

논문 2006-43TC-1-13

# 시그널링 비용의 최소화를 위한 MIPv6와 계층적 HMIPv6의 적응적 선택

( Adaptive Selection of MIPv6 and Hierarchical MIPv6  
for Minimizing Signaling Cost )

김 영 현\*, 문 영 성\*\*

( Younghyun Kim and Youngsong Mun )

## 요 약

이동 IPv6(MIPv6)에서 이동 노드의 잦은 위치등록을 줄이기 위해, IETF는 MAP을 도입한 계층적 이동 IPv6(HMIPv6)를 제안하였다. 그러나 HMIPv6에서 이동 노드로 향하는 모든 트래픽은 MAP을 통해 전달돼야 하기 때문에 이것은 MAP에서의 패킷처리비용의 증가로 인해 불필요한 패킷지연을 초래한다. 이때, MAP의 패킷처리비용은 MAP 도메인 내의 이동 노드의 수와 패킷 수신율에 영향을 받는다. 본 논문은 MIPv6와 HMIPv6의 단점을 상호 보완하여 네트워크의 시그널링 비용을 최소화하기 위해 MIPv6와 HMIPv6를 적응적으로 선택하는 방안을 제안한다. 이를 위해 이동 노드의 패킷 수신율은 일정하다고 가정한 후, MIPv6와 HMIPv6의 총비용을 비교하여 MAP이 관리할 수 있는 최적의 이동 노드의 수를 구한다. 그리고 MAP이 관리할 수 있는 이동 노드가 가득 찬 상태일 경우, MAP 도메인으로 새로 들어온 이동 노드는 HMIPv6가 아닌 MIPv6로 연결성을 제공받는다. 그 결과, 본 논문에서 제안한 방안은 MIPv6와 HMIPv6를 적응적으로 수행함으로서 서로의 단점이 해소됨을 보였다.

## Abstract

Internet engineering task force (IETF) has proposed hierarchical mobile IPv6 (HMIPv6) in order to reduce a frequent location registration of a mobile node in mobile IPv6 (MIPv6). All traffics toward a mobile node must be transmitted through a MAP in HMIPv6. This brings unnecessary packet latency because of the increased processing cost of packet at the MAP. At this point the processing cost of packet at the MAP is influenced by the packet arrival rate for a mobile node and the number of mobile nodes in MAP domain. In this paper, we propose that MIPv6 and HMIPv6 are adaptively selected to minimize signaling coast of network as complementing weak point of MIPv6 and HMIPv6. After suppose that the packet arrival rate for a mobile node is fixed ,with this in mind, we find the optimal number of mobile nodes compared the total cost of HMIPv6 with the total cost of MIPv6. And if Mobile Nodes that the MAP is able to manage is full in MAP domain, a mobile node entering MAP domain is provided connection by MIPv6 instead of HMIPv6. In the conclusion, the proposed method of this paper shows that the weak points of MIPv6 and HMIPv6 are removed by adaptive selecting each other.

**Keywords :** Mobile IPv6, Hierarchical MIPv6, Signalling Cost

## I. 서 론

이동 IPv6(mobile internet protocol version 6 :

\* 학생회원, 숭실대학교 컴퓨터학부  
(School of Computing, Soongsil University)  
\*\* 평생회원, 숭실대학교 컴퓨터학부  
(School of Computing, Soongsil University)  
접수일자 : 2005년9월27일 수정완료일 : 2006년1월12일

MIPv6, 이하 MIPv6)는 이동 노드(mobile node : MN)의 이동성을 지원하기 위해 인터넷 관련 국제 표준화 기구인 IETF에서 제안한 프로토콜이다<sup>[1][2]</sup>. MIPv6에서 이동 노드는 인터넷 서비스를 제공받기 위해서 이동할 때마다 자신의 위치정보를 홈 에이전트(home agent : HA)와 상대 노드(correspondent node : CN)에게 등록해야 한다. 따라서 이동 노드가 빈번하게 이동할수록 위치등

록을 위한 오버헤드는 증가한다.

위치등록을 위한 오버헤드를 줄이기 위해 IETF는 MAP(mobility anchor point, 이하 MAP)이라는 새로운 요소를 도입한 계층적 MIPv6(hierarchical MIPv6: HMIPv6, 이하 HMIPv6)를 발표하였다<sup>[3]</sup>. MAP은 지역적으로 이동 노드의 홈 에이전트 역할을 하는 것으로 이동 노드가 MAP 도메인 내부에서 이동하는 경우, 이동 노드의 위치정보는 MAP에게만 등록하면 된다. 따라서 HMIPv6는 홈 에이전트와 상대 노드에게 위치등록을 하는 MIPv6에 비해 위치등록비용이 작다. 그러나 이동 노드의 송수신되는 모든 패킷들은 MAP을 통하기 때문에 MAP이 관리하는 이동 노드의 수가 많아지면 MAP의 패킷 처리 비용은 증가한다<sup>[3][4]</sup>.

Castelluccia는 MAP이 관리하는 지역 네트워크의 수가 많을 경우, MAP에서는 높은 트래픽 부하가 발생하고 이것은 높은 패킷전달비용을 초래함을 보였다<sup>[5]</sup>. 그리고 Xie는 MAP의 부하를 고려하여, 지역 네트워크에 있는 이동 노드의 수는 일정하다고 가정한 상태에서 MAP이 관리하는 최적의 지역 네트워크의 수를 구하는 방안을 제시하였다<sup>[6]</sup>. 그러나 MAP 도메인 안에서 이동 노드의 수는 앞에서 가정한 수보다 많아질 수 있다. MAP 도메인 내부에 이동 노드의 수가 증가할 경우, MIPv6에서는 높은 트래픽 부하가 발생하기 때문에 최적의 이동 노드의 개수를 구하는 방안이 필요하다.

본 논문은 HMIPv6의 문제점인 MAP의 패킷처리비용과 MIPv6의 문제점인 위치등록비용을 해결하기 위해 MAP이 관리할 수 있는 이동 노드의 최적의 개수를 구한다. 이 때, 이동 노드의 최적의 개수는 MAP의 한계 값으로 정의한다. MAP의 한계 값은 MIPv6와 HMIPv6의 총비용을 비교하여 구한다. 본 논문에서의 총비용은 위치등록비용과 패킷전달비용의 합이다. MAP 도메인 안에 이동 노드들이 MAP의 한계 값만큼 있을 경우, 새로 진입하는 이동 노드에게는 MIPv6로 이동서비스를 제공받게 한다. 그 결과, 본 논문에서 제시하는 방안은, 적응적으로 HMIPv6를 수행함으로서 MIPv6와 HMIPv6의 문제점이 해소됨을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장 관련연구에서는 MIPv6와 HMIPv6에 대하여 기술한다. III장 제안기법에서는 MAP의 패킷처리비용을 고려하여 MIPv6와 HMIPv6를 적응적으로 수행하는 알고리즘을 기술한다. IV장 성능평가에서는 HMIPv6와 MIPv6의 위치등록비용과 패킷전달비용을 구한다. 그리고 MAP의 한계 값을 구한 후, 성능 분석을 한다. 마지막으로 V장 결론에서

는 본 논문의 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

## II. 관련 연구

### 1. MIPv6

MIPv6는 이동 노드의 이동에 상관없이 항상 인터넷 서비스를 제공하기 위한 프로토콜이다<sup>[1]</sup>. 이동 노드는 새로운 AR(access router)로 이동할 때마다 CoA(care-of address)를 다시 구성한다. AR은 이동 노드에게 통신 서비스를 제공하기 위한 무선중계기이다. 그리고 CoA는 홈 네트워크가 아닌 다른 네트워크에서 인터넷 서비스를 제공받기 위해 사용되는 이동 노드의 임시 주소이다. 이 때, 이동 노드는 AR 주소의 prefix를 이용해 CoA를 구성한다. 이동 노드는 새로 구성한 CoA를 홈 에이전트와 현재 통신하고 있는 상대 노드에게 알린다.

그림 1은 이동 노드가 홈 에이전트와 상대노드에게 위치 등록하는 과정을 나타낸다. 이동 노드는 위치등록 메시지인 BU(binding update)를 홈 에이전트에게 보낸다. BU에 대한 응답으로 홈 에이전트는 BA(binding acknowledgement)를 이동 노드에게 보낸다. 마찬가지로 상대 노드에게 BU를 보내고 BA를 받음으로서 이동 노드가 새로운 AR로 이동할 때마다 자신의 위치를 홈 에이전트와 상대 노드에게 항상 알려야 등록해야 하는 문제점을 가지고 있다.

### 2. HMIPv6

MIPv6에서의 과도한 위치등록횟수를 줄이기 위해 IETF에서는 HMIPv6를 제안하였다<sup>[3]</sup>. HMIPv6는 이동 노드의 지역성을 고려하여 제안된 프로토콜이다. MAP 노드는 위치등록을 완료한다. 그러나 MIPv6는 이동

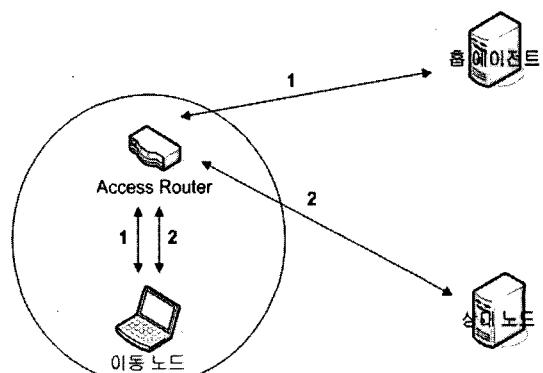


그림 1. MIPv6에서 이동 노드의 위치등록

Fig. 1. Location registration of the mobile node in MIPv6.

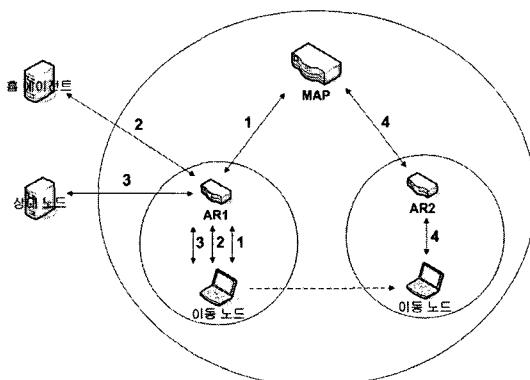


그림 2. HMIPv6에서 이동 노드의 위치등록  
Fig. 2. Location registration of the mobile node in HMIPv6.

도메인 안으로 들어온 이동 노드는 LCoA(on-link CoA)와 RCoA(regional CoA)를 구성한다. LCoA는 MAP의 서브넷에서 사용하는 이동 노드의 임시주소로서 서브넷의 prefix를 받아 생성한다. 그리고 RCoA는 MAP 도메인 전체에서 사용하는 이동 노드의 임시주소로서 MAP의 prefix를 받아 생성한다. 따라서 LCoA는 MAP 도메인 내의 서브넷 사이를 이동할 때마다 바뀌지만 RCoA는 변하지 않는다.

그림 2는 HMIPv6에서 이동 노드의 위치등록과정을 나타낸 것이다. 이동 노드는 처음 MAP 도메인 안에 들어왔을 때, RCoA와 LCoA를 구성한다<sup>[3]</sup>. 그리고 MAP, 홈 에이전트, 상대 노드에게 각각 BU를 보내고 BA를 받음으로서 위치등록을 마친다. 이 때, 홈 에이전트와 상대 노드에게는 RCoA로 위치등록을 한다. MAP에게는 RCoA와 LCoA 모두 위치등록을 한다. 이 후, MAP 도메인 외부에서 이동 노드로 보내는 모든 패킷은, 이동 노드의 RCoA로 보내기 때문에, MAP으로 향하게 된다. 패킷을 받은 MAP은 이동 노드의 RCoA에 대응하는 LCoA를 찾아 이동 노드에게 패킷을 전달한다. 그림 2에서처럼 이동 노드가 AR1에서 AR2로 이동했을 경우, 이동 노드는 AR2에서 LCoA를 다시 생성한다. 그리고 위치등록은 MAP에게만 한다. MAP 도메인 외부에서는 이동 노드의 RCoA를 보고 패킷을 보내기 때문이다. 따라서 MAP 도메인 안에 있는 이동 노드의 관리는 MAP이 하는 것이고 이동 노드로 향하는 모든 패킷은 MAP을 통하여 전달된다.

HMIPv6에서 이동 노드의 이동 시 발생하는 위치등록비용은 MIPv6보다 낮다. 그러나 이동 노드로 향하는 모든 트래픽은 항상 MAP을 통하여 전달되기 때문에, MAP의 패킷처리비용이 이동 노드 개수에 비례하는 문제점을 가지고 있다.

### III. MAP의 패킷처리비용을 고려한 적응적 HMIPv6 기법

본 논문에서 MAP이 관리할 수 있는 이동 노드의 최적의 개수를 MAP의 한계 값이라고 정의하였다. 그리고 MAP의 한계 값은, MAP 도메인 내에서 이동 노드의 패킷 수신율은 일정하다고 가정한 후, HMIPv6와 MIPv6의 총비용을 비교하여 구한다.

MAP 도메인 안으로 들어온 이동 노드가 HMIPv6를 요청할 경우, MAP은 MAP의 한계 값을 고려하여 다음과 같이 결정한다.

```
if (the number of mobile nodes in MAP domain
    < boundary value of MAP),
then   offering HMIPv6
else      refusing request //offering MIPv6
```

즉, MAP 도메인 내에서 이동 노드의 개수가 MAP의 한계 값보다 적을 경우, MAP은 MAP 도메인으로 새로 들어오는 이동 노드에게 HMIPv6를 제공한다. 그리고 MAP 도메인 내에 이동 노드 개수가 MAP의 한계 값보다 적지 않을 경우, MAP은 이동 노드의 요청을 거절한다. 거절당한 이동 노드는 MIPv6를 사용하여 이동서비스를 제공받는다. 다시 이동 노드의 개수가 MAP의 한계 값보다 적어질 경우, MAP은 MAP 도메인으로 새로 들어오는 이동 노드에게 HMIPv6를 제공한다.

MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따라 적응적으로 HMIPv6를 수행함으로서 MIPv6의 문제점인 이동 노드의 잦은 위치등록과 HMIPv6의 문제점인 MAP의 패킷처리비용을 줄일 수 있다.

### IV. 성능 평가

본 장의 구성은 다음과 같다. 1절과 2절에서 HMIPv6와 MIPv6의 위치등록비용, 패킷전달비용을 구한다. 그리고 3절에서는 HMIPv6와 MIPv6의 총비용을 비교하여 MAP의 한계 값을 구한 후, 성능 분석을 한다.

#### 1. HMIPv6와 MIPv6의 위치등록비용

이동 노드는 총  $N$ 개의 서브넷으로 구성된 네트워크 안에서  $k$ 개의 서브넷으로 구성된 MAP 도메인을 랜덤하게 이동한다고 가정하자<sup>[7]</sup>. 이동 노드가 MAP 도메인으로 처음 들어왔을 때를 한 번 이동으로 본다. 그리고 이동 노드가  $m$ 번 이동 만에 MAP 도메인을 벗어날 확

률은 다음과 같다.

$$P_h^m = \frac{N-k}{N-1} \cdot \left( \frac{k-1}{N-1} \right)^{m-2}$$

where  $2 \leq m < \infty$  (1)

따라서 (1)식에서  $m$ 에 대한 기대값은 다음과 같다.

$$\bar{m} = \sum_{m=0}^{\infty} m P_h^m = 1 + \frac{N-1}{N-k} \quad (2)$$

$T_f$ 는 이동 노드가 각각의 서브넷에 머무는 시간으로 정의한다.  $P_{ing}$ 는 이동 노드가 서브넷 사이를 이동 중에 통신하고 있는 상대 노드의 개수로 정의한다. 그리고 다음과 같이 변수를 정의한다.

$C_{rm}$  AR과 이동 노드 사이의 위치 갱신 메시지 전송비용

$C_{pr}$  MAP과 AR 사이의 위치 갱신 메시지 전송비용

$C_{hr}$  홈 에이전트와 AR사이의 위치 갱신 메시지 전송비용

$C_{cr}$  상대 노드와 AR사이의 위치 갱신 메시지 전송비용

$a_r$  AR에서의 위치 갱신 메시지 처리비용

$a_p$  MAP에서의 위치 갱신 메시지 처리비용

$a_h$  홈 에이전트에서의 위치 갱신 메시지 처리비용

$a_c$  상대 노드에서의 위치 갱신 메시지 처리비용

위치 갱신 메시지 전송비용은 송신자와 수신자 간의 흡수에 비례한다고 가정한다. 이때의 비례상수를  $\delta_U$ 라고 가정한다.  $l_{pr}$ 은 MAP과 AR사이의 평균 흡수,  $l_{hr}$ 은 홈 에이전트와 AR사이의 평균 흡수,  $l_{cr}$ 은 상대 노드와 AR사이의 평균 흡수라고 가정한다.

#### 가. HMIPv6의 위치등록비용

이동 노드는 새로운 MAP 도메인으로 들어왔을 때, BU를 MAP에게 보낸다. MAP은 BU의 응답으로 BA를 이동 노드에게 보낸다. 그리고 이동 노드는 자신의 홈 에이전트와 현재 통신 중인 상대 노드에게 BU를 보내고 BA를 받음으로서 위치등록을 마친다. 따라서 홈 에이전트, MAP, 상대노드에 대한 위치등록비용은 각각 (3), (4), (5)와 같다.

$$C_{HUh} = 2a_r + a_h + 2C_{rm} + 2C_{hr} \quad (3)$$

$$C_{HUp} = 2a_r + a_p + 2C_{rm} + 2C_{pr} \quad (4)$$

$$C_{HUc} = 2a_r + a_c + 2C_{rm} + 2C_{cr} \quad (5)$$

일반적으로 무선링크가 유선링크보다 전송비용이 높기 때문에 무선링크가  $\rho$ 배 만큼 더 크다고 가정한다<sup>[8]</sup>. 그리고 전송비용은 송신자와 수신자 사이의 흡수에 비례한다고 가정했기 때문에, 식(3), (4), (5)는 각각 다음과 같이 나타난다.

$$C_{HUh} = 2a_r + a_h + 2(\rho + l_{hr})\delta_U \quad (6)$$

$$C_{HUp} = 2a_r + a_p + 2(\rho + l_{pr})\delta_U \quad (7)$$

$$C_{HUc} = 2a_r + a_c + 2(\rho + l_{cr})\delta_U \quad (8)$$

이동 노드는 서브넷을  $\bar{m}$ 번 이동하여 MAP 도메인 밖으로 나가는 것을 위에서 보였다. 이동 노드는 MAP 도메인 내에서 서브넷 사이를 이동할 때, MAP에게만 위치등록을 하면 된다. 그리고 이동 노드가 MAP 도메인 내부로 처음 들어왔을 때, 홈 에이전트와 상대 노드에게는 한 번씩만 위치등록을 한다. 따라서 (2), (6)~(8)에 의해 MAP 도메인 내에서 단위 시간당 HMIPv6의 위치등록비용은 다음과 같다.

$$C_{HLU} = \frac{\bar{m} \cdot C_{HUp} + C_{HUh} + P_{ing} \cdot C_{HUc}}{\bar{m} \cdot T_f} \quad (9)$$

#### 나. MIPv6의 위치등록비용

위와 같은 MAP 도메인에서 HMIPv6가 아닌 MIPv6의 위치등록비용을 구하겠다. 이동 노드는 새로운 서브넷으로 이동할 때, 홈 에이전트와 통신 중인 상대노드에게 BU를 보내고 BA를 받음으로서 위치등록을 마친다. 3.1과 마찬가지로 무선링크가 유선링크보다 전송비용이  $\rho$ 배 만큼 크고, 전송비용은 송신자와 수신자 사이의 흡수에 비례한다고 가정한다. 따라서 홈 에이전트와 상대 노드에 대한 위치등록비용은 (10), (11)과 같다.

$$\begin{aligned} C_{MUh} &= 2a_r + a_h + 2C_{rm} + 2C_{hr} \\ &= 2a_r + a_h + 2(\rho + l_{hr})\delta_U \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} C_{MUC} &= 2a_r + a_c + 2C_{rm} + 2C_{cr} \\ &= 2a_r + a_c + 2(\rho + l_{cr})\delta_U \end{aligned} \quad (11)$$

이동 노드는  $\bar{m}$ 번 이동 만에 MAP 도메인을 벗어난

다. 그리고 서브넷 사이를 이동할 때마다 홈 에이전트와 상대 노드에게 위치등록을 해야 한다. 따라서 (2), (10), (11)에 의해 MAP 도메인 내에서 단위 시간당 MIPv6의 위치등록비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_{MLU} &= \frac{\overline{m} \cdot (C_{MUh} + P_{ing} \cdot C_{MUC})}{m \cdot T_f} \\ &= \frac{C_{MUh} + (P_{ing} \cdot C_{MUC})}{T_f} \end{aligned} \quad (12)$$

## 2. HMIPv6와 MIPv6의 패킷전달비용

패킷전달비용을 구하기 위해 다음과 같은 변수를 정의한다.

$T_{rm}$  AR과 이동 노드사이의 패킷 전송 비용

$T_{pr}$  MAP과 AR사이의 패킷 전송 비용

$T_{cp}$  상대 노드와 MAP사이의 패킷 전송 비용

$T_{cr}$  상대 노드와 AR사이의 패킷 전송 비용

$v_p$  MAP에서의 패킷 처리 비용

$v_r$  AR에서의 패킷 처리 비용

패킷전달 시 전송비용은 송신자와 수신자 간의 흡수에 비례한다고 가정한다. 이때의 비례상수를  $\delta_D$ 라고 하겠다. 그러면  $T_{cp} = l_{cp} \delta_D$ ,  $T_{pr} = l_{pr} \delta_D$ ,  $T_{rm} = \rho \delta_D$ 이다.

### 가. HMIPv6의 패킷전달비용

HMIPv6에서 이동 노드로 향하는 패킷은 항상 MAP을 통해서 주고받는다. 따라서 HMIPv6의 패킷전달비용은 다음과 같다.

$$C_{HPD} = v_p + v_r + T_{cp} + T_{pr} + T_{rm} \quad (13)$$

MAP에서의 패킷처리비용은 다음과 같다<sup>[9][10][11]</sup>.

$$v_p = \zeta k \cdot \lambda_a (\alpha \cdot MNs + \beta \log(k)) \quad (14)$$

이 때,  $\lambda_a$ 는 이동 노드의 평균 패킷 수신율,  $k$ 는 MAP 도메인 내의 서브넷 개수,  $\zeta$ 는 MAP에서의 대역폭 할당 비용,  $\alpha$ ,  $\beta$ 는 방문자 리스트와 routing table lookup의 가중치,  $MNs$ 는 MAP 도메인 내에 있는 이동 노드의 개수다. AR의 기능은 단순한 패킷 전달이므로 패킷처리비용은 위치 갱신 메시지 처리비용과 같다. 따라서 HMIPv6의 패킷전달비용은 (15)과 같다.

$$\begin{aligned} C_{HPD} &= \zeta k \cdot \lambda_a (\alpha \cdot MNs + \beta \log(k)) \\ &\quad + a_r + (l_{cp} + l_{pr} + \rho) \delta_D \end{aligned} \quad (15)$$

(15)는 HMIPv6의 패킷전달비용이  $MNs$ , 즉 MAP 도메인 내부의 이동 노드의 개수에 비례함을 나타낸다.

### 나. MIPv6의 패킷전달비용

MIPv6는 이동 노드와 상대 노드와의 경로 최적화를 기본으로 한다<sup>[1]</sup>. 상대 노드는 이동 노드에게 패킷을 곧바로 보내기 때문에 AR에서의 패킷처리비용은 위치 갱신 메시지 처리비용과 같다. 따라서 MIPv6의 패킷전달비용은 (16)과 같다.

$$C_{MPD} = v_r + T_{cr} + T_{rm} = a_r + (l_{cr} + \rho) \delta_D \quad (16)$$

## 3. 실험 및 분석

본 절에서는 앞 절에서 기술한 HMIPv6와 MIPv6의 총비용을 비교하여 MAP의 한계 값을 구한다. 그리고 MAP의 한계 값은 항상 존재함을 보인 후, 성능 평가 결과를 기술한다. 성능 평가 결과는 Matlab을 이용하여 그래프로 표현하였다.

### 가. MAP의 한계 값

HMIPv6의 총비용은 이동 노드의 위치등록비용과 패킷전달비용의 합으로서 (9)과 (15)에 의해 다음과 같다.

$$C_{H-TOT}(MNs, \lambda_a, T_p) = C_{HLU} + C_{HPD} \quad (17)$$

마찬가지로 MIPv6의 총비용은 (12)과 (16)에 의해 다음과 같다.

$$C_{M-TOT}(MNs, \lambda_a, T_p) = C_{MLU} + C_{MPD} \quad (18)$$

MAP의 한계 값을 구하기 위해 함수  $C_R$ 을 정의하겠다.

$$C_R(MNs, \lambda_a, T_p) : MNs \rightarrow \frac{C_{H-TOT}}{C_{M-TOT}}, \quad MNs \in 0, N \quad (19)$$

MAP 도메인 내에 있는 이동 노드의 수는 자연수이기 때문에  $C_R$ 은 불연속 함수이다. 본 논문에서는  $MNs$ 를 0보다 크거나 같은 실수로 간주하고 식 (20)처럼 MAP의 한계 값을 구한다.

$$= \begin{cases} 1 & , \text{if } C_R(1, \lambda_a, T_p) > 1 \\ \max \lfloor MNs : C_R(MNs, \lambda_a, T_p) \leq 1 \rfloor & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (20)$$

정리 1. MAP은 MAP 도메인 내부의 이동 노드 개수에 상관없이 잘 작동한다고 가정하자. 그러면  $\lambda_a, T_f$ 에 상관없이  $C_R(MNs, \lambda_a, T_f) = \frac{C_{H-TOT}}{C_{M-TOT}} > 1$ 을 만족하는  $MNs \in N$ 은 항상 존재한다.

증명. 어떤 양의 실수  $a, b, c$ 에 대하여  $C_{H-TOT} = a + b \cdot MNs$  그리고  $C_{M-TOT} = c$ 라고 들 수 있다. Archimedean Principle<sup>[12]</sup>에 의해서 증명 끝.

#### 나. 성능분석

표 1은 성능분석을 위한 파라미터 값이다. 그리고 다음과 같이 가정한다.

$$N = 30, l_{hp} = 25, l_{cp} = 20$$

$$l_{pr} = 10, l_{hr} = 35, l_{cr} = 30$$

표 1. 시스템 파라미터

Table 1. System parameter.

패킷 처리 비용			비례 상수		
$a_h$	$a_p$	$a_r$	$a_c$	$\delta_U$	$\delta_D$
30	20	15	10	0.2	0.05
가중치	Wireless multiple		Pkt delivery const.	MAP안의 AR 개수	
$\alpha$	$\beta$		$\rho$	$\zeta$	$k$
0.3	0.7		10	0.01	6

그림 3a부터 그림 5까지  $P_{ing} = 5, \lambda_a = 4, T_f = 2$  라고 가정한다.

그림 3a는 MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른, 이동 노드 하나 당 패킷 전달 비용을 나타낸 것이다. 이동 노드 개수가 증가함에 따라 MIPv6의 패킷전달비용은 일정하지만 HMIPv6의 패킷전달비용은 일정하게 증가한다. 이동 노드의 패킷 수신율은 일정하다고 가정했기 때문에 MIPv6의 패킷전달비용은 일정하다. 그러나 HMIPv6에서 MAP의 패킷처리비용은 (15)에서 본 것처럼 이동 노드 개수에 비례하기 때문에 이동 노드가 증가함에 따라 패킷전달비용도 일정하게 증가하는 것이다. 그림 3b는 이동 노드 개수에 따른, MAP 도메인 내에서 모든 이동 노드의 패킷전달비용을 합한 것이다. MAP 도메인 내에서 누적 패킷전달비용이, MIPv6는 이동 노드의 수에 비례하고 HMIPv6는 이동 노드 수의 제곱에 비례함은 자명하다.

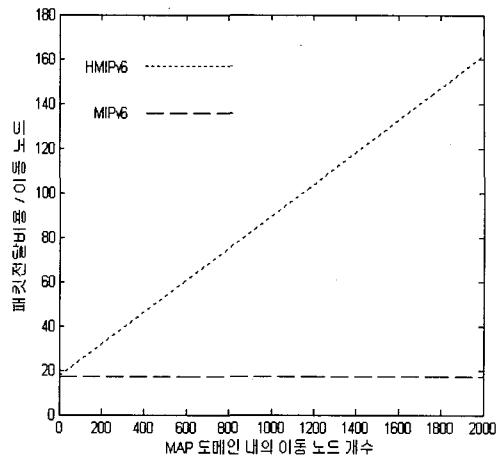


그림 3a. MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 이동 노드 당 패킷전달비용

Fig. 3a. Effect of the number of mobile nodes in MAP domain on packet delivery cost per mobile node.

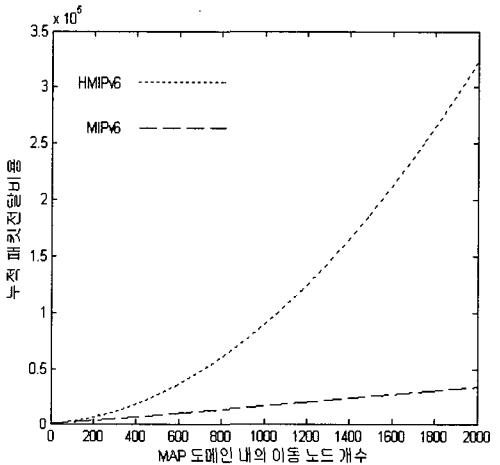


그림 3b. MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 누적 패킷전달비용

Fig. 3b. Effect of the number of mobile nodes in MAP domain on cumulative packet delivery cost.

그림 4a는 이동 노드 하나 당 위치등록비용을 나타낸 것이다. MIPv6와 HMIPv6의 위치등록비용은 항상 일정하다. 이동 노드의 이동률은 일정하다고 가정했기 때문이다. MIPv6에서 이동 노드는 서브넷 사이를 이동할 때마다 홈 에이전트와 상대 노드들에게 위치등록을 해야 한다. 그러나 HMIPv6에서 이동 노드가 서브넷 사이를 이동할 때는 MAP에게만 위치등록을 하면 된다. 따라서 MIPv6의 위치등록비용이 HMIPv6의 위치등록비용보다 높게 나타나는 것이다. 그림 4b는 각 이동 노드의 위치등록비용을 모두 합한 것이다. HMIPv6, MIPv6의 누적 위치등록비용, 모두 일정하게 증가한다. 그러나 이동 노드 각각의 위치등록비용은 그림 4a처럼 MIPv6가 HMIPv6보다 높기 때문에 누적 위치등록비용의 기울기

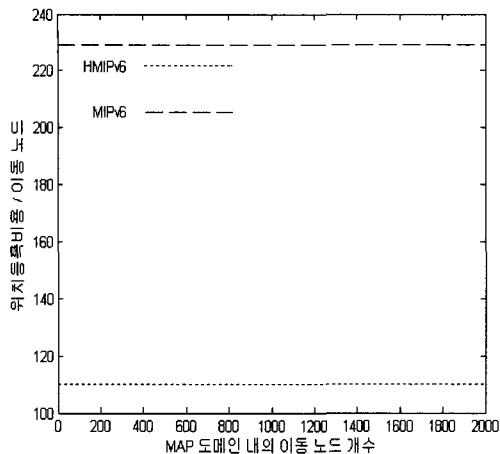


그림 4a. MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 이동 노드 당 위치등록비용

Fig. 4a. Effect of the number of mobile nodes in MAP domain on location registration cost per mobile node.

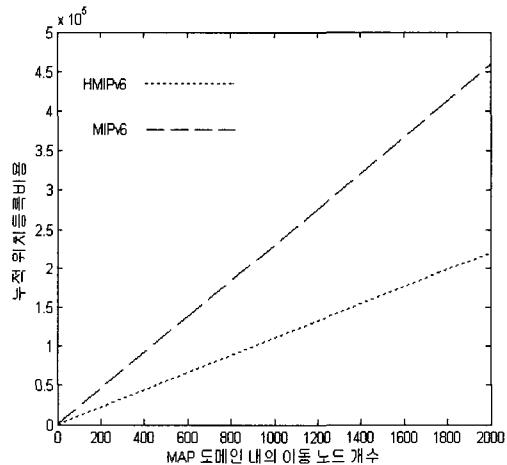


그림 4b. MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 누적 위치등록비용

Fig. 4b. Effect of the number of mobile nodes in MAP domain on cumulative location registration cost.

는 MIPv6가 HMIPv6보다 크다. 따라서 누적 위치등록비용은 HMIPv6보다 빨리 증가한다.

그림 5는 본 논문에서 제안하는 기법과 MIPv6, HMIPv6의 총비용을 비교한 것이다. 정리 1에 의해 MAP 도메인 안에서 HMIPv6의 총비용이 MIPv6의 총비용보다 커지는 이동 노드의 수는 반드시 존재한다. 이 때의 이동 노드의 수가 MAP의 한계 값이다. MAP의 한계 값을 넘어선 후, MAP도메인 안으로 들어오는 이동 노드에 대해서는 MAP이 서비스를 하지 않고, MIPv6로 이동 서비스를 제공한다. 그 결과, 본 논문에서 제안한 기법은 HMIPv6와 MIPv6의 성능 향상을 나타낸다. 그림 6은 그림 5와 비슷한 의미를 가진다.

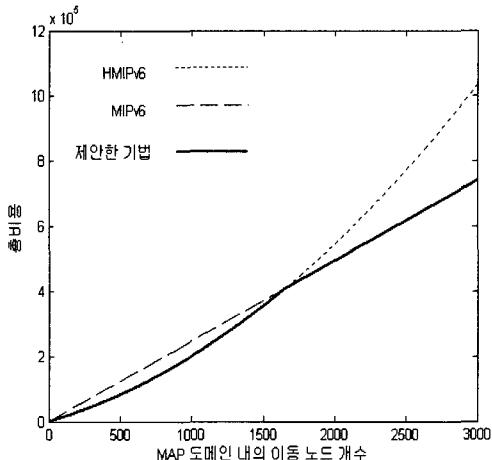


그림 5. MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 총비용

Fig. 5. Effect of the number of mobile nodes in MAP domain on total cost.

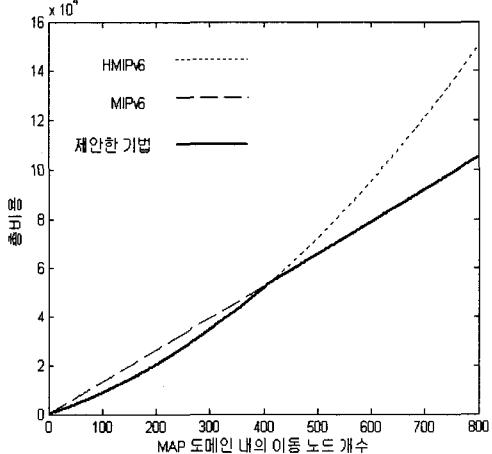


그림 6. MAP 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 총비용 ( $P_{ing}=5$ ,  $\lambda_a=8$ ,  $T_f=4$ )

Fig. 6. Effect of the number of mobile nodes in MAP domain on total cost ( $P_{ing}=5$ ,  $\lambda_a=8$ ,  $T_f=4$ ).

## V. 결 론

본 논문은 네트워크의 시그널링 비용을 최소화하기 위해 MIPv6와 HMIPv6을 적응적으로 선택하는 방안을 제시하였다. 적응적 선택의 결정을 위해 MAP 도메인 내에서 HMIPv6의 총비용이 MIPv6의 총비용보다 커지는 순간인 MAP의 한계 값을 구하였다. 그리고 MAP의 한계 값을 항상 존재함을 증명하였다. MAP의 한계 값을 구한 후, MAP 도메인 내의 이동 노드의 수가 MAP의 한계 값만큼 있을 때, MAP 도메인으로 진입하는 이동 노드에 대해서는 MIPv6가 연결성을 제공하게 하였다. 이렇게 MIPv6와 HMIPv6를 적응적으로 수행함

으로서 MIPv6의 잦은 위치등록과 HMIPv6에서 MAP의 높은 패킷처리비용이 해소됨을 보였다.

### 참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC3775, IETF, 2004.
- [2] Deering, S. and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, IETF, 1998.
- [3] H. Soliman, C. Catelluccia, K. E. Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," RFC4140, IETF, 2005.
- [4] Narten, T., Nordmark, E. and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)", RFC 2461, 1998.
- [5] C. Castelluccia, "Extending Mobile IP with adaptive individual paging : a performance analysis," in Proc. IEEE Symposium on Computer and Communications, pp. 113-118, 2000
- [6] J. Xie and I. F. Akyildiz, "An Optimal Location Management Scheme for Minimizing Signaling Cost in Mobile IP," Communications. ICC 2002, IEEE International Conference on, Vol. 5, pp. 3313-3317, 2002.
- [7] D. Choi, H. Choo and J. Park, "Cost Effective Location Management Scheme Based on Hierarchical Mobile IPv6," ICCSA 2003, LNCS 2668, pp. 144-154, 2003.
- [8] Y. Wang, W. Chen and J. S. Ho, "Performance analysis of Mobile IP extended with routing agents," Technical Report 97-CSE-13, Southern Methodist University, 1997.
- [9] J. Xie and I. F. Akyildiz, "A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minimizing Signaling Costs in Mobile IP," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 1, No. 3, pp. 163-175, 2002.
- [10] B. Lampson, V. Srinivasan and G. Varghese, "IP lookups using multiway and multicolumn search," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 7, no. 3, pp. 324-334. 1999.
- [11] H-Y Tzeng and T. Przygienda, "On fast address-lookup algorithms," IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), vol. 17, no. 6, pp. 1067-1082, 1999.
- [12] W. R. Wade, "An Introduction to Analysis," 2nd edition, Prentice-Hall, 2000.

---

### 저 자 소 개



김 영 현 (학생회원)  
2005년 숭실대학교 컴퓨터학과  
학사  
2005년 ~ 숭실대학교 컴퓨터학과  
석사 재학 중

<주관심분야 : IPv6 보안, Mobile IP, 성능분석>



문 영 성 (정회원)  
1983년 연세대학교 전자공학과  
학사  
1986년 Univ. of Alberta 전자공학  
과 석사  
1992년 Univ. of Texas, Arlington  
컴퓨터공학 박사

<주관심분야 : Mobile IP, IPv6 보안, Grid, QoS,  
성능분석, Honeypot>