

IPv6 지원을 위한 상호운영성 연구를 기반으로 한 DNS 적용방안 연구

이혜원*^o 장세훈** 김형진*** 문영성****

송실대학교 컴퓨터학과

{kerenlee, rivside}@sunny.ssu.ac.kr, khj@nic.or.kr, mun@computing.ssu.ac.kr,

Soongsil University

Hyewon K. Lee^o Sehun Jang Hyungjin Kim Youngsong Mun

Dept. of Computing, Soongsil University

요 약

주소 부족으로 인한 IPv6 프로토콜 사용의 필요성이 오랜 기간동안 주장되어 왔으나 여전히 IPv6로의 개척을 반대하는 사람들은 NAT나 DHCP 프로토콜 등을 사용하여 32비트 주소공간을 사용함으로써 IPv4가 안고 있는 문제점을 해결 할 수 있다고 믿고 있다. 이와 같은 IPv4에서 IPv6로의 변화에 대한 주저함 그리고 DNS 네임 검색 서비스의 부재 등이 IPv6로의 전이를 막는 주요 걸림돌이라 볼 수 있다. IPv4에서 IPv6로의 전이가 늦어지고, 현재까지 IPv6의 핵심 기술 및 상호운영성 기술 구현에 집중되었기에 DNS 적용 또한 늦어지고 있으며 구체적인 현황 파악 역시 힘든 실정이다. 본 논문에서는 미국 및 유럽, 일본에서 진행중인 IPv4와 IPv6의 상호운영성 기술 기반으로 서로 다른 두 망간에서의 안정적인 DNS 구축 방안을 제시한다.

1. 서 론

지난 20여 년 간 인터넷은 WWW에 힘입어 폭발적으로 성장하였다. 이 성장 기간동안 DNS(Domain Name System)는 필수 불가결한 요소였을 뿐만 아니라, 편리성, 확장성 등을 제공함으로써 네트워크에 있어 현재에도 중요한 요소 중 하나로 간주되고 있다.

인터넷의 성장은 주소 부족이라는 심각한 문제를 야기했고, 주소부족의 근본적인 해결책을 위해 128비트 길이의 주소를 사용하는 새로운 프로토콜인 IPv6가 제안되었고 각 국가별로 차세대 인터넷이라는 이름으로 IPv6로의 전이를 위한 박차를 가하고 있으나 DNS 네임 lookup 서비스의 부재, IPv4에서 IPv6로의 변화에 대한 주저함 등이 IPv6로의 전이를 막는 주요 걸림돌이 되고 있다.

현재의 DNS는 IPv4 주소형식에 대한 도메인 네임 검색 서비스를 제공하고 있기 때문에 IPv6를 위한 도메인 네임 검색을 제공하는 DNS가 필요하다. 특히 IPv4가 32비트 주소를 사용한 반면, IPv6는 주소체계로 128 비트를 사용하기 때문에 사용자가 기존에 비해 수치적으로 4배가 길어진 주소를 직접 사용하는 경우, 실수의 발생

† 본 논문은 현재 한국인터넷정보센터의 "IPv6 지원을 위한 상호운영성 연구를 기반으로 한 DNS 적용 방안 연구" 관련 위탁연구과제의 일환으로 수행되었음.

* 송실대학교 박사과정

** 송실대학교 석사과정

*** 한국인터넷정보센터

**** 송실대학교 부교수

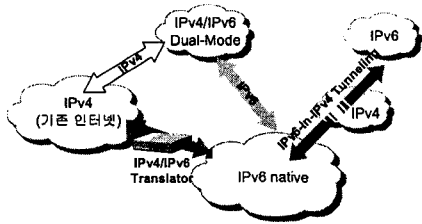
여지가 높아진다. 따라서 IPv6 환경에서 주소와 도메인 네임간 매핑 서비스를 제공하는 DNS는 필수 불가결한 요소가 되었다. 이 논문에서는 미국 및 유럽, 일본에서 진행중인 IPv4와 IPv6의 상호운영성 기술 기반으로 서로 다른 두 망간에서 안정적인 DNS 구축 방안을 제시한다.

2. 상호 연동성 기술

IPv4 프로토콜을 기반으로 하는 네트워크에서 IPv6를 성공적으로 전개시키기 위해서 가장 중요한 것은 IPv4 네트워크 상에서 IPv6 트래픽을 성공적으로 전달하는 방법, 즉 완전한 IPv6 백본으로 전이하기 이전 단계에서 서로 단절된 IPv6 도메인간의 통신을 가능하게 하는 수단을 고안하는 것이다. 이 방법은 보통 상호연동성 메커니즘이라 부르는데 [그림 1]에서 볼 수 있는 것처럼 IPv4와 IPv6 프로토콜이 존재하는 네트워크의 코어(core)부터 엣지(edge)까지 전체 네트워크에서 IPv4와 IPv6가 동시에 동작이 가능하게 할 뿐만 아니라, 서로 다른 프로토콜을 사용하는 호스트들이 하나의 프로토콜을 사용하는 것처럼 보이게 하는 IPv4와 IPv6 간의 "프로토콜 변환" 메커니즘을 제공함으로써 호스트 사이에서 투명한 통신을 제공한다. 따라서 IPv4 서비스의 중단 없이 IPv6를 점진적으로 지원하도록 하여 IPv6로의 전이를 앞당길 수 있는 로드 맵을 제시한다. 상호연동성을 위해서는 아래와 같이 다섯 가지 주요 메커니즘을 고려해야 한다:

- IPv4 터널 위에서 IPv6 구현
- 전용 데이터 링크 위에서 IPv6를 구현
- MPLS 백본 위에서 IPv6를 구현

- 듀얼스택 백본에서 IPv6를 구현
- 프로토콜 변환 메커니즘



[그림 1] IPv4와 IPv6 망이 혼재한 시나리오

위의 메커니즘들은 IPv6 전개를 위해 점차적으로 중요도가 더해져 가고 있으며, 많은 응용 프로그램이 실험 단계에서 실제적으로 사용되고 있기 때문에 DNS 역시 IPv4 망과 IPv6 망간의 상호연동성을 고려해야 한다. "IPv4 터널 위에서 IPv6 구현" 메커니즘이 작은 사이트나 네트워크를 기본으로 하고 있다. 이에 반해 두 번째 방법은 프레임 릴레이나 ATM, 광 망을 다루는 WAN이나 MAN상에서의 IPv6 구현을 다루고 있고, 세 번째 방법은 MPLS IPv4 코어 네트워크 상에서의 단절된 IPv6 도메인 간의 연결을 위한 MPLS 백본을 다루고 있으며, 마지막 기법은 듀얼스택 백본을 기반으로 하는 메커니즘이기 때문에 이들은 상호연동성보다는 물리계층의 성격이 강하다. [표 1]에서 일반적인 터널링 기법을 터널의 종단점을 기준으로 분류하고 있다. 또, 일반적으로 사용되는 터널링 메커니즘을 [표 2]에서 비교하여 보이고 있다. [표 3]은 프로토콜 전환 메커니즘을 비교 설명하고 있다.

3. IPv6로의 전이시 DNS 적용방안 고려 사항

IPv4 단일 환경에서 IPv6로의 전이는 상당한 기간을 두고 진행이 될 뿐만 아니라 동시에 일어나지 않을 것이라 예상된다. 특히 IPv6 호스트를 위한 혹은 IPv6 환경을 위한 DNS 서비스 제공 방안은 터널링을 통해 네임서버에 질의가 도달한 경우를 고려해야 한다. IPv4와 IPv6 혼합 망에서 DNS 적용을 위해 현재 사용되는 DNS에서의 확장 및 고려할 사항은 아래와 같다.

· 참조 체인에 따르는 이름 공간 분할 문제 및 회피정책 도메인 네임을 검색하는 캐싱 리졸버는 먼저 루트 네임서버에서부터 검색을 시작하는데 해당 네임에 대해 권한 네임서버에 이를 때까지 반복적인 검색을 지속한다. 만약 참조 체인(1)을 따라 도메인 네임 검색을 진행하다 특정한 유형의 전송을 통해서만 접근이 가능한 네임서버를 만나게 되면 기존의 네임서버는 검색작업을 마칠 수 없게 되므로 분할 문제가 발생한다. 즉, 인터넷이 IPv4에서 IPv4/IPv6의 혼합된 망으로 넘어갈 때 도메인 네임 공간에서의 분할이 발생하는데, 임의의 노드에 대한 정보를 가지고 있는 권한네임서버, 또는 도메인 네임 참조에 따

1) 캐싱 리졸버와 루트 및 중간네임서버, 권한네임서버간의 반복적인 검색의 형태를 참조 체인이라 부른다.

라 지나가야 하는 중간 네임서버에 특정 전송을 통해서만 접근이 허용될 때 문제가 발생한다.

[표 1] 일반적인 터널링 기법의 분류[7]

터널링 시작점	터널링 끝점	설명
1 라우터	라우터	IPv4 허부구조에 연결된 IPv6/IPv4 라우터들이 IPv6 패킷을 터널링한다. 이 경우 IPv6 패킷이 지나갈 수 있는 종단간 경로의 한 세그먼트에 존재한다.
2 호스트	라우터	IPv6/IPv4 호스트는 IPv4 허부구조를 통해 도달이 가능한 중간 IPv6/IPv4 라우터에 IPv6 패킷을 터널링한다. 이 경우의 터널은 패킷의 종단간 경로의 첫 번째 세그먼트에 존재한다.
3 호스트	호스트	IPv4 허부구조에 연결된 IPv6/IPv4 호스트가 목적지 호스트까지 IPv6 패킷을 터널링한다. 이 경우 패킷이 전달되는 종단간 전체 경로에 터널이 존재한다.
4 라우터	호스트	IPv6/IPv4 라우터는 IPv6 패킷을 최종 목적지인 IPv6/IPv4 호스트로 터널링할 수 있다. 이 터널은 종단간 경로의 마지막 세그먼트에 존재한다.

[표 2] 터널링 메커니즘의 비교[8]

터널 메커니즘	주요 사용	장점	단점	요구사항
IPv6 설정 터널	·안정적인 통신 링크 ·6bone에 연결	·IPv6를 지원하기 위해 DNS가 없어도 됨 ·NAT가 필수적	·종단간 터널 ·관리 오버헤드	·ISP에 등록된 IPv6 주소 ·듀얼스택 라우터
IPv4 GRE 터널 상의 IPv6	·안정적인 통신 링크	·잘 알려진 표준 터널 기술	·종단간 터널 ·관리 오버헤드 ·6bone에 연결 안됨	·ISP에 등록된 IPv6 주소 ·듀얼스택 라우터
터널 브로커	·단일된 IPv6 종단 특질 시스템	·ISP가 터널 설정 및 관리	·보안 문제	·스크립트 생성 및 전송하는 망을 알아야 함
IPv4-compatible 터널	·단일 호스트 ·작은 사이트	·터널 설정 용이	·IPv4 compatible 사이트간 통신만 가능 ·확장성이 나쁨 ·NAT가 필수적	·IPv6 프리픽스 (0::/96)
6to4 터널	·여러 떨어진 IPv6 도메인 연결	·관리 오버헤드 없이 터널 설정	·NAT가 필수적	·IPv6 프리픽스 (2002::/16) ·듀얼스택 라우터
ISATAP 터널	·템플릿 사이트 ·라우터가 없는 사이트간	-	-	·듀얼스택 라우터
6over4 터널	·템플릿 사이트 ·라우터가 없는 사이트간	-	-	-

[표 3] 프로토콜 전환 메커니즘의 비교[8]

변환 메커니즘	주요 사용	장점	단점	요구사항
NAT-PT	·IPv6-only 호스트와 IPv4-only 호스트간 통신	·듀얼스택 필요 없음	·종단간 IPsec 부재 ·전송 서버가 네트워크 실패(failure)의 요소	·전송 서버 필요 ·IPv6를 위한 DNS 지원 필요
TCP-UDP 릴레이	·전송 서버에서 IPv6와 IPv4 간의 변환	·프리웨어	·종단간 IPsec 부재 ·전송 서버가 네트워크 실패의 요소	·전송 서버 필요 ·IPv6를 위한 DNS 지원 필요
BIS	·IPv4-only 호스트가 IPv6-only 호스트와 통신개시	·종단시스템만 변화 필요	·오른 스택의 업그레이드 필요	·업그레이드된 IPv4 프로토콜 스택 필요
DSTM	·IPv6 주소만 가지고 있는 dual-stack 호스트	·주소 풀에서 할당된 임시 IPv4 주소 사용	-	·일시적인 global IPv4 주소 할당을 위해 전송 서버 필요
SOCKS-based IPv6/IPv4 Gateway	·IPv6-only 호스트와 IPv4-only 호스트간 통신	·프리웨어	·라우터에 부가적인 소프트웨어 설치 필요	·호스트와 라우터에 client와 gateway 소프트웨어 설치

IPv6-only 네임서버로만 지원되는 존들을 갖는 것은 이전에 분할이 없었던 IPv4 이름 공간에 분할을 가져올 수 있을 뿐만 아니라 분할을 피할 수 있는 메커니즘을 찾아야 하기 때문에 훌륭한 대안으로 보이지 않는다. 따라서, 이름 공간의 계속성을 유지하기 위해 다음과 같은 관리 정책을 사용할 것이 권장된다[6]:

- 모든 재귀적인 DNS 서버는 IPv4-only 혹은 듀얼스택이어야 한다.
- 모든 단일 DNS 존은 IPv4에 도달할 수 있는 DNS

서버를 적어도 하나 이상 가지고 있어야 한다.

- 지역 범주 주소: DNS에는 로컬 주소를 DNS에 등록할 수 없다. 즉, 포워드 및 역 트리에서 사용할 수 없다.
- 은닉 확장 주소의 사용: RFC3041은 IPv6의 비상태 주소 자동 설정에 있어 인터페이스 ID 대신, 임의의 수를 사용함으로써 주소 은닉을 정의하고 있다.
- 6to4 주소의 사용: 6to4 방식을 사용하는 주소들은 아무 문제없이 포워드 DNS에서 실행될 수 있지만 리버스 DNS에서 6to4를 등록할 때에는 특별한 주의가 필요하다. [9]에서는 2.0.0.2.ip6.arpa.의 위임을 제안하고 있는데, 리버스 존에서 2.0.0.2.ip6 .arpa 이하의 위임은 문제를 야기할 수 있다. 6to4 주소들을 지원하는 역 DNS의 또 다른 문제는 6to4 주소 역 DNS 위임이 IPv4 주소 생존시간 동안만 유효하기 때문에 6to4 프리픽스가 일시적인 것이다.

4. 제안되는 DNS 구성 방안

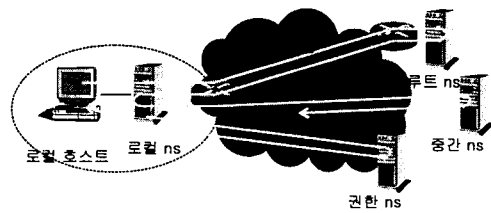
현재 IPv4 환경에서 IPv6 호스트를 위하여 DNS 서비스를 제공한다고 할 때 루트네임 서버나 로컬 네임서버 모두 IPv4 환경에서 서비스를 제공하게 된다. 따라서 루트 네임서버와 질의를 던지는 호스트는 IPv6가 enabled 상태이고 다른 일반 네임서버는 BIND 8.x 이상의 버전을 사용한다고 가정한다. 또, IPv6는 로컬 네임서버의 IPv6 지원 여부는 문제가 되지 않는다. 이는 현재 로컬 네임서버가 IPv6를 지원하지 않는다고 하더라도, BIND 8.x 이상인 경우 IPv4 기반의 위임구조 및 처리를 사용하여 최종 권한네임서버에게 질의를 보내어 IPv6를 위한 AAAA 형식의 응답을 받을 수 있기 때문이다. 이외에 호스트측 IPv6환경은 사이트 단위로 IPv6 enabled 될 수도 있고 호스트만이 IPv6가 enabled 될 수 있지만 이는 크게 문제 되지 않는다. 이는 IPv6 환경 범위는 터널의 시작점에 만 변화를 주기 때문이다.

3장에서 살펴본 상호연동성 기술을 이용하여 IPv6간 직접적인 연결이 논리적인 연결을 사용하는 경우 터널의 한 끝점을 루트서버의 인접한 라우터로 설정하는 것이 패킷의 전달 경로 및 연결성 문제 해결을 위해 적절할 것으로 보인다. 터널의 한 끝점을 루트 서버의 인접 라우터로 설정하는 경우, 양방향성 터널이 보장되기 때문이다. 또 루트 네임서버는 A 형식과 AAAA 형식 모두를 반환해야 한다. 즉, IPv6 enabled된 로컬 네임서버가 IPv4를 사용하여 질의를 하더라도 IPv6 주소를 필요로 하기 때문이다.

먼저 로컬 네임서버가 IPv6 enabled된 상태라면 로컬 호스트는 IPv6를 이용하여 질의를 던질 수 있다. 이때 질의에 대한 도메인 및 IP 주소가 네임서버에 캐싱되지 않은 경우, 로컬 네임서버는 루트 네임서버에 질의를 전달할 것이다. 이때 패킷은 IPv4를 사용할 수도 있고 IPv6를 사용할 수 있다. IPv4를 사용한다면 기존의 DNS 질의·응답 방식과 동일하다. IPv6를 사용하는 경우는 로컬 네임서버 또는 사이트의 출구 라우터가 패킷을 IPv4 패킷에 담아서 루트 네임서버에 전달한다. 루트 네임 서버 앞단에 있는 라우터가 이를 디캡슐레이션하여 최종 목적지에 전달한다. 루트 네임서버는 IPv6 주소를 담고

있는 AAAA 레코드와 A 레코드 모두를 반환하고 응답패킷을 받은 라우터는 자신이 가지고 있는 라우팅 테이블을 사용하여 실제 목적지를 확인하여 인캡슐레이션하여 패킷을 전달하게 된다. 나머지 반복적인 질의 처리는 이와 유사하게 진행된다([그림2]).

로컬 네임서버가 IPv4 only인 경우에 호스트는 현재의 IPv4 환경과 동일한 질의 응답 절차를 갖게된다. 단, 루트 서버는 반드시 A와 AAAA레코드를 모두 반환해야 한다. 이와 같이 네임서버를 목적지로 하여 터널이 존재하는 경우는 터널이 양방향성을 가지고 있기 때문에, 패킷의 전달에 있어 터널링 메커니즘을 어떤 것을 사용하느냐는 중요하지 않다. 이 외에도, 루트네임서버는 IPv6와 IPv4 name resolution을 각각 분리해서 처리하거나 통합해서 처리할 수 있다.



[그림 2] DNS 구성

5. 결 론

IPv4 프로토콜을 기반으로 하는 네트워크에서 IPv6를 성공적으로 전개시키기 위해서 가장 중요한 것은 IPv4 네트워크 상에서 IPv6 트래픽을 성공적으로 전달하는 방법 및 DNS 서비스 지원이다. 128비트 주소를 사용하는 IPv6 환경에서 주소와 도메인네임간 매핑 서비스를 제공하는 DNS는 필수 불가결한 요소이다.

본 논문에서는 미국 및 유럽, 일본에서 진행중인 IPv4와 IPv6의 상호연동성 기술 기반으로 서로 다른 두 망간에 안정적인 DNS 구축 방안을 제시하였다. 이 방안은 IPv4 서비스의 중단 없이 IPv6를 점진적으로 지원하고 궁극적으로는 IPv6로의 전이를 앞당길 수 있는 로드 맵을 제시한다.

참 고 문 헌

- [1] S. Thomson, C. Huitema, "DNS Extensions to support IPv6 version 6", RFC 1886, December 1995.
- [2] P. Vixie, T. Thomson, Y. Rekhter, J. Bound, "Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE)", RFC 2136, April 1997.
- [3] M. Crawford, C. Huitema, "DNS Extensions to Support IPv6 Address Aggregation and Renumbering", RFC 2874, July 2000.
- [4] P. Albitz, C. Liu, "DNS and BIND", 4th Ed.
- [5] S. Thomson, C. Huitema, "DNS Extensions to support IPv6 version 6", RFC 1886, December 1995.
- [6] A. Durand, "IPv6 DNS transition issues", work in progress, draft-ietf-dnsop-ipv6-dns-issues-02.txt
- [7] R. Callon, D. Haskin, "Routing Aspects Of IPv6 Transition", RFC 2185, September 1997.
- [8] <http://www.cisco.com>.
- [9] R. Bush, J. Damas, "Delegation of 2.0.0.2.ip6.arpa", work in progress.