IPv4 Network에서 Enterprise IPv6 Network로의 Migration 설계 및 구현

이진영, 윤 일, 장경진, 오선진

세명대학교 정보통신과

temasys@yahoo.co.kr, unon00@orgio.net, hesgood@hanmail.net, sjoh@telcom.semyung.ac.kr

Design and Implementation of Migration from IPv4 Network to Enterprise IPv6 Network

Jin-Young Lee, Il Youn, Kyung-Jin Jang, Sun-Jin Oh

Dept. of Computer & Information Science, Semyung University

요 약

오늘날 인터넷을 통한 모든 통신망이 끊임없이 발전하고 있는 가운데 IPv4가 가지는 문제점들이 치명적인 위협으로 대두되고 있다. 따라서, 폭발적인 인터넷 사용자 증가로 인한 IP address의 고갈과 느려져만 가는 인터넷 속도에 대해 대안이 필요하다. IPv4는 32bit 체계로 약 40억 개의 IP 주소를 가지고 있으나, 인터넷 초기의 무분별한 클래스를 사용하여 40억 개보다 적은 양의 주소를 사용 할 수 있게 되었다. IPv6는 128bit의 주소 체계를 가지고 있으며, 3.4 10^{38}개의 천문학적인 주소를 할당 할 수 있으며, 보안성과 서비스 품질보장(QoS), 이동성, 기존의 인터넷 속도의 가속 기능 등 다양한 장점들을 가지고 있다. 본 논문에서는 IPv4에서 IPv6로 진화해 가야 하는 시기적인 요소보다는 IPv6로의 공존해 나아가야 하는 기술적인 문제를 극복하기 위해 기존 IPv4망에서 IPv6 주소체계를 지원할 수 있도록 설계하고 Backbone network 구성에 일반적인 구현을 통하여 IGP와 EGP 구간의 라우팅 정보 공유에 대하여 논의한다.

1. 서론

인터넷 인구의 폭발적인 증가로 인한 IPv4의 주소문제와 더불어 보안이 큰 이슈로 떠오르게 되었다. 소규모 네트워크와 가정에서 초고속 정보 전달기술이 발전하여 어디서든 인터넷 접근이 가능하게 되었고 그로 인해 전체의 인터넷 보급률이 크게 증가하게 되었다. 현재 IPv4가 가지는 문제점들은 32bit 기준으로 주소를 구성하였으며, 네트워크의 이름을 효율적인 구조(Hierarchy)로 관리하기 어려우며, 보안적인 측면에서 데이터의 어떠한 보호도 할 수 없다. 그리고 라우터에서 유지해야 할 정보가 많아졌다는 데 그 문제점을 들 수 있다. IPv4에서 주소의 고갈을 위한 부분적인 해결책으로 주소변환(NAT)을 구현하였다. 하지만 NAT의 문제점은 TCP와 같은 연결형(connection oriented)을 지향한다는 점으로, TCP 응용프로그램 외에 UDP 응용프로그램은 NAT 환경에서는 실행이 안된다는 것이다. IPv6는 이러한 문제점을 해결할 뿐 만 아니라 보안성에서 IPsec 기능과 더불어 주소 자동설정 기능(Address Auto-configuration), 주소 자동변경(re-numbering) 기능 등 이 있다. 우선 IPv4의 문제점 중 IP Address가 32bit의 할당 크기이지만, IPv6는 128bit를 사용하고 있으므로 IP address 고갈문제를 원천적으로 해결할 수 있다. 또 다른 문제점으로 라우팅 정보의 유지로 현재 IPv6는 계층구조(hierarchical structure)를 가지고 있으므로 IPv6 주소의 관리가 용이하다.[1] IPv4가 가지는 불안한 요인들에 대한 해답을 IPv6로 충분히 발견 할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 IPv6의 주요 기술을 소개하고, 3장에서는 IPv6의 Migration에 대한 단계별 시나리오에 대하여 구체적으로 알아 보고, 4장에서는 구현에 따른 방법과 Migration에 대한 문제점들과 IPv6 Routing을 실제 적용하여 보고 개선방향에 대하여 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론으로 차후 개선 사항과 활동 계획에 관하여 논의하고 논문을 마친다.

2. 관련 연구

IPv4와 IPv6의 구조와 체계의 차이점을 가지고 있다. IPv6의 구조와 체계에 대해 알아보고, IPv6을 이용한 Routing Protocol에 대해 논의한다.

2.1 IPv6 구조

IPv6는 128비트의 주소체계를 사용하여 IPv4의 2배로 확장된다. IPv4는 20byte를 사용하고 IPv6는 40byte를 사용하지만, 기존 Header Options 12개에서 8개로 감소하여 속도처리를 가속화하였다. IPv4에서 제거된 Option은 checksum 이며, IPv6는 기본적으로 64bit 단위 프로토콜이며, 실제 IPv6 Packet은 100 Gbps 이상의 속도를 진행할 수 있다. 이로써 고속 처리가 가능하게 된다. 다음은 IPv6에서의 확장 헤더 부분의 구성 요소이다.

- Hop-by-hop options
- Routing header(loose source 지원)
- Fragmentation header
- Authentication header
- Encapsulating Security Payload Header

2.2 IPv6 주소체계

IPv6 주소의 표기는 8개의 16진수 4자리 숫자를 콜론

(:)으로 구분하여 표기하며, 연속적인 0 이 있을 경우 콜론 두개를 사용하여 함축적으로 사용이 가능하다.[2]

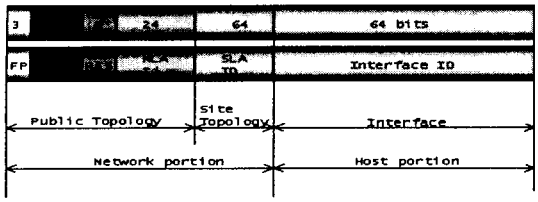

그림 1. IPv6 주소체계[2]

그림 1처럼 IPv6는 3가지의 주소 형식을 가지고 사용한다. Link-local, Site-local, Global-address로 구분하며 Link-local은 LAN 망의 연결된 interface를 의미하고, Site-local은 한 조직의 내의 유효한 주소를 의미한다. 마지막으로 Global-address는 TLA, SLA 등의 계층 구조가 정의 되어 있어서 계층적으로 영역을 분리하여 라우팅이 가능하게 되었다.[1]

2.3 IPv6 주요 라우팅 프로토콜

IPv6 주요 라우팅 프로토콜은 다음과 같다.

ripng for IPv6 : Rip의 Version 2의 확장기능으로 IPv6기능만 추가된 프로토콜이다.
OSPF for IPv6 : OSPF는 링크 상태(link state) 라우팅 알고리즘으로서 라우터간에 변경된 최소한의 부분만을 교환함으로써 네트워크 대역폭의 효율을 저하시키지 않는다.IPv4간의 틀려진 부분은 없으나 주소의 크기 조정하기위해 몇 가지 측면에서 차이만 있다.
BGP for IPv6 : BGP 라우터들간에 공유되는 정보에서 다음 홉에 대한 정보가 있는데, 이 정보를 IPv6와 IPv4 뿐만 아니라 다양한 여러 특정 네트워크 프로토콜에 맞게끔 보완되었으며, 몇 가지 새로운 옵션 속성이 추가되었다.

3. IPv6 Migration

IPv4에서 IPv6로 진화라는 말에는 많은 문제점들을 가지고 있다. 많은 시간과 비용이 요구되는 작업이며 완전한 IPv6를 위한 준비작업 또한 호환성 테스트가 절실히 요구되고 있는 사항이다. 본 IPv6의 Migration에서는 5 단계를 통하여 IPv6 진화 시나리오를 작성하였다.[3] 그리고 진화된 시나리오에는 ISP에서 할당 받은 Site-local 주소를 사용하여 Enterprise IPv6 Network Design을 구성하고 구현하기로 하겠다.

3.1 Enterprise IPv6로의 단계별 Migration Process

1) Native IPv6 Network 구축
2) IPv4 네트워크와 IPv6 네트워크 간의 연결 (Tunneling Connection)
3) Tunnel Broker를 이용한 기존 IPv4간의 hierarchical structure IPv6 Connection
4) Hierarchical structure를 이용한 Static Routing
5) IPv6 Routing Protocol 연동
   - IPv4와 IPv6의 Dual Stack를 이용한 공존방법

첫번째 단계로는 Native IPv6 Network를 구성하는 것이다. 독립적인 IPv6의 network에서 IPv6를 지원하는 다양한 운영체제와 응용 Application들에 실험을 수행한다. DNSv6 Service와 FTP, Telnet, SSH 와 같은 일반적인 서비스들을 비롯하여 IPsec 과 Multicast 등을 실험 할 수 있다. 여기서는 WWW와 FTP, Telnet, ssh를 사용한다. 그림 2는 본 논문에서 고려한 물리적인 네트워크 구조를 보여준다.[3] 두번째로는 IPv4 Network와 IPv6 Network간의 연결 단계이다. 현재 IPv4의 모든 backbone은 IPv4로 운영되고 있으므로 IPv6의 연결이 중요한 point가 될 것이다. 가장 간단한 방법으로는 Tunneling을 통한 연결을 들 수 있으며 Translation 기술과 Dual-Stack를 통한 connection이 될 것이다. NAT-PT는 아직 불안정한 상태이므로 본 논문에서는 Dual Stack와 Tunneling를 통한 실제 적용을 고려한다. 세번째 단계에는 Tunnel Broker Server를 이용한 기존 IPv4간의 hierarchical structure IPv6 Connection 이다. IPv4 Network에서 IPv6를 이용할 수 있게끔 분산되어있는 IPv6의 Native Network의 Tunneling interface들에게 Routing Tunneling을 한다.

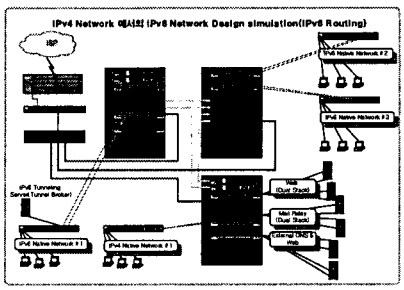

그림 2. 물리적인 네트워크 구조(IPv4와 IPv6)

네번째로는 Hierarchical structure를 이용한 Static Routing으로 IPv4의 Tunneling Server를 통하여 상대편 Tunneling Interface에 IP 할당 정책을 따른다. 일반적인 Static Routing을 사용하여 전체 시스템을 연결한다.
다섯번째로 IPv6의 Routing Protocol 연동을 통하여 ripng OSPF, BGP 등을 테스트한다. 테스트시 문제가 될 수 있는 것들을 파악하는 것이 중요하며, Routing 확장에 따른 상호 운영이 중요한 변수가 될 것이다. 이런 상호 운영성 테스트는 ETSI의 Plugtests를 들 수 있다.[6] 표준과 그것을 구현한 제품들의 상호 운영성을 개선하기 위한 시험 이벤트이다. Routing 동작이 완료되면 순수 IPv6망과 IPv4 간의 Dual Stack을 통한 서비스의 이중화를 실시한다. 본 논문은 이런 일련의 5단계를 거쳐서 순수 IPv4망에서 IPv6망과의 connection와 Service, 그리고 네트워크의 Migration 디자인을 통한 IPv6 Network를 구현한다.

3.2 기술 환경 소개

Tunneling Server(Tunnel-Broker)
Tunneling 이란 IPv4와 IPv4 간의 순수한 터널을 형성하여 IPv6 시스템에 매핑되는 기술을 의미하며 IPv6 stack을 포함해야 한다.
Dual Stack
IPv6와 IPv4간의 TCP/IP Stack를 지원하는 시스템을 Dual Stack 이라고 하며 모두 완벽하게 지원해야 한다

IPv6 Network Design Guide
IPv6의 네트워크 설계는 실질적인 4가지의 요구사항이 충족되었을 때 최상의 설계 개념이 나올 수 있다. 네트워크의 크기와 확장 가능성, 주소의 할당방법, Routing Protocol, DNS와 여러 응용프로그램지원여부, IPv4의 연동관계를 들 수 있다. 주소할당 방법이란 계층된 IP구조에서의 손쉬운 Sub network구성과 더불어 효과적인 라우팅을 지원하는데 필수적이다.[4][5]

그림 3은 ISP Network에서 /32 bit나 /35 bit로 설계를 할 경우를 도식화한 그림이다. /35 bit로 나뉘어질 경우 서브 네트워크는 /48 bit로 이행된다. 주로 ISP로 받은 주소 bit는 /48 bit이며 Enterprise Network #2에서 #1로 Connection 된다. Enterprise Network #1 에서는 /64 bit block이 65536개의 범위를 가질수 있다.

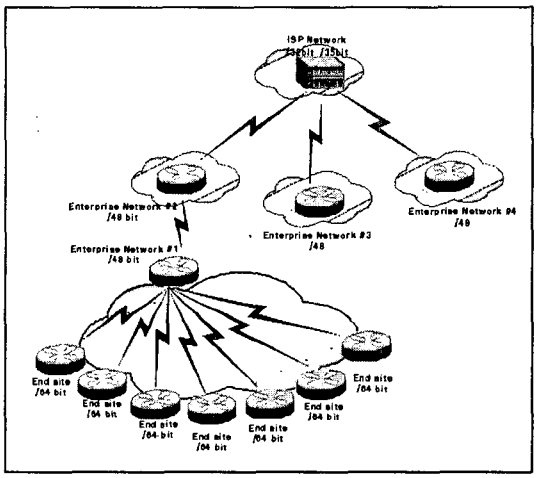

그림 3. IPv6 Network Design Guide 예제

4. IPv6 Network Migration 설계 구현

IPv6 네트워크로의 Migration 구현은 대학교망과 ISP 망 사이에서 구현하였다. 이를 위해 우선 Addressing 과 Naming을 처음 수행해야 한다. /48 bit의 대역을 할당 받았으므로 65526개의 block을 가지고 있다. 표1은 Addressing과 Naming을 구현한 예이다.

표 1. Addressing과 Naming

POP	POP Address	Sites	Site Addresses
6net-semyung	2001:290:1031::/48	IPv6.openable.net (main site)	2001:290:1031::/48
		Aggregation-IPv6-router01	2001:290:1031::::/64
		Access-IPv6-router01	2001:290:1031:aaaa::/64
		Aggregation-IPv6-router02	2001:290:1031:116::/64
		Access-IPv6-router02	2001:290:1031:bbbb::/64
		IPv6 Web Server Farm	2001:290:1031:8080::/64
		Access-01	2001:290:1031:111::/64
		Access-02	2001:290:1031:112::/64
		Access-03	2001:290:1031:113::/64
		Access-04	2001:290:1031:114::/64
		Access-05	2001:290:1031:115::/64

IPv6의 원활한 install과 configuration을 하기 위하여 전체 시스템을 BSD 계열의 kame 소프트웨어를 선택하였다. 라우터는 BSD 계열을 사용하고 전용 Routing 프로그램은 zebra ver 0.93b를 사용하였다. Client OS는 Windows 2000 Server를 사용하고 Auto configuration은 사용하지 않았다.

1) 운영체제
- Freebsd x 4대(P2-333)
- Openbsd x 1대(P2-350)
- Windows 2000 x 1대(P3-800)
- ISP(hanaro) Router Cisco Router

2) Network Design
- Tunneling MAP
- IPv6 전체 네트워크 도면

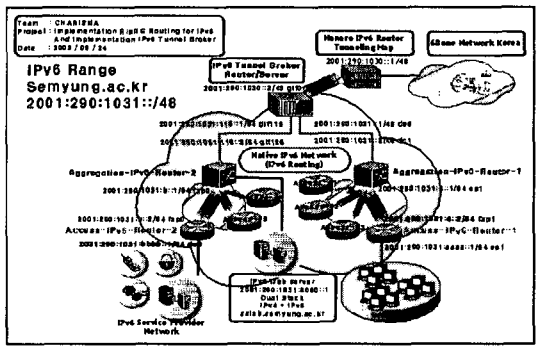

그림 4. IPv6 전체 네트워크도면

3) Routing Protocol

Static Routing
그림 4에서 보는 바와 같이 보면 Aggregation-IPv6-Router-1에서 Access-IPv6-Router-1번 구간은 Static Routing 구간으로 설정하였다. Aggregation-IPv6-Router-2는 서버를 Tunneling interface를 사용하여 연결하였다. 이런 연결은 추후 IPv4망에서의 손쉬운 IPv6로 Routing 영역과 함께 Native Network을 생성할 수 있다. 이부분이 IPv4에서 IPv6로 Migration의 중요한 point가 된다. 분산된 네트워크 망에서 Tunneling 만으로도 Routing Simulation이 되기 때문이다. Aggregation-IPv6-Router-2에서 Access-IPv6-Router-2번 구간은 Static Routing으로 설정하였다.
Dynamic Routing protocol
IPv6 Tunnel Broker Router에서 Aggregation-IPv6-Router-1과 2구간은 Dynamic Routing protocol로 설정한다.

(1) Native IPv6 Network Design
Native IPv6 Network를 디자인 하기 위해서는 host system이 IPv6 stack를 지원하는지를 파악하여야 한다. 최근의 상용 운영체제는 대부분 지원을 한다.

(2) IPv4의 IPv6 간의 연결(Tunneling Connection)
Freebsd tunneling 적용방법은 ifconfig 의 명령어로 적용하며 밑의 간단한 스크립트를 사용하여 설정한다. tunneling interface 인 gif0를 생성하고 tunnel 옵션으로 source ip와 destination ip를 설정한다. 그리고 tunneling interface에 IPv4용 IP와 IPv6용 IP를 입력한다 그리고 그림 4에서 보는 바와 같이 aggregation- router-2의 인터페이스는 192.168.153.116임을 알 수 있다. 위와 같은 방법으로 설정하면 분산된 IPv6 Routing 이 가능하다 터널링이 설정이 끝나게 되면 ping6으로 외부의 IP로 확인을 꼭 한다.

표 2. Tunneling 확인(ifconfig a)

```
gif0: flags=8051<UP,POINTOPOINT,RUNNING,MULTICAST> mtu 1280
        tunnel inet 211.252.246.126 --> 210.94.29.50
        inet6 fe80::240:5ff:fea3:3b8d%gif0 prefixlen 64 scopeid 0x8
        inet6 2001:290:1030::2 prefixlen 48
gif116: flags=8051<UP,POINTOPOINT,RUNNING,MULTICAST> mtu 1280
        tunnel inet 211.252.246.126 --> 192.168.153.116
        inet6 2001:290:1031:116::1 prefixlen 64
        inet6 fe80::240:5ff:fea3:3b8d%gif116 prefixlen 64 scopeid 0x9
```

(3) Tunnel Broker를 IPv6 Connection

그림 4에서 보는 바와 같이 IPv6의 계층 구조를 가지고 있다. Aggregation router와 access router간의 계층 구조는 기존의 IPv4 네트워크 망을 100% 활용할 수 있는 대안으로 Tunneling Broker를 수동, 자동으로 설정하여 분산된 IPv6을 구축한다. access-#1부터 access-#5번과 같이 실제로 터널링과 라우팅만으로도 계층구조의 IPv6 connection을 완벽하게 시뮬레이션한다.

(4) Hierarchical structure를 이용한 Static Routing

전체네트워크 도면(그림4)을 살펴보면 Aggregation Router와 Access-Router 간의 계층적인 설정에서 Static Routing을 설정하기로 하였다. 처음 Freebsd에서 할 것은 Zebra Package를 다운로드 받고 설치를 하거나, BSD계열의 Package 관리 명령어인 Port 관리가 있다. Port 명령어를 사용하여 설치하기로 한다. 총 5대의 BSD 머신들(Freebsd,Openbsd)을 사용하지만 같은 Port system으로 Package를 관리하므로 소스 컴파일을 할 필요는 없다.
zebra daemon의 실행은 /usr/local/sbin/zebra 에 -d 옵션을 붙여 daemon 모드로 실행하고, 같은 /usr/local/sbin/ripngd 도 -d 로 실행한다.
Zebra Routing의 인터페이스를 설정하고 route 명령어를 사용하여 ::/0 은 default routing 이다. 이제 Static Route 명령를 사용하여 aaaa::/64를 설정한다. 외부에서 2001:290:1031:aaaa::/64 Block를 접근할 때에는 2001:1031:4::2 IP로 forwarding 시킨다는 뜻이다.
그런 다음 ipv6 route 명령어를 사용하여 routing 되는지를 파악 한다.

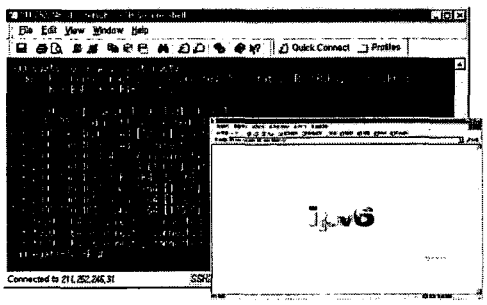

그림 5. IPv6 Routing 확인 명령어와 Ipv6용 apache를 접속화면

그림 5에서 S는 static를 의미하고 R은 ripng를 의미한다. O는 OSPF를 의미하고 B는 BGP를 의미한다.

(5) IPv6 Routing Protocol 연동 및 IPv6 서비스

지금까지 설정이 끝나면 Routing Daemon 설정을 한다. 위의 zebra admin 접속방법처럼 telnet localhost 2603으로 설정한다. ripng routing 구간은 tunneling broker 아래의 aggregation router들이다. 사용 가능한 routing protocol은 ripng와 ospfdv3 , bgpd+ 이다. 여기서는 ripng로 구동하기로 하였다.[7] 설정이 끝나면 client(Windows2000)의 IPv6를 설정한다.[8] Freebsd system으로 zebra 처럼 apache의 ipv6용 port를 설치한다. 그림 5처럼 IPv6 client에서 접속 되는지와 ftp 및 telnet , ssh가 접속되는지 확인한다.

5. 구현결과 고찰 및 결론

실험과정에서 발생한 문제점 중 가장 큰 문제점은 lose packet이 존재하였다는 점이다. 기존의 IPv4 망에서 IPv4 망으로 tunneling 만으로 설정하여서 lose packet이 있었다. 차츰차츰 Native IPv6 망으로 이주하면서 이런 문제점들은 없어질 것으로 보인다. IPv6의 routing protocol의 경우 ripng나 application의 경우 IPv4와 IPv6의 완벽한 조화를 이루었다. 또 다른 문제점은 과연 언제 IPv4에서 IPv6로 이동할 것인가? 이다. 정부는 2006년까지의 IPv4의 주소 고갈을 예상하고 있으며 IPv6의 인프라 기반의 라우터,단말기, 등 핵심 장비의 개발을 장려하고 있다. 또 디지털홈 구축 시범사업과 연계, IPv6 기반의 디지털홈 서비스를 개발 보급하고, 중국 일본과 협력해 IPv6 주소자원을 체계적으로 관리하기 위한 연구와 국제표준화를 함께 추진키로 했다. 이러한 국가적인 방향으로 인해 IPv6의 도입 역시 더욱 가속화 될 것이다. ISP 쪽에서도 점차적으로 IPv6 backbone 솔루션으로 MPLS를 통한 백본 네트워크로의 통합과 IPv4와 IPv6 Dual Stack지원으로 인한 다양한 IPv6 확산 전략를 내세우고 있다.
이러한 움직임에 있어서 우리는 복잡한 알고리즘을 수행하는 Routing Protocol의 IPv6 네트워크에서 정확한 구현이 되는지와 트러블 슈팅시 해결방안에 대하여 시뮬레이션을 해보았다. 향후 연구 계획은 IPv6를 이용한 Backbone IPv6 Network design에 대한 다양한 네트워크 Routing 설계 방법에 관한 것이다.

참고문헌

[1] 김성환(cisco systems EWOU) "떠오르는 차세대 IP 기술" http://cisco.com/kr/ , pp9~12, 2001. 4.
[2] 주용완,"초기단계에서의 국내 IPv6 Global Unicast 주소의 배정 및 할당 ", http://ipv6.or.kr, 2001.
[3] 한국전산원,"IPv6 기반의 차세대 인터넷 망 진화 방안에 관한 연구", http://www.nca.or.kr, pp9~21, 2000. 12.
[4] 정보통신부,"IPv6 동향", http://www.mic.go.kr, pp114~116, 2002
[5] Seungyun Lee. Etri "IPv6Tutorial(2-2) Implementation of IPv6 Network" , http://etrij.etri.re.kr/, pp51~55, 2002. 7.
[6] Cannes, France, September "Report on ETSI IPv6 Interoperability Plugtests" , http://www.etsi.org/, pp1~2, 2003. 9
[7] Zebra Manual "Zebra Installation " http://www.zebra.org, 2003
[8] Microsoft "IPv6 Tech-Preview for Windows 2000", http://msdn.microsoft.com/downloads/sdks/platform/tpipv6.asp
[9] 정부, 'IPv6 보급 촉진「 IPv4 는 2006 년 고갈 」", http://www.zdnet.co.kr/ecommerce/techtrend/article.jsp?id=64272, http://www.zdnet.co.kr, 2003. 9.