

# 모바일 라우터의 IPv4 네트워크 이동시 Tunnel Agent를 통한 NEMO Tunnel 유지 방안

김진호<sup>o</sup> 홍충선

경희대학교 컴퓨터공학과

jhkim@networking.khu.ac.kr<sup>o</sup>, cshong@khu.ac.kr

## A NEMO Tunnel Maintenance Scheme for Roaming Mobile Routers to IPv4 Networks through Tunnel Agent

Jin Ho Kim<sup>o</sup> Choong Seon Hong

Dept. of Computer Engineering, Kyung Hee University

### 요 약

현재 이동성을 지원하는 Mobile IPv4와 Mobile IPv6 프로토콜은 서로 다른 버전의 네트워크에서는 호환이 불가능하게 설계되어있다. Mobile IPv6 프로토콜에서 확장되어 네트워크 이동성까지 지원되는 Network Mobility(NEMO) 프로토콜 역시 IPv6 네트워크 내에서만 이동성이 보장된다. 그러나 앞으로의 인터넷은 IPv4와 IPv6 네트워크가 상당기간 공존할 것으로 예상되기 때문에 두 버전의 네트워크 사이에 이동성이 자연스럽게 지원되는 방안이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 다른 버전의 네트워크 사이에 NEMO 프로토콜에 대해 이동성을 지원하기 위한 방법을 제안한다. 우리는 Mobile Router(MR)가 IPv4 네트워크로 이동할 경우에도 Tunnel Agent(TA)를 통해 NEMO Tunnel을 유지함으로써 이동성을 관리할 수 있는 새로운 메커니즘을 제시한다.

### 1. 서 론

컴퓨터 소형화 기술과 무선통신 기술이 발달함에 따라 이동 단말의 수가 급격히 늘어날 것이며, 그 단말들을 사용해 언제 어디서나 인터넷을 이용하고자 하는 사용자들의 요구도 폭발적으로 증가할 것이다. 단말의 증가로 야기되는 IP 주소부족 문제는 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6[1]로 해결할 수 있고, 이동성 지원 프로토콜인 Mobile IPv4[2] 또는, Mobile IPv6[3]를 사용하면 언제 어디서나 접속 지점이 바뀌었을 때에도 세션을 유지하며 인터넷 사용이 가능하다. 현재 IETF의 NEMO WG(Network Mobility Working Group)에서 활발하게 논의 중이며 최근에 표준화 작업이 완료된 NEMO[4]는 Mobile IPv6에서 더 확장되어 단말 단위 뿐만 아니라 네트워크 단위까지 이동성을 지원할 수 있는 프로토콜이다.

현재 인터넷은 IPv4와 IPv6 네트워크가 서로 공존하는 시기이며, 표준화가 완료된 이동성 지원을 위한 프로토콜들이 각각 서로 다른 버전의 네트워크로 이동할 경우에 대한 설계가 전혀 이루어져 있지 않다. 이미 고정된 호스트들(1)에 대한 IPv4와 IPv6 네트워크 사이의 많은 전환 메커니즘들이 표준화 되었지만, 이 메커니즘들도 역시 이동성 지원에 대한 고려는 하지 않은 상태이다. 따라서 다른 네트워크들 사이에서도 이동성을 지원하기 위한 메커니즘들이 제안되고 있으며 본 논문에서는 MR[4]를 포함한 Mobile Network[4]가 IPv4 네트워크로 이동 시 TA를 통하여 끊임 없는 인터넷을 사용할 수 있는 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 이동성 프로토콜에 대한 전환 메커니즘을 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 TA를 통해 2장에서 소개한 메커니즘들 보다 좀 더 효율적으로 이동성을 지원하는 방법에 대해 자세히 살펴본다. 마지막 4장에서는 제안한 방안의 결론과 향후 연구 계획을 기술한다.

### 2. 관련 연구

IPv6 도입이 성공적으로 이루어지기 위해서는 IPv4/IPv6 간의

전환 기술들이 필수적이며 이미 IETF NGTrans WG(Network Generation Transition Working Group)에서 고정된 호스트들에 대한 듀얼스택, 터널링, 변환기 등의 연동기술에 대한 몇 가지 표준으로 제정하였다. 그러나 그림 1에서 Mobile IPv6와 NEMO와 같은 이동성을 지원하는 프로토콜은 다른 버전의 네트워크와 호환이 되지 않기 때문에 IPv4 네트워크로 이동 시 단말들이나 Mobile Network Nodes(MNN)[4]에 대한 세션 연결성이 보장 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 MR을 포함한 Mobile Network가 IPv4 네트워크로 이동하였을 경우에도 TA를 통하여 NEMO Tunnel을 유지시킴으로써 세션연결을 보장시켜 주는 방안을 제안한다.

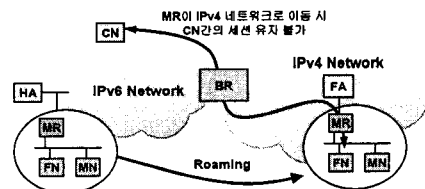


그림 1. IPv4 네트워크로 Mobile Network의 이동 시나리오

#### 2.1 듀얼스택 메커니즘

Mobile IPv4와 Mobile IPv6간의 연동을 위한 가장 간단한 메커니즘은 듀얼스택 구조[5]이다. 그러나 듀얼스택의 Mobile Node(MN)는 각 버전의 이동성 관리 프로토콜을 모두 구현해야 하고 운영을 하기 위한 부담이 필연적으로 증가한다. 또한, 다른 링크로 이동할 경우 단말은 IPv4와 IPv6 네트워크의 연결성을 유지하기 위해서 두 배의 시그널링이 필요하다. 예를 들면, 단말의 이동 시 IPv4 네트워크에서 Registration Request [2], Registration Reply[2] 메시지와 IPv6 네트워크에서 Binding Update(BU)[3], Binding Acknowledgement(BA)[3] 메시지를 동시에 처리해야 하는 부담을 가지고 있다.

#### 2.2 Doors 메커니즘

Doors 메커니즘[6]은 IPv4와 IPv6 네트워크 사이에 Doors Router라는 새로운 시스템을 추가시키고 UDP헤더를 포함하여 Private IPv4 네트워크로 이동하는 경우도 세션 유지가 가능할

<sup>o</sup>This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government(MOEHDR). (R05-2003-000-12193-0)

수 있도록 설계되었다. 그러나 IPv4 네트워크로 이동 시 IPv4-IPv6-IPv6의 터널 된 패킷 형태로 통신을 하게 되므로 터널 오버헤드가 추가적으로 발생하는 단점이 있다.

### 3. 제안사항

본 논문에서는 MR을 포함한 Mobile Network가 IPv4 네트워크로 이동하였을 때 TA를 통하여 끊임 없는 이동성을 지원하기 위한 방안을 제시한다. 즉, IPv6와 IPv4망에서의 Tunnel end point를 TA가 중계해줌으로써 NEMO Tunnel을 유지시켜 준다. 기본적으로 TA와 MR은 듀얼스택(IPv4/IPv6) 구조이며, MR은 IPv4 네트워크 환경에서 IPv4 CoA(Care-of Address)를 구성하기 위하여 Agent Advertisement[2] 메시지를 처리할 수 있는 최소한의 Mobile IPv4 프로토콜 기능을 가지고 있어야 한다. 즉, Mobile IPv4/Mobile IPv6 프로토콜을 모두 가지고 있는 듀얼스택 노드들 경우보다 시그널링 오버헤드를 줄일 수 있다. TA는 MR이 IPv4 네트워크로 이동 시 MR에 대한 캐쉬를 저장하고 관리해야 하며, 일반적으로 IPv4와 IPv6 네트워크 사이의 경계라우터(Border Router)에 위치한다.

#### 3.1 Tunnel Agent의 Tunnel End Point 주소 획득

본 논문에서는 HA가 이미 TA의 IPv4/IPv6 주소를 알고 있다는 가정을 한다. 예를 들면, 자동으로 Tunnel end point 주소를 얻어올 경우 DSTM[7]을 사용하여 현재 네트워크에서 TA에 대한 IPv4/IPv6 주소를 얻어 온다. 만약에 DSTM을 사용할 수 없으면 미리 설정된 주소를 사용할 수 있다.

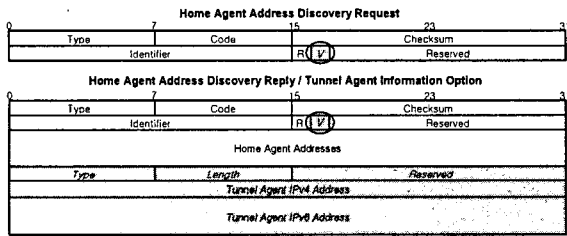


그림 2. Home Agent Address Discovery Request/Reply + Tunnel Agent Information 옵션 메시지 포맷

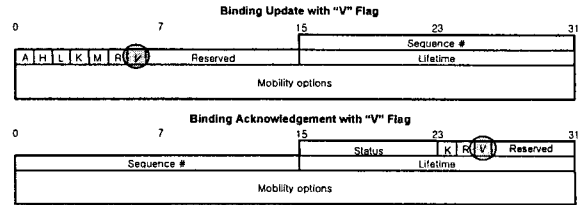
그림 2는 본 논문에서 Home Agent Address Discovery Request/Reply[4] 메시지에 "V" 플래그와 Tunnel Agent Information(TAI) 옵션을 새로 추가시킨 메시지 포맷이다. 만약 MR이 IPv4 네트워크에 이동해서도 세션 유지를 TA로부터 지원받고 싶다면, "V" 플래그를 설정하여 Anycast 주소[1]로 Home Agent Address Discovery Request Message를 보낸다. 그러면, Tunnel end point 주소를 알고 있는 HA가 응답을 하게 되며, HA는 "V" 플래그와 함께 TAI 옵션을 추가하여 Home Agent Address Discovery Reply Message로 MR에게 응답한다. 이때, TAI 옵션에는 TA의 IPv4/IPv6 주소를 반드시 포함해야만 하며, MR은 이 정보를 저장하고 있어야 한다.

#### 3.2 IPv4 네트워크로의 이동 감지

MR의 IPv6 네트워크 내에서 이동은 NEMO 표준에서 정의된 메커니즘을 사용하여 문제없이 MNN에게 이동성을 지원한다. 만약에 MR이 Home Agent Address Discovery Mechanism [4]를 통하여 TA의 주소를 이미 알고 있다면, IPv4 네트워크로 이동을 지원 받을 수 있다. 본 논문에서 MR은 듀얼스택으로 가정하였으며, Mobile IPv4 프로토콜 스택은 단지, IPv4 네트워크에서 이동 감지를 위해 IPv4 CoA를 구성할 수 있도록 가장 최소한의 기능만을 추가시켰다. 즉, Agent Advertisement 메시지를 수신하고 IPv4 CoA를 구성함으로써 IPv4 네트워크로의 이동을 감지할 수 있다.

#### 3.3 Home Registration

MR을 포함한 Mobile Network가 IPv4 네트워크로 이동을 감



지하고 IPv4 CoA를 구성하였다면, 다른 버전의 네트워크에 이동하였음을 알리기 위해 본 논문에서 새로 추가한 "V" 플래그가 설정 되어있는 BU 메시지를 자신의 HA에게 보낸다. 그림 3은 "V" 플래그가 추가된 BU와 BA 메시지의 포맷을 나타낸다.

그림 3. Binding Update/Acknowledgement 메시지 포맷

그림 4는 Home Registration의 전체적인 과정을 나타내고 있다. IPv4로 이동한 MR은 원래 BU 메시지의 소스 주소를 자신의 CoA로 구성했지만, 본 논문에서는 이미 알고 있는 Tunnel end point의 IPv6 주소를 CoA의 소스 주소로 정하고, HA에게 송신하기 위해 IPv4 헤더를 인캡슐레이션 하여 보낸다. 이 때 BU 헤더의 IPv4 프로토콜 번호 필드는 IPv6 패킷임을 알리기 위해 41번이어야 하며, 소스주소는 MR의 IPv4 CoA 이고, 목적지 주소는 TA의 IPv4 주소로 구성한다. TA는 BU 메시지를 수신한 후 IPv4 헤더를 제거하고 HA에게 전달한다. BU를 수신한 HA는 IPv4로 이동한 MR의 IPv6 CoA 주소를 BU 메시지의 소스주소인 TA의 IPv6 주소로 설정하여 Binding Cache[4]를 업데이트 한다.

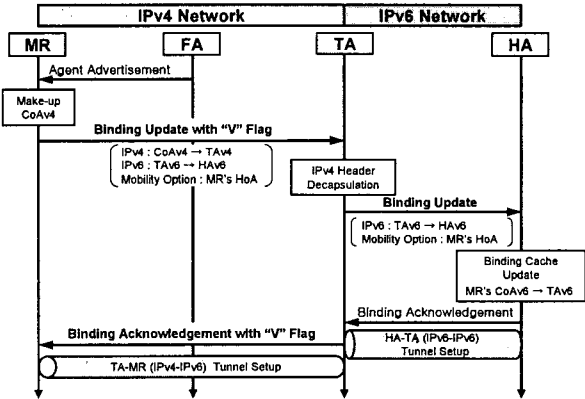


그림 4. Home Registration 과정

Binding Cache에서 MR의 Home Address[4]에 대해 CoA가 TA의 IPv6 주소로 설정했기 때문에 MR이 IPv4 네트워크에 있는 한 HA는 MR로 보내지는 패킷에 대해서 항상 TA로 보낸다.

#### 3.4 NEMO Tunnel Setup

BU와 BA메시지를 성공적으로 송수신하였다면 NEMO Tunnel을 설정한다. NEMO Basic Protocol에서 Correspondent Node (CN)와의 통신을 할 때 항상 HA-MR Tunnel[4]를 통해서만 패킷이 전송되게 된다. 따라서 NEMO Tunnel이 유지시켜주는 것이 가장 중요하다. IPv4 네트워크로 MR이 이동할 경우 HA-MR Tunnel은 계속 유지될 수 없기 때문에 TA가 중간에서 MR과의 Tunnel이 유지될 수 있도록 Tunnel Cache를 관리하여야 한다. 듀얼스택 구조와 Doors 메커니즘에서는 MR이 IPv4 네트워크로 이동했을 경우 IPv4-IPv6-IPv6의 세 가지 IP헤더를 포함한 터널이 생성되지만 본 논문에서는 IPv4 네트워크에서 MR의 또 다른 이동을 고려하여 좀 더 효율적인 TA-MR(IPv6 in IPv4) 터널을 설정 한다. HA는 MR의 CoA가 TA의 주소로 설정되어있기 때문에 HA-TA간의 IPv6-IPv6 터널을 설정하고 TA는 MR과의 IPv4-IPv6 터널을 설정함으로써 MR의 Home

Registration 과정을 모두 마치게 된다.

만약 그림 5처럼 MR이 IPv4 네트워크 내에서 또 다른 링크로 이동을 할 경우에는 BU 메시지를 송신하고 TA는 이 메시지를 수신할 때, 단지 TA-MR(IPv4-IPv6)의 터널만을 다시 설정하면 된다. 따라서 HA-TA(IPv6-IPv6)의 터널은 변함이 없고, TA만이 Tunnel end point를 변경함으로써 HA간의 추가적인 시그널링을 줄일 수 있다.

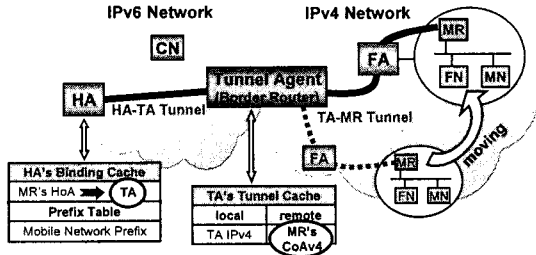


그림 5. IPv4 네트워크 내에서 MR의 이동 시나리오

### 3.5 CN과의 통신

CN이 IPv4 네트워크로 이동한 MR의 MNN과 통신을 할 경우 그림 6과 같이 패킷이 전달되게 된다.

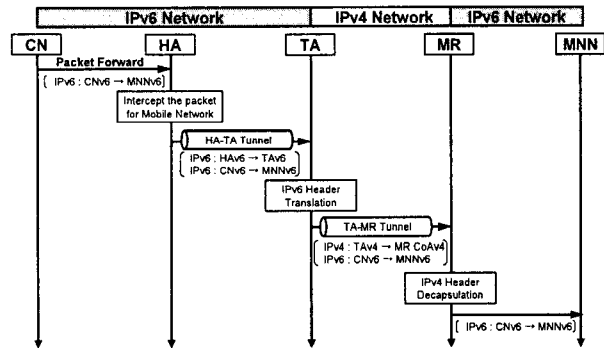


그림 6. CN과 MNN 간의 통신 과정 흐름도

우선 CN이 MNN에게 패킷을 송신하면 HA는 그 패킷을 가로채어 자신의 Binding Cache를 보고 MR의 IPv6 CoA 즉, HA-TA간의 터널을 이용해 TA로 패킷을 전달한다. TA는 HA와의 터널을 통한 패킷을 수신하게 되면 TA-MR 터널의 Tunnel end point 인 MR의 IPv4 CoA에게로 패킷을 전달한다. 이 때, TA는 Mapping Table을 보고 IPv6와 IPv4 헤더를 변환하며, 이 과정은 NAT-PT[8]와 SIIT[9]의 헤더 변환 메커니즘과 같은 방법을 사용한다. MR은 TA-MR간의 터널을 통한 패킷을 수신하게 되면 IPv4 헤더를 디캡슐레이션 하고 최종적으로 해당 MNN에게 패킷을 전달하여 CN과의 통신을 한다. 반대로 MNN이 CN에게 보내는 패킷은 그림 6에서의 소스와 목적지 주소가 바뀐 형태이다.

### 3.6 IPv4 De-Registration

MR은 IPv4 네트워크에서 다시 IPv6 네트워크로 이동한 경우 우선 TA에게로 "V" 플래그를 설정하지 않은 BU 메시지를 보내 TA-MR 터널을 해제하고 Tunnel Cache를 제거해야 한다. TA는 다시 HA로 BU 메시지를 전달하고 HA는 Binding Cache에서 MR의 CoA를 TA 주소가 아닌 실제 MR이 가지고 있는 CoA로 업데이트를 한다. IPv6 네트워크 내에서의 이동은 NEMO 프로토콜 표준에 정의되어 있는 동작과 같다. 즉, HA-MR 터널을 통해서 MNN과 CN간의 통신을 하게 된다.

### 3.7 Tunnel Agent의 구조

TA의 시스템 구조는 그림 7과 같다. TA는 일반적으로 IPv4

네트워크와 IPv6 네트워크 사이의 경계라우터에 위치하며, 듀얼스택(IPv4/IPv6) 구조로써 각 IP 스택은 유일한 글로벌 주소(Global Address)를 가지고 있다. Tunnel End Point Change Manager는 BU/BA 메시지를 처리하며 TA-MR간의 터널 설정을 하여 MR이 IPv4 네트워크로의 이동뿐만 아니라 IPv4 내에서의 이동도 지원한다. 터널 정보 테이블(Tunnel Information Table)에는 HA의 주소 정보를 저장하고 있으며, 이 정보는 MR이 IPv4 네트워크로 이동 시 HA-TA 터널 설정을 하기 위해 사용되고, Tunnel End Point Change Manager에서 처리한 바인딩 메시지에 의해서 MR의 IPv4 CoA에 대한 Tunnel Cache도 저장한다. 또한, IPv4 헤더를 인캡슐레이션, 디캡슐레이션 하기 위한 모듈과 IPv4와 IPv6 헤더 변환을 위한 NAT-PT/SIIT 메커니즘을 위한 모듈도 추가되어야 한다.

TA는 6to4 Router, ISATAP, DSTM TEP, NAT-PT Translator 등과 함께 확장된 메커니즘으로 사용할 수 있다.

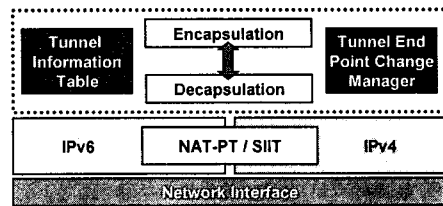


그림 7. Tunnel Agent 시스템의 구조

## 4. 결론

본 논문에서는 IPv6에서만 이동성이 지원되었던 NEMO 프로토콜에 대해서 TA를 통하여 IPv4 네트워크로 이동했을 경우 seamless한 이동성을 지원하기 위한 효율적인 방법을 제시하였다. 우선 듀얼스택 메커니즘과 비교해 Mobile IPv4 프로토콜 스택을 최소화함으로써 다른 링크로 이동했을 때 시그널링 오버헤드를 줄였다. Doors 메커니즘에서의 터널 오버헤드 문제점에 대해서는 IPv4 네트워크로 패킷을 전달할 때 TA를 이용하여 IPv4-IPv6 헤더를 사용함으로써 터널 오버헤드를 감소시켰다. 만약, IPv4 네트워크 내에서 또 다른 이동을 할 경우 TA에 게만 등록함으로써, HA간의 추가적인 바인딩 메시지도 줄였다. TA는 6to4, ISATAP, DSTM, NAT-PT 등과 함께 사용하여 고정된 호스트들 뿐만 아니라 이동성을 가지는 단말, 이동라우터(MR)에게도 IPv4/IPv6간 전환을 지원한다. 향후 과제로 본 논문에서 제시한 메커니즘을 테스트베드를 구축하여 실제 구현을 하고 검증할 계획이다.

## 참고 문헌

- [1] S. Deering, R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998.
- [2] C. Perkins, Et al., "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3220, January 2002.
- [3] C. Perkins Et al., "Mobility Support in IPv6", RFC3775, June 2004.
- [4] V. Devarapalli, Et al., "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", RFC3963, January 2005.
- [5] T. Soliman, G. Tsirtsis, "Dual Stack Mobile IPv6", draft-soliman-v4v6-mipv4-02, IETF, October 2004.
- [6] P. Thubert, P. Molteni, P. Wetterwald, "IPv4 traversal for MIPv6 based Mobile Routers", draft-thubert-nemo-traversal-01, IETF, May 2003.
- [7] J. Bound, Et al., "Dual Stack IPv6 Dominant Transition Mechanism (DSTM)", draft-bound-dstm-exp-03, IETF, July 2005.
- [8] G. Tsirtsis, Et al., "Network Address Translation Protocol Translation (NAT-PT)", RFC2766, February 2000.
- [9] E. Nordmark, "Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT)", RFC2765, February 2000.