동적 MAP 전환을 이용한 Inter-MAP Handover 알고리듬 (DMS)

박홍길, 이현호, 김태현, 박효순, 이재용
연세대학교 전기전자공학과
e-mail: hankpark@nasla.yonsei.ac.kr

An Inter-MAP Handover Algorithm with Dynamic MAP Switching (DMS)

Hongkil, Park, Hyounho Lee, Taehyoun Kim, Hyosoon Park, Jaiyong Lee
Dept of Electrical Engineering, Yonsei University

요 약

무선 환경에서의 실시간 서비스의 확대와 노드의 이동성 증가에 따라 handover 시 발생되는 패킷 손실과 지연으로 인한 실시간 서비스의 중단이 해결해야 할 중요한 문제점이 되고 있다. 본 논문에서는 IETF (Internet Engineering Task Force)의 중요한 마이크로 이동성 프로토콜인 HMIPv6의 기본 동작을 설명하고, 여전히 문제점으로 남아있는 Inter-MAP (Mobility Anchor Point) handover의 성능을 향상시키기 위한 Dynamic MAP Switching handover 알고리듬을 제안한다. 제안한 알고리듬은 인접한 MAP 도메인을 중첩되게 설정하고 Inter-MAP handover가 발생되기 전에 미리 MAP을 switching 한다. 따라서 Inter-MAP handover가 발생하지 않도록 함으로써 handover 시 발생하는 데이터의 손실 및 지연을 감소시킬 수 있다. 제안된 알고리듬의 성능 향상은 산술적 분석을 통하여 검증한다.

1. 서론

IETF (Internet Engineering Task Force) Mobile IP Working Group의 MIPv4 (Mobile IP version 4)와 MIPv6 [1]은 IP 이동성을 지원하기 위한 주요 프로토콜이다. 그러나 MIPv6는 handover 중에 발생되는 많은 패킷 손실과 지연으로 인해 실시간 서비스의 중단이 발생된다는 문제점이 있다.

HMIPv6 (Hierarchical MIPv6) [2]는 MAP (Mobility Anchor Point) 라는 새로운 요소를 도입하여, MAP 도메인 내에서 MN (Mobile Node)이 이동할 때, MAP 에게만 자신의 위치를 등록하도록 하여 handover를 위한 시그널링의 양과 지연을 감소시키고자 하는 프로토콜이다. 그러나 Inter-MAP handover를 위해서는 HMIPv6 역시 MIPv6을 사용하므로 지연에 민감한 실시간 서비스의 요구사항을 만족 시킬 수 없다. 더구나, HMIPv6는 SPOF (Single Point Of Failure)와 트래픽 병목현상을 해결하기 위하여 하나의 망 내 에서도 다수의 MAP을 운영하고 있기 때문에, MN 의 Inter-MAP handover의 빈도가 점점 더 커지고 있다.

따라서, 본 논문에서는 Inter-MAP handover가 발생할 때 HMIPv6의 성능을 향상시키기 위한 동적 MAP 전환 handover 알고리듬을 제안한다. 이 알고리듬은 인접한 MAP들의 도메인을 서로 중첩되도록 설정한다. 따라서 MN이 MAP 도메인의 경계 AR (Access Router)내에 있을 때 미리 인접한 MAP으로 전환함으로써 실제적으로 Inter-MAP handover가 발생하지 않기 때문에 패킷 손실과 지연을 감소시킬 수 있다.

본 논문의 2장에서는 HMIPv6의 기본적인 동작과 MAP discovery에 대하여 살펴보고, 3장에서는 제안하는 알고리듬의 동작에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안된 알고리듬의 성능을 분석하고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 계획을 제시한다.

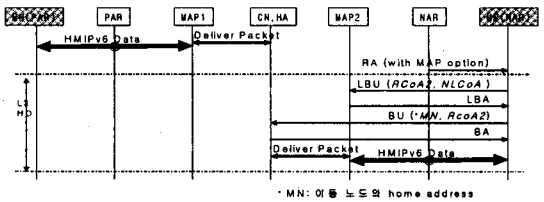
2. HMIPv6

HMIPv6은 로컬 이동성을 지원하기 위한 MIPv6와 IPV6 Neighbor discovery 프로토콜 [4]의 확장이다. HMIPv6는 MAP 이라 불리는 새로운 요소의 도입을 통해서 계층적으로 MN의 이동성을 관리한다.

MAP 도메인 내에서 MN이 움직일 경우 BU (Binding Update)를 멀리 떨어진 HA와 상대 노드 (Correspondence Node; CN)들에게 보내는 것이 아니라 가까운 MAP으로 보내게 되어 handover 지연을 줄일 수 있다. 또한 MN은 CN들의 수에 관계없이 한 개의 BU 만을 보내면 되기 때문에 handover를 위한 시그널링 트래픽의 양을 감소시킨다.

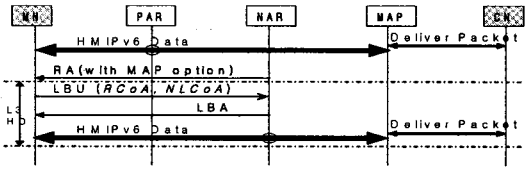
2.1 기본 동작

MN이 새로운 MAP 도메인으로 움직이는 경우 MAP에 대한 정보를 가지고 있는 RA (Router Advertisement)를 AR로부터 수신한다. 수신한 MAP과 AR의 subnet prefix 이용해서 RCoA (Regional CoA)와 LCoA (On-link CoA)를 생성하고 이것을 MAP에 등록한 후 HA와 CN에도 등록한다.

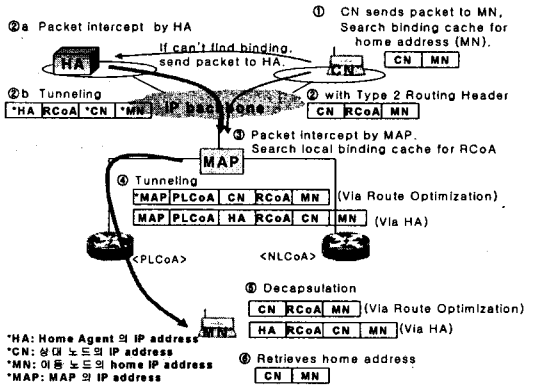


<그림 1> Inter-MAP Handover 메시지 흐름

MN이 MAP의 동일한 도메인 내의 AR들 사이를 움직이는 경우 MN은 MAP에게만 자신의 변경된 LCoA를 등록하면 된다.



<그림 2> Intra-MAP handover 메시지 흐름



<그림 3> 데이터 패킷의 흐름과 패킷헤더 포맷

MAP은 MAP 도메인 내에서는 등록된 모든 MN으로 향하는 패킷들을 가로채고 이를 캡슐화 하여 전달하는 로컬 HA의 역할을 수행한다.

2.2 MAP Discovery

MAP option은 MN이 MAP의 존재를 발견하고 RCoA를 구성하거나 HMIPv6 프로토콜의 기본 동작에 필요한 정보를 수신 할 수 있도록 하기위해서 새롭게 정의된다.

MAP option에는 MAP 의 선호도를 나타내는 4 bit로 이루어진 Preference field가 포함된다. 그 외에도 Valid Lifetime field, Distance field, Global IP Address filed 그리고 여러 가지 Flag들로 구성된다.

도메인 내의 AR들이 MAP을 발견하고 MN이 MAP subnet prefix를 얻는 과정을 MAP discovery 라고 한다. 이것은 RA 내의 MAP option을 MAP 에서부터 MN까지 의도하는 특정 interface 들을 통해서 전달되도록 미리 Router 들을 설정해둠 으로써 가능해 진다. 동일한 MAP 도메인 내의 모든 AR들은 동일한 MAP address를 가지는 MAP option을 수신하도록 설정된다.

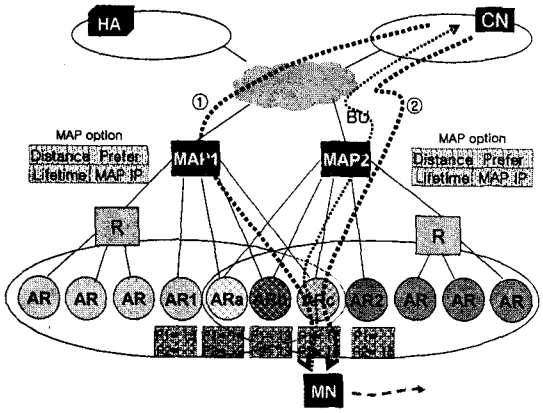
3. Dynamic MAP Switching Handover 알고리듬

3.1 기본 개념

제안된 알고리듬은 MAP 도메인의 외곽 지역에 있는 AR들을 이웃 MAP으로부터의 MAP option을 중복 수신할 수 있도록 설정한다. 그리고 MN이 중첩된 MAP 도메인의 외곽 AR에 연결되어 있는 동안 Inter-MAP handover가 발생하기 전에 미리 MAP switching을 실행하도록 한다. 이러한 MAP Switching은 동작상으로는 Inter-MAP handover 와 동일한 과정을 실행하지만 MN이 이전 MAP으로부터 패킷을 수신하고 있는 상태에서 다음 MAP으로 switching 하기 때문에 패킷 손실이 전혀 발생하지 않고 추가적인 handover latency가 필요 없다는 장점이 있다.

3.2 동작 절차

<그림 4>과 같이 두 개의 MAP domain을 외곽에 위치하는 AR들이 겹쳐지도록 구성하면, ARa, ARb, ARc 는 MAP1과 MAP2 의 MAP option 들을 모두 수신하게 된다.



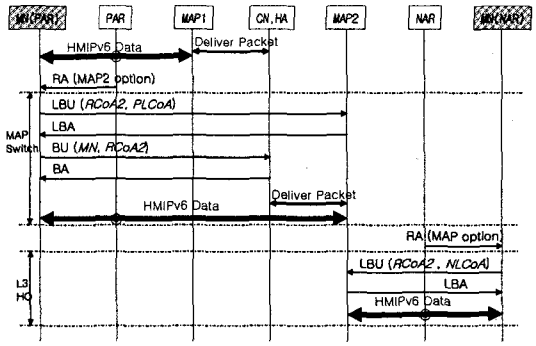
<그림 4> Dynamic MAP Switching의 기본동작

MAP 도메인 내에서 해당 AR들의 위치정보를 저장하기 위해서 MAP option 의 Preference filed를 사용한다. 동일한 MAP 도메인의 모든 AR로 전달되는 MAP option 의 Preference field 는 모두 동일한 값을 가진다. AR들은 자신의 위치가 가운데에서 외곽에 가까워질수록 Preference field의 값을 1 만큼 감소시킨 후 RA를 통해 MN에게 전달한다. MN은 수신되는 Preference field 값으로 MAP 의 경계 AR에 도착하였음을 알게 된다.

MN이 MAP1의 도메인 내에서 ARb에서 ARc의 영역으로 이동한 경우 우선 ARb에서 ARc로 Intra-MAP handover가 발생하고, MN은 CN이 보내는 패킷을 MAP1과 ARc를 통하여 수신한다 (1번 path). ARc는 MAP1 도메인에서는 중첩영역의 가장 외곽 AR 이므로 MN은 패킷을 수신하는 상태에서 MAP1에서 MAP2 로 자신의 MAP을 전환한다. 이를 위해서 MN은 MAP2로 LBU를 보내고 Ack을 수신한 후, 다시 HA와 CN으로 BU를 보낸다. BU를 수신한 CN은 Ack와 함께 데이터 패킷을 MAP2와 ARc를 통하여 MN에게 전달함으로써, MAP 변경은 완료된다 (2번 path). ARc는 MAP2 도메인의 안쪽에 위치하기 때문에 MN이 다시 ARa로 이동하지 않는 한 Inter-MAP handover는 발생하지 않는다.

제안된 알고리듬을 사용하는 경우, 경계 AR상에 MAP switching을 위한 추가적 오버헤더가 발생한다. 그러나 여러 개의 MAP이 존재하는 망 내의 모든 AR들을 하나의 MAP 영역에 있는 것으로 간주함으로써 HMIPv6의 중요한 문제점인 SPOF와 트래픽 병목현상을 해결하는 동시에 Inter-MAP handover에 의한 성능 저하를 방지 할 수 있다.

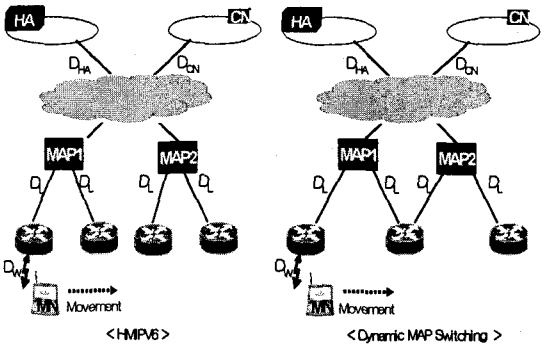
<그림 5>는 제안된 알고리듬의 동작을 위한 시그널링 메시지의 흐름을 보여준다.



<그림 5> 제안된 알고리듬 의 메시지 흐름

4. 성능분석

제안된 알고리듬의 성능분석을 위하여 <그림 6>과 같은 토폴로지를 갖는 망에서 MN이 AR1에서 AR2를 경유하여 AR3으로 이동할 때의 handover latency를 계산하였다.



<그림 6> 성능분석을 위한 망 구조

4-1. 가정 과 정의

성능분석을 위하여, 다음과 같은 몇 가지 가정과 정의가 필요하다 [5].

- Handover latency는 MN이 BU를 보낸 후 첫 번째 데이터 패킷을 받기까지 걸린 시간과 같다.
- BU 수행 시 return routability, On-link CoA Test 등과 같은 security 관련 동작은 고려하지 않으며, address auto configuration에서 DAD 과정은 고려하지 않는다.
- CN이 HA를 통하지 않고 MN에게 직접 패킷을 보내고 있는 경우 MN은 HA 보다 CN에게 먼저 BU를 보낸다.

- CN이 보내는 BA는 생략되거나, 보낼 데이터가 있는 경우 piggyback 될 수 있다.
- Inter-MAP handover는 MN이 한 AR내에 머무르고 있는 시간 내에 항상 완료된다.

성능분석을 위해 사용되는 변수들을 다음과 같이 정의한다.

- D_W: 무선 구간에 의한 delay
- D_L: 유선 구간에 의한 delay
- D_{CN}, D_{HA}: MAP에서 CN이나, HA까지의 delay

4-2. 분석 결과

- HMIPv6의 handover latency

AR1에서 AR2로 이동할 때의 Intra-MAP handover latency는 LBU를 위한 $2(D_W+D_L)$와 같다. 그리고 AR2 에서 AR3 로 이동할 때의 Inter-MAP handover를 위한 latency는 LBU를 위한 latency와 GBU (Global BU)를 위한 latency의 합이므로 $4D_W+4D_L+2D_{CN}$과 같다.

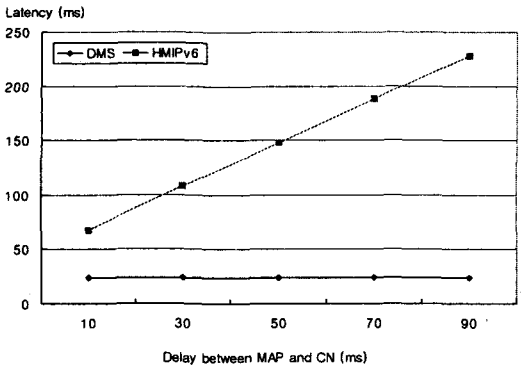
- 제안된 알고리듬의 handover latency

AR1에서 AR2로 이동할 때의 handover latency는 LBU를 위한 $2(D_W+D_L)$로 동일하지만, AR2에서 AR3 로 이동할 때는 AR2에 있을 때 미리 MAP Switching을 실시하기 때문에 GBU를 위한 추가적인 latency가 발생하지는 않고, 단지 LBU를 위한 $2(D_W+D_L)$ 만큼의 latency만 발생한다.

결과를 요약해보면, AR2에서 AR3로 이동할 때 HMIPv6 는 Inter-MAP handover가 발생되는데 반해 제안된 알고리듬은 Intra-MAP handover를 수행하며, 각각의 handover latency는 $4D_W+4D_L+2D_{CN}$ 와 $2(D_W+D_L)$이 된다.

$D_W=10ms$, $D_L=2ms$ 라 했을 때 10~90ms까지 변화하는 D_{CN}에 대한 HMIPv6와 제안된 알고리듬의 성능을 <그림 7>에서 비교하였다.

제안된 알고리듬은 Inter-MAP handover 발생시 HMIPv6 에 비해 우수한 성능을 보여 주고 있으며, MAP과 CN 이나 HA 간의 거리가 커질수록 성능 향상의 효과가 훨씬 커짐을 알 수 있다. 또한 MN이 동시에 여러 개의 CN 들과 통신하고 있는 경우 그 효과는 더욱 커지게 된다.



<그림 7> Inter-MAP handover latency

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 HMIPv6 망에서 Inter-MAP handover 성능을 향상하기 위한 Dynamic MAP Switching handover 알고리듬을 제안하고 산술적 성능 분석을 통하여 이를 확인하였다.

추후에는 모델링을 통해서 MN의 이동성에 대한 Inter-MAP handover의 발생 확률과 평균 handover latency 을 구할 수 있다. 그리고 계산 결과와 시뮬레이션을 통한 결과의 비교를 통해서 제안된 알고리듬의 우수성을 검증할 수 있다.

참고문헌

[1] D. Johnson et al., "Mobility Support in IPv6," draft-ietf-mobileip-ipv6-23.txt, May 2003.

[2] H. Soliman and K. El-Malki, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility Management (HMIPv6)," draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, June 2003.

[3] R. Koodli, "Fast Handover for MIPv6," draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-06.txt, 2003.

[4] T. Narten et al., "Neighbor Discovery for IP Version 6," RFC 2461, December 1998.

[5] R. Hsieh et al., "Performance analysis on HMIPv6 with Fast-handoff over End-to-End TCP," *GLOBECOM'2002*, 2002.

[6] X. Perez Costa et al., "A MIPv6, FMIPv6 and HMIPv6 handover latency study: analytical approach," *IST Mobile and Wireless Telecommunications*, 2002.