

6to4와 NAT-PT 전이 메커니즘의 성능 분석

이수진^o 김재은 강현국
고려대학교 전자정보공학과
{aza97^o, jindia, kahng}@korea.ac.kr

Performance Analysis of 6to4 and NAT-PT Transition Mechanism

Su-Jin Lee^o Jae-Eun Kim Hyun-Kook Kahng
Dept. of Electronics and Information Eng., Korea University

요 약

인터넷이 급속도로 발전함에 따라 현재 사용하고 있는 IPv4 주소는 인터넷 초기 시절 무분별한 클래스 단위의 할당으로 주소가 고갈되고 있는 상태이며 인터넷 라우팅 시스템은 과부하 상태에 있다. 이에 따라 IPv4의 여러 문제점들에 대한 해결책을 연구하고 있으며 기존의 TCP/IP 프로토콜에 대한 수정 보완 작업 및 IPv4를 대체하는 방안으로 mobile IP, QoS, Security, multicast 등의 많은 프로토콜들이 추가되고 주소 공간 문제 등을 해결할 수 있는 IPv6 가 이슈화되고 있다. 그러나 가까운 시일 내에 모든 시스템들이 IPv4로부터 IPv6로 전이되는 것은 불가능하기 때문에 전반적이 IPv6 시스템이 구성될 때 까지 IPv4와 IPv6가 동시에 존재하게 되며 이들간의 통신을 위해서 IPv4/IPv6 전이 메커니즘은 필수 사항이다. 따라서 본 논문에서는 현재까지 제안된 IP6 전이 메커니즘들 중 NAT-PT와 6to4 전이 메커니즘의 성능을 비교 분석하였다.

1. 서 론

IPv6는 1970년대 초에 설계된 IPv4에 대한 문제점들의 대체 방안으로 설계된 새로운 IP프로토콜 버전이다. IPv6는 IPv4보다 더 큰 주소 공간을 가지며, 자동 설정 메커니즘(auto-configuration mechanism)과 plug&play으로 환경 설정이 편리하며 IP기반의 QoS, Security, Mobility 지원 등의 많은 장점들을 가지고 있다. 따라서 현재와 같은 급격한 인터넷의 성장으로 인해 IPv6의 도입이 예상되지만 기존의 IPv4 인터넷 환경에 사용자는 매우 익숙하며 IPv6 망이 사용된다 하더라도 아직 IPv6 응용이 부족한 상태이기 때문에 작은 IPv6 망이 부분적으로 생겨나 확산될 것이라 예상된다. 이에 따라 IPv6로 전이하기 위한 방안으로 IPv4와의 공존 기간을 거쳐서 IPv6로 전이하는 방안이 적용되리라 사료된다. 따라서 소규모 IPv6 네트워크가 IPv4 인프라를 통해 개별적으로 연결되는 IPv6 초기 도입 단계에서는 IPv4와 IPv6 네트워크간의 통신을 위한 다양한 전이 메커니즘(Transition Mechanism)들이 필수적으로 요구된다.

현재 제시되고 있는 다양한 IPv6 전이 메커니즘은 크게 이중 스택(dual stack), 터널링(tunneling) 메커니즘, 변환(Translation) 메커니즘으로 분류된다. 터널링 메커니즘으로는 6to4, TB (Tunnel Broker), DSTM(Dual Stack Transition Mechanism), ISATAP(Intra-Site Automatic Tunnel Mechanism) 등이 있으며 변환 메커니즘에는 NAT-PT (Network Address Translation-Protocol Translation), SIIT(Stateless IP/ICMP Translation), BIS(Bump-in-the-Stack), BIA(Bump-in-the-API), Transport Relay 등이 있다.

본 논문에서는 전반적인 IPv6 시스템이 구성될 때까지 IPv4와 IPv6가 동시에 존재하는 초기 단계에서 요구되

는 전이 메커니즘 중 NAT-PT와 6to4 전이 메커니즘의 성능을 비교 분석하고자 한다. 이를 위해 오픈 소스인 KAME Kit을 이용하여 테스트 환경을 구축하였다.

2. 관련 연구

2.1 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 사이에 통신을 하기 위해 필요한 변환 기술으로써 일반적으로 Dual Stack(호스트에 v4/v6 스택을 모두 가지고 있는 경우)을 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 IPv4, IPv6망 사이에서 변환기는 공인 IP를 가지고 IPv6 망의 사용자가 IPv4 망으로 통신하고자 할 경우 주소를 매핑 및 변경하여 IPv6주소를 IPv4 주소로 변환하게 된다. 이때 IPv4 주소 풀(address pool)을 사용하여 IPv6 주소에 대응하는 IPv4 주소를 할당한다. IPv4-IPv6를 매핑하는 역할은 NAT 모듈이 담당하며 서로 다른 패킷 헤더를 변경하는 기능은 PT모듈에서 담당하게 된다. 하지만 NAT-PT는 주소 변환으로 인한 오버헤드가 크며 End-to-End 응용의 사용이 불가능하며 IP와 관련이 있는 응용(DNS, FTP etc) 들은 별도의 모듈(DNS-ALG, FTP-ALG etc)이 필요로 하는 등 여러 단점들이 있다.

2.2 6to4

6to4는 IPv6를 지원하지 않는 광역 네트워크, 즉 IPv4 망에 연결되어 있는 고립된 IPv6 사이트나 호스트가 다른 IPv6 도메인이나 호스트와 통신을 하고자 할 때 자동 터널링 방식을 사용하여 통신하도록 하는 전이 메커니즘이다. 이 전이 메커니즘을 사용한 6to4 사이트는 하나 이상의 유일한 IPv4 주소를 가지고 있어야 하며 각각의 IPv6 사이트를 구별하기 위해 6to4 프리픽스를 가지게 된다. 6to4 프리픽스는 2002:V4ADDR::/48의 형태를 가지며 IPv6 망의 6to4 라우터에 사용하고자 하는 IPv6 prefix를 정의해 주면 라우터는 하위에 구성되어 있는 모든 호스트에 prefix를 광고한다. 이 prefix의 길이는 최대 64bits의 길이를 가진다(IPv6 전체 주소의 길이는 128bits 이며 이중 64bits 가 prefix로 사용되는 부분이다.) IPv6 호스트들은 128bit 주소의 64bits 는 라우터를 통해 할당받고 나머지 64bits는 자신의 호스트 하드웨어 주소(일명 MAC Address)를 이용하여 만든다. 6to4 라우터는 6to4 프리픽스의 V4ADDR를 이용한 라우터-to-라우터 터널링을 설정하고 IPv6 호스트들간의 통신을 제공한다.

3. 성능 측정

위에서 설명한 메커니즘들에 대한 테스트 환경을 구축하기 위해서 각각의 메커니즘에 필요한 환경 설정을 하도록 한다.

테스트 환경 구축에 WAN 에뮬레이션 툴인 SHUNRA를 사용하였으며 각 메커니즘에 대한 테스트 환경은 아래 그림으로 나타내었다. 각 메커니즘의 성능 분석을 위해 ftp 프로그램을 사용하여 시간당 전송된 데이터 양을 측정하였다.

3.1 NAT-PT 성능 측정

FreeBSD 기반의 KAME Kit을 이용하여 NAT-PT 옵션을 추가하여 재 컴파일하고 natptconfig 명령어를 이용하여 NAT-PT에 관한 환경 설정을 한다. NAT-PT에 대한 테스트 환경은 그림 1과 같다. NAT-PT 변환기는 두 개의 인터페이스를 설정하며 한쪽의 인터페이스에는 NAT-PT 프리픽스를 가지는 IPv6 주소를, 다른 한쪽에는 public IPv4 주소를 설정하여 게이트웨이 역할을 하도록 한다. NAT-PT의 IPv4 인터페이스를 WAN으로 구성된 한쪽 라우터에 연결하고 NAT-PT의 IPv6 인터페이스에 연결된 IPv6 호스트는 NAT-PT 라우터에서 광고된 프리픽스를 바탕으로 autoconfiguration을 통해 주소를 얻는다.

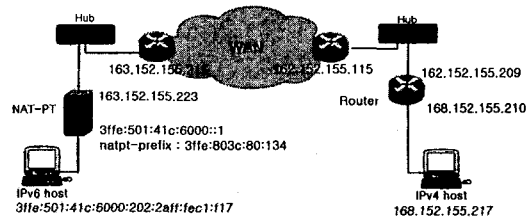


그림 1. NAT-PT를 사용한 환경

3.2 6to4 성능 측정

NAT-PT와 같이 FreeBSD 기반의 KAME Kit을 이용하여 6to4에 대한 환경을 설정을 하며 6to4에 대한 테스트 환경은 그림 2와 같다.

WAN으로 구성된 양 쪽 라우터에 각각 6to4 라우터를 연결한다. 6to4 라우터의 한쪽 인터페이스에는 public IPv4 주소를 할당하며 다른 쪽 인터페이스에는 IPv6 주소인 6to4 주소를 할당한다. 각 6to4 라우터에 연결된 IPv6 host들은 6to4 라우터에서 광고된 프리픽스를 바탕으로 autoconfiguration을 통해 주소를 얻는다.

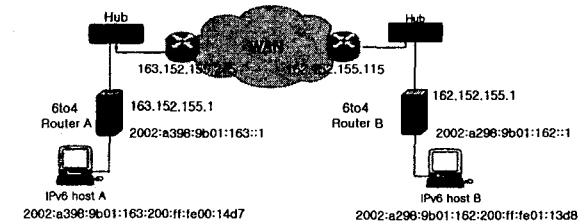


그림 2. 6to4를 사용한 환경

3.3 테스트 환경

SHUNRA를 이용한 Sampling 환경은 다음과 같다.

	case 1	case 2	case 3
Recording Data	7월 30일		
Source	163.152.155.215		
Target	www.ietf.org		
Min/Avg/Max	115/147/275	110/145/461	110/155/240
Recording	5분		
Packet Interval	100(msec)		

패킷 loss와 latency 측정을 위해 163.152.155.215를 소스로 하여 IETF까지 샘플링을 했으며 Min/Avg/Max는 측정된 latency에 대한 최소값/평균/최대값을 나타낸다. 5분 동안의 레코딩 시간으로 3번 측정하였으며 packet interval은 샘플링 시 전송한 패킷에서의 frequency를 나타낸다.

4. 성능 측정 결과 및 결론

각 메커니즘의 성능 분석을 위해 위의 성능 측정을 위한 환경을 토대로 ftp 프로그램을 사용하여 약 6.4 M byte의 데이터를 다운받을 경우 시간당 전송된 데이터 양을 측정하였다. 시간당 다운받은 데이터 양은 해당 호스트가 아닌 해당 호스트에 연결된 라우터로 전달된 데이터 양을 측정하였으며 이 전송된 데이터 양에는 실제 데이터값 이외의 헤더 값들이 포함되어 있다.

다음 그래프는 ftp 프로그램을 이용한 각 sampling 환경에 따른 시간 당 전송받은 데이터 양을 나타낸다. 데이터를 다운받고자 하는 호스트의 라우터로 6to4의 경우는 1300byte, NAT-PT의 경우는 1260byte의 데이터 패킷이 전달된다. 서로 다른 데이터 패킷 사이즈가 전달되는 이유는 경계 라우터에서 minimum link MTU인 1280byte 중 6to4의 경우 터널링을 위한 캡슐화로 IPv4 헤더(20byte)가 추가된 1300byte가 전송되며, NAT-PT의 경우 IPv6->IPv4 헤더로 translation되면서 20byte의 헤더가 줄어든 1260 byte가 전송되기 때문이다.

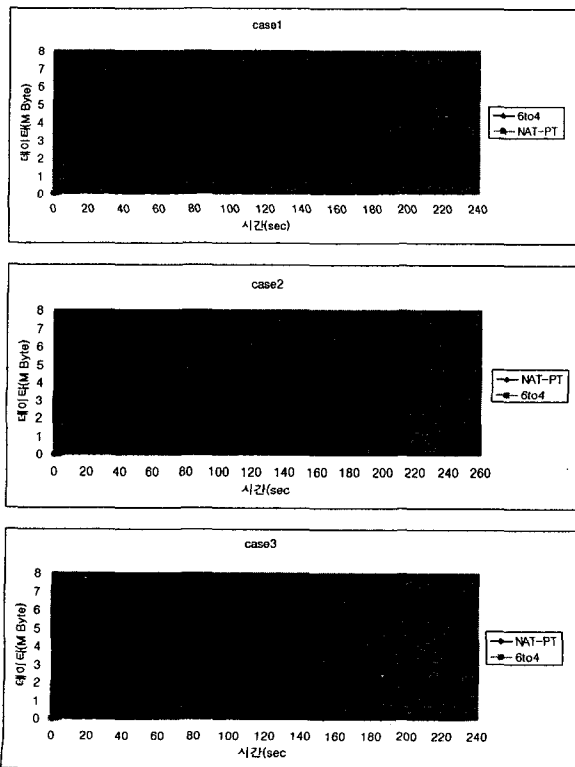


그림3. 샘플링한 환경에 따른 6to4와 NAT-PT를 사용한 시간당 데이터 전송량

다음 표는 6to4와 NAT-PT를 사용했을 시 ftp를 이용한 데이터 전송 완료 시간을 나타내고 있다.

	case 1	case 2	case 3
6to4	145.264(s)	163.324(s)	158.798(s)
NAT-PT	202.274(s)	235.103(s)	207.137(s)

위에서 보는 바와 같이 6to4를 이용한 데이터 전송이 NAT-PT를 이용한 데이터 전송 속도 보다 약 30% 정도 더 빠르다는 것을 알 수 있다. 이는 터널링을 위한 패킷 캡슐화보다 헤더 변환(IPv6->IPv4)에 대한 오버헤드가 더 크기 때문이라 사료된다.

본 논문에서는 IPv6 전이 메커니즘 중 6to4와 NAT-PT에 대한 성능 비교를 위해 각 메커니즘을 토대로 시간당 전송된 데이터 양을 알아보았다. 그러나 NAT-PT의 경우 IPv4 호스트에서 IPv6 호스트로의 통신을 위한 DNS에 대한 세팅이 없기 때문에 양방향인 아닌 단방향 통신만 가능하다. 양방향 통신이 가능한 상태에서 측정된 것이 아니기 때문에 정확한 데이터라 할 수는 없을 것이다. 또한 RFC 문서에서 요구되는 모든 구성 요소들을 토대로 여러 메커니즘들이 통합된 시험 망을 구성하여 성능을 측정하는 것이 필요하다 사료된다.

참고문헌

- [1] IETF RFC 2460, "Internet Protocol, Version 6(IPv6) Specification", S. Deering and R. Hinden, December 1998.
- [2] IETF RFC 2766, "Network Address Translation-Protocol Translation(NAT-PT)", G. Tsirtsis, April 1996.
- [3] IETF RFC 3056, "Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds", B. Carpenter and E. Moore, February 2001.
- [4] IETF RFC 2893, "Transition Mechanisms for IPv6 Host and Routers", R. Gilligan and E. Nordmark, April 1996
- [5] www.kame.net