

미시적 이동성 지원을 위한 Mobile IP 개선 방안

고건영^o 김중권
서울대학교 컴퓨터공학부
{kgy, ckim}@popeye.snu.ac.kr

Mobile IP Improvement for Micro Mobility Support

Gunyoung Koh^o Chongkwon Kim
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요약

본 논문에서는 미시적 이동성 지원을 위해서 Mobile IP를 수정하는 방안을 제안하였다. 기존의 방안들은 미시적 이동성 지원만을 위한 새로운 프로토콜을 제안하였기 때문에 도메인 내에 하나의 루트 라우터를 두어야만 하는 한계가 있었다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해서 Mobile IP 자체에 몇 가지 새로운 메시지와 자료 구조를 추가하여 임의의 개수의 경계 라우터를 가질 수 있는 방안을 제안하였다.

1. 서론

Mobile IP는 현재 인터넷에서 이동성을 지원하기 위한 표준 프로토콜이다. Mobile IP는 기본적으로 이동 노드의 홈 네트워크에 Home Agent라는 라우터를 두고 이 Home Agent에 이동 노드가 자신의 Care-of Address(이동 노드가 외부 네트워크에서 사용하는 주소)를 등록해서 Home Agent가 이동 노드로 향하는 패킷을 등록된 이동 노드의 Care-of Address로 전달하는 방식으로 동작한다[1, 2, 3]. Mobile IP는 이동 노드가 자신의 홈 네트워크에 있는 Home Agent에게 핸드오프 시마다 등록을 해야하기 때문에 도메인 수준의 거시적 이동성을 지원하는 데는 적합하지만 잦은 핸드오프가 발생하는 Cell 수준의 미시적 이동성을 지원하는 데는 적합하지 않다. 따라서 미시적 이동성 지원의 관점에서 Mobile IP를 보완하는 것이 필요하다고 볼 수 있다. 기존의 미시적 이동성을 지원하기 위한 프로토콜들은 동일한 관리 도메인 내에서 이동 노드가 다른 Cell로 이동할 때 자신의 Home Agent에게 등록하지 않는다는 아이디어에서 출발하고 있다[6, 7, 8]. 즉, Mobile IP에서처럼 이동 노드가 핸드오프를 할 때마다 Care-of Address를 변경하지 않고 한 도메인에서 다른 도메인으로 이동 할 때만 Care-of Address를 변경함으로써 도메인 내에서 이동 노드의 움직임을 Home Agent를 비롯한 도메인 밖의 노드들에게 숨긴다는 것이다.

하지만 기존의 미시적 이동성 지원 방안들은 도메인마다 이동 노드로 향하는 패킷이나 이동 노드가 보내는 패킷이 모두 지나야 하는 루트 라우터가 존재한다[6, 7]. 따라서 루트 라우터가 도메인의 병목지점이 됨과 동시에 루트 라우터가 정상적으로 동작하지 못할 경우에 도메인 전체가 정상적으로 동작하지 못하게 되는 문제점이 생긴다. 기존의 미시적 이동성 지원 방안들은 거시적 이동성 지원을 위한 Mobile IP에는 아무런 변경을 하지 않고 미시적 이동성 지원을 위한 새로운 프로토콜을 제안하고 있다. 그러나 Mobile IP에 아무런 변화 없이 미시적 이동성 지원만을 위한 새로운 프로토콜을 만들기 위해서는 거시적 이동성 지원을 위한 프로토콜과 미시적 이동성 지원을 위한 프로토콜의 경계 역할을 해 주는 하나의 루트 라우터를 두는 것이 필연적이다. 즉, 이동 노드가 Care-of Address의 변경 없이 도메인 내에서 이동하기 위해서는 도메인 내의 라우터에 이동 노드를 위한 호스트별 경로를 반드시 설정해야 하는데

이동 노드가 자신부터 도메인의 모든 경계 라우터들까지의 호스트별 경로를 설정하고 유지하는 것이 대단히 비효율적이므로 도메인 내에 하나의 경계 라우터를 두는 것이 필요하게 되는 것이다.

따라서 본 논문에서는 미시적 이동성 지원을 위해 Mobile IP 자체를 수정하는 것을 제안하고자 한다. 즉, 거시적 이동성 지원을 위한 Mobile IP와 미시적 이동성 지원을 위한 새로운 프로토콜을 구분하지 말고 Mobile IP 자체에 미시적 이동성 지원을 위한 기능을 추가하여 기존의 프로토콜들에서 나타나는 하나의 루트 라우터가 존재하는 문제를 해결하자는 것이다.

본 논문에서 제안하는 방안을 위해서 여기서는 경로 최적화 [5]가 구현된 Mobile IP를 가정한다. 경로 최적화란 Mobile IP에서 나타나는 삼각 라우팅 문제(이동 노드로 향하는 패킷이 곧바로 이동 노드로 라우팅 되지 않고 Home Agent를 거쳐서 라우팅 되는 문제)를 해결하기 위한 방안으로서 이동 노드와 통신을 하는 대응 노드가 이동 노드의 Binding 정보(이동 노드의 현재 Care-of Address)를 유지하게 하여 Home Agent를 거치지 않고 곧바로 이동 노드와 통신을 할 수 있게 하는 것을 말한다. 삼각 라우팅 문제는 Mobile IP의 중요한 문제중의 하나이기 때문에 이를 해결하기 위한 경로 최적화의 필요성은 널리 알려져 있다. 따라서 경로 최적화 구현을 가정하는 것은 합당한 가정이라고 볼 수 있을 것이다.

2. 관련 연구

Mobile IP 기반의 미시적 이동성 지원을 위한 연구에는 많은 것들이 있다. 본 논문에서는 기존의 미시적 이동성 지원을 위한 연구들 중 HAWAII[6]와 Cellular IP[7,8]에 대해서 알아보겠다.

모든 HAWAII 도메인의 입구에는 도메인 루트 라우터라는 것이 있으며 도메인으로 들어가는 패킷과 도메인에서 나가는 패킷은 모두 이 도메인 루트 라우터를 지나게 된다. 이동 노드들은 어떤 외부 도메인에 들어가면 기존의 Mobile IP에서와 같은 방법으로 Care-of Address를 할당받고 도메인 내에서 이동을 할 때에는 자신의 Care-of Address를 바꾸지 않는다. 이동 노드로 향하는 패킷들은 도메인의 Subnet Address에 따라서 도메인 루트 라우터에 도착하고 그런 다음 동적으로 수립된 경로

에 따라서 이동 노드에게 전달된다.

HAWAII에서는 동적 경로 설정을 위해서 Power-up, Update, Refresh라는 세 개의 메시지를 정의하고 있다[6]. 이동 노드는 HAWAII 도메인에 진입하면 도메인 루트 라우터로 Power-up 메시지를 보내서 자신부터 도메인 루트 라우터까지의 호스트별 경로를 중간 모든 라우터들에 설정한다. 이동 노드가 한 액세스 라우터에서 다른 액세스 라우터로 이동할 때, 즉 핸드오프가 일어날 때는 이전에 Power-up 메시지에 의해서 설정된 경로를 갱신할 필요가 생긴다. 이를 위해서 Update 메시지가 사용되는데 이동 노드는 핸드오프가 일어나면 Update 메시지를 보내서 설정된 호스트별 경로를 갱신한다. HAWAII는 프로토콜의 견고성을 높이기 위해서 수립된 경로를 Soft State로 유지하는데 이 Soft State를 유지하기 위해서 주기적인 Refresh 메시지가 사용된다.

Cellular IP의 모든 무선 액세스 네트워크는 하나의 게이트웨이 라우터를 통해 인터넷에 연결되어 있다. 결국 용어는 다르지만 무선 액세스 네트워크는 하나의 도메인으로 볼 수 있을 것이며 게이트웨이 라우터는 HAWAII의 도메인 루트 라우터와 같은 기능을 한다고 볼 수 있을 것이다. 이동 노드로 향하는 패킷들은 HAWAII에서처럼 도메인의 Subnet Address에 따라서 게이트웨이 라우터로 도착하고 이후에는 각 라우터들에 존재하는 Routing Cache에 따라 이동 노드까지 전달이 된다.

Cellular IP에서는 이동 노드가 주기적으로 게이트웨이 라우터에게 보내는 Routing Update 메시지로 중간 라우터에 있는 Routing Cache에 Soft State 경로를 설정하고 유지한다. 그런데 이렇게 주기적으로 보내는 메시지만으로 경로의 설정과 유지 모두 하게되면 주기가 너무 짧으면 무선 네트워크 자원의 낭비가 심해지고 너무 길면 핸드오프가 지연이 되는 Trade-off 문제가 발생하게 된다. 따라서 Cellular IP에서는 Paging이라는 개념을 도입한다[7]. 즉, Routing Cache, Paging Cache라는 자료 구조를 두고 Paging Cache는 현재 통신을 하고 있지 않은 이동 노드의 Paging을 위해 Routing Cache는 현재 통신을 하고 있는 이동 노드의 Routing을 위해 사용하며 Paging Update 메시지의 주기는 길게 Routing Update 메시지의 주기는 짧게 함으로써 Trade-off 문제를 해결한다는 것이다.

3. 프로토콜 개괄

이동 노드가 도메인 내에서 Care-of Address를 바꾸지 않고 이동하면서 외부에서 패킷을 받기 위해서는 도메인 내의 라우터들에 호스트별 경로를 설정하는 것이 필요하다. 이 호스트별 경로를 설정하기 위해서 이동 노드는 통신을 시작하기 전에 현재 자신이 접속하고 있는 액세스 라우터에 PATH SETUP 메시지를 보낸다. PATH SETUP 메시지는 본 논문에서 새로 추가한 메시지로서 이동 노드의 Co-located Care-of Address와 자신이 통신하고자 하는 대응 노드의 IP 주소가 포함된 메시지다. 메시지를 받은 액세스 라우터는 이동 노드의 호스트별 경로를 자신의 Routing Table에 추가하고 대응 노드의 IP 주소로 향하는 다음 라우터에 PATH SETUP 메시지를 전달한다. 역시 메시지를 받은 다음 라우터도 같은 방법으로 호스트별 경로를 자신의 Routing Table에 추가하고 다음 라우터로 PATH SETUP 메시지를 전달한다. 이런 식으로 PATH SETUP 메시지가 도메인의 경계 라우터까지 도착하게 되면 이동 노드로 향하는 호스트별 경로가 경계 라우터부터 이동 노드까지 만들어 진 것이 된다. 위의 과정을 그림으로 표시하면 그림 1과 같다.

PATH SETUP 메시지를 받은 경계 라우터는 이동 노드에게

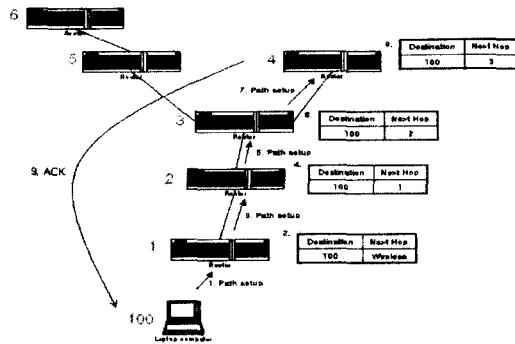


그림 1 : PATH SETUP 과정

응답을 보내고 응답을 받은 이동 노드는 자신의 BORDER ROUTER 캐쉬에 응답을 보낸 경계 라우터를 추가한다. BORDER ROUTER 캐쉬는 본 논문에서 새로 추가한 자료구조로서 이동 노드와 통신을 하는 대응 노드의 IP 주소와 현재 그 대응 노드와 통신하기 위해 사용되고 있는 경계 라우터의 IP 주소로 이루어져 있다. 이제 이동 노드는 대응 노드에게 Binding Update[3,5]를 보낸다. 이 때 보내는 Binding Update 패킷에는 기존의 Mobile IP에서 포함된 내용 외에 INTER ROUTER 필드가 추가되는데 이 필드에는 BORDER ROUTER 캐쉬에서 현재 대응 노드의 경계 라우터 IP 주소를 찾아 지정한다. 이동 노드로부터 Binding Update를 받은 대응 노드는 기존의 Mobile IP에서 구현된 대로 자신의 Binding Cache를 갱신한다. 이 때 Binding Cache에도 역시 INTER ROUTER 필드가 추가된다. 그런 다음 대응 노드가 이동 노드에게 패킷을 보낼 때는 IPv4의 Source Routing Option이나 IPv6의 Routing Header[4]를 이용하여 이동 노드에게 보내는 모든 패킷이 Binding Cache의 INTER ROUTER 필드에 지정되어 있는 경계 라우터를 거쳐서 가게 한다. 그렇게 되면 그 경계 라우터부터 이동 노드까지의 경로는 이미 설정되어 있기 때문에 이동 노드로 향하는 모든 패킷은 설정된 경로를 따라 전달이 될 것이다.

이동 노드가 어떤 대응 노드와 통신을 하고 있는 상태에서 다른 대응 노드와 새로운 통신을 시작하고자 하는 상황이 존재할 수 있다. 이 때도 이동 노드는 액세스 라우터에 자신의 Co-located Care-of Address와 새로운 대응 노드의 IP 주소를 포함한 PATH SETUP 메시지를 보낸다. 메시지를 받은 액세스 라우터는 마찬가지로 PATH SETUP 메시지를 새로운 대응 노드로 향하는 다음 라우터로 전달한다. 계속해서 PATH SETUP 메시지를 받은 라우터는 그림 2와 같이 자신의 Routing Table에 이동 노드의 호스트별 경로가 존재하면 다음 라우터로 단순히 메시지를 전달하고 그렇지 않으면 이동 노드의 호스트별 경로를 설정한 뒤 다음 라우터로 메시지를 전달한다. 최종적으로 PATH SETUP 메시지가 경계 라우터에 도착하면 경계 라우터는 이동 노드에게 응답을 보내고 응답을 받은 이동 노드는 위에서 언급한 방법대로 Binding Update를 보낸 후 새로운 대응 노드와 통신을 시작한다.

경계 라우터부터 이동 노드까지 호스트별 경로와 BORDER ROUTER 캐쉬는 프로토콜의 견고성을 위해서 Soft State[7,8]로 구현한다. 따라서 이동 노드는 통신을 하고 있는 동안에는 주기적으로 PATH REFRESH 메시지를 액세스 라우터에게 보내서 Soft State를 유지한다. PATH REFRESH 메시지는 역시 본

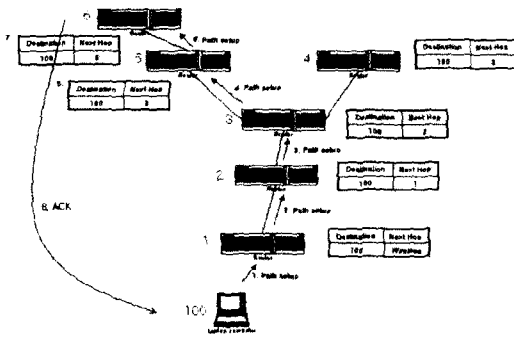


그림 2 : 새로운 대응 노드를 위한 PATH SETUP 과정

논문에서 새로 추가한 메시지로써 이동 노드의 Co-located Care-of Address와 경계 라우터 IP 주소의 리스트가 포함되어 있다. PATH REFRESH 메시지는 PATH SETUP 메시지와 마찬가지로 이동 노드에서부터 경계 라우터까지 전달이 된다. 하지만 경계 라우터가 둘 이상일 경우에는 메시지가 중간에서 분리되어 여러 방향으로 전달이 되어야 하므로 아래 그림 3의 3번 라우터에서와 같은 중간의 교차 라우터에서 패킷을 Multi-casting 하게 된다. 즉, 교차 라우터는 자신의 Routing Table과 PATH REFRESH 메시지에 포함된 경계 라우터 리스트를 보고 자신이 교차 라우터라고 판단되면 PATH REFRESH 메시지를 분리하여 양쪽으로 보낸다는 것이다. 한편 중간 라우터들은 PATH REFRESH 메시지를 받았을 때 이동 노드로의 경로가 메시지가 들어온 방향으로 설정되어 있다면 Soft State 타이머를 초기화한 후 경계 라우터의 다음 라우터로 메시지를 전달하고 그렇지 않은 경우에는 메시지가 들어온 방향으로 새로운 경로를 설정한 후 다음 라우터로 메시지를 전달한다. 이렇게 하면 그림 3과 같이 주기적으로 보내는 PATH REFRESH 메시지만으로 핸드오프도 자연스럽게 이루어질 것이다.

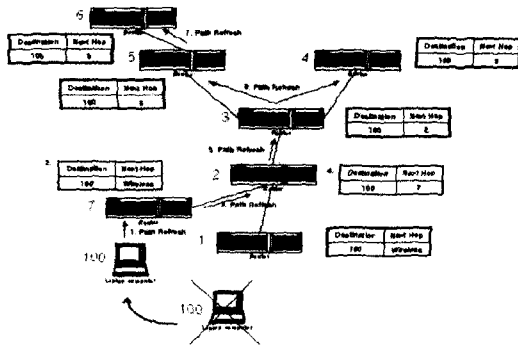


그림 3 : 핸드오프 과정

지금까지는 이동 노드가 먼저 통신을 시작하는 경우만 고려했다. 만약 이동 노드와 통신을 하고자 하는 대응 노드가 통신을 먼저 시작했다면 Paging 메커니즘이 필요할 것이다[7]. 본 논문에서는 Liebsch가 제안한 Paging 메커니즘을 사용한다[9]. 이동 노드는 Routing을 위한 Co-located Care-of Address 이외에도 Paging Agent의 주소를 Care-of Address

로 가지고 Home Agent에게 Binding Update를 보낼 때는 이 Paging Agent Care-of Address를 사용한다. 그렇게 되면 대응 노드가 보내는 첫 패킷은 Home Agent에 의해서 Tunneling 되어서 Paging Agent까지 도착하고 Paging Agent는 [9]에서 제시한 방법대로 받은 패킷을 임시로 저장한 후 Paging Request 메시지를 이동 노드에게 보낼 것이다. Paging Request를 받은 이동 노드는 PATH REFRESH 메시지를 포함한 Reply 메시지를 Paging Agent에게 보내서 자신부터 Paging Agent까지의 호스트별 경로를 설정하고 Reply 메시지를 받은 Paging Agent는 이동 노드의 Co-located Care-of Address로 임시로 저장하고 있던 패킷을 Tunneling한다. 물론 이 때 이동 노드가 보내는 PATH REFRESH 메시지는 경계 라우터의 IP 주소 대신 Paging Agent의 IP 주소가 포함되어야 할 것이다. 첫 패킷을 받은 이동 노드는 앞에서 언급한 방법으로 PATH SETUP 메시지를 보내서 경계 라우터까지의 호스트별 경로를 만들고 대응 노드에게 Binding Update 메시지를 보낸다. 그렇게 되면 이후부터 대응 노드가 보내는 패킷은 모두 새롭게 설정된 경로를 통해 이동 노드에게 전달이 될 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 미시적 이동성 지원을 위해서 Mobile IP를 수정하는 방안을 제안하였다. 기존의 방안들은 미시적 이동성 지원을 위해서 별도의 프로토콜을 만들었는데 이로 인해 Mobile IP와 새 프로토콜간의 경계 역할을 해주는 도메인 루트 라우터가 필요하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 Mobile IP 자체에 미시적 이동성 지원을 위한 기능을 추가하여 도메인에 하나의 루트 라우터를 두지 않고도 효율적으로 미시적 이동성을 지원할 수 방안을 제시하였다.

5. 참고문헌

- [1] Charles E. Perkins, "Mobile IP", IEEE Communication Magazine, May 1997
- [2] Charles E. Perkins, "IP Mobility Support", RFC-2002, October 1996
- [3] David B. Johnson and Charles E. Perkins, "Mobility Support in IPv6", INTERNET-DRAFT, November 2000
- [4] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 Specification", RFC-2460, December 1998
- [5] Charles E. Perkins and David B. Johnson, "Routing Optimization in Mobile IP", INTERNET-DRAFT, February 1999
- [6] R. Ramjee, et al., "HAWAII : A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Networks", Proceedings of International Conference on Network Protocols, 1999
- [7] Andras G. Valko, "Cellular IP : A New Approach to Internet Host Mobility", ACM Computer Communication Review, January 1999
- [8] Andrew T. Campbell, et al., "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP", IEEE Personal Communications, August 2000
- [9] M. Liebsch and G. Renker, "Paging Concept for IP based Networks", INTERNET-DRAFT, June 2001