제24회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 논문집 제12권 제2호 (2005. 11)

Mobile IPv6 네트워크의 모바일 노드와 IPv4 네트워크의 호스트간 통신 기법

김대선*, 홍충선*, 변상익**
*경희대학교 컴퓨터공학과, **한국전산원
e-mail:{dskim,cshong}@khu.ac.kr, sibyun@nca.or.kr

A Communicatiuon Mechanism between mobile nodes in Mobile IPv6 network and hosts in IPv4 network

Dae Sun Kim*, Choong Seon Hong*, Sang-Ick Byun**
*Dept of Computer Engineering, Kyung Hee University
**National Computerization Agency

요　　약

IPv6의 도입으로 인해 상당기간 IPv4와 공존해야 한다. 따라서 IPv4와 IPv6간 변환 기술이 필요로 하게 되었으며 이에 여러 가지 변환 기술이 제안되어 두 프로토콜간 통신이 가능하게 되었다. 한편 이동성을 가지는 호스트를 지원하기 위하여 Mobile IPv4 와 Mobile IPv6가 제안 되었다. 하지만 현재 모바일 노드를 지원해주는 두 프로토콜간의 변환 기술이 없어 두 프로토콜간의 효율적인 통신을 지원하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 Mobile IPv4와 Mobile IPv6의 특성을 살펴보고 IPv6 네트워크의 모바일 노드와 IPv4 네트워크의 호스트간의 통신 방안을 제안하였다.

1. 서론

최근 IPv6[1]에 관한 연구가 각 분야에서 활발히 연구되고 있으며, 그 중 IPv4[2]와의 변환 기술에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그 이유는 IPv6의 도입 시점부터 IPv4와 상당기간 공존해야 하기 때문이다. 이에 IETF ngtrans WG(Network Generation Transition Working Group)에서 주도적으로 IPv4와 IPv6간의 변환 기술에 대하여 연구가 이루어 지고 있다. ngtrans WG에서 제안하는 IPv4와 IPv6간의 변환 기술은 크게 세가지 기법으로 구분 할 수 있다. 첫 번째는 호스트가 IPv4 스텍과 IPv6 스텍을 가지고 IPv4와는 IPv4 스텍을 사용하여 통신하고 IPv6와는 IPv6 스텍을 사용하여 통신하는 기술이다[6]. 두 번째는 터널링[7][8]을 통한 IPv6 호스트들간의 통신 하는 기술이다. 마지막으로 IPv4와 IPv6의 호스트들간 통신을 위한 변환기[4]가 제안되었다. 하지만 위와 같은 변환 기술들은 유선 네트워크의 호스트들을 위한 기법들이다. 따라서 무선 네트워크의 호스트들을 지원하는 Mobile IPv4[2]와 Mobile IPv6[3]와의 변환 기술이 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 IPv4와 IPv6간의 변환 기술들과 Mobile IPv4와 Mobile IPv6의 특징을 소개한다. 3장에서는 Mobile IPv4와 Mobile IPv6간의 변환 메커니즘의 필요성에 대하여 기술하고 본 논문에서 제안하는 Mobile IPv6 네트워크의 모바일 노드와 IPv4 네트워크의 호스트간 통신 방안을 설명한다. 마지막 5장에서는 결론 및 향후연구 계획으로 마무리 한다

2. 관련연구

Mobile IPv4 와 Mobile IPv6는 각각 IPv4 네트워크와 IPv6 네트워크의 모바일 단말들의 이동성을 지원한다.

2.1 Mobile IPv4

Mobile IPv4는 IPv4망에서 노드의 이동성을 지원한

This work was supported by ITRC of MIC and by NCA.

다. 즉, Mobile IPv4 프로토콜을 이용한다면 IPv4 노드는 기존에 수행하고 있던 통신의 끊김없이 망 사이를 자유롭게 이동할 수 있게 된다. Mobile IPv4에서는 모바일 노드(Mobile Node: MN)[2]의 홈 링크에 위치하여 이동노드 대신 패킷을 수신하여 이동노드가 위치한 링크로 패킷을 전달해 주는 홈 에이전트(Home Agent: HA)[2]와 이동노드가 방문한 링크에서 홈 에이전트로부터 전송된 패킷을 받아 이동노드로 전달하는 FA(Foreign Agent)[2]가 필요하다. IPv4 프로토콜 자체는 설계 당시에 이동성이나 확장성 등을 고려하지 않고 설계가 되었다. 따라서 노드의 이동을 지원하는 데에 있어서 부자연스러우며 삼각형 라우팅 문제를 발생 시킨다.

2.2 Mobile IPv6

Mobile IPv6의 동작은 근본적으로 Mobile IPv4에서의 동작과 비슷하다. IPv6 노드가 홈 링크를 벗어나 다른 링크에 접속되면 해당 노드는 방문한 링크에서 사용할 임시주소인 CoA(Care of Address)[3]를 얻게 되며, 이 주소를 자신의 홈 링크상에 위치한 홈 에이전트에게 등록한다. CoA를 홈 에이전트에 등록한 후에 이동노드의 홈 주소를 목적지로 가지는 패킷이 전달되면 홈 에이전트가 이동노드를 대신하여 패킷을 수신한다. 홈 에이전트는 수신한 패킷을 CoA를 목적지로 터널링하여 이동노드가 위치한 링크로 전달하며, 이동노드는 터널링 헤더를 제거하고 원래 패킷을 얻어낸다. 반대로 이동노드가 상대노드로 패킷을 전송할 경우에 최초의 패킷전송은 홈 에이전트로의 역터널링을 거쳐서 상대노드로 전달된다. 이때 상대노드는 RR(Return Routability)[3]라는 방식을 통해 MN의 CoA를 등록하며, 상대노드에 CoA가 등록된 이후에는 두 노드가 홈 에이전트를 거치지 않고 직접 통신을 수행할 수 있다.

2.3 IPv4/IPv6 변환 메커니즘

IPv4/IPv6 변환 메커니즘은 크게 다음과 같이 세가지 기법으로 구분할 수 있다.

▶ Dual Stack

Dua Stack[6]은 단말이 IPv4 프로토콜과 IPv6 프로토콜을 가지고 통신하는 기법이다. 따라서 IPv4와는 IPv4 프로토콜을 사용하여 통신을 하고 IPv6와는 IPv6 프로토콜을 사용하여 통신을 한다.

▶ Tunneling

Tunneling에는 크게 두가지기법으로 분류할 수 있다.

① Automatic Tunneling[7][8]: 이 기법은 IPv6 네트워크에 있는 Dual Stack 호스트가 IPv4 네트워크를 통과하여 다른 IPv6 네트워크에 있는 Dual Stack 호스트와 통신할 때 사용한다. 통신을 하고자 하는 호스트는 발신지와 목적지 주소를 IPv6 compatible 주소 타입으로 구성하여 IPv6 패킷을 만들어 IPv6와 IPv4 경계에 있는 라우터에게 보낸다. 라우터는 IPv6 패킷의 발신지와 목적지의 주소중 IPv4 주소를 뽑아내어 IPv4 패킷을 만들어 터널링하는 기법이다.

② Configured Tunneling[7][8]: 이 기법은 IPv6 네트워크에 있는 IPv6 호스트가 IPv4 네트워크를 통과하여 다른 IPv6 네트워크에 있는 IPv6 호스트와 통신할 때 사용한다. 통신을 하고자 하는 호스트는 IPv6 패킷을 만들어 IPv6와 IPv4 경계에 존재하는 라우터에게 보내면 라우터는 IPv4망을 통과하기 위하여 IPv4 패킷을 만들고 IPv6 패킷은 캡슐링하여 IPv4망을 통과하는 기법이다.

▶ Translator

이 기법은 IPv4 호스트와 IPv6 호스트간 통신을 위한 기법이다. IPv4 호스트에서 IPv6 호스트로의 통신에서는 IPv4 패킷을 경계 라우터가 IPv6 패킷으로 변환하고 IPv6 호스트에서 IPv4 호스트로의 통신에서는 경계 라우터가 IPv6 패킷을 IPv4로 변환하여 통신을 할 수 있게하는 기법이다[4]. 해더변환은 SIIT알고리즘[5]을 사용하여 변환하고 각 연결마다 임시로 할당할 IP 주소는 경계라우터인 NAT-PT(Network Address Translation - Protocol Translation)[4]의 address pool[4]에서 할당한다.

3. 제안 사항

기존의 제안된 변환 메커니즘들은 유선 환경에서의 IPv4 단말과 IPv6 단말간에 통신을 지원하지만 무선 환경에서는 모바일 노드의 이동으로 인해 효율적인 통신을 지원하지 못한다. 왜냐하면 모바일 노드가 이동시 통신하고 있는 CN에게 Binding Update를 해야하지만 Mobile IPv4와 Mobile IPv6간의 변환 메커니즘이 없어 Binding Update를 보낼 수 가 없다. 따라서 Mobile IPv4와 Mobile IPv6간의 변환 메커니즘이 필요하며 본 논문에서는 다양한 모바일 환경중에서 Mobile IPv6 네트워크의 모바일 노드와 IPv4 네트워크의 호스트간 통신 방안을 제안 하였다.

그림 1은 모바일 노드가 자신의 홈 네트워크에 있을

경우 IPv4 네트워크에 있는 IPv4의 CN과의 통신은 BR(Border Router)의 해더 변환 메카니즘을(SIIT) 통해 통신을 할 수 있다. 하지만 그림 2에서 볼 수 있듯이 모바일 노드가 외부망으로 이동시 바인딩 업데이트를 IPv4 네트워크에 있는 IPv4의 CN에게 보낼 수 없으므로 삼각형 라우팅 문제가 발생하여 비효율적인 라우팅이 발생하게 된다.

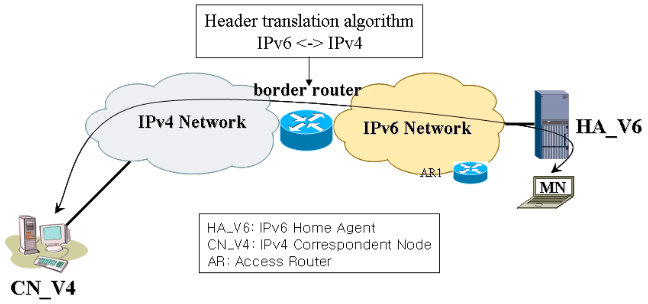

그림 1. Mobile IPv6 네트워크의 모바일 호스트와 IPv4 네트워크의 CN간 통신

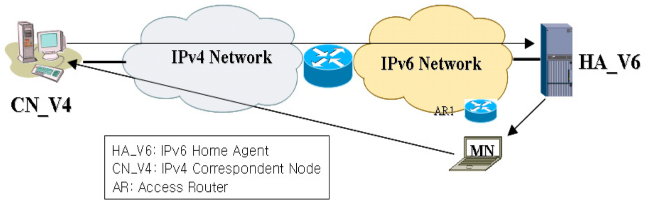

그림 2. 삼각형 라우팅 문제

위와 같은 삼각형 라우팅 문제를 해결하기 위해서는 모바일 노드는 IPv4 네트워크에 있는 호스트에게 Binding Update를 보낼 수 있어야 한다. 하지만 관련연구에서 언급했듯이 Mobile IPv6에서는 CN에게 바인딩 업데이트를 보내기전에 CN과 RR(Return Routability)과정후에 CN에게 바인딩 업데이트를 보낼 수 있지만 IPv4 네트워크에 있는 CN은 RR 과정을 수행 할 수 없다. 모바일 노드가 CN과 RR 과정을 수행 하지 못 하면 그림 2와 같이 삼각형 라우팅을 통해 통신을 할 수 밖에 없다. 따라서 본 논문에서는 IPv4 네트워크와 IPv6 네트워크의 경계에 있는 BR이 IPv4 네트워크의 CN 대신에 RR을 수행 함으로써 경로 최적화를 지원해 줄 수 있는 방안을 제안하였다. 그림 3은 본 논문에서 제안하는 RR 절차를 나타내는 그림이다.

▶ **동작과정**

① MN(Mobile Node)는 HA를 통하여 home keygen token을 얻기 위해 HoTI(Home Test Init)을 보내고 동시에 CN으로 care of keygen token을 얻기 위해 CoTI(Care of Test Init)을 보낸다. HoTI 메시지는 MN의 home address를 CN에 알리는 역할을 하며 home init cookie도 같이 전송하고 다시 리턴 받음으로써 원하는 CN으로 전송 했음을 확인할 수 있다. 또한 CoTI 메시지는 MN의 CoA를 CN에 알리는 역할을 하며 care of init cookie도 같이 전송하고 리턴 받는다.

② HoTI와 CoTI를 받은 BR은 IPv4 네트워크에 있는 CN은 RR 과정을 처리 할 수 없으므로 AAA로부터 CN을 인증을 요청하는 메시지를 보낸다.

③ AAA는 CN에 대한 인증요청에 대한 응답을 보내 CN을 인증한다.

④ BR은 20byte 길이의 랜덤번호를 생성하여 Kcn(security key)를 생성하고 랜덤한 nonce를 생성하여 아래와 같이 Home keygen token과 Care-of keygen token을 생성한다.

- Home keygen token := First(64, HMAC_SHA1 (Kcn, (home address | nonce | 0)))
- Care-of keygen token := First(64, HMAC_SHA 1(Kcn, (CoA | nonce | 0)))

생성한 Home keygen token은 HoT(Home Test) 메시지에 포함하여 HA를통해 MN으로 전달 되고 Care-of keygen token은 MN로 직접 CoT(Care of Test) 메시지에 포함하여 전달되고 RR 과정을 마치게 된다.

⑤ RR 과정을 마친 MN는 정상적으로 CN에게 바인딩 업데이트를 보낼 수 있으며 경로최적화를 이룰 수 있다. 이때 BR은 3.1절에서 설명하는 Mobility 헤더변환 알고리즘을 통하여 Mobile IPv6의 Binding Update 메시지를 Mobile IPv4의 Registration Request메시지로 변환 할 수 있다.

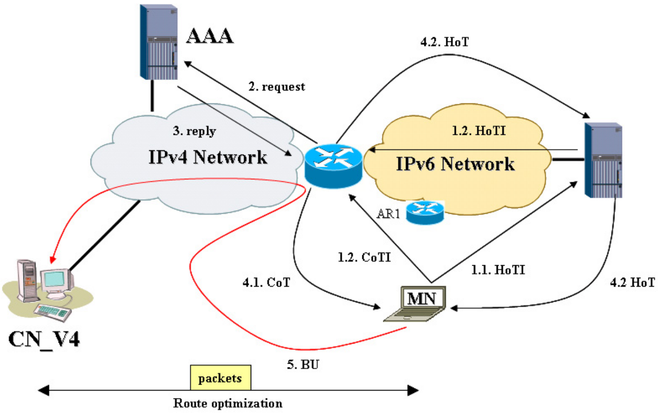

그림3. IPv6 네트워크 모바일 노드와 IPv4 네트워크의 호스트간 경로최적화

3.1 Mobility 헤더 변환 알고리즘

3.1.2 Binding Update 알고리즘

Mobile IPv6 Binding Update 메시지를 Mobile IPv4의 Registration Request 메시지로 변환 하는 알고리즘은 그림 4와 같다. 모바일 노드가 자신의 홈망에서 외부망으로 이동하여 Binding Update를 IPv6 네트워크와 IPv4 네트워크의 BR로 보내면 BR은 그림 4와 같이 헤더변환을 한다.

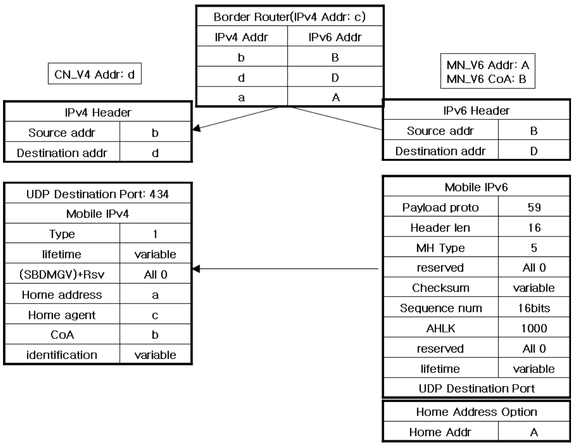

그림4. Binding Update 변환 알고리즘

① IPv4/IPv6 헤더변환 : SIIT 알고리즘을 사용하여 변환
② Mobile IPv4/Mobile IPv6 헤더변환
- UDP destination port: Mobile Header를 의미하는 434 삽입
- Type: Registration Request 메시지를 의미하는 3을 삽입
- lifetime: Mobile IPv6의 lifetime 값으로 삽입
- flags: 모두 0으로 할당
- Home address: BR의 맵핑테이블에서 할당한 값 삽입
- Home Agent: BR의 맵핑테이블에서 할당한 값 삽입
- CoA: BR의 맵핑테이블에서 할당한 값 삽입
- Identificationr: BR로부터 할당 받은 값 삽입

3.1.3 Binding Acknowledgment 변환 알고리즘

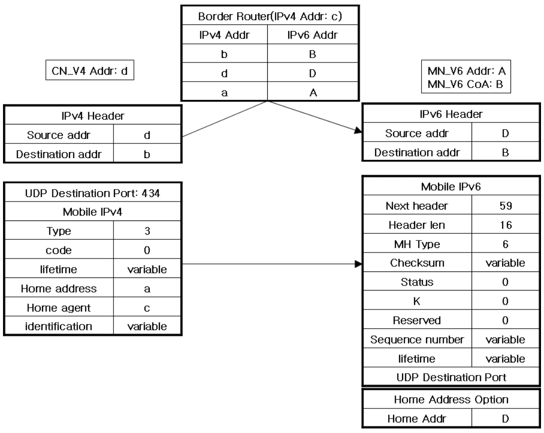

그림5. Binding Acknowledgment 변환 알고리즘

Mobile IPv4의 Registration Reply 메시지를 Mobile IPv6의 Binding Acknowledgment 메시지로 변환하는 알고리즘은 그림5와 같다.

① IPv4/IPv6 헤더변환 : SIIT 알고리즘을 사용하여 변환
② Mobile IPv4/Mobile IPv6 헤더변환
- Next header: Mobility Header를 의미하는 59 삽입
- Header len: 128bits ÷ 8bits = 16 삽입
- MH Type: Binding Ack 메시지를 의미하는 6 삽입
- Checksum: 계산 후 값 삽입
- Status: Binding Update가 받아들여짐(0)
- K: MN과 HA에서만 사용(0)
- sequence number: BR로부터 할당 받은 값 삽입
- lifetime: Mobile IPv4의 lifetime 값으로 삽입

4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 Mobile IPv6 네트워크에 있는 모바일 단말이 IPv4 네트워크에 있는 호스트와 통신시 발생하는 삼각형 라우팅 문제를 설명하였고 이를 해결하는 방안으로 Border Router를 통한 RR을 수행하고 해더 변환을 통해 Mobile IPv6 모바일 노드와 IPv4 네트워크의 호스트간 경로 최적화를 이룰 수 있는 방안을 제안 하였다.

향후 과제로는 Border Router와 AAA간의 인증 절차에대한 정의와 여러 가지 네트워크 상황에서의 Mobile IPv4와 Mobile IPv6간의 변환 메커니즘들을 정의하고 구현을 통한 검증이 필요하다.

참고문헌

[1] Deering, S. and 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", RFC 3775, June 2004.
[4] G.Tsirtsis, et al., "Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)", RFC 2766,February 2000
[5] E. Nordmark., "Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT).", RFC 2765, February 2000.
[6] K. Tsuchiya, H. Higuchi, Y. Atarashi., "Dual Stack Hosts using the "Bump-In-the-Stack" Technique (BIS).", RFC 2767, February 2000.
[7] C. Huitema, R. Austein, S. Satapati, R. van der Pol., "Evaluation of IPv6 Transition Mechanisms for Unmanaged Networks.", September 2004.
[8] D. Black., "Differentiated Services and Tunnels.", RFC 2983, October 2000.