

계층적 모바일 IPv6 시스템 구현 및 성능 분석

김낙현*, 신호진*, 장경수**, 신동렬*

*성균관대학교 정보통신공학부

**경인여자대학 컴퓨터정보기술학부

e-mail: nhkim@skku.edu

Implementation and Performance Analysis of Hierarchical Mobile IPv6

Nak-Hyun Kim*, Ho-Jin Shin*, Kyung-Soo Jang**, Dong-Ryeol Shin*

*Dept of Information and Communication, Sungkyunkwan University

**School of Computer & Information Tech., Kyungin Women's College

요 약

계층적 모바일 IPv6는 이동 노드의 지역적인 이동시 보다 빠르고 효과적으로 서비스를 제공하기 위하여 네트워크를 계층적으로 구성된 프로토콜로써, 모바일 IPv6의 단점인 핸드오프시의 긴 지연시간을 단축시켜 손실되는 패킷을 줄이며, 외부로 전송되는 트래픽의 양을 감소시키는 장점이 있다. 따라서, 많은 양의 데이터 처리가 필요한 멀티미디어 통신이나, 신속한 서비스를 필요로 하는 실시간 통신에 적용이 가능하다. 본 논문에서는 기존의 모바일 IPv6와 계층적 모바일 IPv6를 구현하여, 핸드오프 지연 시간과 패킷 손실량을 측정하고 성능 비교를 통하여 계층적 모바일 IPv6의 성능 향상을 확인하였다.

1. 서 론

IPv6의 이동성 지원을 확장하여 개발된 모바일 IPv6(Mobile IPv6:MIPv6)는 모바일 IPv4(Mobile IPv4:MIPv4)의 주소 부족 문제를 해결하고, 비효율적인 라우팅 과정을 보완하는 장점이 있다. 하지만, 호스트(Host)들이 이동할 때마다 이동한 네트워크에서 생성한 주소를 홈에이전트(Home Agent:HA)와 대응노드(Correspondent Node:CN)로 보내서 등록을 해야 하고, HA와 CN에서는 캐쉬(Cache)에 저장된 이동 노드(Node)의 이전 주소를 등록 요청을 받은 주소로 업데이트(Update)를 해야 하는 등의 과정을 수행해야 하기 때문에 연결 지연과 패킷 손실 등의 문제들이 발생하게 된다. 이는 최근 급속하게 증가하고 있는 멀티미디어 데이터나 실시간 처리를 필요로 하는 통신에 큰 단점이 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 등장한 프로토콜이 계층적 모바일 IPv6(Hierarchical Mobile IPv6:HMIPv6)이다[1].

HMIPv6는 이동 노드의 핸드오프(Handoff)가 지역적으로 자주 발생한다는 특징을 고려하여 같은 지역 내에서의 다른 셀(Cell)로 이동시에는 새로운 주

소의 등록 과정을 지역 내에서만 수행하도록 하는 프로토콜이다. 이는 기존의 MIPv6와 비교하여 핸드오프 지연시간을 단축시키고, 네트워크 내의 시그널 오버헤드를 감소시킨다[2].

본 논문에서는 MIPv6와 HMIPv6 시스템을 구현하고 핸드오프 지연시간과 패킷 손실량 등의 측정과 성능 분석을 통하여, HMIPv6가 MIPv6보다 빠른 핸드오프 처리가 가능하고 패킷 손실량이 감소함을 확인한다.

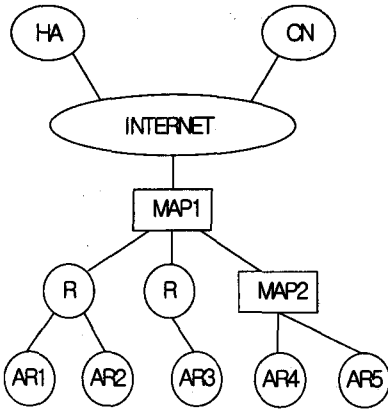
2. 계층적 모바일 IPv6 동작 절차

HMIPv6는 HA와 CN으로 전송되는 바인딩업데이트(Binding Update:BU) 메시지 수를 줄이고, 핸드오프시 지연시간을 감소시키기 위해 IETF의 모바일 IP 워킹그룹에서 제안한 프로토콜이다. MAP(Mobility Anchor Point)와 AR(Access Router)라는 새로운 개념을 도입하여 계층적인 네트워크를 구성한다. HMIPv6의 기본 네트워크 구성은 [그림 1]과 같다.

MAP 도메인(Domain)은 MAP의 주소를 도메인

내의 노드들에게 전달하는 AR로 구성된 그룹이다.

이 MAP 도메인 안에 있는 이동 노드들은 현재 접속된 AR에서 보내는 프리픽스(Prefix)로 COA (Care-Of-Address)를 생성하는데 이를 LCOA (On-link COA)라 한다. 그리고, MAP 도메인 내의 어디에서든 사용이 가능한 RCOA(Regional COA)를 생성하는데, 이것은 MAP이 보내는 프리픽스를 AR이 다시 자신의 영역 내로 전송하면 이동 노드가 이것을 받아서 RCOA를 생성한다.



[그림 1] 계층적 모바일 IPv6 구조

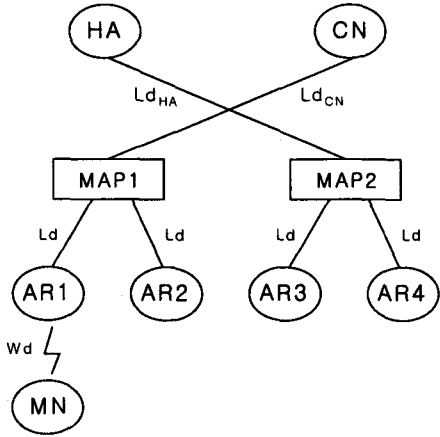
이동 노드가 MAP 도메인 내에서 다른 AR로 이동하게 되면, 새로 접속한 AR로부터 받은 프리픽스로 새로운 LCOA를 생성하여 MAP에 BU를 보내서 등록을 한다. 이때, HA와 CN으로는 BU를 보내지 않는다. 노드가 새로운 MAP 도메인으로 이동했을 경우에만 새로 생성한 RCOA를 HA와 CN으로 BU 메시지를 보내서 등록한다. MAP은 도메인 내에서 HA와 같은 역할을 한다. 이동 노드의 RCOA로 전송된 데이터를 캡슐화(Capsulization)하여 이동 노드의 LCOA로 전송한다[2].

이동 노드와 HA 또는 CN 사이의 거리는 보통 MAP과의 거리와 비교하여 멀고, MAP 도메인 내에서의 핸드오프시 보내지는 BU의 수가 적기 때문에 MAP과의 등록 과정이 HA나 CN과의 등록과정 보다 빠르게 처리되므로 핸드오프 시간이 단축된다.

3. 핸드오프 지연시간 비교

[그림 2]과 같은 네트워크를 구성하여 MIPv6와 HMIPv6의 핸드오프 지연시간을 계산하여 비교한다 [3]. CN에서 MN(Mobile Node)으로 데이터를 보내고 있고, MN이 이동하기 이전의 네트워크에 있는 라우

터에서는 데이터를 MN으로 포워딩(Forwarding) 하지 않는다고 가정한다.



[그림 2] 핸드오프 지연시간 계산 시나리오

[그림 2]의 시나리오에서 MIPv6의 경우에는 MAP이 라우터(Router)로 사용되고, AR은 이동한 네트워크의 에이전트(Agent)가 된다. 계산에 사용되는 변수는 다음과 같다.

- Ld: 유선 선로의 지연시간
- Ld_{HA}: MAP과 HA 사이의 지연시간
- Ld_{CN}: MAP과 CN 사이의 지연시간
- Wd: 무선 환경의 지연시간
- #BU: MN이 보내는 BU 메시지의 수

MIPv6와 HMIPv6에서 MN이 다음과 같이 이동했을 경우 지연시간을 계산한다.

1) MIPv6

① AR1 → AR2

$$\#BU_{MIPv6} \times Wd + 2(Ld + \min(Ld_{HA}, Ld_{CN})) + Wd \quad \dots (1)$$

② AR2 → AR3

$$\#BU_{MIPv6} \times Wd + 2(Ld + \min(Ld_{HA}, Ld_{CN})) + Wd \quad \dots (2)$$

2) HMIPv6

① AR1 → AR2

$$\#BU_{HMIPv6} \times Wd + 2Ld + Wd \quad \dots (3)$$

② AR2 → AR3

$$\#BU_{HMIPv6} \times Wd + 2(Ld + \min(Ld_{HA}, Ld_{CN})) + Ld + 2Wd \quad \dots (4)$$

식(1)의 경우를 예를 들어 설명하면, MN이 AR1에서 AR2로 이동하면 HA와 CN으로 BU를 보낸다. 이때 무선 선로를 통해 BU를 보내는 시간이 Wd이다. $\min(Ld_{HA}, Ld_{CN})$ 은 HA와 CN 중 가까운 노드로 유선 선로를 통해 BU가 전달되는데 걸리는 시간이다. 그러므로, 유선 선로를 따라서 전송되는데 걸리는 총 시간은 $2(Ld + \min(Ld_{HA}, Ld_{CN}))$ 이다. BA(Binding ACK)가 MN으로 무선 선로를 통해 전송되는 시간도 Wd가 된다.

식(4)의 마지막 두 항에서 Ld는 MAP이 AR로 BA를 보내는데 걸리는 시간이고, HA 또는 CN과 MAP에서 MN으로 BA를 보낼 때 무선 선로에서 걸리는 시간이 2Wd이다.

$$(1) - (3) = Wd + 2\min(Ld_{HA}, Ld_{CN}) \quad \dots (5)$$

$$(2) - (4) = -Wd - Ld - Wd = -(2Wd + Ld) \quad \dots (6)$$

로컬 핸드오프시 MIPv6와 HMIPv6 지연시간의 차이는 식(5)와 같고, 글로벌 핸드오프시의 차이는 식(6)과 같다. 식(5)의 계산에서 #BU_{MIPv6}는 2이고, #BU_{HMIPv6}의 값은 1이다. 식(6)의 계산에서는 #BU_{MIPv6}는 2이고, #BU_{HMIPv6}는 3이다.

유선선로와 무선선로의 지연시간의 크기에 따라서 식(5)와 식(6)을 계산하면 다음과 같다.

i) $Ld \gg Wd$

$$(5) = 2\min(Ld_{HA}, Ld_{CN})$$

$$(6) = -Ld$$

ii) $Ld \ll Wd$

$$(5) = Wd$$

$$(6) = -2Wd$$

글로벌 핸드오프의 경우에는 HMIPv6에서는 MN이 HA와 CN 그리고 MAP으로 BU를 보내고 다시 BA를 받아야 하기 때문에 지연시간이 MIPv6 보다 크고, 로컬 핸드오프의 경우 HA와 CN으로 BU를 보내지 않기 때문에 MIPv6 보다 핸드오프 지연시간이 적다. 다음절에서는 실험을 통해서 이것을 확인한다.

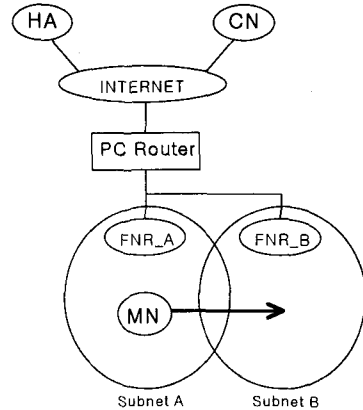
4. 시스템 구현 및 네트워크 구성

본 논문의 성능 분석을 위해 MIPv6와 HMIPv6 시스템을 구현하였다. 구현환경은 리눅스 커널 2.4.18을 기반으로 참고문헌 [4]와 [5]에 따라 각각 구현하

였다. 참고문헌 [4]의 MIPL은 리눅스 커널 2.4.18 기반의 draft-ietf-mobileip-ipv6-15에 준하여 구현된 버전 0.9.3을 이용하였고, 참고문헌 [5]는 MIPL 0.9.3을 기반으로 HMIPv6 Draft 6에 준하여 개발된 0.2 버전을 사용하였다. 하드웨어는 3Com사의 AP와 노트북용 삼성무선랜카드를 이용하였고, 각 PC에는 3Com과 Realtek 사의 랜카드를 장착하여 사용하였다. 또한 라우터는 PC에 리눅스로 구현한 라우터를 이용하였다. 이동 노드로 사용된 노트북은 Compaq사의 노트북을 사용하였다.

4.1 MIPv6 네트워크 구성

MIPv6 실험을 위하여 [그림 3]과 같은 네트워크를 구성하였다.

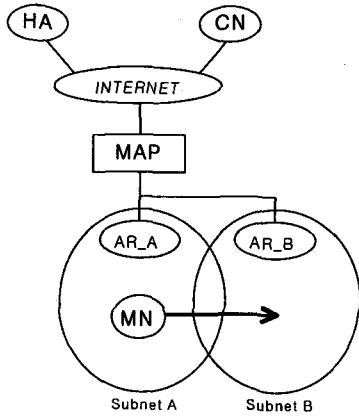


[그림 3] MIPv6 네트워크 구성도

서브넷A에서 CN과 통신을 하고 있던 MN이 서브넷B로 이동하면 FNR_B로부터 받은 프리픽스로 생성한 주소를 HA와 CN에게 알려서 자신의 주소를 갱신하도록 한다. 이 주소 갱신 과정이 완료되기까지 CN과의 통신이 지연되고, 패킷이 손실되는 현상이 발생할 수 있다. 이 실험에서는 이런 핸드오프 지연시간과 패킷 손실량을 측정하였다.

4.2 HMIPv6 네트워크 구성

HMIPv6 실험을 위한 네트워크 구성은 [그림 4]와 같다. 이 실험에서는 MAP을 한 개만 사용하여 MAP 도메인 내에서 이동 노드의 핸드오프시 지연시간과 패킷 손실량을 측정하여 MIPv6 실험 결과와 비교하였다.

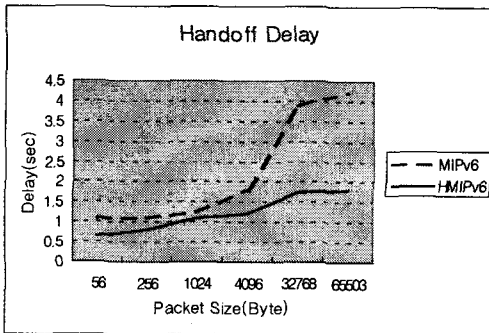


[그림 4] HMIPv6 네트워크 구성도

5. 실험결과 및 분석

핸드오프 지연시간 측정시 이동 노드를 실제로 이동시키지 않고, 각 AP의 ESSID(Extended Service Set ID)를 다르게 설정한 후 수동으로 이동 노드가 접속하는 ESSID를 변경해서 실험을 하였다. 따라서, 지연시간이 실제 이동을 하면서 실험했을 경우보다 길어졌으나, MIPv6와 HMIPv6 모두 같은 방법으로 실험을 수행하였기 때문에 실험결과 비교에는 영향을 주지 않는다.

이동 노드의 로컬핸드오프시 MIPv6와 HMIPv6에서의 핸드오프 지연시간을 측정한 결과는 [그림 5]과 같다. 실험에서는 ping6를 사용하여 패킷의 크기를 증가시키면서 지연시간을 측정하여 비교하였다.

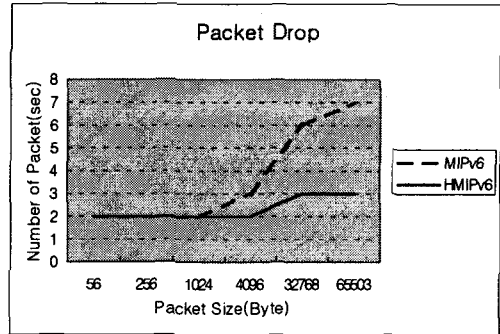


[그림 5] 로컬핸드오프시 지연시간

실험 환경이 실제의 경우보다 노드 사이의 거리가 가까웠기 때문에 [그림 5]의 결과를 보면 패킷의 크기가 작았을 때는 지연시간에 큰 차이가 없고, 크기를 크게 했을 경우에는 차이가 많이 남을 확인할 수

있다. 이것은, 패킷의 크기가 커지면서 RTT 값이 커지기 때문에 핸드오프 시간에 영향을 주기 때문이다.

핸드오프시 손실되는 패킷량은 [그림 6]과 같다. 그래프에서의 패킷 수는 실험 평균값을 반올림한 값이다.



[그림 6] 로컬핸드오프시 패킷 손실량

[그림 6]에서 MIPv6의 경우 [그림 5]와 비교해 보면 지연시간이 늘어나면서 패킷 손실량도 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 MIPv6와 HMIPv6 시스템을 구현하고, 핸드오프시 지연시간을 측정하여 비교 분석하였다. HMIPv6를 사용할 경우 기존의 MIPv6 보다 핸드오프 지연시간을 단축시킬 수 있고, 패킷의 손실을 줄일 수 있는 장점이 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] Niklas Damborg et al., "Handover extensions in Mobile IPv6:Final report", IMIT-KTH, 2002
- [2] Hesham Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management(HMIPv6)", IETF draft-ietf-mobileip-hmipv6-07, Mar. 2003
- [3] Ralf Schmitz et al., "A MIPv6, FMIPv6 and HMIPv6 handover latency study: analytical approach", NEC Europe Ltd., Jun. 2002
- [4] MIPL Mobile IPv6 for Linux
http://www.mipl.mediapoli.com
- [5] HMIPv6 Implementation from Monash Univ.
http://www.ctie.monash.edu.au/ipv6/hmipv6.htm