

IPv6에서의 지역적 이동성 지원 방안

우 미애

세종대학교 정보통신공학과

e-mail : mawoo@sejong.ac.kr

A New Localized Mobility Support Scheme in IPv6

Miae Woo

Dept. of Information and Communications Eng., Sejong University

요 약

본 논문에서는 IPv6 네트워크에서 이동성을 지원할 때, 광역 이동 시에는 Mobile IPv6 를 사용하고 지역 이동 시에는 바인딩 갱신 정보를 해당 지역으로 국한시키는 지역적 이동성 지원 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방안의 장점은 이동 노드의 기능만을 향상시키면 어떤 외부 도메인으로 이동 노드가 로밍하더라도 지역적 이동성을 제공받을 수 있으므로 상호 운용의 문제가 없다는 것으로써, 다른 어떠한 지역적, 혹은 마이크로 이동성 지원 방안과도 차별화된다. 제안된 이동성 제공 방안의 성능을 알아보기 위하여 네트워크 안의 에이전트들에게 전달되는 바인딩 갱신율을 해석적으로 분석하였다. 그 결과 제안된 방안은 홈 에이전트로의 바인딩 갱신 횟수를 줄임으로써 홈 에이전트의 처리 부하와 인터넷 백본으로의 트래픽 양을 감소시킴을 보였다. 또한 Mobile IPv6 보다 핸드오프 시 바인딩 갱신 지연과 패킷 손실율이 적음을 입증하였다.

1. 서론

3GPP 와 3GPP2 는 4 세대 이동통신망으로 all-IP 이동 네트워크를 고려하고 있다[1]. 특히 3GPP 에서는 IPv6 를 all-IP 이동 네트워크에서 사용할 프로토콜로 선정하였다. 그러므로 무선 이동통신 시장의 주도로 인하여 차세대 인터넷이 본격적으로 시장에 배치될 것이며, 따라서 이러한 이동통신에서 IP 서비스를 제공하기 위해서는 효율적인 지역적 이동성 제공이 필수적이라 할 것이다. 한편 전체 통신망의 트래픽 예측을 함에 있어 유럽의 ETSI 에서는 2010 년에는 전체 traffic 의 약 40%정도가 이동 네트워크에서 발생할 것으로 예상하고 있다. 이러한 수준의 데이터를 발생하려면 미래의 무선 네트워크는 현재의 고정망에서 제공하는 수준에 버금가는 서비스를 제공하여야 할 것이다. 이러한 점에서 이동 네트워크에서의 적절한 사용자 이동성 지원 및 서비스 제공은 필수 불가결한 것으로 사료된다.

IPv6 에서 이동성 지원을 위한 방안으로 매크로 이동성은 Mobile IPv6[2]를 기본으로 한다. 하지만 Mobile IPv6 에서는 이동 노드가 빠르게 움직여서 핸드

오프가 자주 발생할 경우, 핸드오프될 때마다 홈 에이전트와 바인딩을 해야 하므로 바인딩 지연이나 인터넷 백본에 추가되는 신호량이 크다는 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 여러 가지 방안들이 제안되었는데[3-7] 이들 방안들은 모두 공통적으로 홈 에이전트로의 바인딩 갱신을 최소화함으로써 성능을 개선하려 하였다. [3]에서는 mobility anchor point(MAP)이라는 새로운 노드를 도입하여 Mobile IP 에서 도메인을 대표하는 외부 에이전트와 같은 역할을 부여하여 외부 도메인 안에서 이동 노드가 이동하는 경우에는 MAP 으로 바인딩을 하게 한다. [4]에서는 redirection agent (RA) 와 local agent (LA)를 도입하여, LA 는 Mobile IPv6 에서 외부 네트워크 안의 라우터와 같은 기능을 수행하도록 하고, RA 는 이동 노드가 상대방 노드에게 전송하는 패킷을 가로채서 이동노드의 위치정보를 저장하여 향후 라우팅에 이용하게 한다. [5]-[7] 방식은 공통적으로 멀티캐스팅을 사용하여 상대방 노드가 이동 노드에게 보내는 패킷의 목적지 주소를 멀티캐스트 주소로 하고, 외부 도메인 내에서 게이트웨이가 해당 도메인 안에서 멀티캐스팅을 함으로써 핸드오프 시 패킷 손실을 최소화 하려는 방안들이다. 이러한 방안들은 모두 Mobile IPv6 에서는 정의되지 않은 새로운 노드나 에이전트 개념을 도입하거나, 멀티캐스트 같은 추가적인

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R04-2001-00177) 지원으로 수행되었음.

IP 레벨의 기능을 사용함으로써 지역 이동성을 제공하려 한다.

본 논문에서는 네트워크 상에 부가적인 기능을 요구하지 않고 Mobile IPv6의 기능만을 사용하며 단지 이동 노드에서의 처리 과정을 약간 수정한 방식으로 지역적 이동성을 제공하는 새로운 방안을 제안한다. 제안한 방안을 사용하면 이동 노드가 어떠한 외부 망으로 로밍을 하더라도 망에서 Mobile IPv6를 제공하면 호환성 문제없이 지역 이동성을 제공할 수 있다는 장점이 있고, 이 장점이 다른 방식들과 차별화되는 점이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 Mobile IPv6의 동작 방식을 알아보고, 3 절에서 본 논문에서 제안하는 지역적 이동성 제공 방안을 제시한다. 4 절에서는 본 논문에서 제안하는 방안의 성능을 Mobile IPv6 방식과 비교한다. 마지막으로 5 절에서 결론을 맺는다.

2. Mobile IPv6 동작 개요

일반적으로 Mobile IPv6에서는 외부 네트워크로 이동 노드가 움직인 경우 서브넷을 변경할 때 마다 홈 네트워크에 있는 홈 에이전트(Home Agent: HA)로 바인딩 갱신(Binding Update: BU)을 보낸다. 또한 전에 연결되어있던 외부 서브넷의 라우터 (본 논문에서는 Foreign Home Agent(FHA)로 표시)로 바인딩 갱신을 한다. 상대방 노드(Correspondent Node: CN)로는 선택적으로 바인딩 갱신을 하나의 메시지로 보낼 수도 있고, 아니면 다른 데이터 패킷에 piggybacking 할 수도 있어 경로 최적화를 제공한다.

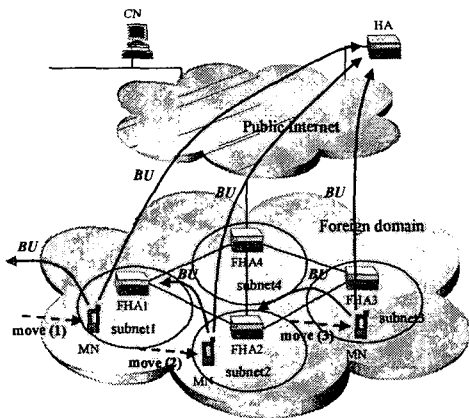


그림 1. Mobile IPv6에서의 바인딩 갱신

상대방 노드는 바인딩 갱신을 받기 전까지는 이동 노드의 홈 주소를 목적지 주소로 하여 데이터를 전송한다. 홈 네트워크의 홈 에이전트는 이동 노드로 오는 패킷을 가로 채 자신의 바인딩 리스트에 등록되어 있는 의탁주소(Care of address)로 터널링한다. 일반적으로

이동 노드는 터널링 된 패킷을 받으면 상대방 노드에 게 바인딩 갱신을 하여 자신의 위치를 알려준다. 상대방 노드가 바인딩 갱신을 받은 후에는 이동 노드의 의탁주소로 데이터를 직접 전송하여 경로 최적화를 이룰 수 있다.

그림 1은 이동 노드가 외부 도메인에서 이동을 하면서 서브넷 간 핸드오프가 발생하는 경우 바인딩 갱신 메시지가 전달되는 경로를 보여준다. 이 그림에서는 상대방 노드로 전달하는 바인딩 갱신은 표시하지 않았다.

3. 제안된 지역 이동성 제공 방안

본 논문에서 제안하는 지역적 이동성 지원 방안은 광역 이동성에는 Mobile IPv6를 사용하고, 외부 도메인 내에서의 이동에 대하여는 바인딩 갱신을 외부 도메인 안으로 국한시키는 방안으로써, Mobile IPv6에서 정의한 홈 에이전트, 상대방 노드, 외부 서브넷의 라우터의 기능 변화는 전혀 없다. 단지 새로운 방식을 지원하기 위해서는 이동 노드에서의 기능 변화만을 도입한다.

이동 노드가 처음으로 외부 도메인에 접속하였을 때, 이동 노드는 홈 네트워크의 홈 에이전트와 필요한 경우 이전에 접속하였던 외부 네트워크의 홈 에이전트로 바인딩 갱신을 보낸다. 한편, 해당 외부 도메인에서 처음으로 접속한 서브넷에서 홈 에이전트 역할을 하는 라우터의 글로벌 주소와 이동 노드가 해당 서브넷에서 사용하는 의탁주소를 기록해 놓는다. 동일한 외부 도메인에서 이동 노드가 계속하여 이동을 하는 경우, 이동 노드는 그림 2에서 제시한 것처럼, 홈 네트워크의 홈 에이전트에게는 바인딩 갱신을 하지 않고 외부 도메인에서 처음 방문한 서브넷의 홈 에이전트와 바로 이전에 접속하였던 서브넷의 홈 에이전트로 바인딩 갱신을 한다.

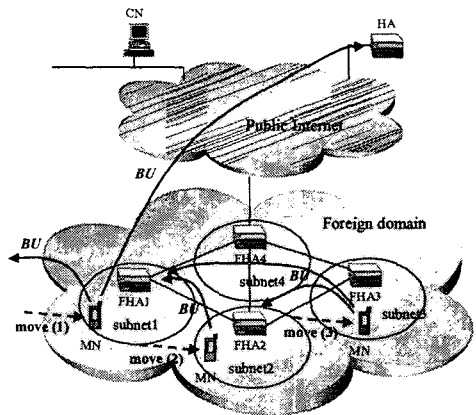


그림 2. 제안된 방식에서의 바인딩 갱신

4. 성능평가

Mobile IPv6 와 본 논문에서 제안한 지역적 이동성 제공 방식간의 성능을 비교하기 위하여 본 논문에서는 네트워크의 노드별 바인딩 갱신율을 해석적으로 분석하고, 바인딩 갱신 지연 및 바인딩 시 발생하는 패킷 손실율을 알아본다.

4.1 네트워크 노드 별 바인딩 갱신율

홈 에이전트와 외부 네트워크에서 홈 에이전트 역할을 하는 역세스 라우터가 처리해야 하는 바인딩 갱신율을 분석해 본다. 이를 위해서, 본 논문에서 이동 노드가 방문한 도메인에 안에는 B_D 개의 서브넷이 있고, 하나의 서브넷 영역은 정사각형이며 서브넷 외변의 길이는 L_B 라고 가정한다.

이동 노드가 서브넷 영역을 벗어남으로써 발생하는 바인딩 갱신에 의한 트래픽을 분석하기 위하여 본 논문에서는 이동 노드에 대하여 유체 흐름 이동성 모델 (fluid flow mobility model)[8]을 적용한다. 이 모델은 이동 노드가 밀도 ρ 로 균일하게 분포하고, 평균속도 v 로 움직이며, 이동 방향은 $[0, 2\pi]$ 사이에 균일하게 분포한다고 가정한다. 이러한 모델에서 서브넷을 벗어남으로써 발생하는 바인딩 갱신율 R 은 다음 식과 같다 [8].

$$R(L_B) = \frac{\rho v L_B}{\pi} \tag{1}$$

Mobile IPv6 와 제안된 방식을 비교하기 위한 바인딩 갱신율은 R_Y^X 로 표시하고, 이는 Y 방식을 사용하는 경우 에이전트 X 로 전달되는 바인딩 갱신율을 나타낸다. 에이전트 X 는 아래와 같은 값들을 갖을 수 있다.

- HHA : 홈 네트워크의 홈 에이전트
- FHA : 외부 도메인에 있는 각각의 서브넷의 홈 에이전트 (위치에 무관)
- FHA_i : 외부 도메인 내부에 있는 서브넷의 홈 에이전트
- FHA_b : 외부 도메인 경계에 있는 서브넷의 홈 에이전트

한편 방식 Y 는 다음과 같은 값들을 갖을 수 있다.

- $MIPv6$: Mobile IPv6
- LMS : 본 논문에서 제안한 지역 이동성 지원 방식

우선 Mobile IPv6 의 경우에 대하여 알아보면, 이동 노드가 서브넷을 변경할 때 마다 홈 네트워크의 홈 에이전트와 이전 외부 서브넷의 홈 에이전트로 바인딩 갱신을 한다. 그러므로 홈 네트워크의 홈 에이전트로 전달되는 바인딩 갱신율 R_{MIPv6}^{HHA} 은 다음 식과 같다.

$$R_{MIPv6}^{HHA} = \frac{\rho v L_B B_D}{\pi}, \tag{2}$$

이전 외부 서브넷의 홈 에이전트로 전달되는 바인딩

갱신율 R_{MIPv6}^{FHA} 은 다음 식과 같다.

$$R_{MIPv6}^{FHA} = \frac{\rho v L_B}{\pi}, \tag{3}$$

이 바인딩 갱신율은 외부 네트워크 도메인 안에 있는 모든 서브넷의 홈 에이전트에 동일하다.

본 논문에서 제안한 지역적 이동성 제공 방식에서는 그림 2 에서 보여주듯이 이동 노드가 처음으로 외부 네트워크 도메인으로 옮긴 경우에만 홈 네트워크의 홈 에이전트로 바인딩 갱신을 하고, 외부 네트워크 도메인 안에서 서브넷을 이동하는 경우에는 이전 외부 서브넷의 홈 에이전트와 해당 외부 네트워크 도메인에서 처음으로 연결되었던 서브넷의 홈 에이전트로 바인딩 갱신을 한다. 따라서 홈 네트워크의 홈 에이전트로 전달되는 바인딩 갱신율 R_{LMS}^{HHA} 은 다음 식과 같다.

$$R_{LMS}^{HHA} = \frac{\rho v L_B \sqrt{B_D}}{\pi}, \tag{4}$$

지역적 이동성 제공 방식을 사용하는 경우 외부 네트워크 도메인 안의 각각의 서브넷의 홈 에이전트로 전달되는 바인딩 갱신율은 도메인 내의 서브넷의 위치에 따라 다르다. 도메인 경계에 위치한 서브넷은 이동 노드가 해당 도메인에 처음으로 옮겨올 때 연결되는 서브넷이므로 그러한 서브넷의 홈 에이전트는 이동 노드가 해당 도메인에서 이동하는 경우 이동 노드로부터 바인딩 갱신 요청을 받는다. 한편 도메인 내부에 위치한 서브넷의 홈 에이전트에게는 이전에 자신을 연결점으로 사용하였던 이동 노드로부터의 바인딩 갱신 요청만 받는다. 따라서 외부 도메인에 있는 서브넷의 홈 에이전트에게 전달되는 바인딩 갱신율은 그 위치에 따라 다르다. 먼저 외부 도메인 내부에 있는 서브넷의 홈 에이전트의 갱신율은 아래 식과 같다.

$$R_{LMS}^{FHA} = \frac{\rho v L_B}{\pi}, \tag{5}$$

한편 외부 도메인 경계에 있는 서브넷의 홈 에이전트의 갱신율은 다음 식과 같다.

$$R_{LMS}^{FHA_b} = \frac{\rho v L_B}{\pi} \cdot \frac{B_D}{4(\sqrt{B_D} - 1)} \tag{6}$$

Mobile IPv6 와 제안된 방식에서 홈 네트워크의 홈 에이전트로 전달되는 바인딩 갱신율을 식 (2)와 식 (4)를 통하여 분석하여 보면, 제안된 방식을 사용하는 경우 바인딩 갱신율이 $1/\sqrt{B_D}$ 만큼 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 인터넷 백본으로의 바인딩 트래픽 양은 상당부분 감소한다.

한편 외부 도메인에 있는 서브넷의 홈 에이전트의 바인딩 갱신율을 비교해 보면, 외부 도메인 내부에 있는 서브넷의 홈 에이전트로의 바인딩 갱신율은 식 (3)과 (5)에서 볼 수 있듯이 어떠한 방식을 사용하더라도 동일하다. 다만 지역적 이동성 지원 방안을 사용하면 외부 도메인 경계에 있는 서브넷의 홈 에이전트의 갱

신율 식(6)은 식(3)에 비하여 약 $\sqrt{B_D}/4$ 만큼 증가한다. 하지만 게이트웨이 등을 외부 도메인에서 이동성 제공을 위한 중심점으로 사용하는 다른 이동성 방안과는 달리 본 논문에서 제안하는 방안은 도메인 경계에 있는 서버넷의 홈 에이전트들로 바인딩 갱신 트래픽을 분산시킴으로써 외부 도메인에 위치한 특정 에이전트로 집중하는 트래픽 양이 다른 방식의 $1/\sqrt{B_D}$ 수준이므로 네트워크 확장성이 좋다.

4.2 바인딩 갱신 지연 및 패킷 손실율

Mobile IPv6 와 지역적 이동성 지원 방안을 사용한 경우 바인딩 갱신 지연 및 패킷 손실율은 경로 최적화를 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우 두 가지로 나누어 볼 수 있다.

바인딩 갱신 지연시간을 예측하기 위하여 다음과 같은 지연시간을 고려한다.

- d_h : 이동 노드가 홈 네트워크의 홈 에이전트로 보내는 바인딩 갱신 메시지의 전달 시간
- d_l : 이동 노드가 외부 도메인에서 처음 방문한 서버넷의 홈 에이전트로 보내는 바인딩 갱신 메시지의 전달 시간
- d_p : 이동 노드가 이전에 접속한 서버넷의 홈 에이전트로 보내는 바인딩 갱신 메시지의 전달 시간

일반적으로 d_l 와 d_p 값으로는 전형적인 MAN 지연시간을 적용할 수 있고, d_h 값으로는 WAN 지연시간을 적용할 수 있다. α 를 상대방 노드가 이동 노드에게 전송하는 패킷의 전송율이라고 하자. 이러한 경우 바인딩 갱신 지연시간과 패킷 손실율은 표 1 과 같이 정리할 수 있다.

표 1. 바인딩 갱신 지연과 패킷 손실율 비교

| 방식 | 바인딩 갱신 지연 | 패킷 손실율 |
|--------------------------------|-----------|--------------|
| Mobile IPv6 (경로 최적화 사용) | d_p | αd_p |
| Mobile IPv6 (경로 최적화 사용안함) | d_h | αd_h |
| 지역적 이동성 지원 방안 (경로 최적화 사용) | d_p | αd_p |
| 지역적 이동성 지원 방안 (경로 최적화 사용안함) | d_l | αd_l |

표 1 에서 볼 수 있듯이 경로 최적화를 사용하는 경우에는 MIPv6 나 지역적 이동성 지원 방안이 동일한 바인딩 갱신 지연과 패킷 손실율을 보인다. 그러나 경로 최적화를 사용하지 않는 경우에는 지역적 이동성 지원 방안이 바인딩 갱신도 빠르게 처리하고, 그에 따라 패킷 손실율도 상당히 감소시킬 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 IPv6 에서 작동하는 이동성 지원을 위하여, 광역 이동성을 위하여는 Mobile IPv6 를 사용하고 지역적 이동성을 위하여는 바인딩 갱신을 해당 도메인 내로 국한하는 새로운 방안을 제안하였다. 제안된 이동성 제공 방안의 성능을 평가하기 위하여 네트워크 안의 노드들(홈 네트워크와 외부 네트워크의 홈 에이전트들)에게 전달되는 바인딩 갱신율을 해석적으로 분석하고, 바인딩 갱신 지연 및 패킷 손실율을 알아보았다. 분석 결과 본 논문에서 제안한 방식이 Mobile IPv6 보다 우월한 성능을 보임을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안하는 방안의 장점은 이동 노드의 기능만 향상시키면 어떤 외부 도메인으로 이동 노드가 로밍하더라도 지역적 이동성을 제공받을 수 있으므로 다른 방식들과는 달리 상호 운용의 문제가 없다.

참고문헌

- [1] G. Patel and S. Dennett, "The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network," *IEEE Personal Communications*, pp. 62-64, Aug. 2000.
- [2] D. B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6", Internet draft (work in progress), <draft-ietf-mobileip-ipv6-15.txt>, Jul. 2001.
- [3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 Mobility Management (HMIPv6)," Internet draft (work in progress), <draft-ietf-mobileip-hmipv6-05.txt>, Jul. 2001.
- [4] Kin Weng Ng and V.C.M. Leung, "Host mobility support for mobile computing over wide-area wireless data networks," *Proceedings in VTC 2000-Spring Tokyo*, Vol. 1, pp. 269 -273, 2000.
- [5] C. Castelluccia, "A hierarchical mobility management scheme for IPv6," *Proceedings in ISCC '98*, pp. 305 -309, 1998.
- [6] A. Mihailovic, M. Shabeer and A. H. Aghvami, "Multicast for Mobility Protocol (MMP) for Emerging Internet Networks," *Proceedings in PIMRC 2000*, Vol. 1, pp. 327-333, 2000.
- [7] A. Stephane, A. Mihailovic, and A. H. Aghvami, "Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks," *IEEE Communication magazine*, Vol. 38, No. 11, pp. 112-115, Nov. 2000.
- [8] S. Mohan and R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Services," *IEEE Personal Communications*, Vol. 1, No. 1, pp. 42-50, 1994.