

IPv6망에서 DSTM을 이용한 IPv4 서비스 제공방안

이승민¹, 민상원¹, 이숙영², 신명기², 김용진²

1. 방운대학교 전자통신공학과
2. 한국전자통신연구원 차세대인터넷표준연구팀
smlee@explore.kwangwoon.ac.kr

Support of IPv4 Service using the DSTM in IPv6 Networks

Seung-Min Lee¹, Sang-Won Min¹, Sook-Young Lee², Myung-Ki Shin², Yong-Jin Kim²

1. Dept. of Telecommunications Engineering, Kwangwoon University
2. Next Generation Internet Standards Research Team, ETRI

요 약

IPv6 초기 도입단계에서는 IPv4와 IPv6 (Internet protocol version 6)의 혼용이 예상됨에 따라 초기 IPv6 네트워크는 기존 IPv4와의 연동 및 호환을 위해 트랜지션 (transition) 메커니즘과 상호공존 (coexistence mechanism) 메커니즘을 필요로 한다. 이를 위해 다양한 트랜지션 메커니즘들이 제안되고 있는데 크게 터널링 (tunneling)과 변환 (translation) 방식으로 구분할 수 있다. 본 논문은 이러한 메커니즘 중에서 터널링을 이용한 DSTM (dual stack transition mechanism)을 분석한 후 제안된 DSTM의 각 연결별 임시 IPv4 주소할당에 대한 비합리적인 문제점을 개선한 모델을 제시하였다. 본 논문에서 제안한 모델은 기존의 NAT (network address translation) 방식과 유사하게 단일 IPv4 주소와 포트 넘버를 이용하여 각 연결을 식별할 수 있도록 한다. 그리고 DSTM 시스템 구현을 위한 효율적인 알고리즘 설계를 통해 IPv4 패킷을 IPv6 패킷으로 캡슐화 (encapsulation)하여 전송할 수 있는 인터페이스를 구현하여 결과를 분석하였다.

1. 서 론

현재 인터넷 환경에서 주소와 라우팅 기능을 담당하고 있는 IPv4 프로토콜은 32비트로 구성된 클래스 기반의 주소 체계를 가지고 있다. 이러한 주소체계는 인터넷 주소 할당 과정에서 수요에 따른 정확한 주소 분배가 어렵다. 그리고 인터넷의 기하급수적인 성장에 따른 IP 주소의 급격한 증가 때문에 향후 이동 통신 및 홈 네트워크, 그리고 정보가전 등에서 요구하는 주소 수요를 충족시킬 수 없게 되었다. 또한 기존의 IPv4 프로토콜은 최근 이슈가 되고 있는 보안 문제와 QoS, 그리고 향후 서비스 예정인 이종 통신네트워크들과의 연동에 한계가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 IPv4의 주소고갈 문제를 해결하고 새로운 서비스들을 수용할 수 있도록 IPv6를 개발하여 발표하였다[1].

IPv6는 기존의 IPv4의 기능들을 그대로 수용하면서 급진적으로 발전하는 인터넷 통신 기술을 수용할 수 있도록 설계되었으며, 향후 서비스되는 통신 기술들이 주소 부분에 있어서 IPv6를 수용할 수 있도록 호환성도 고려하여 개발되었다. 그러나 IPv6가 기존의 IPv4의 문제점들을 개선하여 더 나은 성능을 제공하는 프로토콜임에도 불구하고 기존의 IPv4 네트워크를 일시에 대체하기에는 어려움이 있다[2]. 따라서 완전한 IPv6 네트워크 도입까지는 IPv4 네트워크와 IPv6 네트워크의 연동을 위해 트랜지션 메커니즘을 사용한 과도기적 솔루션을 필요로 한다. 이를 위해 다양한 트랜지션 메커니즘을 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있는데, 트랜지션 메커니즘은 크게 터널링과 변환기를 이용한 메커니즘으로 구분될 수 있다[3].

터널링 방식은 서로 다른 IP 버전이 운용되고 있는 두 네트워크간의 패킷전송을 위해 터널을 설정한 후 터널링 구간의 네트워크에서 운용되는 IP 버전의 패킷으로 원래의

패킷을 캡슐화하여 전송하는 방식이다. 그리고 변환기를 이용한 방식은 IPv4와 IPv6간의 터널링 없이 두 네트워크 사이의 변환기를 통해 자신의 패킷을 그대로 상대방 네트워크로 전송하는 방식이다[3].

본 논문은 제안된 다양한 트랜지션 메커니즘 중에서 터널링을 이용한 방식으로 아직 표준으로는 발표되지 않고 있지만 효율적인 트랜지션 메커니즘으로 예상되고 있는 DSTM에 대해 분석하였다. 그러나 제안된 DSTM은 임시 주소할당에 비합리적인 문제점이 있기 때문에, 본 논문에서는 좀 더 효율적인 IPv4 주소 관리를 위해 기존의 알고리즘을 개선한 포트 변환 알고리즘을 이용한 모델을 제시하였다. 이를 위해 2절에서는 DSTM의 기본 알고리즘에 대해 분석하였고, 3절에서는 포트변환 기능이 추가된 DSTM 알고리즘에 대해 제안한 후, 4절 결론에서 실제 구현을 위한 세부 알고리즘을 설계하였다.

2. DSTM 동작

DSTM은 듀얼 스택이지만 IPv6 주소만을 가지는 IPv6 호스트가 외부 네트워크의 IPv4 호스트와 연결될 수 있도록 DSTM 도메인을 통해 경계 라우터까지 다이내믹 IPv4-in-IPv6 터널링을 구성한다. 그리고 듀얼스택 IPv6 호스트에게 IPv4 패킷 전송에 필요한 임시 global IPv4 주소들을 할당한다[4]. 따라서 DSTM은 IPv6 호스트가 IPv4-only 호스트들과 통신할 수 있고, IPv4-only 애플리케이션들이 IPv6 호스트에서 변형없이 사용될 수 있다. 그리고 라우터들은 IPv6 네트워크를 거쳐가는 IPv4 패킷들에 대해 IPv6 라우팅 테이블만을 유지하기 때문에 IPv6 도입에 따른 네트워크 관리를 단순화시킬 수 있다는 장점이 있다[4]. DSTM의 세부적인 동작 설계를 위해 그림 1과 같이 IPv4/IPv6 듀얼스택 호스트와 IPv4-only 호스트사이의 아웃바운드 세션의 패킷전송을 단계별로 고찰하였다.

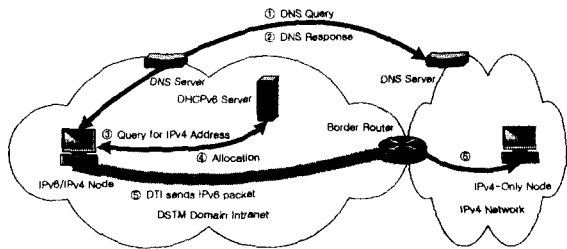


그림 1. DSTM을 이용한 패킷 전송

- ① IPv4/IPv6 듀얼스택의 IPv6 호스트가 IPv4-only 호스트의 IPv4 주소를 획득하기 위해 DNS 네임의 "A" RR (resource record)에 대한 query 메시지를 전송한다.
- ② IPv4-only 호스트의 naming을 관리하는 DNSv4 서버는 query 메시지에서 찾은 IPv4 주소로 응답한다.
- ③ 애플리케이션은 첫 IPv4 패킷을 DTI (dynamic tunneling interface) 인터페이스로 전송하는데 애플리케이션이 IPv6로 컴파일되어 있는 경우에는 IPv4-mapped 주소를 사용한다. 그러나 듀얼스택의 IPv6 호스트는 처음 패킷을 보내는 경우에는 IPv4 주소를 필요로 하기 때문에 IPv4 주소를 획득하기 위해서 DHCPv6를 사용하여 DHCPv6 서버에게 query 메시지를 보낸다.
- ④ Query 메시지를 받은 서버는 클라이언트의 위치를 파악하고 임시 IPv4 global 주소를 제공한다.
- ⑤ DTI는 IPv4 패킷을 IPv6 패킷으로 캡슐화하여 TEP (tunnel end point)에 전송한다.
- ⑥ IPv6 패킷을 전송받은 경계 라우터는 패킷을 IPv4 패킷으로 복원하여 목적지로 포워딩한 후 듀얼스택 호스트의 IPv4 주소와 IPv6 주소정보를 저장한다.

2.1. DTI

DSTM 호스트는 IPv4 패킷을 IPv6 패킷으로 캡슐화하여 TEP로 전송하고 TEP에서는 패킷을 다시 복원하여 IPv4 네트워크로 전송하는데 패킷의 캡슐화는 DSTM 호스트의 DTI에서 수행된다[4]. 이 때 캡슐화 방식은 현재 구축되어 있는 IPv4 네트워크 환경에서의 IPv6-in-IPv4 캡슐화 방식이 아닌 IPv4 패킷을 IPv6 패킷으로 캡슐화하는 그림 2의 IPv4-in-Pv6 방식이다[5].

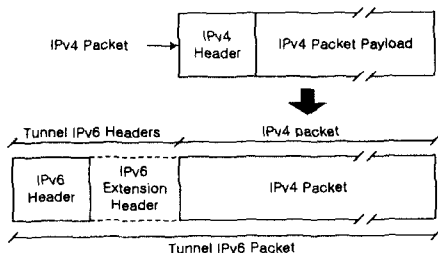


그림 2. Packet encapsulation

IPv6 터널 패킷이 IPv6 목적지에 도달하면 IPv6 헤더는 제거되고 IPv4 계층에 의해 처리된다. 그리고 DSTM 경계 라우터는 IPv4와 IPv6 source 주소간의 매핑 정보를 저장한다. DTI가 IPv4 패킷을 IPv6 패킷으로 캡슐화할 때 DTI는 목적지

TEP IPv6 주소를 결정하여야 한다. TEP는 목적지가 호스트일 수도 있고, 목적지 호스트가 IPv4-only 호스트인 경우에는 IPv4/IPv6 DSTM 도메인 경계 라우터의 IPv6 주소일 수 있다. 그리고 TEP는 DSTM 호스트가 IPv4-mapped IPv6 주소를 받는 경우에는 DHCPv6 서버에 의해 제공되어야 하지만 DSTM 호스트는 IPv6 초기 도입시에 TEP를 static하게 구성할 수도 있다.

2.2. DHCPv6

DSTM은 DHCPv6 서버와 DHCPv6 클라이언트간의 통신이 가능하도록 DHCPv6 서비스들을 사용한다. 따라서 DSTM이 필요로 하는 주소 요구 및 할당 기능을 위해 DSTM은 기존의 DHCPv6에 새로운 extension을 정의하고 있다. 따라서 DHCPv6 클라이언트는 DHCPv6 Request 메시지의 옵션을 좀 더 구체화함으로써 자신이 원하는 파라미터들을 요청할 수 있는데 이 새로운 DSTM 옵션은 서버가 클라이언트에게 IPv4-mapped IPv6 address를 할당하도록 요청하는 기능을 수행한다. DHCPv6 IPv4 주소 옵션은 DHCPv6 클라이언트가 이 옵션 다음의 IA (identity association) 옵션을 수신하게 되는 경우 IA 옵션 안에 IPv4-mapped address가 포함되어 있다는 것을 알리는 기능을 수행하고 서버가 이 옵션을 수신하는 경우에는 클라이언트의 IPv4-mapped IPv6 address 할당 요구라는 것을 서버에게 알리는 기능을 수행한다. 이러한 두 기능 외에 DHCP IPv4 주소 옵션은 IPv4 패킷을 IPv6로 캡슐화하기 위해 필요한 TEP의 IPv6 주소를 제공한다[6].

3. DSTM 개선 모델

본 논문에서 제안한 효율적인 IPv4 주소관리를 위한 DSTM 모델은 그림 3과 같이 DHCPv6를 이용하는 다이나믹한 IPv4 주소 할당 대신에 하나의 IPv4 주소를 사용하고 포트 번호로 호스트를 식별하는 방식이다.

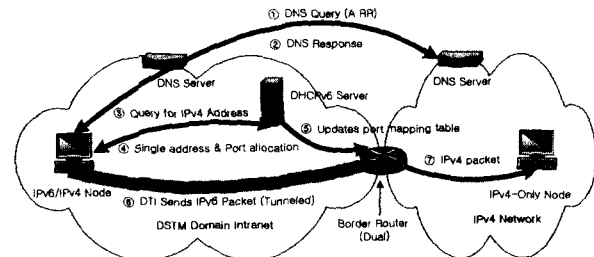


그림 3. 포트 변환을 이용한 DSTM 개선 알고리즘

기존에 제안된 DSTM 모델은 IPv6의 가장 큰 특징이 부족한 IPv4 주소 문제점을 해결하고자 한다는 점에서 각 연결별로 임시 IPv4 주소를 할당하는 방식은 비합리적이다. 따라서 기존의 NAT와 유사하게 IPv6 네트워크에 하나의 임시 IPv4 주소를 할당하는 대신에, 각 연결을 63K의 포트 번호로 식별함으로써 IP 주소를 효율적으로 사용할 수 있다. 이를 위해 그림 3과 같이 듀얼 스택 IPv6 호스트가 DHCPv6 서버에게 패킷 전송을 위해 IPv4 패킷의 소스 주소를 요청하면 DHCPv6 서버는 single IPv4 주소와 할당되지 않은 포트 번호를 할당한다. 이 때 같은 연결의 인바운드 세션의 식별을 위해 경계 라우터에서는 할당된 포트 번호에 대한 매핑 테이블을 유지하여 IPv6 호스트와 IPv4 호스트가 연결될 수 있도록 한다.

4. 시스템 구현

제안된 DSTM 개선 모델은 앞서 설명한 바와 같이 DHCPv6 서버와 호스트간의 상호 연동이 필요하다. 그러나 현재 DHCPv6가 아직 표준이 발표되지 않았고 구현된 시스템이 없기 때문에, 본 논문에서는 DHCPv6의 주소할당 기능을 수동으로 설정하여 IPv4 패킷을 목적지까지 IPv6 패킷으로 캡슐화하는 방식으로 리눅스 기반의 시스템을 구현하였다. 이를 위해 할당된 임시 IPv4 주소를 이용하여 IPv6 패킷으로 캡슐화하는 기능을 수행하는 그림 4의 송신부와 원래의 IPv4 패킷으로 복원을 위한 그림 5의 구조를 가지는 수신부 기능을 수행하는 새로운 인터페이스를 설계하였다.

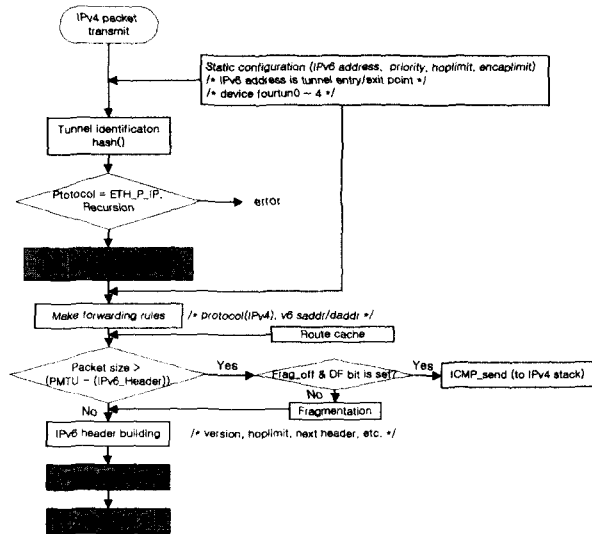


그림 4. DTI 인터페이스 모듈의 송신부

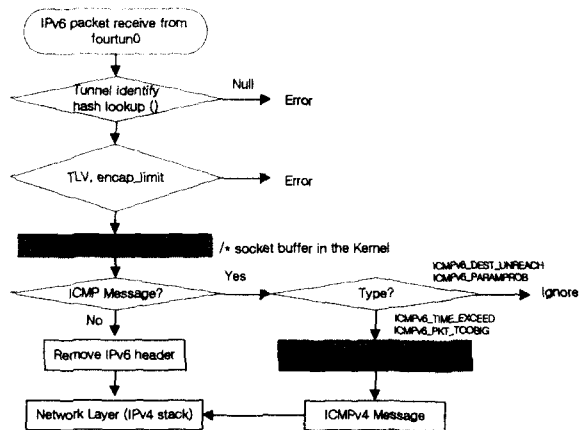


그림 5. DTI 인터페이스 모듈의 수신부

구현된 시스템의 실험을 위해 그림 6과 같이 IPv6 호스트에서 IPv4 호스트까지 ICMP echo request/reply를 응용한 ping 명령어를 사용하여 실험하였다. 분석한 결과 IPv4 echo request 패킷이 fourtun0 인터페이스에서 캡슐화되어 eth0 인터페이스를 통해 목적지까지 전달된 후 다시 IPv4 패킷으로

복원되어 전달되는 것을 확인할 수 있다.

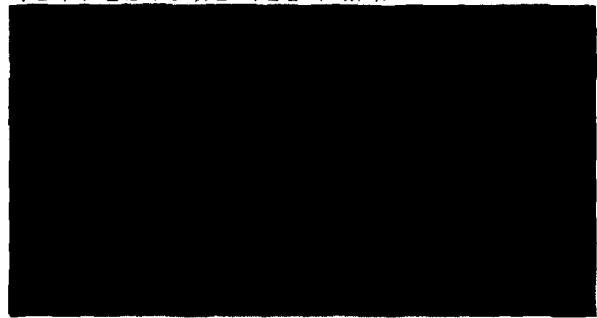


그림 6. 실험 결과

5. 결론 및 고찰

초기 IPv6 네트워크와 IPv4 네트워크의 연동을 위한 과도기적 솔루션으로서 다양한 트랜지션 메커니즘이 제안되고 있다. 현재 제안된 트랜지션 메커니즘 중에서 표준으로 확정된 NAT-PT (network address translation - protocol translation)와 SIIT (stateless IP/ICMP translation) 메커니즘 등은 변환기를 이용한 방식이기 때문에 기존의 NAT가 가지는 단점들을 가지고 있다. 이러한 변환 방식 이외에 최근 제안된 터널링을 이용한 DSTM이 광범위한 솔루션으로서 인식되고 있지만 DSTM 또한 각 연결별 임시 IPv4 주소 할당에 대한 비합리적인 문제점이 지적되고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존에 제안된 IPv4 주소할당의 비합리적인 문제점을 개선하여 단일 IPv4 주소와 포트번호로 호스트를 식별할 수 있도록 하는 모델을 제시하였다. 이를 위해 구현한 DSTM 시스템은 원래의 IPv4 패킷을 IPv6 패킷으로 캡슐화하여 목적지까지 패킷을 전송하여 IPv4 호스트와의 연결이 가능하였다. 그러나 DHCPv6 표준이 아직 확정되지 않고 있기 때문에 DHCPv6와의 연동에 따른 임시 IPv4-mapped 주소의 할당 과정을 수동 설정으로 대체하였다. 따라서 완전한 시스템 구성을 위해서는 향후 개발 예정인 DHCPv6 서버와의 연동에 대한 테스트가 요구된다.

참고문헌

- [1] A. Miller, Implementing IPv6, 2nd ed., M&T Books, 2000.
- [2] A. Durand, "Deploying IPv6," IEEE Internet Computing, vol. 5, pp 79-81, Jan-Feb. 2001.
- [3] H. Afifi and L. Toutain, "Methods for IPv4-IPv6 transition," IEEE Computers and Communications Proceedings, pp 478-484, 1999.
- [4] J. Bound, et al., "Dual Stack Transition Mechanism (DSTM)," IETF draft-ietf-ngtrans-dstm-03, October 2000.
- [5] A. Conta, et al., "Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification," IETF, RFC 2473, December 1998.
- [6] J. Bound, et al., "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)," IETF draft-ietf-dhc-dhcpv6-16, November 2000.