IP 이동성 지원 방안 고찰

우 미 애*

◈ 목 차 ◈

1. 서 론
2. Mobile IP와 Mobile IPv6 개요
3. 마이크로 이동성 지원 방안들
4. MIPv6와 관련된 IETF의 동향

1. 서 론

이동 단말기들은 일반적으로 네트워크에서 연결점을 자주 변경한다. 이러한 환경에서 이동 단말기가 서비스를 지속적으로 사용하기 위하여는 인터네트워킹 하부구조가 필요하다. 그러나 현재 전세계적인 데이터 통신망 대표하는 인터넷에서 사용하는 TCP/IP는 종단 시스템이 고정되어 있다는 가정에서 출발하였다. 인터넷에서 사용하는 IP 주소는 해당 호스트가 어떤 네트워크에 연결되어 있나를 반영한다. 정적인 호스트로는 해당 호스트의 IP 주소로 라우팅되어 패킷이 전달 가능하지만, 호스트가 이동을 하여 위치가 변경되면, 해당 호스트에게 원래 부여되었던 IP 주소로는 그 이동 호스트의 변경된 위치로 패킷을 전달할 수 없다[25]. 이러한 이동성 문제에 대한 해법은 이동 호스트의 식별자와 이동 호스트의 위치간의 동적 매핑이 있어야 한다. 이러한 문제에 대한 가장 기초가 되는 제안이 Mobile IP[1]이다. Mobile IP는 이동 호스트 당 영구적인 IP 주소와 일시적인 라우팅 가능한 주소를 사용하고, 이 두 주소간의 매핑은 영구적인 IP주소의 네트워크에 있는 홈 에이전트가 저장해 놓는 방법이다. 이러한 기본적인 방안을 IPv6에서 적용하는 것이 Mobile IPv6[3]이다.

이동 호스트가 네트워크에 연결되는 지점을 너무 자주 바꿀 때 야기되는 상황을 마이크로 이동성 문제라고 한다. Mobile IP는 운용상 투명성을 유지하고 핸드오버를 지원하지만, 셀룰러 망에서 위치 갱신이나 핸드오버 요청 메시지가 대량으로 발생하는 경우 신호 메시지를 과도하게 발생하여 네트워크에 부하를 유발하고, 이러한 메시지를 원격 노드로 전송하는데 야기되는 지연을 효율적으로 처리하지 못하는 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하고 마이크로 이동성, 혹은 지역적 이동성을 제공하기 위해서는 좀 더 최적화된 방안이 필요하다. 마이크로 이동성을 제공하기 위한 방안들은 대부분 홈 에이전트에게 현재의 위치정보를 전달하는 대신, 이동 호스트가 위치한 도메인 안으로 신호 전달을 제한한다. 이렇게 함으로써 인터넷의 코어로 가는 트래픽을 줄이고, 신호 지연시간도 감소시킬 수 있다. 그러나 Mobile IP 자체가 갖는 장점들 때문에 글로벌 이동성과 다른 사업자간의 이동성을 제공하는 데에 적합하다. 그러므로 전체적인 이동성 지원 방안은 마크로 이동성을 위해서는 Mobile IP를 사용하고, 마이크로 이동성을 위해서는 특별히 고안된 방안을 해당 지역 도메인에서 사용한다. 본 논문에서는 글로벌 이동성을 제공하는 기본적인 방안인 Mobile IP와 Mobile IPv6에 대하여 알아보고, 이러한 글로벌 이동성 제공 방안에 보완적으로 사용할 수 있는 마이크로 이동성 지원을 위한 방안들을 살펴본다. 또한 Mobile IPv6와 관련되어 마이크로 이동성 지원을 위하여 현재 IETF에서 진행중인 활동에 대하여 알아본다.

* 세종대학교 정보통신공학과 조교수

2. Mobile IP와 Mobile IPv6 개요

2.1 Mobile IP

Mobile IP에서는 이동성 지원을 위하여 홈 에이전트(home agent; HA)와 외부 에이전트(foreign agent; FA) 두 가지 엔티티(entity)를 정의하였다. 홈 에이전트는 이동 호스트(mobile node; MN)의 고정 홈 IP 주소에 기반을 두고 MN에게 정적으로 할당된다. 외부 에이전트는 이동 호스트의 현재 위치에 따라 동적으로 할당된다. Mobile IP에서 이동 노드는 외부 에이전트의 광고 메시지를 듣고 새로운 서브넷에서의 의탁주소(care-of address; CoA)를 홈 에이전트에게 등록한다. 이러한 의탁주소로 FA CoA나 collocated CoA를 사용할 수 있다. 이동 노드로 상대방 노드(correspondent node: CN)가 보내는 패킷은 홈 네트워크에 전달되면 홈 에이전트가 가로채서 이동노드의 의탁주소로 터널링한다. 만일 FA CoA를 사용하였다면, 외부 에이전트는 터널링된 패킷을 decapsulate하여 이동 노드에게 전달해 준다. 따라서 외부 에이전트는 이동 노드에게 가장 가까이 있는 IP 엔티티이다. 이러한 과정을 그림 1에서 보여준다.

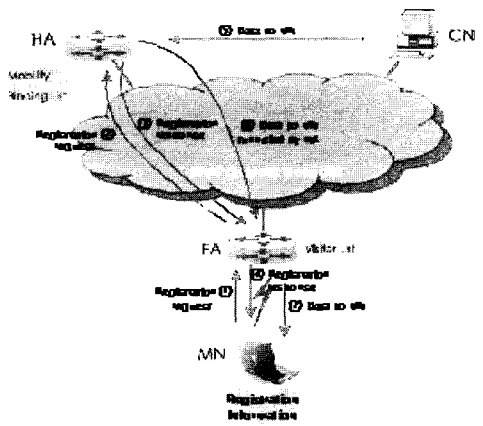
2.2 Mobile IPv6

Mobile IPv6는 IPv6의 기능을 그대로 이용하면서 이동성을 제공함으로써, Mobile IP보다 효과적으로 이동성을 지원하며, 확장성도 좋다. Mobile IPv6에서는 이웃 탐색 기능과 주소 자동 설정 기능이 있어 이동 노드가 이동하였을 때 자동으로 자신이 새로운 서브넷에서 사용할 CoA를 구성할 수 있게 함으로써 Mobile IP의 외부 에이전트가 필요 없다. 이러한 방식으로 구성한 CoA는 목적지 옵션(Destination option)을 사용하여 홈 에이전트나 상대방 노드에게 알려준다. 또한 Mobile IPv6에서는 경로 최적화를 위한 기능이 기본기능으로 통합되어 제공된다.

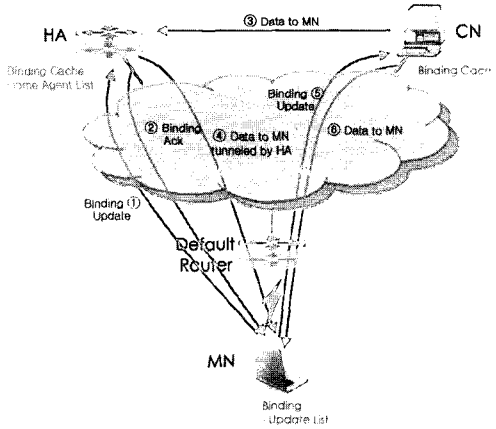
Mobile IPv6가 동작하는 기본 메커니즘을 그림 2에서 보여준다. 이동 노드가 외부 네트워크로 이동하면 홈 에이전트로 바인딩 갱신(Binding Update: BU)을 보낸다. 이동 노드는 홈 에이전트로부터 터널링 된 패킷을 받으면 상대방 노드에게 바인딩 갱신을 하여 자신의 위치를 알려준다. 상대방 노드가 바인딩 갱신을 받은 후에는 이동 노드의 의탁주소로 데이터를 직접 전송하여 경로 최적화를 이룰 수 있다. 상대방 노드로 보내는 바인딩 갱신은 선택적으로 하나의 메시지로 보낼 수도 있고, 아니면 다른 데이터 패킷에 piggybacking 할 수 도 있다.

3. 마이크로 이동성 지원 방안들

마이크로 이동성 방식은 이동 노드가 방문한 도메인 안에서 움직이는 경우 이동 노드의 움직임을 HA



(그림 1) Mobile IP 동작 방식



(그림 2) Mobile IPv6 동작 방식

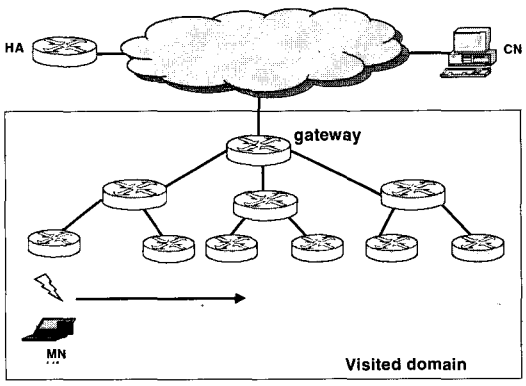
나 CN에게 알리지 않고, 해당 방문 도메인 안에서 처리하는 방식으로 크게 다음의 두 가지 범주로 나누어 볼 수 있다[24].

◎ 프록시 에이전트(proxy agent) 구조
◎ 지역적으로 개선된 라우팅 방식

마이크로 이동성 방식들이 일반적으로 가정하는 네트워크의 구조는 그림 3과 같다.

3.1 프록시 에이전트 구조

프록시 에이전트 구조는 Mobile IP의 기본적인 아이디어를 확장하여 이동성 에이전트에 계층을 두는 것이다. 이동 호스트는 계층의 가장 하부에 있는 로컬 에이전트에게 등록을 한다. 그러면 그 로컬 에이전트는 자신의 상위에 있는 에이전트에게 등록을 하고, 이러한 등록이 최종적으로는 홈 에이전트까지 되도록 한다. 이러한 방법으로 이동 호스트가 CoA를 변경하는 경우에도 등록 요청은 홈 에이전트까지 전달되지 않고, 해당 지역에서만 머물게 된다. 상대방 호스트가 보내는 패킷들은 계층에 따라 아래로 터널링을 통하여 전달된다. 이러한 구조를 사용하는 방안에는 초기의 Hierarchical Mobile IP[4]와 그의 대안으로 나온 Mobile IP regional registration[5]이 있으며, 또한 Adaptive mobility management[6]와 Hierarchical Mobile IPv6[7] 등이 있다.



(그림 3) 마이크로 이동성에서 고려하는 방문 도메인 구조

3.2 지역적으로 개선된 라우팅 방식

지역적으로 개선된 라우팅 방식은 해당 지역에서 새로운, 동적인 3계층 라우팅 프로토콜을 도입한다. 이 방식에는 여러 가지 독자적인 접근방식들이 있는데, 그러한 방식들을 크게

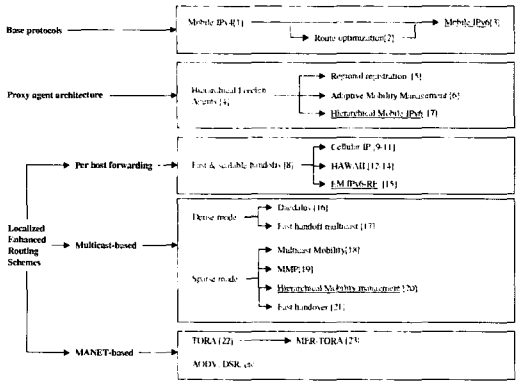
◎ 호스트 별 전달 방안
◎ 멀티캐스트를 이용한 방안
◎ MANET에 기반을 둔 방안

세 가지로 나누어 볼 수 있다[24].

호스트 별 전달 방안은 도메인 안에서 특별한 경로 설정 프로토콜을 사용하여 각각의 이동 호스트에 대하여 소프트 상태(soft-state)의 호스트별 특정 전달 항목을 네트워크내의 장비들이 저장하여 사용한다. 해당 도메인은 특별한 게이트웨이를 통하여 외부 인터넷에 연결되고, 해당 도메인의 라우터들은 이 게이트웨이를 디폴트 게이트웨이로 사용하여야 한다. 이러한 방안을 사용하는 것에는 Cellular IP[9-11]와 Handoff-Aware Wireless Access Internet Infrastructure(HAWAII)[12-14], EMIP v6-RF[15]가 있다.

멀티캐스트 프로토콜은 일대다 연결을 제공하기 위하여 디자인되었다. 그러므로 멀티캐스트는 위치에 무관한 어드레싱과 라우팅을 한다는 면에서는 IP이동성과 동일한 디자인 목표를 갖고 있다. 따라서 멀티캐스트를 이용한 이동성 방안이 제시되었다. 멀티캐스트 CoA는 하나의 이동 호스트에게 부여되고, 이동 호스트는 인접한 멀티캐스트 라우터에게 이동 호스트의 가상 멀티캐스트 그룹에 가입(join)하도록 한다. 이러한 가입은 핸드오버 전이나 핸드오버가 일어나는 동안 행해진다. 이러한 상황은 멀티캐스트 클라우드가 이동 호스트의 현재 위치에 중심을 하고 이동호스트가 움직일 수 있는 영역도 포함하는 것으로 볼 수 있다. 멀티캐스트를 사용하는 방안들 중 Dense mode를 사용하는 방안에는 [16][17]이 있고, sparse-mode를 사용하는 방안에는 [18]-[21]이 있다.

MANET 프로토콜은 원래 Mobile Adhoc Network을 위해 디자인 된 것으로, 호스트와 라우터 모두가 이동성을 갖고 있으므로 고정된 하부구조가 없다. 라우팅



(그림 4) IP 이동성 방안 분류도

은 멀티홉으로 되고 이동 호스트의 움직임과 네트워크의 연결성이 변화함에 따라 적응적으로 이루어진다. 이러한 MANET 프로토콜을 고정된 하부구조가 있고 호스트만 이동하는 경우로 변형하여 이동성 지원에 적용 가능하고, 이러한 방안에는 MER-TORA[23]이 있다.

그림 4는 여러 가지 IP 이동성 프로토콜들을 분류별로 정리하고 서로간에 어떠한 상관관계가 있는 지를 보여준다. 이 그림에서 밑줄 친 항목들은 Mobile IPv6와 관련된 제안들이다.

4. MIPv6와 관련된 IETF의 동향

본 절에서는 IETF에서 Mobile IPv6와 관련하여 진행되고 있는 이슈들을 알아본다.

Mobile IPv6와 연동하여 마이크로 이동성을 제공하기 위한 방안들이 제안되기는 하였으나, IETF에서는 지역적 이동성 관리(localized mobility management; LMM)를 위한 가이드라인에 관한 문서[26]가 제시되고 있다. IPv4 네트워크상에서 Mobile IP와 연동하여 마이크로 이동성을 제공하는 방안들 중 프록시 에이전트 구조를 사용하는 방식들은 모두 Mobile IP의 외부 에이전트 기능을 사용하여 마이크로 이동성을 제공한다. 그러나 Mobile IPv6에서는 외부 에이전트가 더 이상 존재하지 않음으로 인하여 방문 도메인에 이동 노드가 머무는 동안 지역적 CoA를 동일하게 유지할 수 있도록 프록싱을 해주기 위한 지역 이동 에이전트 기능이 필요하다. [26]에서는 이러한 지역적 이동성 관리 기능들에 필요한 다음 항목들의 요구조건을 제시하고 있다.

◎ LMM은 한 관리 도메인 안에서의 이동에 대하여 HA나 CN으로 보내는 신호 트래픽을 최소화하여야 한다.

◎ LMM은 각각의 관리 도메인 안에서 보안 기능을 제공하여야 한다.

◎ LMM은 HA나 CN에 기본적인 Mobile IPv6 기능 이외의 부가적인 기능을 필요로 하면 안되고, LMM을 지원하지 않는 MN도 수용하여야 한다.

◎ LMM은 확장성이 있어야 하고, 신뢰성이 있어야 하고, MN와 CN간의 통신상에서 Mobile IPv6의 성능을 저해해서는 안 된다. 특히 신뢰성에서 single point of failure 문제를 제기함으로써, 기존에 게이트웨이를 프록시로 사용하는 방안들의 단점을 보완해야 할 필요성을 제시하였다.

◎ LMM은 핸드오버 시 발생하는 지연이나 패킷 손실, 서비스 중단, 백본 네트워크로의 신호 부하를 감소시켜야 한다.

◎ LMM 방식을 점진적으로 배치하기 위하여서는 수동 환경 설정을 최소로 하여야 한다.

◎ LMM은 지역 도메인 밖에서의 IP 라우팅 방식을 변경해서는 안된다.

◎ LMM은 QoS 방식들과 공조할 수 있어야 한다.

이러한 항목들은 3절에서 기술한 여러 가지 마이크로 이동성 방식들이 궁극적으로 달성하려고 한 목표이기도 하다.

Mobile IPv6와 관련하여 가장 큰 이슈는 보안 문제일 것이다. 원래 Mobile IPv6에서는 바인딩 갱신에 IPSec을 사용하기로 하였으나, IPSec의 특성상 많은 수의 이동 노드를 지원해야 하는 상황에 적절치 않다는 문제가 지적되었다. 따라서 바인딩 갱신을 안전하게 하면서, 확장성을 고려한 방안들이 현재 제안되고 있다. Mobile IPv6에서의 위협 모델(threat model)을 [27]에서 제시하면서, Mobile IPv6에서의 보안에 대한 요구사항을 정리하였다. 현재 IETF에서는 Mobile IPv6 보안 디자인 팀을 구성하여 바인딩 갱신을 인정하기 위한 방안들에 관한 고려를 하고 있는 데, 지금까지 제안된 방안들은 크게

◎ Return Routability (RR)

◎ RR enhanced with Cryptographically Generated Addresses (CGA)

두 가지로 분류할 수 있다[28].

Return Routability 방식은 바인딩 갱신을 하는 권한을 확인하기 위하여 return routability를 사용하는 것으로서, 이동 노드와 홈 에이전트간에는 미리 보안 관계가 성립되어 있어 안전한 통신이 가능하다고 가정한다. 이동 노드와 상대방 노드간의 모든 바인딩 갱신에 대하여는 홈 에이전트를 통과하는 3-way handshake를 사용한다. CGA 방식은 RR에 기본한 방식이 먼저 동작한 후, 부가적으로 비밀키를 사용하여 이동 노드와 상대방 노드간의 바인딩 갱신을 인증할 수 있도록 하는 방법이다.

현재 진행되는 내용으로는 RR 방안은 필수사항으로 하고, CGA 방안은 선택사항으로 하는 것을 권고한다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins, ed., "IP Mobility Support", IETF RFC 2002, October 1996.

[2] Charles Perkins and David B. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP", Internet draft(work in progress), <draft-ietf-mobileip-optim-11.txt>, Sep. 2001.

[3] D. B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6", Internet draft(work in progress), <draft-ietf-mobileip-ipv6-15.txt>, Jul. 2001.

[4] C.Perkins, "Mobile IP", IEEE Communication Magazine, May '97(contains Hierarchical Foreign Agents) or, C. Perkins, "Mobile-IP Local Registration with Hierarchical Foreign Agents", Internet Draft(work in progress), draft-perkins-mobileip-hierfa-00, February '99.

[5] E. Gustafsson, A. Jonsson, and C. E. Perkins, "obile IP Regional Registration", internet draft(work in progress), <draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-05.txt>, Sep. 2001.

[6] Miae Woo, "An Adaptive Mobility Management Scheme To Support Internet Host Mobility", LNCS 2094, Networking ICN 2001, Part II, pp.41~50, July 2001.

[7] 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.

[8] R. Caceres and V. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs for Wireless Internetworks", Proc. of ACM Mobicom, November '96.

[9] Campbell, et. al., "Cellular IP", Internet draft (expired), <draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt>, Jan. 2000.

[10] A. G. Valko, "Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility", ACM Computer Communication Review, January 1999.

[11] A. Campbell, et. al., "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP", IEEE Personal Communications, pp. 42~49, August 2000.

[12] R. Ramjee, et. al., "IP Micro-Mobility Support using HAWAII", Internet draft (expired), <draft-ietf-mobileip-hawaii-01.txt>, Jul. 2000.

[13] R. Ramjee, T. Porta, S. Thuel, K. Varadhan, and S.Y. Wang, "HAWAII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Networks", Proc. in ICNP'99, pp.283~292, Nov. 1999.

[14] R. Ramjee, et. al., "P-Based Access Network Infrastructure for Next-Generation Wireless Data Networks", IEEE Personal Communications, pp.34~41, August 2000.

[15] Kin Weng Ng and V.C.M. Leung, "Host mobility support for mobile computing over wide-area wireless data networks," Proc. in VTC 2000-Spring Tokyo, Vol. 1, pp.269~273, 2000.

[16] S. Seshan, H. Balakrishnan and R.H.Katz, "Handoffs in Cellular Wireless Networks: The Daedalus Implementation and Experience", ACM/Baltzer Journal on Wireless Networks, '95.

[17] C. Tan, S. Pink, and K. Lye, "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks", Proc. in ACM International Workshop on Wireless Mobile Multi-

media, ACM, August '99.

[18] J. Mysore and V. Bharghavan, "A new Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility", Proc. in ACM Mobicom, September '97.

[19] A. Mihailovic, M. Shabeer and A. H. Aghvami, "Multicast for Mobility Protocol(MMP) for Emerging Internet Networks", Proc. in PIMRC 2000, Vol. 1, pp.327~333, 2000.

[20] C. Castelluccia, "A hierarchical mobility management scheme for IPv6", Proc. in ISCC '98, pp.305~309, 1998.

[21] 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.

[22] C. Park and S. Corson, "Temporally-Ordered Routing Algorithm(TORA) Version 1 Functional Specification", Internet Draft(work in progress), draft-ietf-manet-tora-spec-02.txt, October '99.

[23] A. O'Neill, G. Tsirtsis, and S. Corson, "Edge Mobility Architecture", Internet Draft(work in progress), draft-oneill-ema-01.txt, March '00. C.

[24] P. Eardley, A. Mihailovic, and T. Suihko, "A Framework for the evaluation of IP Mobility Protocols", Proc. in PIMRC 2000, Vol. 1, pp.451~457, 2000.

[25] P. Bhagwat, C. Perkins, and S. Tripathi, "Network Layer Mobility: An Architecture and Survey", IEEE Personal Communications, pp.54~64, June 1996.

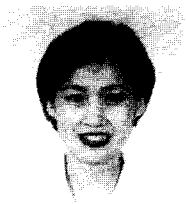
[26] C. Williams, "Localized Mobility Management Requirements for IPv6", Internet draft(work in progress), <draft-ietf-mobileip-lmm-requirements-01.txt>, Mar. 2002.

[27] A. Mankin, et. al, "Threat Models introduced by Mobile IPv6 and Requirements for Security in Mobile IPv6", Internet draft(work in progress), <draft-ietf-mobileip-mipv6-scrty-reqts-02.txt>, Nov. 2001.

[28] http://www.piuha.net/~jarkko/publications/mipv6/Residual_Threats.txt

[29] http://www.piuha.net/~jarkko/publications/mipv6/RRCGA_Mail.txt

◐ 저 자 소 개 ◑



우 미 애

1985년 연세대학교 전자공학과 학사
1991년 Purdue 대학교 대학원 전기컴퓨터공학과 석사
1995년 Purdue 대학교 대학원 전기컴퓨터공학과 학과 박사
1998년~현재 : 세종대학교 정보통신학과 조교수