IPv4와 IPv6의 혼합 망에서 Mobile IP를 이용한 단말의 이동성 지원 방법
Method of Mobility Support Using Mobile IP in Mixed Networks of IPv4 and IPv6

최현호(한국과학기술원 전자전산학과), 김응인(정보통신과)
Hyun-Ho Choi , Eung-In, Kim
(Dept. of EECS, KAIST, Dept. of Information & Communication)

Key words : Mobile IP(이동 IP), IPv4, IPv6, NAT-PT, mobility, 이동성 지원

ABSTRACT : Nowadays, IPv4 networks support mobility by using mobile IPv4 protocol and IPv6 networks support mobility by using IPv6 protocol, respectively. However, if there are both IPv4 and IPv6 networks concurrently, the networks cannot support the mobility because the conventional mobile IP protocol is not compatible between IPv4 and IPv6 networks. In this paper, we propose a scheme that supports the mobility of mobile terminals in mixed networks of IPv4 and IPv6. This scheme offers an efficient mobility algorithm as well as a version translation method of mobile IP protocol between IPv4 and IPv6. Therefore, the registration latency, packet transmission delay, and packet loss rate can be reduced by this scheme in mobile communication environments.

1. 서론

요즈음 셀룰러 폰, PDA, 무선 LAN과 같은 이동 단말의 증가와 인터넷과 같은 IP 서비스의 사용이 늘어나는 추세에 따라, 이동통신 시스템에서 단말의 이동성을 효과적으로 지원하기 위한 방안 중 하나로 mobile IP (이동 IP)를 꼽을 수 있다.[1,2] 이 mobile IP 표준은 IP의 버전에 따라 IPv4의 mobile IP와 IPv6의 mobile IP에 대해서 각각 정의하고 있으며, 그 동작은 각각의 동일한 버전에서만 고려하고 있다. 따라서 IPv4 망에서는 mobile IP version 4[1]를 사용하고, IPv6 망에서는 mobile IP version 6[3]를 사용하여 각 단말의 이동성을 지원하게 된다. 만약 현재의 IP망인 IPv4 망에서 mobile IP를 사용하고 있는 경우에 망이 IPv6 망으로 진화하게 된다면, 이동 단말이 같은 망 내에서만 이동할 경우 각 버전의 mobile IP를 사용하여 이동성 지원이 가능하지만 서로 다른 버전의 망 사이에서 이동할 경우에는 호환이 되지 않기 때문에 mobile IP를 사용하여 이동성 지원이 불가능하게 된다. 따라서 단말의 이동 영역이 같은 버전의 망 내로 한정되고, 전체적인 단말의 이동성 지원이 불가능하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 IPv4 망과 IPv6 망이 혼재되어 있는 망 구조에서 기존의 mobile IP를 사용하여 단말의 이동성을 지원하기 위한 방안을 제안한다. 제안하는 방안의 동작은 두 버전의 망 구조에 mobile IP의 동작을 적용시켜 단말이 어느 망에 있든지 데이터를 송수신 할 수 있도록 한다. 또한 이때 발생하는 문제점을 해결하고 효율적인 동작을 위한 방안을 마련한다.

2. 관련 연구 결과들

2.1 Mobile IPv4 프로토콜

Mobile IPv4 프로토콜은 IETF (Internet Engineering Task Force)의 mobile IP WG(Working Group)에서 제안한 표준으로 RFC 2002에 기술되어 있다[1]. mobile IP는 이동성을 지원하기 위해서 기존의 IP를 약간 수정하여 무선 또는 유선 단말이 다른 네트워크로 이동하는 경우에 기존의 인터넷 접속을 계속해서 사용할 수 있도록 해준다. 유선 터미널의 경우에는 이동이 빈번하지 않을 것이므로 반드시 mobile IP를 지원해야 할 필요는 없지만, 잦은 터미널의 이동이 필요한 여러 무선 환경에서는 효과적으로 사용될 수 있다. 따라서 무선 터미널의 경우에는 무선 랜 환경이나 제 3세대, 제 4세대 무선 이동 통신 환경에서 네트워크를 이동할 경우에도 인터넷 서비스를 아무런 제약 없이 사용할 수 있게 해 준다. 이러한 mobile IP는 유무선망에서 유무선 접속자를 위한 것으로, CDMA 이동 통신 시스템에서 VLR (Visitor Location Register), HLR (Home Location Register)등이 제공하는 기능과 유사한 기능을 수행하는 것이라고 할 수 있다.

Mobile IP의 전체적인 동작은 다음과 같이 간략히 설명 될 수 있다. 먼저 MN(Mobile Node)는 인터넷에서 현재 위치에 상관없이 항상 자신의 홈 주소(Home Address)로 식별된다. HN(Home Network)과 떨어져 있을 경우(FN(Foreign Network)에 있을 경우), MN에게 현재 인터넷에서의 위치를 나타낼 수 있는 정보로 COA(Care Of Address)가 부여된다. 이렇게 MN에 부여된 COA를 HA(Home Agent)에 등록(Registration)하고, 이후 MN에 보내지는 데이터그램(Datagram)은 HA를 통해 COA로 터널링(tunneling) 된다. COA로 터널링된 데이터그램은 MN로 디터널링(De-tunneling)되어 전송된다. 그림 1은 MN, FA, HA, CN(Correspond Node) 사이의 메시지 전달과정을 나타낸다.

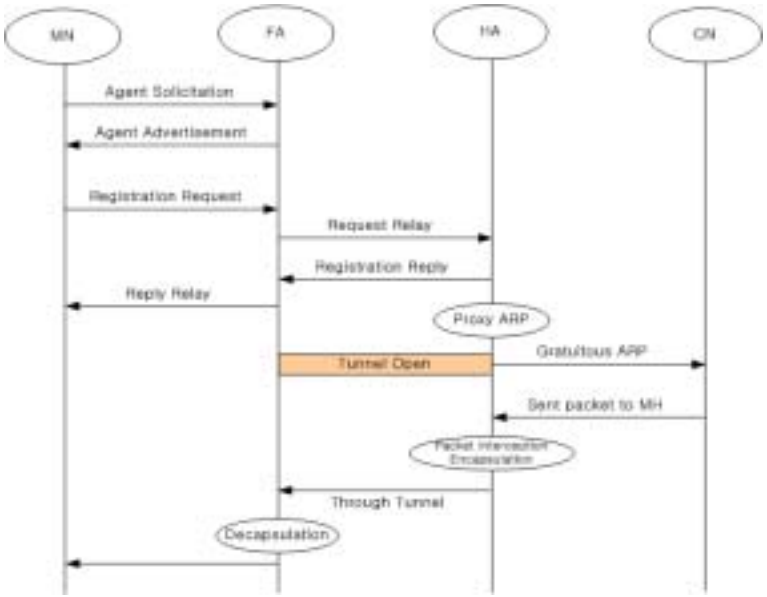

그림 1. Mobile IPv4의 메시지 전달과정.

- MA(FA와 HA)는 Agent Advertisement 메시지를 통해 자신의 존재를 방송한다. MN는 선택적으로 Agent Solicitation 메시지를 통해 지역적으로 연결된 MA에게 Agent Advertisement 메시지를 요구할 수 있다.

- MN는 이러한 Agent Advertisement 메시지를 수신하여 자신이 연결되어 있는 네트워크가 HN인지 FN인지 결정한다.
- MN가 자신이 HN에 위치하고 있다는 것을 알았을 때, 이동 서비스의 지원 없이 동작한다. 만약 FN에서 HN으로 되돌아왔다면 Registration Request 메시지와 Registration Reply 메시지를 주고받았음에도 불구하고 HA에 등록을 취소한다.
- MN가 자신이 FN으로 이동했다는 것을 알았을 때, FN으로부터 COA를 부여받는다. COA는 FA의 Advertisement로부터 결정되거나 (Foreign agent care-of address), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)와 같은 어떤 외부 할당 메커니즘에 의해 결정 (co-located care-of address)된다.
- HN에서 벗어난 MN는 FN으로부터 부여받은 COA를 Registration Request 메시지와 Registration Reply 메시지를 통해 HA에 등록한다. FA를 통해서 등록이 이루어질 수도 있다.
- MN의 홈 주소로 송신된 데이터그램은 MN의 HA가 가로채서 MN의 COA로 터널링한다. 터널링된 데이터는 FA 또는 MN이 수신하여 디터널링 된다. FA에 수신된 경우 다시 MN로 송신된다.
- MN에서 송신되는 데이터그램은 일반적으로 HA를 거치지 않고 표준 IP 방식에 따라 목적지에 전송된다.

2.2 Mobile IPv6 프로토콜

Mobile IPv6는 IPv6 환경에서의 단말의 이동성을 부여하기 위한 것으로 mobile host가 foreign network에 있을 경우 home address와 새롭게 할당된 COA(Care-of-Address)를 갖게 한다[3,4]. 이로 인해 MN은 IP 주소의 변경 없이 foreign network로 이동이 가능하며, 이를 이용하면 macro/micro mobility management 문제의 해결이 가능하다. 또한 mobile IPv6는 foreign network에 있는 동안 MN에서 보내거나 받는 packet의 계층에 투명한 라우팅을 지원한다.

MN은 현재 자신의 home link에 있든지 home으로부터 멀리 있든지 간에 자신의 home address로 항상 어드레스 할 수 있다. MN이 home에 있는 동안 home address로 어드레스된 패킷은 마치 node가 움직이지 않은 것처럼 원래의 인터넷 라우팅 방법을 이용하여 라우팅 된다. MN의 home address의 subnet prefix가 MN의 home link의 subnet prefix이므로, home address로 어드레스된 패킷들은 home link로 라우팅 된다.

그림2는 mobile IPv6의 동작을 나타낸다. MN이 home에서 멀리 있는 어떤 foreign link로 옮겨가면 자신의 home address이외에도 1개 이상의 COA를 할당받고, MN이 특정한 foreign link를 방문하는 동안 COA는 MN과 결합된다. 이 때 MN의 COA의 subnet prefix는 MN이 방문중인 foreign link의 subnet prefix가 된다. MN이 COA를 사용하고 있는 동안 이 COA로 어드레스된 패킷은 home으로부터 떨어진 위치의 MN으로 라우팅 된다. MN의 home address와 COA간의 결합을 MN의 binding이라 하는데, MN은 stateful/stateless address autoconfiguration을 통해 COA를 획득하게 된다.

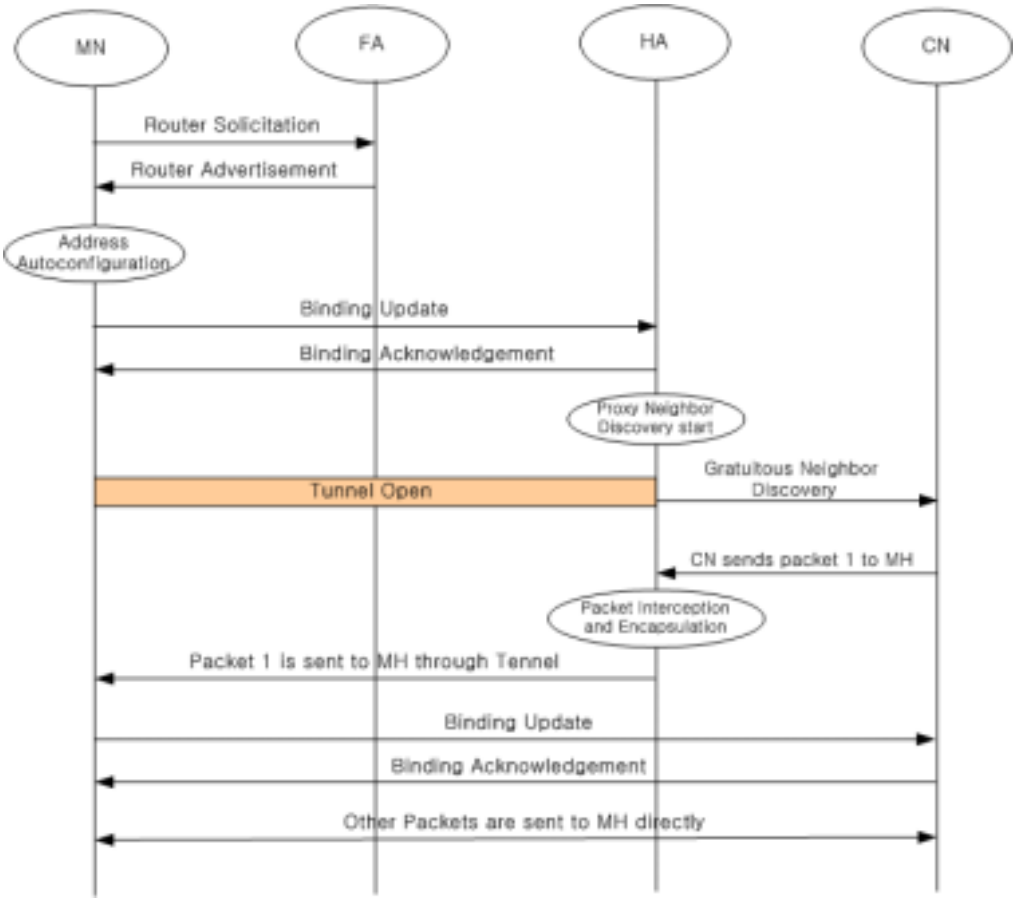

그림 2. Mobile IPv6의 메시지 전달과정

Home에서 떨어져 있는 동안, MN은 라우터에게 MN의 home agent의 기능을 하도록 요구하면서 자신의 COA중 하나를 home link에 있는 라우터에게 등록하며 MN이 home agent에게 binding update destination option이 포함된 패킷을 보냄으로써 binding registration을 수행한다. MN의 여러 COA들 중에서 home agent에 등록된 것을 MN의 primary COA라 하며, MN의 home agent는 proxy Neighbor Discovery를 사용하여 MN의 home address로 어드레스된 IPv6 패킷을 가로채서 MN의 primary COA로 터널링하여 전달한다. 각각의 가로챈 패킷을 터널링하기 위하여 home agent는 IPv6 encapsulation을 사용하여 패킷을 encapsulation한다. Binding Update/Binding Acknowledgement/Binding Request는 IPv6 destination option에 표시되며, IPv6 패킷에 포함되어 전달되거나, 개별적인 패킷으로 전달된다.

MN은 어떤 IPv6 목적지로 패킷을 보낼 때 목적지에 cached binding이 있는지 체크한다. 이때 cached binding이 있으면 IPv6 encapsulation 대신 header routing을 이용하고, cached binding이 없으면 packet interception / tunneling을 이용하게 된다. MN이 home으로부터 떨어져 패킷을 보낼 때 패킷의 IPv6 헤더의 원시 주소(source address)는 자신의 현재 COA중 하나로 정하고 패킷에는 home address destination option을 포함하게 된다. IPv6 header 원시 주소(source address)로서 COA를 사용함으로써, 패킷은 라우터들을 통해 전달된다.

2.3 단말의 Dual Stack 방안

Dual stack은 그림 3과 같이 한 호스트가 IPv4와 IPv6를 모두 가지고 있어 양쪽망의 노드와 직접 데이터를 주고받을 수 있는 형태를 말한다[5]. 이 경우 패킷을 보내고자 하는 상대 호스트의 주소 정보를 DNS 서버로부터 받을 때 IPv4의 A record로 응답이 오면 IPv4 패킷을 형성해서 보내고, IPv6의 AAAA/A6 record로 응답이 오면 IPv6 패킷을 형성해서 보낸다. Dual stack을 사용하면 별도의 변환과정이 필요없어 편리하나, 이 경우 모든 dual stack 호스트가 IPv4 주소도 보유해야 하므로 IPv4 주소의 부족 문제가 발생하고, IPv4 주소를 동적으로 할당하기 위하여 DHCPv6가 함께 사용되어야 한다. 만약 DNS 서버를 거치지 않고 직접 IP 주소를 통해 패킷을 보내고자 하는 경우에는 RAN(Radio Access Network)의 노드들이 IPv4를 사용하는지, IPv6를 사용하는지에 대한 정보를 사전에 알고 있어야 한다.

Dual stack의 대표적인 방안들로는 DSTM(Dual Stack Transition Mechanism), Bump-In-the-Stack (BIS), Bump-In-the-API (BIA) 등이 현재 나와 있다.

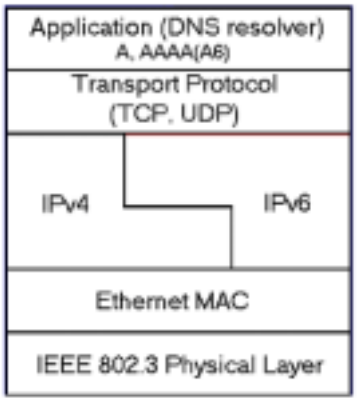

그림 3. Dual Stack Host

2.4 NAT-PT(Network Address Translation-Protocol Translation)

NAT-PT와 같은 변환 방안은 IPv4 망과 IPv6 망이 따로 존재하는 경우 각각의 망에 속해있는 IPv4-only node와 IPv6-only node 사이에 게이트웨이 역할을 하는 노드를 두어서 node 상호 간에 통신을 가능하게 하는 방법이다. 이러한 방법을 쓰면 경우에 따라 IPv4-only node와 IPv6-only node에 변화를 주지 않고 게이트웨이만을 설치함으로써 IPv4 node와 IPv6 node의 공존이 가능하게 될 수 있으나 기본적으로 IPv4 망에서 사용되는 프로토콜의 옵션들과 IPv6 망에서 사용되는 프로토콜의 옵션들이 일대일 매핑되지 않는 경우가 있으므로 완벽한 프로토콜 변환은 불가능하며 각 프로토콜의 checksum 재계산시 발생하는 overhead가 존재한다. 또한 IPv4 망과 IPv6 망에서 서로 다른 크기의 MTU를 사용하는 경우 게이트웨이에서 fragmentation도 수행해야 하는 단점이 있다.

그림 4는 IPv6 host가 IPv4 host의 IP 주소를 알지 못하는 경우로, IPv6 망에 존재하는 DNS server가 IPv4 망에 존재하는 DNS server로부터 IPv4 host의 IP 주소를 획득하는 과정이 포함되어 있다. 이 때 border router에는 DNS-ALG(Application Layer Gateway)가 구현되어 있어

야 하며 IPv6 DNS server는 IPv4 DNS server의 IP 주소를 알고 있다고 가정한다. 또한 border router는 IPv6 DNS server의 IP 주소와 자신이 할당한 IPv4 주소와의 매핑 관계를 유지하고 있다고 가정한다. 이때, DNS-ALG가 필요한 이유는 DNS name resolving에 관련된 동작을 하는 과정에서 응용 계층(application layer)의 데이터에 포함된 IP 주소와 DNS Query type 등을 변환해야 하기 때문이다.

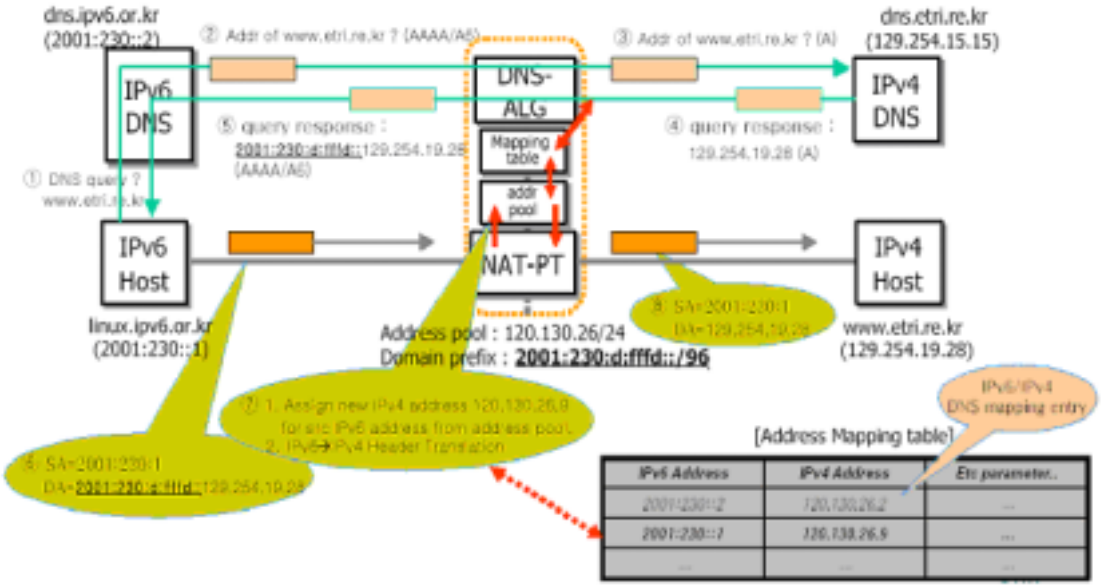

그림 4. NAT-PT including DNS-ALG (IPv6->IPv4)의 동작

3. 제안된 방법(Proposed Scheme)

기존의 mobile IP는 IPv4와 IPv6 단독 망에서의 이동성을 고려하고 있다. 따라서 다른 두 버전의 망이 공존하는 경우에는 두 망 사이에서 단말의 이동성을 지원할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 IPv4와 IPv6 망이 혼재되어 있는 경우에 단말의 이동성을 지원 할 수 있는 방안을 제시한다. 그림 5는 IPv4와 IPv6의 네트워크가 혼합된 망에서 이동성 지원에 사용되는 각 엔터티의 구성을 나타낸다. 이때 두 버전의 혼합 망에서 기존의 mobile IP를 적용하기 위해서는 두 망의 패킷을 프로토콜 버전에 맞게 변환시켜주는 역할을 하는 NAT-PT에 각 망의 mobile IP 메시지들의 변환을 해주는 기능인 MIP-ALG를 추가하여 기존의 mobile IP 프로토콜과 동일한 방식으로 동작하도록 한다. 또한 이때, mobile IPv4의 triangular problem을 최소화하기 위해 NAT-PT에 binding 기능을 함께 구현하여 보다 효율적으로 단말의 이동성을 지원할 수 있다.

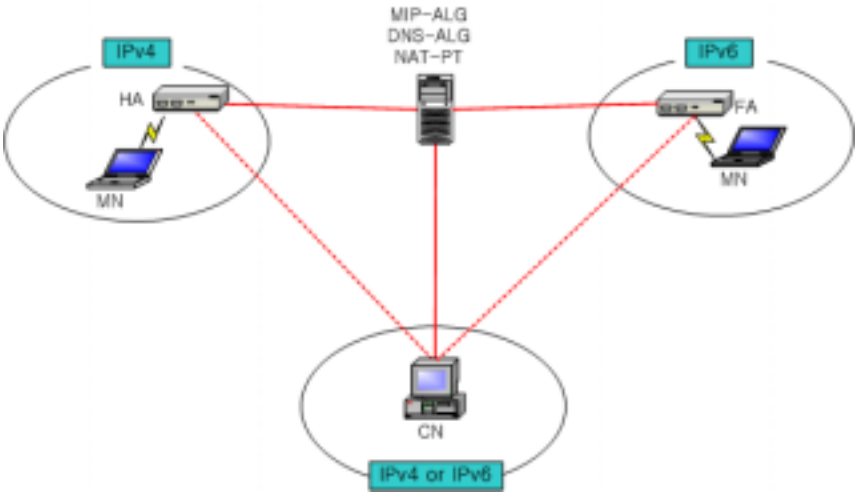

그림 5. IPv4 and IPv6의 혼합망 구조

제안하는 방식에서 이동 단말은 dual stack으로 동작 하므로 IPv4, IPv6 패킷을 모두 다 처리 가능하며 각 단말은 자신의 HA의 domain name을 알고 있다고 가정한다. 설명 과정에서 사용하는 각 노드의 주소는 이름 뒤에 v4, v6를 붙여서, 사용되는 주소의 version을 표시한다.

MN은 dual stack을 사용하므로 IPv4 망에서 IPv6 망으로, 또는 IPv6 망에서 IPv4 망으로 이동이 가능하다. 이때 새로운 버전의 망으로 이동하였을 때 그 망에서 agent를 찾아 새로운 COA를 할당 받아야 되는데, 그 과정이 그림 6과 그림 7에 나와 있다. 그림6은 IPv4 망으로 이동하였을 때 COAv4를 획득하는 과정이고, 그림 7은 IPv6 망으로 이동하였을 때 COAv6를 획득하는 과정을 나타낸다. 각 그림에서 시그널 이름 아래에 표시된 메시지는 프로토콜 이름과 버전, source 주소와 destination 주소를 나타낸다. 즉 "IPv4 : MNv4 -> broadcast or multicast"는 IPv4 프로토콜을 사용하며, MNv4 소스 주소에서 broadcast 주소 또는 multicast 주소로 패킷을 전송한다는 의미이다.

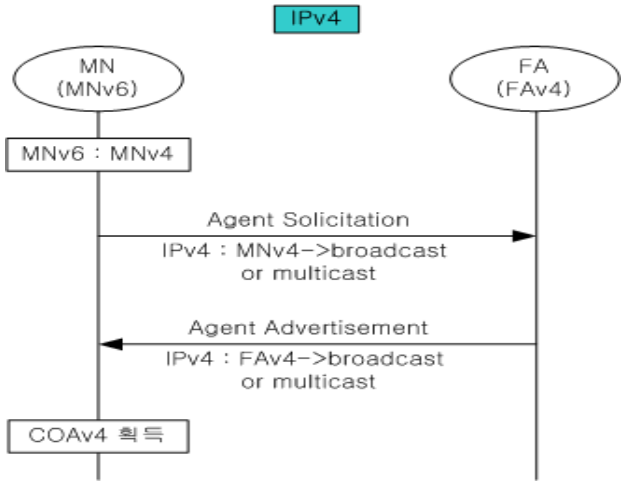

그림 6. IPv4 망에서 COA 획득 과정

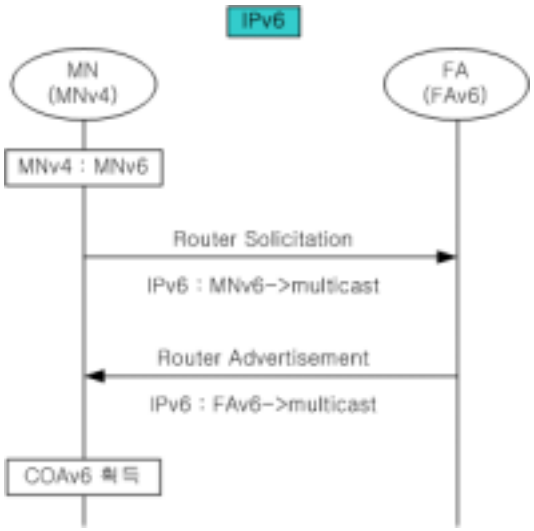

그림 7. IPv6 망에서 COA 획득 과정

새로운 네트웍에서 COA를 할당 받으면 이를 MN의 HA에게 등록을 해야 한다. 이 과정은 그림 8과 그림 9에 나와 있다. 그림 8은 IPv4 망으로 이동한 MN이 IPv6의 HA에 registration 하는 과정이고 그림 9는 IPv6 망으로 이동한 MN이 IPv4의 HA에 registration 하는 과정이다. 이 등록 과정에서 NAT-PT는 MN과 터널링을 이루게 되어 프로토콜 버전을 변경해주는 역할을 한다. 또한 DNS-ALG 역할과 새롭게 추가된 MIP-ALG 역할도 수행하게 된다. 이와 같은 과정을 거쳐 이동한 단말은 원래 자신의 HA에 등록 과정을 이룰 수 있게 된다.

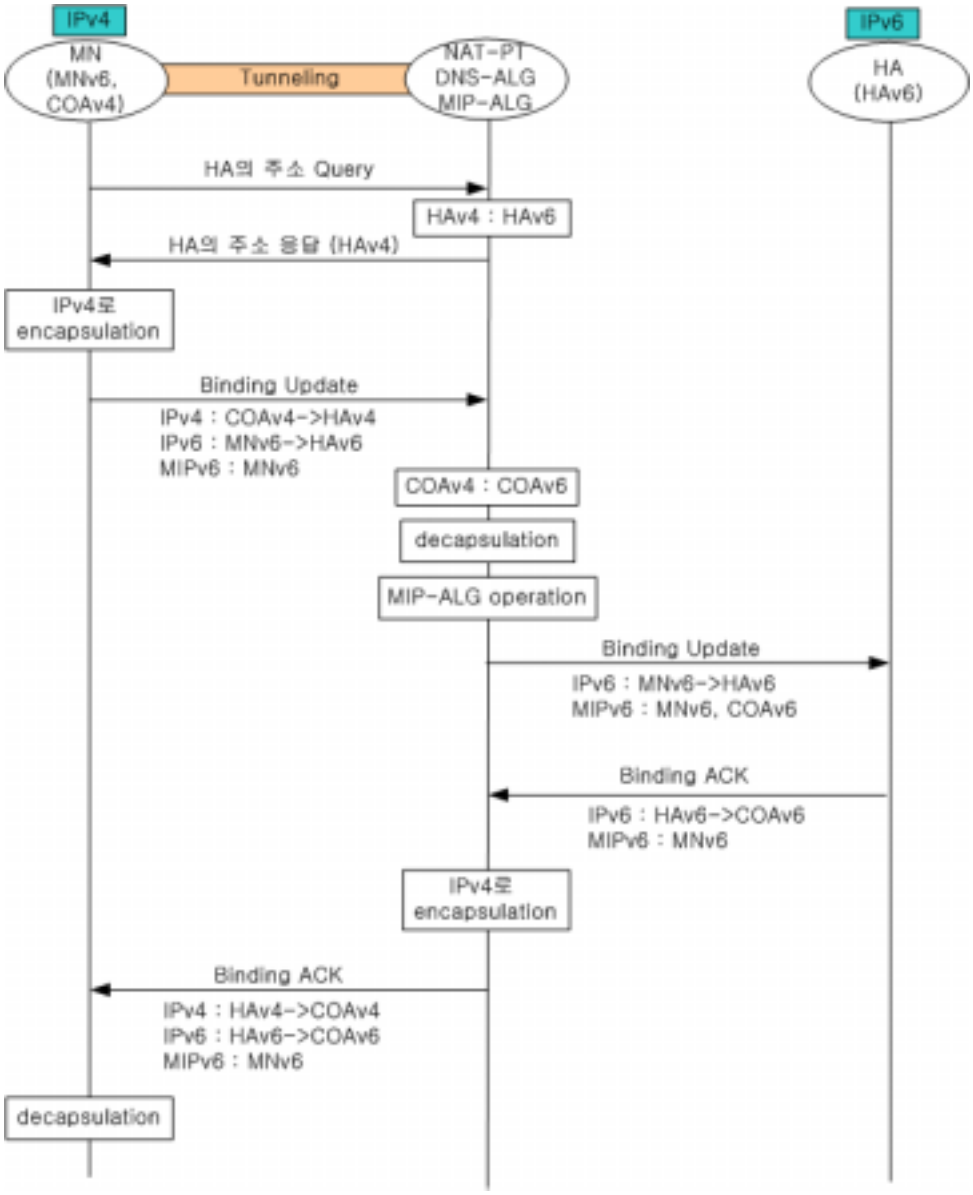

그림 8. IPv4 망의 MN에서 IPv6 망의 HA으로의 등록과정

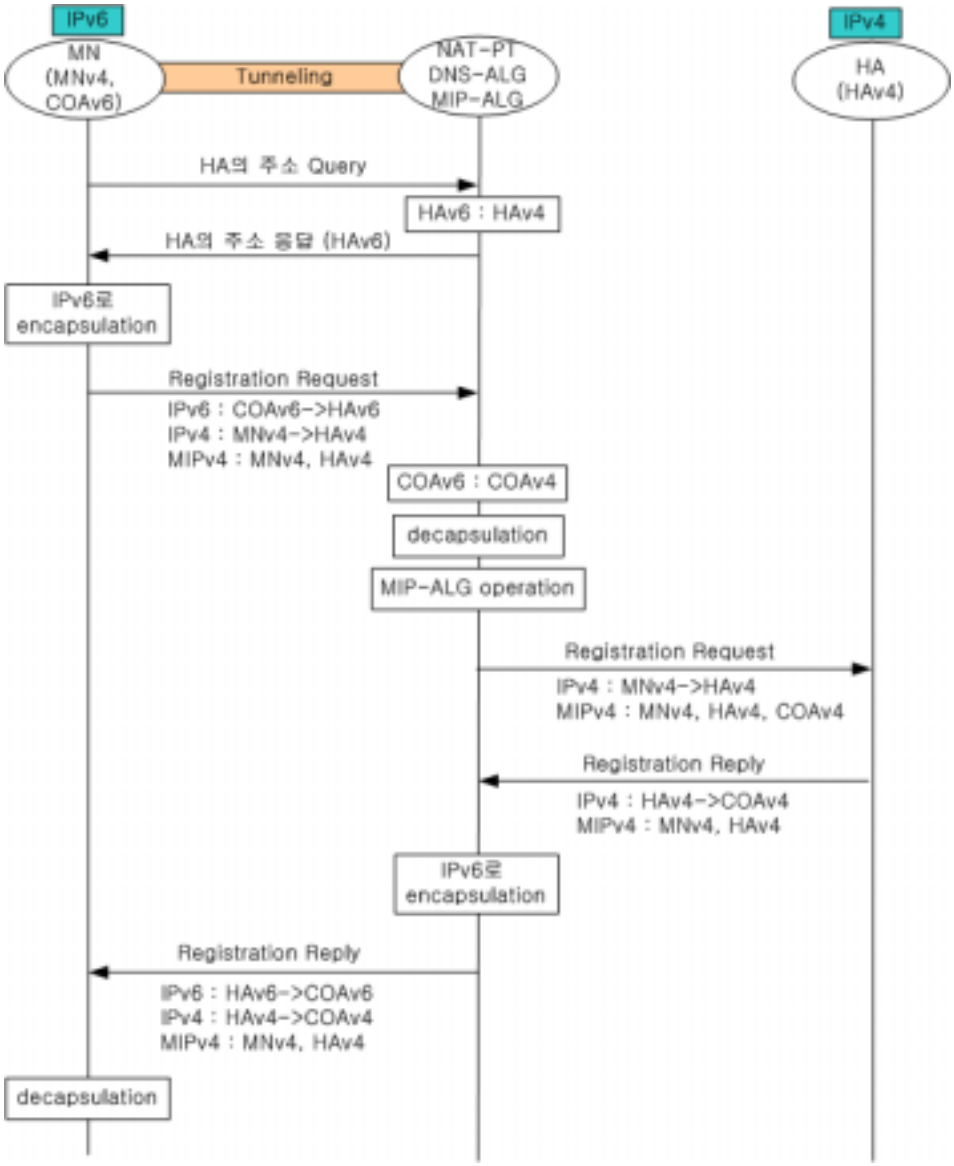

그림 9. IPv6 망의 MN에서 IPv4 망의 HA으로의 등록과정

이와 같은 과정을 통해 새로운 망으로 이동한 단말은 그 망의 버전에 따라 COA를 획득하게 되고 이 COA를 자신의 HA에게 등록하게 된다. 이 등록과정에서 mobile IP의 버전이 중간에 변환되어야 하는 경우 NAT-PT의 MIP-ALG를 거치면서 자연스럽게 변환이 이루어지므로 두 버전의 IP 네트워크 간의 호환성이 보장된다. 따라서 임의의 망에 있는 CN이 MN에게 패킷을 전송할 경우 HA가 MN의 이동성을 관리하므로 MN이 어느 망으로 이동하여도 패킷을 전달할 수 있게 된다. 즉, 기본적인 mobile IP의 동작이 두 버전이 혼합된 망에서도 똑같이 이루어지게 된다.

하지만 mobile IPv4의 경우에는 HA가 항상 MN에게 패킷을 포워딩 시켜주어야 하므로 triangular 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 조금이나마 해결하기 위해서 NAT-PT의 MIP-ALG 기능에 binding 기능을 추가시켜 IPv6의 노드와 binding 기능을 사용할 수 있도록

한다. 만약 CN이 IPv6 망의 것이라면 이 CN은 NAT-PT와 직접 binding을 이룰 수 있기 때문에 처음에는 HA를 거쳐 MN에게 데이터가 포워딩 되지만, 다음 패킷부터는 MIP-ALG의 binding 요청에 의해 NAT-PT와 binding을 이루어 NAT-PT를 통해 MN과 직접 통신을 할 수 있게 된다. 이러한 동작의 예가 그림 10에 나와 있다. 그림 10은 MN이 IPv6에서 IPv4 망으로 이동했을 때 IPv6 망의 CN이 MN에게 데이터를 전송하는 과정을 나타낸다. 처음에는 HA를 거쳐 MN에게 패킷이 전송되지만 다음부터는 MIP-ALG의 동작에 의해 CN과 NAT-PT가 binding을 이루기 때문에 triangular 문제를 해결하면서 직접 통신을 하게 된다.

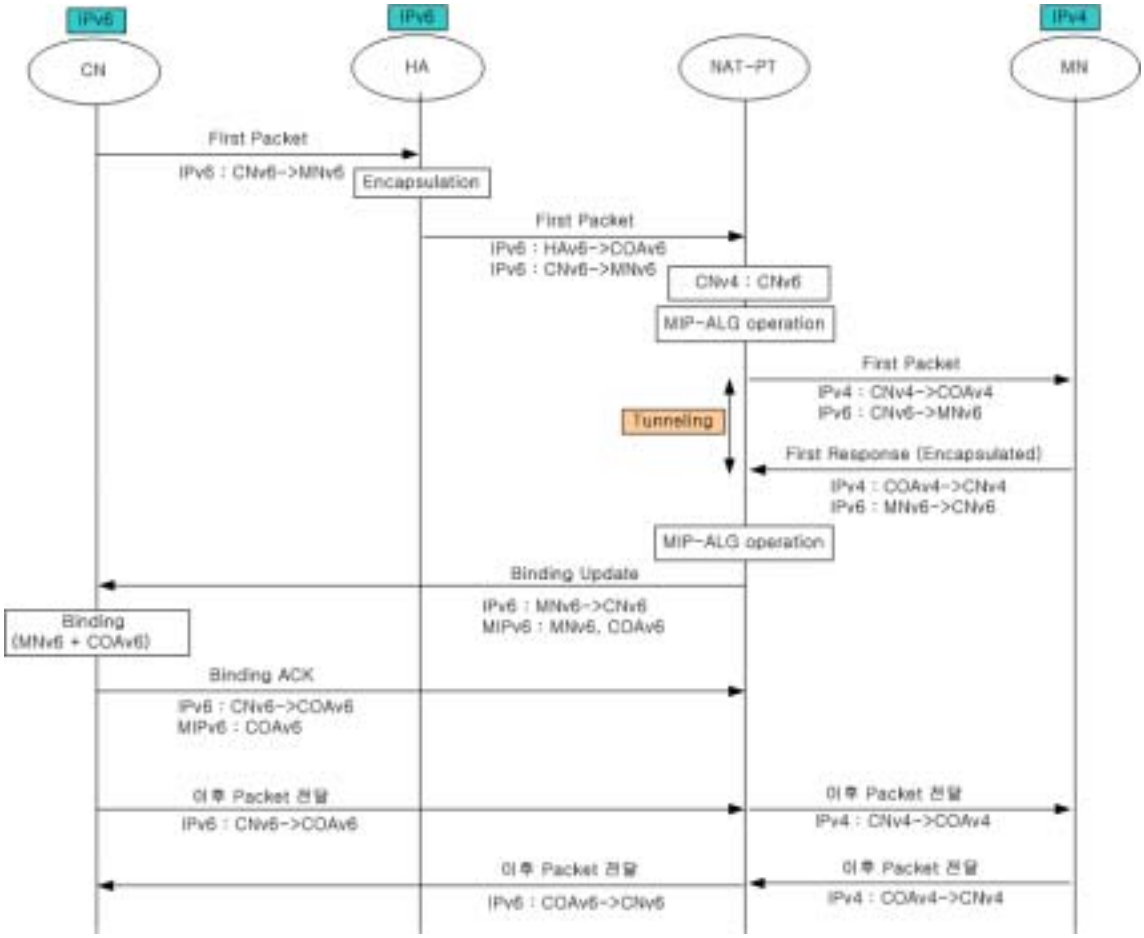

그림 10. MN이 IPv6에서 IPv4 망으로 이동했을 때, IPv6 망의 CN이 MN에게 데이터를 전송하는 과정

4. 분석 결과

제안하는 방식의 성능을 평가하기 위해서, IPv4와 IPv6의 혼합 망 구조에서 발생하는 모든 경우에 따라 동작 성능을 간단히 정성적으로 분석해 볼 수 있었다. MN, HA, CN이 IPv4와 IPv6 망에 존재하게 될 때 발생하는 경우의 수는 Table 1에 나타낸 바와 같이 총 8가지가 된다. 이 8가지 경우에 따라 등록 과정에 소요되는 지연, 패킷 전송과정에 소요되는 지연을 살펴

보고 그 효과를 확인하였다. 네트웍 상에서 소요되는 지연을 다음과 같이 가정하였다.

- D_1 : FA와 MN 사이의 지연
- D_2 : HA와 MN이 서로 같은 버전의 망에 있을 때 두 노드 사이의 지연
- D_3 : HA와 MN이 서로 다른 버전의 망에 있을 때 두 노드 사이의 지연
- D_4 : HA와 CN이 서로 같은 버전의 망에 있을 때 두 노드 사이의 지연
- D_5 : HA와 CN이 서로 다른 버전의 망에 있을 때 두 노드 사이의 지연
- D_6 : CN과 MN이 서로 같은 버전의 망에 있을 때 두 노드 사이의 지연
- D_7 : CN과 MN이 서로 다른 버전의 망에 있을 때 두 노드 사이의 지연
- Δ : NAT-PT에서 버전 변환에 소요되는 지연

Table 1. Performance comparisons

HA	FA (MN)	CN	등록 지연	패킷 전송 지연	비고
v4	v4	v4	D_1+D_2	D_2+D_4	기존의 mobile IPv4 사용
v6	v4	v4	$D_1+D_3+\Delta$	$D_3+\Delta+D_5+\Delta$	triangular problem 존재
v6	v6	v4	D_1+D_2	$D_2+D_5+\Delta$	triangular problem 존재
v4	v6	v4	$D_1+D_3+\Delta$	$D_3+\Delta+D_4$	triangular problem 존재
v6	v6	v6	D_1+D_2	D_6	기존의 mobile IPv6 사용
v4	v6	v6	$D_1+D_3+\Delta$	D_6	MN과 CN의 binding
v4	v4	v6	D_1+D_2	$D_7+\Delta$	NAT-PT와 CN의 binding
v6	v4	v6	$D_1+D_3+\Delta$	$D_7+\Delta$	NAT-PT와 CN의 binding

Table 1에 정리한 바와 같이 MN이 새로운 망으로 이동하였을 때 등록에 소요되는 지연과 CN이 MN에게 패킷을 전송할 때 소요되는 지연을 볼 수 있다. 등록에 소요되는 지연은 MN이 다른 버전의 망으로 이동한 경우 NAT-PT에서 mobile IP의 버전을 변환해 주는데 걸리는 지연이 추가되므로 전체 지연이 커지게 된다. CN과 MN 사이의 패킷 전송 지연은 CN이 IPv6 노드인 경우 더 작게 나오며, 이는 NAT-PT의 MIP-ALG의 기능에 의해 binding을 이루어 HA를 거치지 않고 MN과 직접 통신을 하기 때문이다. 즉, CN이 IPv4 망의 노드인 경우에는 CN이 binding 기능 처리할 수 없으므로 mobile IPv4의 triangular problem을 해결할 수 없지만, CN이 IPv6망의 노드인 경우에는 binding 기능을 사용하여 triangular 문제를 어느 정도 해결하였다고 볼 수 있다.

따라서 제안하는 방식은 기존의 동일한 버전의 망에서만 동작하는 mobile IP 프로토콜의 기능을 버전이 다른 두 망이 동시에 존재하는 경우에도 동일하게 동작할 수 있도록 그 기능을 NAT-PT에 추가시켜 주었고, MIP-ALG에 의해 IPv6 망의 CN과 binding을 이룰 수 있도록 하여 기존의 mobile IP 프로토콜에서 송수신 경로가 달라 발생하는 triangular 문제를 최소화하였다.

5. 결론

본 논문에서는 IPv4와 IPv6 혼합 망에서 기존의 mobile IP 프로토콜을 이용하여 단말의 이동성을 지원할 수 있는 방안을 제시하였다. 각 버전의 mobile IP 프로토콜은 서로 호환이 이루어지지 않으므로 두 망사이의 버전을 변환해 주는 NAT-PT에 mobile IP의 버전을 관리해 주는 MIP-ALG의 기능을 추가 시켜 주었다. 따라서 두 혼합 망에서 mobile IP의 동작 절차에 따라 단말의 이동성을 보장시켜 주었다. 또한 이때 발생하는 mobile IP의 triangular 문제를 최소화함으로써 패킷 전달 과정에서의 지연과 패킷 손실률을 줄일 수 있도록 하였다..

참고 문헌

(1) C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support," RFC 2002, Oct. 1996.

(2) James D. Solomon, "Mobile IP The Internet Unplugged", Prentice Hall

(3) David B. Johnson, "Mobility Support in IPv6," IETF Internet draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-14.txt, Jul. 2000.

(4) Thierry Ernstet al., "Mobile Networks Support in Mobile IPv6 (Prefix Scope Binding Updates)," IETF Internet draft , draft-ernst-mobileip-v6-network-02.txt, Jun. 2001.

(5) G. Tsirtsis, "IPv4 over Mobile IPv6 for Dual Stack nodes," IETF Internet draft, draft-ietf-ngtrans-v4-over-mipv6-00.txt, Jan. 2001

(6) Shiao-Li Tsao, "Mobility Support for IPv4 and IPv6 Interconnected Networks based on Dual-Stack Model,"IETF Internet draft, draft-tsao-mobileip-dualstack-model-02.txt, Feb. 2000.

(7) Hemant Chaskar, "Requirements of a QoS Solution for Mobile IP," IETF Internet draft, draft-chaskar-mobileip-qos-requirements-00.txt, Jun. 2001.

(8) Yamamoto, et. al., "Overview of Transition Techniques for IPv6-only to Talk to IPv4-only Communication," IETF Internet draft, draft-ietf-ngtrans-translator-03.txt, Mar. 2000.

(9) Wei Wu, et. al., "A Seamless Handoff Approach of Mobile IP Protocol for Mobile Wireless Data Networks", IEEE Transactions on Consumer Electronics, May. 2002.