
차세대 인터넷 도입을 위한 전이 메커니즘의 성능 분석에 관한 연구

황성호* · 이수욱** · 임해진**

A Study on the Performance Analysis of the transition mechanism
for Evolving into Next Generation Internet

Sung-Ho Hwang* · Su-Wook Lee** · Hae-jin Lim**

요약

IPv4가 가지고 있는 문제점의 해결방안으로 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6가 표준화되었지만, 현실적으로 일시에 IPv6로 변환되는 것은 불가능하다. IPv4와 자연스럽게 호환되면서 점진적으로 IPv6망으로 변환될 수 있는 전이 메커니즘이 매우 중요하게 인식되고 있다. 현재 다양한 전이 메커니즘들이 개발되어진 상태이지만, 아직까지 IPv6망이 확산되지 못하고 있다. 이유는 주로 기술적인 측면에서만 연구가 되어왔고, 실제로 현재의 시스템 환경에 맞는 연구는 거의 되지 않았기 때문이다. 따라서, 본 논문에서는 이미 제안된 전이 메커니즘에 대하여 실험을 통하여 그 성능을 분석하고, 이를 통하여 현재 환경에 적용가능한 적절한 방법을 찾고자 한다.

ABSTRACT

The IPv6(Internet Protocol version 6), a next generation Internet protocol, was standardized to solve the problems of the IPv4(Internet Protocol version 4). However, the IPv4 could not be actually converted to the IPv6 at one time. Therefore, the transition mechanism is thought to be very much important to be compatible with the IPv4 naturally and convert to the IPv6 network gradually.

Despite of the development of various kinds of the transition mechanism, the IPv6 network was not expanded. The research was mainly made not for current system environment but for technical purposes. This paper investigated the performances through the transition mechanism and examined proper ways being applicable to current environment.

키워드

IPv6, IPv4, Transition Mechanism, Performance Analysis

1. 서론

IPv4(Internet Protocol Version 4)를 대체할만한 프로토콜로 새롭게 개발된 것이 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6(Internet Protocol version 6)이다. 그렇지만, IPv4망이 IPv6망으로 어느 한 시점

을 기준으로 일시에 전환되는 것이 불가능하기 때문에, IPv4와 IPv6는 상당 기간 공존하는 시기를 거치게 될 수밖에 없다. 따라서, IPv4에서 IPv6로의 효과적인 전이를 위한 메커니즘의 개발이 매우 중요하게 인식되고 있다. [1-3]

현재까지 IETF(Internet Engineering Task

* 삼척대학교 정보통신공학과
접수일자 : 2004. 1. 8

** 삼척대학교 전자공학과

Force)에서 표준화된 전이 메커니즘에는 이중스택(Dual Stack), 터널링(Tunneling), 변환(Translation)등이 있다.[4-5] 그러나, 이러한 전이 메커니즘들은 주로 기술적인 측면에서만 연구가 진행되어 왔고, 실제 통신망에 적용한 연구는 거의 없는 실정이다. 또한, 연구되어진 결과를 보면 통신 장비보다는 컴퓨터를 이용한 리눅스로 구현한 것이 대부분이어서 그 결과를 신뢰하기에는 적절하지 않다.[6]

따라서, 본 논문에서는 효과적인 전이 메커니즘의 적용을 위한 실험 모델을 제시하고 이를 통하여 IETF에서 제안한 가장 일반적인 터널링 방식인 Configured Tunneling, Automatic Tunneling 방식을 이용한 6to4, 그리고 헤더변환 방식인 NAT-PT (Network Address Translation-Protocol Translation)를 이용한다.

실험모델은 향후 삼척 본교와 도계 캠퍼스의 연계를 고려하여 WAN Emulator를 사용하여 WAN구간에서 구성한다. WAN구간에서의 데이터 전송 시의 소요시간을 측정하여 전이 메커니즘에 따른 성능을 비교 분석한다.

II. IPv4/IPv6 전이 메커니즘

현재까지 표준안으로 제안된 IPv4/IPv6 전이 메커니즘 중에서 본 논문에서 실험모델로 적용한 방법들은 다음과 같다.

2.1 터널링

IPv6망이 원격지에 있는 IPv6망과 통신을 하기 위해서는 기존의 IPv4망을 거쳐야 한다. 터널링은 두 IPv6망 사이에 존재하는 기존의 IPv4망을 경유하여 통신할 수 있도록 해주는 기술이다. 이것은 송신측 IPv6호스트의 IPv6패킷을 통신이 가능한 수신측 IPv6 호스트로 전송하기 위해 IPv4망을 통과할 때, IPv6 패킷헤더에 IPv4 패킷헤더를 삽입한다. IPv4망을 통과한 후, 목적지 IPv6 호스트에 도달하기 전에 삽입된 헤더를 제거하는 과정을 거친다.[7] 본 논문에서는 이러한 터널링 기능

을 라우터(router)에서 담당하는 것으로 한다.

2.1.1 Configured Tunneling

기본적인 터널링 과정은 같으며, 기존 IPv4망을 경유하는 터널의 설정은 터널의 시작노드와 끝나는 노드에 위치한 각각의 라우터에서 하며, 이때 시작주소와 목적지 주소를 수동으로 직접 설정해주는 방법이다. [8]

이것은 라우터에서 다른 망의 라우터로 터널링을 하거나, 호스트에서 다른 망의 라우터로 터널링을 할 때에는 해당 라우터들이 IPv6 헤더의 목적지 주소에 명시된 최종 목적지가 아닌 경우가 많다. 이 경우에는 터널의 양 종단 노드의 주소를 미리 알고 있어야 하며, 이때 Configured Tunneling방식을 사용한다.[9-11]

2.1.2 6to4

라우터에서 상대방 호스트로 터널링을 하거나, 호스트에서 상대방 호스트로 터널링을 할 때에는 터널의 끝나는 노드에 해당하는 호스트가 IPv6 패킷의 최종 목적지인 경우이며, 이 때에는 IPv6 목적지 주소로 IPv4-compatible IPv6 주소를 사용한다. 이러한 IPv4-compatible IPv6주소 내에 포함된 IPv4주소를 IPv4 헤더의 목적지 주소에 이용하여 다른 설정 없이 자동으로 터널을 생성하여 패킷을 전송하는 방식이 자동 터널링 방식이다.[4][10]

6to4는 이러한 자동 터널링 방식을 사용하는 대표적인 방식중 하나이다. 6to4 사이트는 최소한 하나 이상의 유일한 IPv4 주소를 가지고 있어야 하며, 각각의 IPv4 사이트를 구별하기 위해 IPv4주소를 이용한 6to4 프리픽스(prefix)를 가지게 된다.

IPv6호스트와 연결된 6to4 라우터에 사용하고 자 하는 6to4 프리픽스를 정의해 주면 6to4라우터는 하위에 연결되어있는 모든 호스트에게 프리픽스를 광고한다. 이 프리픽스의 길이는 최대 64bit의 길이를 갖는다. IPv6 전체주소의 길이는 128bit이며, 이 중에서 상위의 64bit는 라우터를 통해 프리픽스를 할당받고, 나머지 하위 64bit는 자신의 호스트 하드웨어주소(MAC Address)를 이용하여 만들어 진다.[12]

2.2 변환

변환(translation)은 IPv4 전용 호스트와 IPv6 전용 호스트간의 통신을 하기 위한 것으로, IPv6 패킷 헤더를 IPv4 패킷 헤더로 변환하거나, 그 반대로 IPv6 패킷 헤더를 IPv4 패킷 헤더로 변환시키는 방식이다. 본 논문에서는 변환기능을 라우터에서 담당하는 것으로 한다.

2.2.1 NAT-PT

NAT-PT는 서로 다른 프로토콜을 사용하는 망, 즉 IPv4망과 IPv6망 사이의 상호 통신을 지원하는 변환 메커니즘의 하나이다. 따라서, 순수하게 IPv4주소만 사용되는 망과 IPv6주소만 사용되는 망 사이에서 통신을 하기 위하여 필요한 변환 기술로써 일반적으로 이중스택을 사용하는 환경에서는 적용되지 않는다.

IPv4 패킷과 IPv6 패킷의 형식은 서로 다르기 때문에 상호 통신을 하기 위해서는 두 망의 경계 지점에서 패킷을 변환해야 한다. 즉, IPv4망과 IPv6망 사이의 경계가 되는 지점에 프로토콜을 변환하는 변환기가 필요하며, 이것은 공인 IPv4를 가지고 있어야 한다. IPv6 망의 사용자가 IPv4 망으로 통신하고자 할 경우 주소를 매핑 하여 IPv6 주소를 IPv4 주소로 변환하게 된다. 여기서, IPv4와 IPv6를 매핑 하는 역할은 NAT모듈에서 담당한다. 이것은 IPv4 주소 풀(Address Pool)을 사용하여 IPv6 주소에 대응하는 IPv4 주소를 할당하는 메커니즘을 사용한다. 이렇게 할당된 IPv4를 통해 IPV6 헤더를 변환하여 IPv4 패킷을 만들고, IPv4 호스트로 송신하여 통신하게 된다.

III. 실험 모델

본 논문에서 제시한 IPv4/IPv6 전이 메커니즘의 성능을 분석하기 위한 실험모델의 환경은 다음과 같다.

먼저, 삼척대학교 본교와 삼척대학교 도계캠퍼스 내에 존재하는 호스트로 Samcheek호스트와 Dogye호스트를 두었다. 기본적인 시스템 사양으

로 Samcheek호스트는 Intel Xeon 2.8GHz Dual CPU, RAM 4GByte이며, Dogye호스트는 Pentium-III 733MHz, RAM 512MByte인 환경에 각각 동일한 운영체제인 Linux Redhat 8.0을 설치하였다.

성능분석을 위한 경계라우터는 Cisco 2600으로, IOS Version 12.2(13)T를 사용 하였으며, 기본적으로 IPv4/IPv6 이중스택이 지원되는 Dual Ethernet 포트 (Ethernet0/0, Ethernet0/1)를 가지며, NAT-PT 기능이 탑재된 것을 사용하여 Samcheek호스트와 Dogye호스트가 속한 각각의 네트워크에 Samcheek라우터, Dogye라우터를 연결 하였다.

삼척대학교 본교와 삼척대학교 도계캠퍼스의 연계를 고려한 WAN Emulator와 데이터 전송시의 소요시간을 측정하기 위한 Application Analyzer로는 Pentium-III 800MHz, RAM 1GByte이고, 운영체제가 Windows 2000 Professional인 시스템을 사용하여 실제 WAN 구간에서와 같은 실험환경을 구성하였다.

데이터 전송을 하기 위해 사용한 애플리케이션은 현재 네트워크에서 제공되어지는 FTP로써 IPv6와 IPv4를 모두 지원하는 ftp Server로 Pure-ftpd를, ftp Client로 lftp를 사용하였다.

제안한 전이 메커니즘의 성능분석을 위한 실험 모델은 다음과 같다.

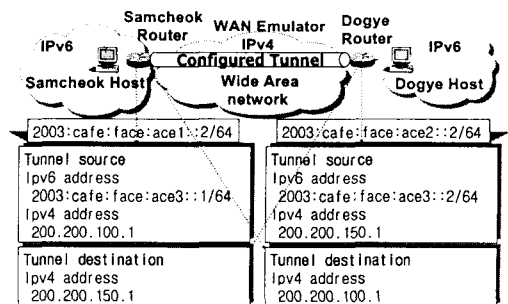


그림 3.1 Configured Tunneling 실험모델
Fig. 3.1 Experimental model for Configured Tunneling

Configured Tunneling의 실험 구성도는 그림 3-1과 같다. Samcheek호스트와 Dogye호스트에 각각 글로벌 유니캐스트 IPv6 주소를 설정해 주

었다. 또한, Samcheok 라우터와 Dogye 라우터의 Ethernet0/0 포트에는 각각의 호스트가 속해있는 네트워크와 같은 IPv6주소를 설정하였다.

그리고, 터널의 시작지점인 Samcheok라우터의 Ethernet0/1 포트와 터널의 끝나는 지점인 Dogye 라우터의 Ethernet0/1 포트에는 유일한 하나의 IPv4주소를 설정해 주었으며, 이에 대응되는 IPv6 주소도 설정해 주었다. 또한 터널구간의 설정은 각각의 라우터에 시작주소뿐만 아니라 목적지가 가지고 있는 유일한 IPv4주소를 직접 설정해 주었다.

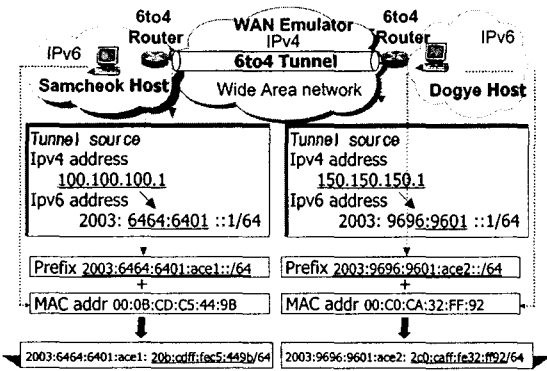


그림 3.2 6to4 실험모델
Fig. 3.2 Experimental model for 6to4

6to4 실험 구성도는 그림 3-2와 같다. Samcheok호스트와 Dogye호스트는 각각의 호스트와 연결되어진 6to4라우터의 64bit 프리픽스와 호스트 시스템의 하드웨어 주소인 64bit가 합쳐진 유일한 글로벌 IPv6 주소 128bit를 자동으로 할당받는다. 따라서, 호스트주소는 따로 설정하지 않았다.

Samcheok 라우터와 Dogye 라우터의 Ethernet0/0 포트에는 실험용 6to4 프리픽스와 유일한 IPv4주소가 16진수로 변환된 값이 합쳐진 프리픽스에 각각의 네트워크를 구분 짓는 서브넷 주소가 합쳐진 64bit 프리픽스를 각각 설정하였다.

그리고, 터널의 시작지점인 Samcheok라우터의 Ethernet0/1 포트와 터널의 끝나는 지점인 Dogye 라우터의 Ethernet0/1 포트에는 6to4프리픽스인 2003:IPV4ADDR/48형식을 갖는 주소를 설정해

주었으며, 6to4방식에서는 터널 설정 시 목적지 주소는 따로 설정해줄 필요가 없으므로 설정하지 않았다.

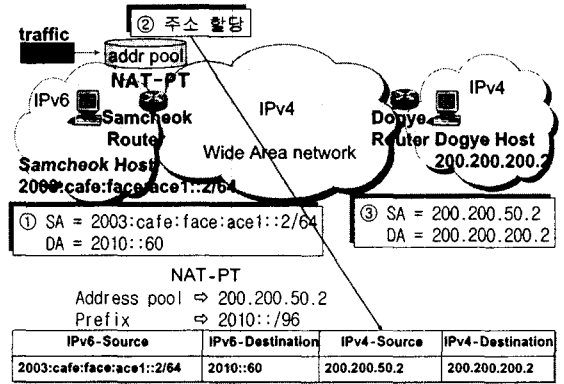


그림 3.3 NAT-PT 실험모델
Fig. 3.3 Experimental model for NAT-PT

NAT-PT 실험 구성도는 그림 3-3과 같다. Samcheok호스트는 IPv6 전용 호스트로 글로벌 유니캐스트 IPv6주소를 설정 하였다. 또한, Samcheok 호스트와 연결되어진 Samcheok라우터는 NAT-PT 기능을 갖으며, IPv6주소와 매핑 될 IPv6 프리픽스와 IPv4주소를 따로 설정해 주었다. 여기서 IPv4주소는 주소풀에서 범위를 정하지 않고 직접 하나의 IPv4주소를 설정해 주었다. Dogye호스트는 IPv4전용 IPv4 주소를 설정해 주었다. Dogye 호스트와 연결되어진 Dogye 라우터도 IPv4전용 라우터로 Ethernet0/0포트와 Ethernet0/1포트 모두에 IPv4 주소를 각각 설정해 주었다.

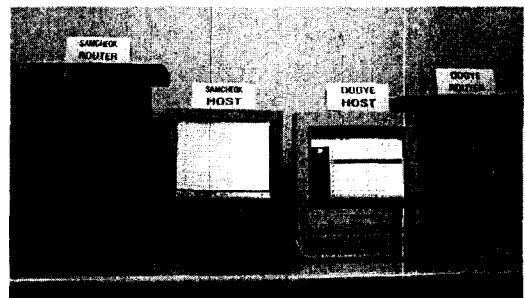


그림 3.4 전이 메커니즘 성능분석을 위한 실험모델
Fig. 3.4 Experimental model for the Performance Analysis of the transition mechanism

본 논문에서 제시한 IPv4/IPv6 전이 메커니즘의 성능분석을 위한 실제 통신망 구성은 그림 3-4와 같이 했다.

IV. 성능 분석 및 결과

본 논문에서 실험모델을 통한 IPv4/IPv6 전이 메커니즘의 성능을 비교 분석하기 위하여 FTP를 사용하여 데이터를 크기별로 각각 10차례씩 전송하였고, 전송받은 시간을 측정하고 그것의 평균값을 계산하여 최종 측정값으로 사용하였다.

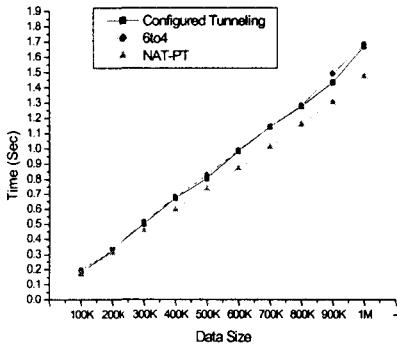


그림 4.1 데이터크기(100K~1M bytes)에 따른 성능비교
Fig. 4.1 Comparison of performance according to data size(100K~1M bytes)

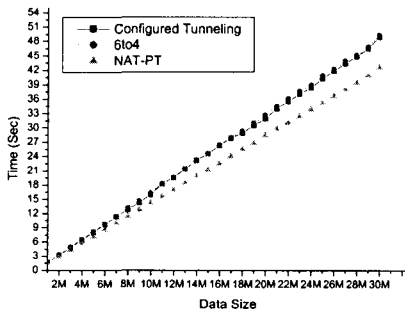


그림 4.2 데이터크기(1M~30M bytes)에 따른 성능비교
Fig. 4.2 Comparison of performance according to data size(1M~30M bytes)

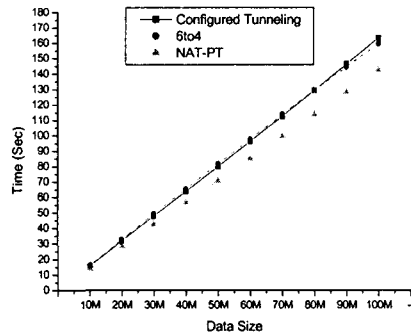


그림 4.3 데이터크기(10M~100M bytes)에 따른 성능비교
Fig. 4.3 Comparison of performance according to data size(10M~100M bytes)

표 4.1 전이 메커니즘 전송시간 비교
Table. 4.1 Comparison of transfer time for transition mechanism

비교 크기	Configured Tunneling과 6to4의 전송시간 평균차	Configured Tunneling과 NAT-PT의 전송시간 평균차	6to4와 NAT-PT의 전송시간 평균차
100K~1M	0.013867254	0.088574828	0.102442081
1M~30M	0.280558095	3.104246598	3.384804693
10M~100M	0.30581363	10.5373555	10.84316913

표 4-1에서 나타난 바와 같이 Configured Tunneling과 6to4는 그 성능 면에서 거의 근사한 차이를 보였다. 이에 반하여, NAT-PT는 월등히 좋은 성능을 나타냈다. 이것은 Configured Tunneling과 6to4는 터널링 시 IPv6 패킷에 IPv4 헤더인 20Bytes가 추가되어 전송되었고, NAT-PT는 IPv6에서 IPv4로 변환되면서 IPv6헤더의 40Bytes에서 IPv4로 20Bytes로 줄어들어 전송되었기 때문이다. 이와 같은 실험결과는 기존의 컴퓨터를 이용한 리눅스로 구현했던 NAT-PT방식의 실험결과와 비교해 볼 때 다른 결과를 나타낸다. 리눅스로 구현했을 때는 NAT-PT의 성능이 가장 나쁜 것으로 나타났으나, 통신장비인 라우터

를 사용했을 때는 NAT-PT의 성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이는 헤더 변환 시 발생하는 오버헤드로 인해 리눅스에서는 많은 지연이 나타나지만, 라우터에서는 거의 영향을 받지 않는다.

라우터에서는 터널링을 이용한 Configured Tunneling 방식과 6to4 방식보다 오히려 NAT-PT 방식이 월등히 좋은 성능특성을 나타냄을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 효과적인 전이 메커니즘의 적용을 위한 실험모델을 제시하였고, 이를 통한 성능 분석을 위하여 이미 표준화 된 전이 메커니즘 중 Configured Tunneling, 6to4, NAT-PT를 이용하여 대역폭이 10Mbps인 WAN구간 환경에서 FTP를 통한 데이터의 크기별 전송시간을 측정하였다.

본 논문에서는 실험한 결과에서 나타나듯이 NAT-PT기능이 탑재된 전용통신장비인 라우터를 사용하였다. 전용통신장비를 사용함으로써 IPv6 프로토콜에서 IPv4 프로토콜로의 헤더 변환 시 나타났던 지연시간을 줄일 수 있었다. 그러므로, NAT-PT가 오히려 Configured Tunneling과 6to4 방식에 비해 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 이 실험 결과를 토대로 향후 본교 망과 도계 캠퍼스의 연동 및 IPv6을 사용하는 다른 학교나 http 사이트 접속 시 검증된 좋은 자료로 사용될 수 있다고 하겠다.

참고 문헌

- [1] S. Deering, R. Hinden "Internet Protocol Version(IPv6) Specification", IETF, RFC2460, December 1998.
- [2] R. Hinden, S. Deering "Internet Protocol Version 6 Addressing Architecture", IETF, RFC2373, July 1998.
- [3] 김동영, 남기모, 서동운, 박석천, "IPv4/IPv6 프로토콜 변환모듈의 설계", 한국멀티미디어 학회 추계 학술 발표 논문집, 1999.
- [4] R. Gilligan, "Transition Mechanisms for Hosts and Routes" IETF RFC 2893, August 2000.
- [5] <http://www.ietf.org>.
- [6] 이수진, 김재은, 강현국, "6to4와 NAT-PT 전

이메커니즘의 성능분석", 고려대학교.

- [7] <http://www.ipv6.or.kr>.
- [8] <http://www.6bone.ne.kr>.
- [9] A. Conta, S. Deering "Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification", RFC2473, December 1998.
- [10] <http://www.ngix.ne.kr>.
- [11] <http://www.krnet.or.kr>.
- [12] <http://www.ipv6club.info>.

저자 소개

황성호(Sung-Ho Hwang)



1991년 성균관대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 성균관대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1996년 성균관대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1997년 ~ 현재 삼척대학교 정보통신공학과 부교수
 ※ 관심분야 : IP, ATM, 트래픽 이론, IP 설계

이수욱(Su-Wook Lee)



1995년 삼척대학교 제어계측공학과(공학사)
 2004년 삼척대학교 산업대학원 전자공학과 (공학석사)
 2004년 ~ 현재 삼척대학교 전자·정보통신공학부 시간강사
 ※ 관심분야 : IPv6, 컴퓨터 네트워크, 데이터 통신

임해진(Hae-Jin Lim)



1977년 성균관대학교 물리학과 (이학사)
 1979년 성균관대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1993년 성균관대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1983년 ~ 현재 삼척대학교 전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 데이터통신, 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 응용, B-ISDN,