

Mobile IP에서의 역 방향 호환성 Route Optimization 방안

박현서*, 최 훈*

*충남대학교 컴퓨터공학과

e-mail : hspark@ce.cnu.ac.kr, hchoi@ce.cnu.ac.kr

Backward-Compatible Route Optimization in Mobile IP

Park, Hyun Seo*, Choi, Hoon*

*Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

요 약

인터넷에서 호스트의 이동성을 지원해주기 위한 프로토콜인 Mobile IP의 가장 큰 문제점의 하나는 Triangle Routing Problem이며 이를 해결하기 위한 방안으로서 Route Optimization이 있다. 그러나, 이 방식은 Route Optimization을 위해서 기존의 인터넷 호스트, 즉 Correspondent Node가 Binding Cache를 유지하고, Encapsulation의 기능을 가져야 하고, Home Agent와 Security Association을 갖도록 변경이 불가피하다. 본 논문에서는 기존 인터넷 호스트에서의 변경을 필요로 하지 않는 새로운 Route Optimization 방안인 Backward-Compatible Route Optimization을 제시한다.

1. 서론

최근 소형 휴대단말 기술과 무선통신 기술의 급속한 발달로 사용자들이 언제, 어디서나, 이동 중에도 인터넷을 사용하려는 요구가 높아지고 있다. 무선 인터넷을 위해서는 무선 단말, 무선 네트워크와 같은 하드웨어의 개선과 아울러 단말, 사용자의 이동성을 지원해주는 프로토콜을 필요로 하게 된다. 대표적인 이동성 지원 프로토콜로 IETF의 Mobile IP Working Group[1]에서 연구되어지고 있는 인터넷에서의 이동성 지원 구조 및 프로토콜인 Mobile IP[2]가 있다.

Mobile IP는 Mobile Node(이동 호스트, 이하 MN)가 자신의 고유한 IP Address(Home Address)를 변경하지 않고 인터넷에서 이동할 수 있도록 한다. MN과 통신하는 Correspondent Node(이하, CN)는 MN의 이동에 상관없이 Home Address를 통해 MN과 통신할 수 있다. Mobile IP에서의 가장 큰 문제점의 하나로 지적되는 것이 Triangle Routing Problem이다. MN과 통신하는 CN으로부터의 패킷은 항상 MN의 Home Agent(이하, HA)를 거쳐 터널링(Tunneling)을 통해 MN에 전달되는 반면에, MN으로부터의 패킷은 CN에 직접 Routing된다는 것이다. 이렇게 비대칭적인 최적이 아닌 라우

팅으로 인해 CN으로부터 MN으로 전송되는 패킷은 전달 지연이 상당히 크게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위한 방안으로 제안된 것이 Route Optimization in Mobile IP[3]이다.

Route Optimization에서는 CN이 MN의 현재 위치에 대한 정보(Binding)를 Caching하도록 하여 패킷을 전송할 때, HA를 거치지 않고 직접 터널링을 통해 MN에 전달할 수 있도록 한 것이다. 이렇게 하여 비대칭적인 라우팅 문제를 해결하자는 것이다.

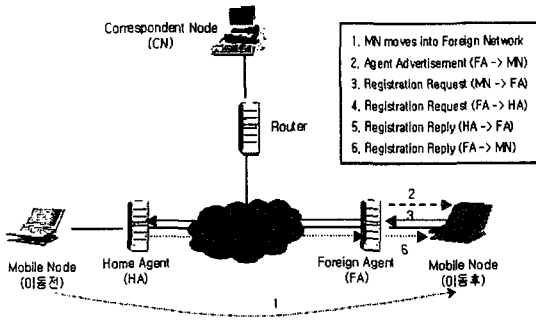
그러나, Mobile IP에서의 Route Optimization을 위해서는 기존 인터넷 호스트(CN)에 Binding Cache를 유지해야 하고, 터널링 기능을 추가해야 하며, HA와의 Security Association을 가져야 한다. 본 논문에서는 이런 인터넷 호스트의 변경을 요구하지 않으면서도 Route Optimization을 제공해줄 수 있는 새로운 프로토콜을 제시한다.

논문 구성은 2장에서 Mobile IP 프로토콜과 Route Optimization in Mobile IP에 대해서 소개하고, 3장에서 Route Optimization in Mobile IP의 문제점을 지적하고, 이에 대한 대안으로 Backward-Compatible Route Optimization을 제시한다. 마지막으로 4장에서 결론을

맺는다.

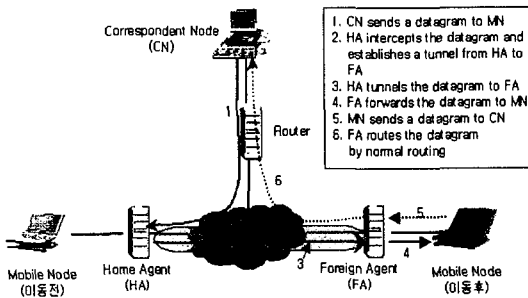
2. Mobile IP 프로토콜과 Route Optimization in Mobile IP

Mobile IP[2]는 MN 이 자신의 고유한 IP 주소를 할당 받은 네트워크인 Home Network 에서 새로운 네트워크인 Foreign Network 으로 이동하면, Foreign Network 의 이동성 지원 Agent 인 Foreign Agent(이하, FA)로부터 Agent Advertisement 메시지를 받아서 자신이 어떤 네트워크로 이동했는지를 파악하고, 그 메시지에 담긴 MN 의 현재 위치를 가리키는 현재 주소(Care-of Address, 이하 COA)를 선택하여 자신의 Home Network 의 이동성 지원 Agent 인 HA 에 이를 등록(Registration)하게 된다. [그림 1]에 MN 의 이동 후 HA 에 등록하는 과정을 도시하였다.



[그림 1] MN 의 이동 후 HA 로의 등록과정

등록이 정상적으로 이루어지면, 이 MN 과 통신하는 CN 으로부터 전달된 패킷은 Home Network 으로 라우팅되고, HA 는 이를 받아서 등록된 Mobile Node 의 현재 위치, COA 를 통해 Foreign Network 으로 패킷을 IP in IP Encapsulation[4]을 사용하여 터널링(Tunneling)하게 된다. 그러면, FA 가 이 패킷을 받아 최종적으로 MN 에게 전달하게 된다. Mobile IP 프로토콜에서의 패킷의 전달과정을 [그림 2]에 표현하였다.



[그림 2] Mobile IP 프로토콜에서의 패킷 라우팅

이 Mobile IP 프로토콜의 가장 큰 문제점의 하나로 지적되는 것이 Triangle Routing Problem 이다. [그림 2]에

서와 같이 MN 으로부터 CN 으로 전송된 패킷은 정상적인 라우팅을 하는데 반면(과정 5,6), CN 으로부터 전송된 패킷은 항상 HA 를 거쳐서 FA 로 Tunneling 이 되기 때문에 보다 먼 경로를 거치게 된다는 것이다(과정 1~4). 이런 비대칭적인 최적이지 않은 라우팅의 문제를 해결하는 방안으로 제시된 것이 Route Optimization in Mobile IP[3]이다.

이 방안에서는 CN 이 MN 으로 패킷을 전송하여 HA 가 이를 인터셉트하여 MN 이 현재 등록되어 있는 FA 에 Tunneling 을 할 때, HA 가 CN 에게 Binding Update 메시지를 통해 MN 의 현재 위치 정보를 알려준다. 그래서 CN 은 MN 의 Home Address 와 COA 쌍의 Binding 정보를 캐칭하고, 이후에 전송하는 패킷은 HA 를 거치지 않고 MN 의 현재 위치로 직접 Tunneling 할 수 있도록 하자는 것이다. 또, MN 이 한 Foreign Network 에서 다른 Foreign Network 으로 이동하는 경우, 이전의 FA 에 MN 의 현재 위치 정보를 알려주어 이동 중에 전송된 datagram 을 새로운 FA 에 전달하도록 하여 Smooth Handover 를 제공한다.

3. Backward-Compatible Route Optimization

3.1 Route Optimization in Mobile IP 의 문제점

Mobile IP 에서의 Route Optimization 을 위해서 기존의 인터넷 호스트, 즉 CN 은 MN 에 대한 Binding 정보를 캐칭해야 하고, Tunneling 기능을 실행할 수 있어야 한다. IPv6 에서는 Mobility[5]를 고려하여 프로토콜을 설계하여서 이런 문제점이 없지만, IPv4 에서는 기존 인터넷 호스트의 변경이 없는 Route Optimization 을 제공할 수 없다.

또, CN 은 HA 로부터의 Binding Update 메시지에 대한 인증 절차를 거쳐서 인증에 성공했을 때에만 Binding 정보를 캐칭하는데 이는 악의를 가진 어떤 호스트가 거짓의 바인딩 정보를 CN 에게 알려주어서 MN 으로 향하는 모든 datagram 을 가로챌 수 있기 때문이다. 그래서 CN 의 HA 에 대한 인증 절차를 위해서 Mobile IP 에서와 같은 Security Association 이 CN 과 HA 사이에 설정되어 있어야 한다. 이때 수 많은 인터넷 호스트들이 CN 이 될 수 있는데, 이들 각각이 HA 와 Security Association 을 갖는다는 것은 현재 인터넷의 미흡한 Security Infrastructure 를 고려할 때, 매우 비효율적이고, 거의 불가능한 일이다.

본 논문에서 제안하는 Backward-Compatible Route Optimization 은 기존의 인터넷 호스트의 변경을 요구하지 않고, 보다 효율적인 Security Association 으로 Route Optimization 을 제공해 줄 수 있다.

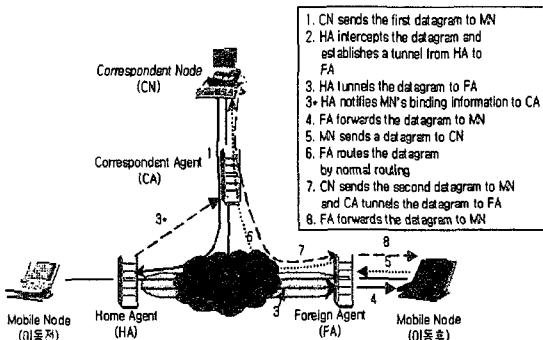
3.2 Backward-Compatible Route Optimization

Backward-Compatible Route Optimization 에서는 기존의 Mobile IP 에 추가로 새로운 네트워크 엔티티를 정의하는데, CN 을 대신하여 Route Optimization 기능을 수행하고, CN 으로부터 전송된 패킷을 라우팅하는 라우터를 Correspondent Agent(CA)라 정의하였다.

프로토콜을 살펴보면, CN 으로부터 전송된 처음 패킷은 기존 Route Optimization 에서와 같이 HA 에서 인

터셋트하여 MN의 FA로 Tunneling을 하고, 이때 HA는 CN에게 Binding Update 메시지를 보내어 MN의 바인딩 정보를 알려준다. 기존 Route Optimization 방식에서는 이때 Rate Limiting을 하여 한 CN에 대해서 전송하는 Binding Update 메시지의 재전송의 횟수를 제한한다. CN이 Route Optimization 프로토콜을 가지지 않는 경우 Binding Update 메시지를 무시할 것이므로, 재전송 횟수만큼 재전송해 본 뒤 반응이 없으면 중단한다. 결국 Route Optimization 제공은 할 수 없게 된다.

Backward-Compatible Route Optimization에서는 Rate Limiting을 하여 Binding Update를 CN이 인식하지 못하는 것으로 판단된 경우, CN에 인접한 라우터(CA)에게 Binding Update 메시지를 전송하여 CA가 CN을 대신하여 MN의 바인딩 정보를 캐칭하고 CN으로부터 MN으로 전송된 패킷을 Tunneling하여 HA를 거치지 않고 직접 FA로 전송을 한다. 이렇게 함으로써 기존 인터넷 호스트(CN)의 변경없이도 Mobile IP에서의 Triangle Routing Problem을 해결할 수 있다. 그렇기 때문에 "Backward-Compatible"이란 용어를 사용하였다. 그리고, CA가 한 네트워크의 여러 CN을 대표할 수 있기 때문에 기존의 Route Optimization에서처럼 CN이 각각 HA와 Security Association을 갖지 않고 CA가 대표로 HA와 Security Association을 가지면 Route Optimization을 제공해주기 위해서 충분하다. Security Association은 Mobile IP에서의 방법을 그대로 따른다. Backward-Compatible Route Optimization에서의 패킷 라우팅을 [그림 3]에 도시하였다.



[그림 3] Backward-Compatible Route Optimization 프로토콜에서의 패킷 라우팅

CA의 인터넷에서의 위치는 한 네트워크 도메인의 Edge Router에 두는 것이 가장 적당하리라 판단된다. 도메인 내 CN에서의 모든 트래픽을 처리하므로 바인딩 정보를 최대한 효율적으로 사용할 수 있고, HA와 CA만의 Security Association만으로 전체 도메인 트래픽에 대해서 Route Optimization을 제공할 수 있다. HA가 Binding Update 메시지를 Edge Router에 전송하기 위해서 HA는 Edge Router의 IP Address를 알아야 한다. HA가 CN으로부터의 첫 번째 패킷을 통해 알고 있는 CN의 IP Address로부터 Edge Router의 IP Address를 알기란 그리 쉬운 일이 아니다. 여기서 두 가지 방법을 소개한다.

3.3 IP Router Alert Option을 이용한 방법

IP Router Alert Option[6]은 한 Destination으로 전송되는 패킷의 경로상에 있는 라우터들에서 그 패킷에 대해서 특별한 처리를 필요로 할 때 전송하는 패킷의 IP header 뒤에 Option으로 붙이는 것이다. IP QoS, Multicasting 등과 같이 새로운 인터넷 프로토콜을 위해서 Source와 Destination 사이의 모든 라우터들을 Upgrade할 필요 없이 새로운 프로토콜을 기존 인터넷에 통합할 수 있도록 해준다.

HA가 CN에 Binding Update 메시지를 전송할 때 이 Option을 IP header 뒤에 붙여서 CN의 Edge Router로 하여금 응답 패킷을 요구하고, 그 Edge Router(CA)의 IP Address를 응답 패킷을 통해 알 수 있으므로 CA에게 직접 Binding Update 메시지를 보내어 Route Optimization을 제공할 수가 있다.

Nortel Networks사의 Cheng-Yin Lee가 이와 비슷한 방안을 Internet-Draft[7]로 제안하였는데 IP Router Alert Option을 사용하여 중간 라우터들에서 Registration Request나 Binding Update를 인터넷하여 라우터들이 Registration을 처리하거나 바인딩 정보를 캐칭하도록 하는 것인데 Security에 문제가 있어서 현재 수정 작업을 진행 중에 있다. 본 논문에서 제안하는 방안은 Security에 전혀 문제가 없다.

한 가지 이 방안에 대한 문제점으로 지적될 수 있는 것은 현재 구축된 라우터들에서 IP Router Alert Option을 제대로 처리하지 못한다는 것이다. 결국 기존 인터넷 라우터들의 변경을 요구한다는 것이다.

3.4 ICMP을 이용한 방법

현재 인터넷에서 한 Destination으로의 패킷이 거치는 경로를 알아낼 수 있는 방법이 ICMP를 이용한 Traceroute이다.[8, 9, 10] Destination의 IP Address를 알고 있을 때 그 Destination으로 Traceroute를 하면 패킷이 거치는 경로상에 있는 Router들의 IP Address를 알 수 있다. CN의 IP Address를 알고 있을 때 그 CN의 Edge Router의 IP Address를 알기 위한 방법으로 Traceroute를 이용할 수 있다.

그러나, 이 방법에 대한 문제점은 ICMP를 이용한 Traceroute가 너무 많은 시간과 패킷이 소요된다는 것이다. 그래서 본 논문에서는 역방향 Traceroute를 통해 문제점을 해결한다. 역방향 Traceroute에서는 우선 ICMP Echo Request를 Destination에 보내는데 TTL을 255로 하고, Invalid Port를 사용하여 Destination으로부터 ICMP Destination Unreachable(Port Unreachable) 메시지를 응답으로 받는다. 그 응답으로 전송된 패킷에는 ICMP error를 유발시킨 패킷이 포함되어 있다. 그 패킷을 보고 Source로부터 Destination까지의 Hop Count를 알아내고 그 Hop Count를 이용하여 몇 개의 ICMP Echo Request를 TTL 값을 조정하여 Destination에 인접한 라우터들의 IP Address를 알아낼 수가 있다.

이 방법의 가장 큰 문제점은 Firewall에 의해서 ICMP 메시지가 Filtering될 수 있다는 점이다. 이런 경우 Firewall이 설치된 네트워크 도메인 밖의 Backbone

Router 로 Route Optimization 을 확장하는 방법이 있을 수 있다. 이런 경우 Backbone Router 에서 유지해야 할 바인딩 정보의 양이 많아진다는 문제점이 있다. 그러나 Triangle Routing 에 따른 패킷 delay 가 실시간 트래픽에서는 치명적이므로 Backbone Router 에 바인딩 캐쉬를 두는 것도 고려해 볼 만하다.

3.5 기존 Route Optimization 에서의 개선 사항

본 논문에서 제시한 Backward-Compatible Route Optimization 은 기존 Route Optimization 에서의 문제점인 기존 인터넷 호스트(CN)들의 변경을 필요로 하지 않는다. CA 는 터널링의 기능을 갖는 라우터 어느 곳에서든지 수행이 가능하고, CN 은 바인딩 캐쉬를 유지하지 않아도 되고, 터널링을 수행하지 않아도 된다. 그리고, 기존 Route Optimization 에서서는 한 네트워크 도메인 내에서 MN 과 통신하려는 CN 은 Route Optimization 을 위해서 HA 와 각각 Security Association 을 가져야 하지만, Backward-Compatible Route Optimization 에서서는 CA 와 HA 사이의 Security Association 하나만으로 한 네트워크 도메인 내의 모든 CN 에 대해서 Route Optimization 을 제공할 수 있다.

또, 기존 Route Optimization 에서서는 HA 가 한 MN 에 대해서 Binding Update 에 대한 Binding Acknowledge 를 전송한 CN 의 리스트를 유지하여 MN 이 이동한 경우 리스트에 있는 CN 에 Binding Update 를 전송하여 신속한 바인딩 정보의 업데이트를 하게 된다. Backward-Compatible Route Optimization 에서서는 HA 가 유지해야 될 리스트가 줄어든다는 또 다른 장점이 있다.

4. 결론 및 향후과제

Mobile IP 는 현재의 인터넷에서 호스트의 이동성 지원을 위한 가장 훌륭한 프로토콜이다. 이동 호스트(Mobile Node)는 자신의 고유한 IP 주소를 변경하지 않고 인터넷에서 이동할 수 있고, 이동 호스트와 통신하는 Correspondent Node 는 Mobile Node 의 이동에 무관하게 통신을 할 수 있다. Mobile IP 에서의 문제점은 Correspondent Node 로부터의 패킷은 항상 Home Agent 를 거쳐 Foreign Agent 로 터널링 되어 최적이지 아닌 라우팅을 하게 된다는 것이다. 이런 문제점을 해결하기 위해 제안된 Route Optimization in Mobile IP 는 기존 인터넷 호스트(Correspondent Node)의 변경을 요구하고 각 Correspondent Node 는 Home Agent 와 Security Association 을 가져야 한다.

본 논문에서는 Correspondent Agent(CA)라는 네트워크 엔티티를 정의하여, IP Router Alert Option 이나 ICMP 를 이용한 역방향 Traceroute 를 통해, 기존 인터넷 호스트의 변경을 요구하지 않고도 Correspondent Agent 와 Home Agent 사이 하나의 Security Association 을 갖음으로써 수 많은 Correspondent Node 에 Route Optimization 을 제공할 수 있는 Backward-Compatible Route Optimization 을 제안하였다.

앞으로 구현을 통해 효율성을 검증할 것이다. 또한, Home Agent 에서 Rate Limiting 을 위한 최적의 파라미터를 정의하고, 인터넷에서 Correspondent Agent 의 최

적의 위치를 파악할 것이다.

참고문헌

- [1] IETF Mobile IP Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/mobileip-charter.html>
- [2] Charles Perkins "IP Mobility Support", RFC2002, Oct. 1996
- [3] Charles Perkins, David B. Johnson "Route Optimization in Mobile IP", Internet-Draft <draft-ietf-mobileip-optim-09.txt>, Feb. 2000
- [4] Charles Perkins "IP Encapsulation within IP", RFC2003, May 1996
- [5] David B. Johnson, Charles Perkins "Mobility Support in IPv6", Internet-Draft <draft-ietf-mobileip-ipv6-12.txt>, Apr. 2000
- [6] Dave Katz "IP Router Alert Option", RFC2113, Feb. 1997
- [7] Cheng-Yin Lee, Glenn Morrow, Fayaz Kadri "Intercepting Location Updates", Internet-Draft <draft-lmk-mobileip-intercepting-update-00.txt> July 2000
- [8] W. Richard Stevens, "TCP/IP Illustrated", Volume 1
- [9] Gary S. Malkin "Traceroute Using an IP Option", RFC1393, Jan. 1993
- [10] G. Kessler, S. Shepard "A Primer On Internet and TCP/IP Tools", RFC2151, June 1997