

이동 환경에서 전이 메커니즘 지원을 위한 확장된 NAT-PT 설계 및 구현

황인준, 권금연, 강현국
고려대학교 전자정보공학과
hwangij@korea.ac.kr

Design and Implementation of the extended NAT-PT for supporting transition mechanism over mobile environments

In-Jun Hwang, Keum-Youn Kwon, Hyun-Kook Kahng
Dept. of Electronics and Information, Korea University

요 약

본 논문은 이동 환경에서 전이 메커니즘을 통한 이동성 관리 방법으로서, 확장된 NAT-PT 메커니즘을 설계하고, 요구 사항들에 대해 분석하였다. 그리고 실제 망 적용 검사를 위해, FreeBSD 기반의 테스트베드를 구성하여 실험해 보았다. 본 논문에서 제안된 메커니즘은 이동 환경에서 이동 노드의 이동 여부를 감지하고, 이동시 생성되는 의탁 주소를 동적으로 가져와, 이동 노드와의 연결성을 유지할 수 있도록 제안한다. 그리하여, 확장된 NAT-PT는 상대 노드와 이동 노드 사이의 터널링을 감소시킴으로써, 두 노드 간 통신의 효율성을 증가시킬 수 있도록 하였다. 본 논문의 마지막에는 제안한 메커니즘을 실험하여 결과를 보였다.

1. 서론

현재 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 홈 네트워크가 차세대 인터넷 기술로 부각되고 있으며, 이러한 차세대 통신 환경에서 IP가 고정적으로 내장된 가전제품의 사용이 필수적이 될 것으로 예상된다. 그러나 현재의 IPv4를 계속 사용한다면, 주소 부족에 대한 문제점뿐만 아니라 성능, 보안 등의 문제점으로 인해 많은 어려움이 예상된다. 그렇기 때문에 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6로의 전이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 더불어, 이동 단말의 경우 무선 환경에서 인터넷 데이터 서비스를 요구하게 되었고, 이를 위해 IPv6에 이동성을 지원하는 MIPv6에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 그러나 IPv4에서 IPv6로의 전이 단계에서는 MIPv6를 사용하여 이동 단말의 이동성을 지원해 줄 수가 없다. 왜냐하면, IPv4 단말이 MIPv6 패킷을 해석할 수가 없기 때문이다. 따라서 IPv4와 IPv6의 통

신에 이동성을 지원해 주기 위한 메커니즘이 요구된다. 본 논문에서는 IPv4와 IPv6간의 통신에서 IPv6의 이동성을 지원하기 위해 기존의 NAT-PT에 이동 노드의 이동을 관리 할 수 있는 기능을 추가하여 이동 노드와 상대 노드와의 통신에서 터널링을 줄여 통신효율을 증가시킬 수 있는 메커니즘을 제안한다.

2. 관련 연구

본 논문에서 기본적으로 요구되는 메커니즘인 MIPv6와 NAT-PT에 대해 살펴보겠다.

2.1 Mobile IPv6 (MIPv6)

이동 노드는 홈 망에서 또는 외부 망에서도 자신의 홈 주소로 통신할 수 있어야 한다. 이를 위해 IPv6에는 주소 자동 설정 기능과 이웃 발견 등 이동성 지원에 관련된 기능을 자체적으로 가지고 있어 IPv4에서 보다 간단한 방법으로 이동성을 지원할 수 있다. 이동 노드가 홈 망에 있을 때는 자신의 홈 주

* 본 연구는 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음

소로 일반적인 인터넷 라우팅 메커니즘을 사용하여 통신을 하지만 이동 노드가 외부 망으로 이동을 했을 때는 이동 노드가 이동탐지를 하고, 의탁 주소를 획득하기 위해 주소 자동 설정과 이웃 발견 기능을 이용할 수 있다. 이로 인해, IPv6는 이동성 지원을 위한 외부 에이전트(Foreign Agent)를 필요로 하지 않는다. IPv6에서 자체적으로 이동성을 지원하기 위한 구조를 가지고 있지만 TCP와 같은 상위 계층 프로토콜에 투명하게 이동성을 지원하기 위해서는 추가적으로 MIPv6가 사용되어야 한다. MIPv6에서는 IPv6 노드들이 이동 노드와 통신하면서 이동 노드의 바인딩 정보를 동적으로 알아내고 저장하기 위해서 새로운 홈 주소 목적지 옵션(Home Address Destination option)을 정의함으로써 IPv6 노드는 터널링을 사용하지 않으면서 TCP와 같은 상위 계층과의 연결을 유지한다.

2.2 NAT-PT

NAT-PT는 서로 다른 망, 즉 IPv4 망과 IPv6 망 사이의 상호 통신을 지원하는 변환 메커니즘이다. 즉 순수하게 IPv4 주소만 사용되는 망과 IPv6 주소만 사용되는 망 사이에서의 통신을 위해 필요한 변환 기술로써 일반적으로 이중 스택을 사용하는 환경에서는 적용되지 않는다. IPv4 패킷과 IPv6 패킷 형식이 서로 다르기 때문에 상호 통신을 하기 위해서는 두 망의 경계 지점에서 패킷 변환을 해야 한다. 즉 목적지 네트워크에 적합하도록 수신 데이터그램의 네트워크 프로토콜 변환과, 트랜스포트 프로토콜 변환을 수행하고, IP 주소 정보를 사용하는 응용 레벨 프로토콜을 변환해준다. IPv4, IPv6망 사이에서 변환기는 공인 IP를 가지고 IPv6 망의 사용자가 IPv4 망으로 통신하고자 할 경우 주소를 매핑 및 변경하여 IPv6 주소를 IPv4 주소로 변환하게 된다. 이때 IPv4 주소 풀(address pool)을 사용하여 IPv6 주소에 대응하는 IPv4 주소를 할당한다. IPv4-IPv6 매핑하는 역할은 NAT 모듈이 담당하며, 서로 다른 패킷 헤더를 변경하는 기능은 PT모듈에서 담당하게 된다.

3. 확장된 변환 메커니즘

NAT-PT 환경에서 이동성 지원을 위해, IPv6 이동 노드가 IPv4 네트워크의 상대 노드와 기존의 통신을 유지하기 위하여, NAT-PT는 이동 노드가 홈 에이전트에게 전송하는 바인딩 업데이트 메시지를 검출하여 해석할 수 있어야 한다. 따라서 현재의

NAT-PT 메커니즘에서의 수신된 IPv6/IPv4 패킷의 헤더를 IPv4/IPv6 패킷의 헤더로 변환 해주는 기능 이외에 추가적인 기능이 필요하다. 이에 따라 이동 노드의 이동을 감지하여 이동할 때마다 이동 노드가 생성하는 의탁 주소를 가져와 매핑 테이블에 저장하고 유지 하며, 이동 노드의 이동을 관리한다. 그리고 상대 노드와 이동 노드 사이에서 터널링을 통해 전달되는 패킷의 경로를 줄일 수 있도록 기능을 추가한 메커니즘을 설계한다. 본 논문에서 제안하는 메커니즘은 이동 노드와 홈 에이전트가 NAT-PT의 하부 망에 존재하며, 이동노드는 NAT-PT의 하부 망 내에서만 이동하는 것을 전제로 한다. 이 메커니즘을 위해 필요한 세부 기능은 다음과 같다.

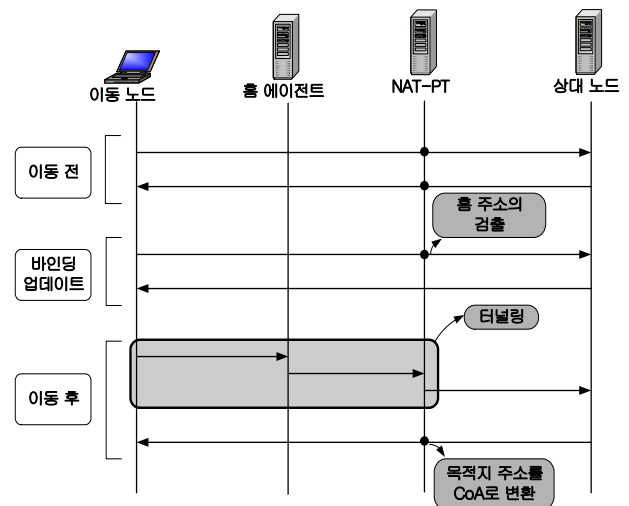


그림 1 확장된 NAT-PT의 패킷 흐름

3.1 바인딩 업데이트 메시지의 검출

이동 노드가 이동할 때마다 생성하는 주소(의탁 주소)로 매핑 테이블을 바꿔주기 위해서 이동 노드가 이동 후에 홈 에이전트로 전송하는 바인딩 업데이트 메시지를 인식할 수 있어야 한다. 그리하여, NAT-PT는 이동 노드가 이동했음을 알 수 있다. 또한 이 메시지를 가로채어 소스 주소와 홈 주소 목적지 옵션 헤더에서 의탁 주소와 홈 주소를 각각 알아낼 수 있다.

먼저, NAT-PT를 통해 지나가는 모든 패킷의 확장헤더의 유무를 검사한다. 이동성 헤더가 있는 패킷은, 헤더의 이동성 메시지의 종류를 판별하여, 바인딩 업데이트 메시지이면, 홈 주소 목적지 옵션에 저장되어 있는 홈 주소를 찾아 PCV 구조체에 복사하고, 가로챈 패킷은 홈 에이전트에게 그대로 전달한다.

3.2 매핑 테이블에 의탁 주소 추가

위 3.1절에서 알아낸 의탁 주소와 홈 주소를 이용해 헤싱 값을 계산하고, 상대 노드가 이동 노드에게 전송하는 패킷을 변환하기 위해 NAT-PT에서 유지하던 매핑 테이블을 찾아 알아낸 이동 노드의 의탁 주소를 매핑 테이블에 저장한다.

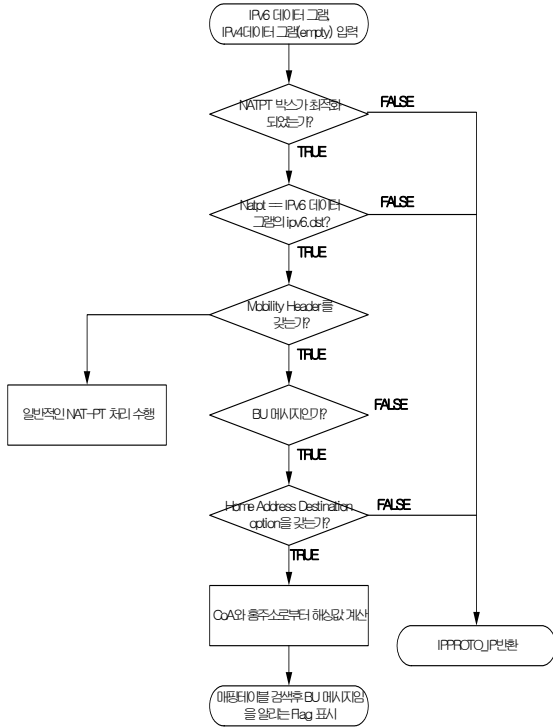


그림 2 3.1, 3.2의 패킷 처리 순서도

3.3 패킷 변환

상대 노드가 이동 노드에게 전달한 패킷을 IPv6 패킷으로 변환하기 위해 일반적인 NAT-PT의 패킷 처리과정으로 매핑 테이블을 찾은 뒤, 해당 구조체 안에 의탁 주소가 저장되어 있다면, 소스 주소를 그 주소로 갱신한다.

3.4 HoTI, CoTI의 처리

확장된 NAT-PT에서는 이동 노드가 상대 노드에게 전달하는 HoTI, CoTI 메시지는 무시한다. HoTI 및 CoTI에 대한 응답을 NAT-PT가 대신하여 전송한다면 유지해야 하는 자료들의 증가와, 데이터의 처리로 인한 NAT-PT의 오버헤드가 증가하여 NAT-PT의 효율성에 대한 문제가 발생하게 된다. 또한, 이동 노드에서 CoTI, HoTI 메시지 전송에 대한 기능을 삭제 한다면, 이동 노드가 IPv6 망으로 이동했을 때, 이동성을 지원할 수 없게 되므로 HoTI, CoTI메시지 전송은 계속 하도록 한다.

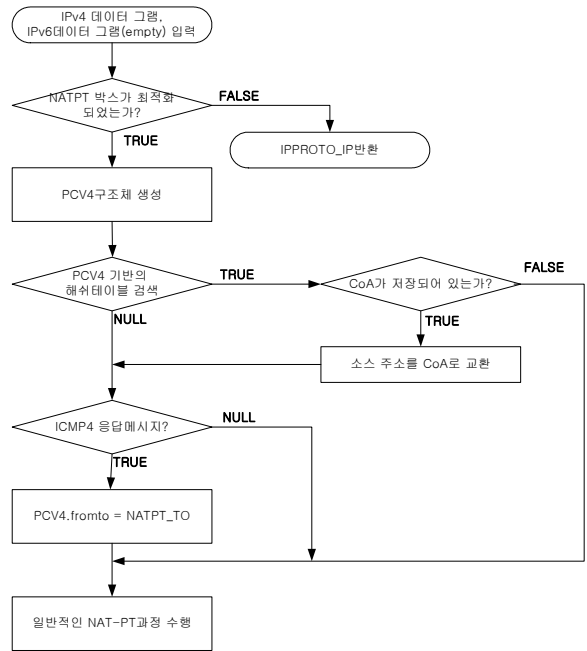


그림 3 3.3절에서의 패킷 처리 순서도

4. 실험

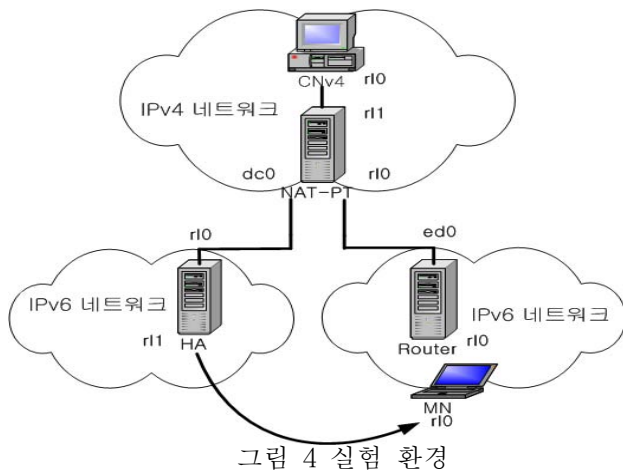
3장의 연구 결과를 토대로 확장된 NAT-PT를 구현하여 실험하였다.

4.1 실험 환경

실험 망 구성은 그림 5와 같고, 다음은 실험에서 사용된 운영체제 및 IPv6 스택 그리고 각 노드 당 인터페이스에 대한 주소 정보를 보여준다.

운영체제 : freeBSD 4.7
 IPv6 stack : KAME 20030217 snap
 주소 정보

노드	인터페이스	주소
CN	r10	213.213.213.167
NAT-PT	r11	213.213.213.213
	dc0	3ffe:adf:adf:adf:1:ff:fe00:8c41
	r10	3ffe:1234:1234:1234:202:44ff:fe61:65d6
HA	r10	3ffe:adf:adf:adf:2c1:26ff:fe03:45ef
	r11	3ffe:213:213:213:2c1:26ff:fe07:d280
MN	r10	3ffe:213:213:213:2c1:26ff:fe0b:6f1a(HoA)
		3ffe:abcd:abcd:abcd:26ff:fe0b:6f1a(CoA)
Router	ed0	3ffe:1234:1234:1234:250:ceff:fe08:c8d5
	r10	3ffe:abcd:abcd:abcd:202:44ff:fe61:842d



4.2 실험 내용

본 실험은 일반적인 NAT-PT와 확장된 NAT-PT에서의 이동 노드(MN)와 상대 노드(CN)의 핑(ping) 테스트를 통하여, 통신 시간의 단축됨을 보임으로써 통신 속도의 향상을 보여주고자 한다.

4.2.1 일반적인 NAT-PT

일반적인 NAT-PT 환경에서는 이동 노드는 상대 노드와의 통신 중 외부 망으로 이동하였을 때, 홈망의 홈 에이전트를 통해서 기존의 통신을 유지한다.

MN 송신: MN의 CoA → HA(HoA) → NAT-PT → CN
 MN 수신: CN → NAT-PT → HA(HoA) → MN의 CoA

4.2.2 확장된 NAT-PT

확장된 NAT-PT 환경에서는 이동 노드가 상대 노드와 통신 중 외부 망으로 이동하였을 때, NAT-PT가 이동 노드의 이동을 감지하여 이동 노드로의 패킷 송신 시 이동 노드의 의탁주소로 보낸다.

MN 송신: MN의 CoA → HA(HoA) → NAT-PT → CN
 MN 수신: CN → NAT-PT → MN의 CoA

4.3 실험 결과 분석

다음은 실험 결과 이동 노드와 상대 노드 사이에서 Ping Test를 했을 때의 결과를 나타낸 것이다.

일반적인 NAT-PT

- 105 packets transmitted, 98 packets received, 6% packet loss
- round-trip min/avg/max/std-dev = 0.328/0.870/1.624/0.129 ms

확장된 NAT-PT

- 105 packets transmitted, 97 packets received, 7% packet loss
- round-trip min/avg/max/std-dev = 0.765/1.027/3.744/0.285 ms

위 결과를 통하여, 제안된 메커니즘을 적용한 NAT-PT에서 이동 노드와 상대 노드 사이의 터널링을 단축시킬 수는 있었으나, NAT-PT에서 유지하

고 처리해야하는 데이터의 양이 늘어남으로서 결과적으로 통신이 느려짐을 알 수 있다.

4.4 실험의 한계

본 논문에서 제안한 메커니즘은 이동 노드가 상대 노드에게 전송하는 패킷에 대해서는 경로 최적화를 지원하지 않는다. 즉, 상대 노드가 이동 노드에게 전달하는 패킷에 대한 경로 최적화는 지원하지 않지만, 이동 노드가 상대 노드에게 전송하는 패킷은 터널링으로 홈 에이전트를 거쳐 상대 노드에게 전달된다. 이동 노드와 상대 노드와의 완전한 경로 최적화를 위해서는 NAT-PT가 상대 노드를 대신하여 HoTI와 CoTI 메시지에 대한 응답으로 HoT와 CoT를 전송하여 이동 노드와 상대노드와의 최적화된 경로를 지원할 수 있다. 또한 본 논문에서 제안한 메커니즘은 이동 노드가 NAT-PT 하위 망에서의 이동만을 지원하기 때문에 NAT-PT의 하위 망을 벗어난 곳으로 이동은 지원하지 못한다. 따라서 다른 NAT-PT 망으로 이동 했을 때도, 이동성을 지원해주기 위한 연구가 필요하다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문은 이동 노드가 이동할 때마다 NAT-PT에서 이를 감지하여 이동 노드와 상대 노드사이에서 발생하는 터널링을 줄여 통신 속도를 향상 시키도록 하는 것이 목적이다. 제안한 메커니즘을 적용하여 테스트 베드를 구축하고 실험하여, 일반 NAT-PT 환경에서 이동 노드와 상대 노드와의 통신을 비교하여 효율성을 검증하였다. 앞으로 위에서 언급한 한계점들을 극복할 수 있는 보다 향상된 메커니즘에 대한 연구를 계속 수행해나갈 것이다.

참고문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", draft-ietf-mobile-ipv6-24.txt. June 30, 2003
- [2] G. Tsirtsis, P. Srisuresh, "Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)", RFC 2766, February, 2000
- [3] S.Deering, B.Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998.
- [4] C. Perkins "IP mobility Support", RFC 2002, Oct. 1996.
- [4] P. Engelstad "Requirements to mobility while transitioning from IPv4 to IPv6.", draft-engelstad-ngtrans-mobility-requirements-00.txt . December 22, 2003