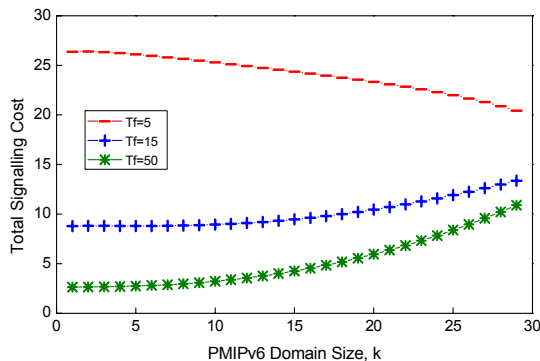


그림 5. PMIPv6 도메인 크기 및 평균 체류시간에 따른 전체 시그널링 비용

Fig. 5. Total Signalling Cost vs. PMIPv6 Domain Size

그림 5는  $T_f$ 가 크면 PMIPv6 도메인 크기가 커짐에 따라 전체 시그널링 비용이 증가함을 보여준다. PMIPv6 도메인 크기 증가에 따라 낮은 이동율은 위치갱신 비용을 감소시키지만 페이징 비용은 크기 때문이다. 페이징 비용이 큰 이유는 Idle MN을 위한 페이징이 시작될 때마다 페이징 요청 메시지가 동일 PMIPv6 도메인 내의 모든 MAG에게 보내지기 때문이다. PMIPv6 도메인 크기가

커질수록 페이징 요청 메시지 비용은 증가한다. 그러므로 이동율이 낮으면 전체 비용은 PMIPv6 도메인 크기에 따라 증가한다. 그와 반대로  $T_f$ 가 작으면 큰 PMIPv6 도메인 크기는 위치갱신 비용에서 높은 이동율의 영향을 감소시킨다. 그러므로 높은 이동율과 PMIPv6 도메인 크기가 큰 경우에 최적의 성능을 보여준다.

그림 5에서 보듯이 전체 시그널링 비용은 평균 체류시간이 감소함에 따라 증가한다. 이것은  $T_f$ 가 작을 때 잦은 위치갱신을 유발하는 이동율이 높기 때문이다. 고정된 세션 도착을 때문에 페이징 비용은 일정하다. 그러므로 위치갱신 비용과 페이징 비용을 포함하는 전체 시그널링 비용은  $T_f$ 가 감소함에 따라 증가한다.

다음은 각각의 다른 세션 도착율에서 PMIPv6 도메인 크기에 따른 전체 시그널링 비용의 변화를 보여준다.  $T_f$ 는 15,  $\theta$ 는 0.1로 설정하였다.

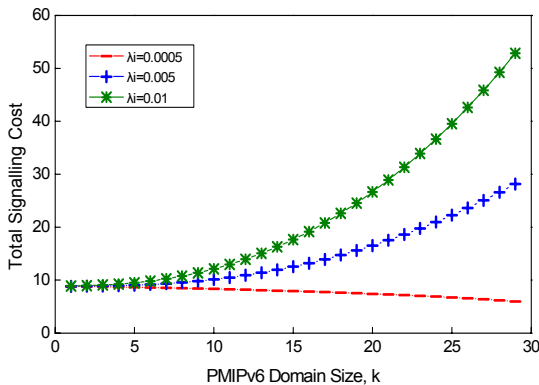


그림 6. PMIPv6 도메인 크기 및 세션 도착율에 따른 전체 시그널링 비용

Fig. 6. Total Signalling Cost vs. PMIPv6 Domain Size

그림 6은  $\lambda_i$ 가 클 때 작은 PMIPv6 도메인에서의 전체 시그널링 비용은 큰 PMIPv6 도메인에서의 전체 시그널링 비용보다 작다는 것을 보여준다. 높은 세션 도착율은 과도한 페이징 요청 메시지를 유발하기 때문이다. 그러므로 PMIPv6 도메인 크기 증가와 함께 페이징 비용도 커지고 전체 시그널링 비용도 급격히 증가한다. 그럼에도 불구하고  $\lambda_i$ 가 작을 때 PMIPv6 도메인 크기 증가에 따른 위치갱신 비용은 전체 시그널링 비용의 증가를 유발하는 페이징 비용의 증가보다 급격히 감소한다. 또한 전체 시그널링 비용은 평균 패킷 도착율 증가에 따라 증가함을 주목해야 한다.  $\lambda_i$ 가 크면 높은 페이징 시그널링

비용을 초래하는 페이징 요청 메시지는 확실히 증가하기 때문이다.

요약하면, PMIPv6 도메인 크기 증가에 따라 위치갱신 비용은 감소하지만 페이징 비용은 증가한다. 큰 PMIPv6 도메인에서 높은 이동율과 낮은 세션 도착율 조건일 때 최적의 성능을 보여준다. 또한 PMIPv6 도메인 크기와 상관없이 평균 체류시간이 증가하거나 평균 패킷 도착율이 감소할수록 전체 비용은 감소한다.

## 2. Active 모드에 따른 전체 시그널링 비용의 영향

이 절에서는 Active 모드 비율에 따른 전체 시그널링 비용의 변화를 보여준다.  $\lambda_i = \lambda_o = 0.01$ ,  $T_f = 10$ 으로 설정하고  $\theta$ 는 0.1에서 1까지로 한다.

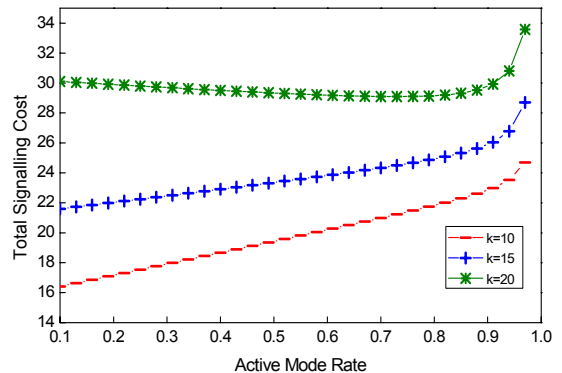


그림 7. Active 모드 비율 및 도메인 크기에 따른 전체 시그널링 비용

Fig. 7. Total Signalling Cost vs. Active Mode Rate

그림 7은 각각 다른 PMIPv6 도메인 크기에서 Active 모드 비율에 따라 전체 시그널링 비용이 어떻게 변하는지 나타낸다. Active 모드 비율이 커질수록 위치갱신 비용은 증가한다. Active 모드를 증가와 함께 PMIPv6 도메인 크기가 작을 때 위치갱신 비용 증가 속도는 페이징 비용 감소 속도보다 빠르다. 그러므로 전체 시그널링 비용은 Active 모드 비율 증가에 따라 증가한다. 그러나 PMIPv6 도메인 크기가 크면 전체 시그널링 비용은 Active 모드 비율이 증가함에 따라 감소한다. 그러므로 각각 다른 Active 모드율에 따라 PMIPv6 도메인 크기를 설계할 수 있다.



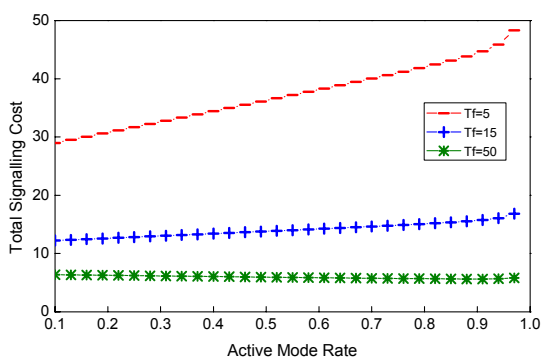


그림 8. Active 모드 비율 및 평균 체류시간에 따른 전체 시그널링 비용  
 Fig. 8. Total Signalling Cost vs. Active Mode Rate

그림 8은 각각 다른 체류시간에서 Active 모드 비율에 따라 전체 시그널링 비용이 어떻게 변하는지 보여준다.  $k=10$ ,  $\lambda_i=\lambda_o=0.01$ ,  $T_f=5, 15, 50$ 으로 설정한다.  $T_f$ 가 작을 때 MN은 서버넷에서 짧은 시간 동안 머물고 그로 인해 위치갱신 비용은 확실하게 증가한다. 따라서 전체 비용은 Active 모드율의 증가에 따라 증가한다. 그러나  $T_f$ 가 크면 페이징 비용은 위치갱신 비용보다 급격하게 감소할 것이다. 따라서 전체 시그널링 비용은 Active 모드율의 증가에 따라 감소한다.

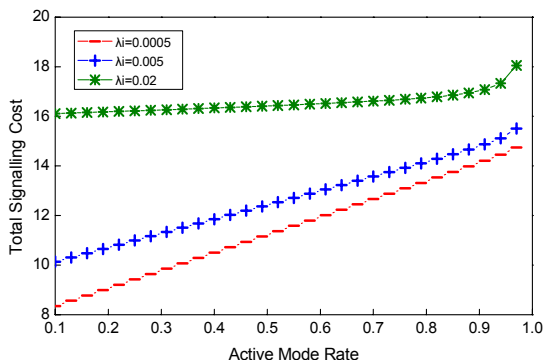


그림 9. Active 모드 비율 및 세션 도착율에 따른 전체 시그널링 비용  
 Fig. 9. Total Signalling Cost vs. Active Mode Rate

그림 9는 각각 다른 세션 도착율에서 Active 모드 비율에 따라 전체 시그널링 비용이 어떻게 변하는지 나타낸다.  $k=10$ ,  $T_f=15$ 로 설정한다.  $\lambda_s$ 가 클 때 전체 시그널링 비용은 Active 모드 비율의 증가에 따라 감소한다. 높은 세션 도착율은 과도한 페이징 요청 메시지를 유발하고

따라서 페이징 비용이 가장 크기 때문이다. Active 모드율의 증가에 따라 Active MN의 수는 증가하고 Idle MN의 수는 감소한다. 그 결과로 Idle MN의 페이징 메시지 수는 위치갱신 메시지 수보다 빠르게 감소하고 전체 시그널링 비용의 감소를 가져온다. 그럼에도 불구하고, 세션 도착율이 낮을 때 페이징 메시지는 갱신 메시지에 비해 적다. Active 모드 비율 증가에 따라 위치갱신 비용은 페이징 비용 감소보다 빠르게 증가하여 결국 전체 시그널링 비용은 증가한다.

요약하면, Active 모드 비율의 증가에 따라 위치갱신 비용은 증가하고 페이징 비용은 감소한다. 작은 PMIPv6 도메인 크기, 높은 이동율과 낮은 세션 도착율의 경우에 전체 시그널링 비용은 Active 모드율의 감소에 따라 증가한다.

## VI. 결론

이 논문에서는 먼저 DNS기반의 PMIPv6를 위한 위치관리 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서 PMIPv6에서 전역 이동성 지원을 위해 DNS를 위치관리자로 평가하였다. 또한 PMIPv6에 페이징 확장 기법이 도입되었다. 위치관리 기법을 평가하기 위해 이론적 모델을 수립하고 성능 분석을 위해 위치갱신 비용과 페이징 비용을 표현하였다. 수행 결과는 위치갱신 비용과 페이징 비용 간에 상관관계가 있음을 보여준다. PMIPv6 도메인 크기가 작아지거나 Active 모드의 비율이 증가할수록 위치갱신 비용은 증가하고 페이징 비용은 감소한다. 그리고 높은 이동율과 낮은 세션 도착율의 경우에는 최적의 PMIPv6 도메인 크기는 크다. 작은 PMIPv6 도메인 크기와 높은 이동율, 낮은 세션 도착율 상황에서는 낮은 Active 모드 비율에서 최적의 성능을 보여준다.

## 참고문헌

- [1] S. Gundavelli., K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, August 2008.
- [2] J. Kempf, "Goals for Network-Based Localized Mobility Management (NETLMM)," IETF RFC

- 4831, April 2007.
- [3] K. Kong, W. Lee, Y. Han, M. Shin, and H. You, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," IEEE Wireless Communications, Vol. 15, pp. 36-45, April 2008.
- [4] G. Giaretta, "Interactions between PMIPv6 and MIPv6: scenarios and related issues," IETF draft, draft-ietf-netlmm-mip-interactions-07, October 2010.
- [5] A.A.S. Reaz, M. Atiquzzaman, and F. Shaojian, "Performance of DNS as Location Manager for Wireless Systems in IP Networks," IEEE GLOBECOM 2005, Vol.1, pp. 359-363, November 2005.
- [6] J. Lee, T. Chung, S. Pack, and S. Gundavelli, "Shall We Apply Paging Technologies to Proxy Mobile IPv6?," MobiArch'08, pp. 37-42, August 2008.
- [7] Ian F. Akyildiz, Joseph S. M. Ho, and Y. Lin, "Movement-Based Location Update and Selective Paging for PCS Networks," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 4, pp. 629-639, August 1996.
- [8] X. Zhang, Javier G. Castellanos, and Andrew T. Campbell, "P-MIP: Paging Extensions for Mobile IP," Mobile Networks and Applications, Vol. 7, pp. 127-141, April 2002.
- [9] J. Lee, J. Lee, and T. Chung, "An Adaptive Inter-Mobility Supports Scheme for NetLMM," Second International Conference on Systems and Networks Communications, August 2007.
- [10] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management," IETF RFC 5380, 2008.
- [11] J. Xie, and Ian F. Akyildiz, "A Distributed Dynamic Regional Location Management Scheme for Mobile IP," IEEE INFOCOM, Vol. 2, pp. 1069-1078, June 2002.
- [12] F. Qiu, X. Li, and H. Zhang, "A Location Management Scheme based on DNS in Proxy Mobile IPv6," ICFIN, pp. 38-44, October 2009.

※ 본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(2010-0024695) 및 첨단융복합분야 미래기반기술개발사업(2010-0020727) 지원을 받아 수행된 것임. 교신저자 : 정종필

## 저자 소개

### 김 재 훈(준회원)



- 2003: 한국기술교육대학교 정보기술공학부 (공학사)
- 2010~: 성균관대학교 정보통신대학원 (석사과정)
- <주관심분야 : Network Security>

### 정 종 필(정회원)



- 1997: 성균관대학교(공학사)
- 2003: 성균관대학교 정보통신공학부 (공학석사)
- 2008: 성균관대학교 정보통신공학부 (공학박사)
- <주관심분야 : Mobility Management, Proxy Mobile IPv6, IEEE 802.16e, Seamless Handover, IPTV, NGN, Home Networking, IMS, Network Security>