

주제

NAT-PT와 Teredo 터널을 이용한 IPv6 리커시브 DNS 구축 방안 연구

송실대학교 신용태, 서유화, 김진석, 한국인터넷진흥원 송관호, 김원, 박찬기

목차

I. 서론

II. IPv6 리커시브 DNS의 개념

III. IPv6 리커시브 DNS 구축의 문제점

IV. IPv6 리커시브 DNS 구축 기술의 적용성 분석

V. NAT-PT와 Teredo 터널을 이용한 IPv6 Recursive DNS 구축 방안

VI. 결론

I. 서론

IPv6 인프라 구축은 차세대 인터넷 망으로의 전이를 위한 필수적인 요소이다. 이를 위해 국내에서는 IT839 전략 중 하나로써 BcN, 휴대인터넷, 홈 네트워크 등 신규 사업에 IPv6를 적용하고, RFID 및 3G 이동통신 사업과도 연계되어 IPv6 인프라 구축 사업을 추진하고 있다. IPv6 도입에 있어 가장 중요한 이슈는 기존 IPv4 네트워크 환경에서 IPv6 네트워크 환경으로의 자연스러운 진화가 이루어져야 한다는 것이다. 이를 위해 IPv4 네트워크와의 호환성을 제공해야하며, 주소할당 정책 및 관련 기술에 대한 표준화 작업을 수행해야 한다.

이 중에서도 웹, 이메일 등 다양한 응용 프로그램의 운영을 위해서는 DNS 기술이 핵심적이라 할 수

있는데, 아직까지 국내의 경우 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 국가적 차원에서 IPv6 체계로의 전환을 추진하고 있지만, 다수 기관에서 개별적으로 확보한 IPv6 주소의 경우 관련 정보가 DNS에 업데이트되지 않으면 DNS와의 상호 운용이 어렵기 때문에 이에 따른 IPv6 DNS에 대한 통일성과 상호 운용성 확보가 필요하다. 이를 위해서는 DNS의 서비스의 핵심인 IPv6 리커시브 DNS에 대한 연구가 선행되어야 한다.

리커시브 DNS는 IPv6 어플리케이션 호스트의 IPv6 도메인 네임에 대한 질의를 처리하기 위해 매우 중요한 요소이다. 리커시브 DNS는 리소스 레코드를 캐시하거나 상위 도메인 네임 서버로 도메인 네임에 대한 질의를 수행하여 사용자의 질의에 대한 직접적인 도메인 네임 레졸루션을 수행하기 때문이다. 현재

IPv6 환경의 도입이 지연되는 원인은 루트 및 TLD 급의 상위 도메인의 IPv6 도메인 네임 위임의 지연 문제에 기인한다. 루트 및 TLD급 DNS의 IPv6 적용 시점을 기다리기 보다는 이를 대비한 하위 DNS의 IPv6 사전 적용이 필요하며 IPv6 도입 기반 환경의 조기 확충을 위해 안정적인 국내 IPv6 리커시브 DNS의 구축 방안 제시가 필요하다.

도메인 네임 레졸루션의 주요 기능을 가진 리커시브 DNS는 그 수도 매우 많으며 ISP 사업자, 기업, 기관 등에 널리 분포하고 있다. 그러나 이들의 경우 IPv6 차세대 인터넷 환경으로의 전이에 대한 준비가 미흡한 실정이다. 따라서 국내 각 기관의 실정을 고려한 안정적인 IPv6 리커시브 DNS의 구축을 위해 리커시브 DNS 구축에 따른 문제점 및 요구사항을 파악하고 이를 고려한 IPv6 Recursive DNS 구축 방안이 제시되어야 한다. 또한 국내 인터넷 환경에서의 .kr 도메인 기반의 완결된 IPv6 DNS 환경 구성을 위한 과도기적 리커시브 DNS 구성 방안에 대한 모색이 요구된다.

본고의 II장에서는 리커시브 DNS의 개념을 설명하고 III장에서는 IPv6 DNS 구축의 주요 문제점을 소개한다. IV장에서는 IPv4/IPv6 공존 환경에서 IPv6 리커시브 DNS 구축 기술의 적합성을 비교 평가하고 이를 토대로 하여 V장에서는 IPv6 리커시브 DNS 구축 방향을 제시하고 마지막으로 VI장에서는 결론을 맺는다.

II. IPv6 리커시브 DNS의 개념

DNS(Domain Name System)는 인터넷 상의 응용 프로그램들의 편리한 활용을 위하여 사람이 인식하기 쉬운 도메인 네임과 통신기기가 인식하는 IP주소 간의 변환 시스템을 말한다. 도메인 네임 서버는

전체 도메인 데이터베이스의 일정 영역(zone)을 소유하고 있는 DNS 서버이다. 도메인 데이터베이스는 DNS 체계에 따라 분산 구조를 가지고 있다. 네임서버는 전체 도메인 데이터베이스 중에서 관리 권한을 위임받은 일정 영역(zone)의 데이터베이스를 관리하고 유지하며 도메인에 대한 질의 요청에 대해 응답한다.

네임서버는 두 가지 동작 모드로 동작할 수 있는데 리커시브가 아닌 모드(non-recursive mode)와 리커시브 모드(recursive mode)이다. 리커시브가 아닌 모드는 네임서버가 기본적으로 동작하는 모드로써 모든 네임서버는 이 동작 모드를 구현해야 한다. 리커시브가 아닌 모드에서 네임서버는 자신이 갖고 있는 도메인 데이터베이스 영역의 정보에 대해서만 권한을 지니고 응답한다. 리커시브 모드는 네임서버가 옵션기능으로 구현, 동작할 수 있는 동작 모드이다. 이는 주로 클라이언트 호스트의 리커시브 질의 요청에 응답하기 위한 것이다. 주로 ISP에 의해 운영되고 사용자에게 그 IP 주소를 공개한다.

(그림 1)의 (a)와 같이 리커시브 모드로 동작하는 네임서버는 클라이언트에서 리커시브 질의 요청이 있는 경우, 자신이 포함하고 있는 리졸버 루틴을 사용하여 리졸버의 질의 절차를 수행하고 최종 응답 결과를 클라이언트로 응답한다. 곧, 리커시브 네임서버는 본래의 네임서버 기능에 리졸버의 역할기능까지 포함하여 동작하는 네임서버라 할 수 있다.

리커시브가 아닌 모드로 동작하는 네임서버는 리커시브 모드로 동작하는 네임서버가 도메인 네임에 대한 정보를 가지고 있지 않을 경우 네임 질의 요청에 대한 응답을 수행하기 위한 것이며 자신이 관리하는 도메인 영역에 대한 질의 요청에 대해 응답한다. 이러한 네임 서버를 이터레이티브 네임 서버(iterative name server)라고 한다. 일반적으로 클라이언트로 부터 요청되는 질의를 리커시브 질의(recursive

query), 리커시브 네임 서버의 상위 도메인 영역에 대한 질의를 이터레이티브 질의(iterative query)라고 한다.

DNS는 네임체계 방식 중 도메인 네임을 사용하는 시스템 체계를 통칭하며 (그림 1)의 (b)와 같이 계층적인 트리로 이루어진다. 리커시브 네임 서버는 클라이언트의 도메인 네임 질의에 대해 상위 네임 서버로 이터레이티브 질의를 통해 네임 리졸루션을 수행한다.

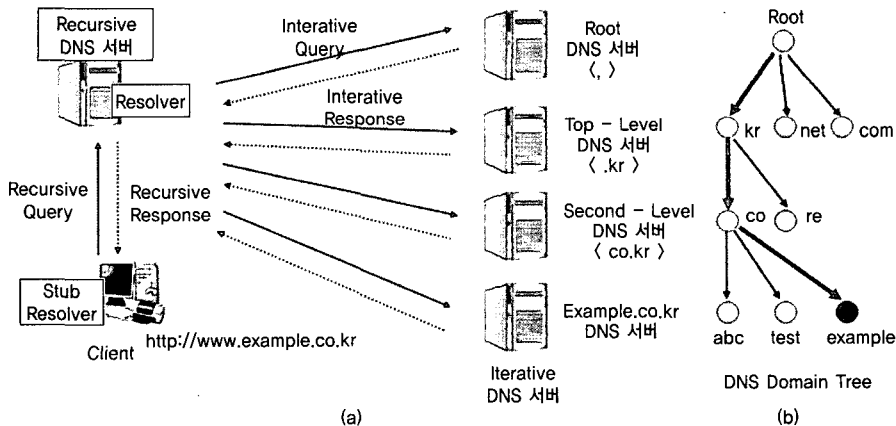
(그림 1)의 (a)와 같이 이터레이티브 네임서버는 자신이 보유한 도메인 데이터베이스 영역에 대해서만 DNS 응답을 한다. 해당 도메인 데이터베이스 영역을 벗어난 영역의 도메인 네임에 대한 질의에 대해서는 현재 보유한 도메인 영역으로부터 가장 근접한 위임영역의 네임서버 정보를 참조 정보로 응답한다. 즉, 리졸버가 다음 단계의 네임서버로 탐색을 계속할 수 있도록 다음 네임 서버 정보를 제공하는 역할만 한다.

리커시브 네임 서버는 클라이언트를 대신하여 리졸버의 전 기능을 수행함에 비해 네임 서버는 권한(authority)를 갖는 도메인 데이터베이스 정보에 대한 응답만 제공하며 리졸버 기능은 사용하지 않는다.

따라서 이와 같이 리커시브가 아닌 모드로 동작하는 네임서버를 단말 호스트에 DNS 서버 또는 네임 서버로 지정하는 경우, 호스트는 도메인 네임에 대한 리졸루션 기능을 제대로 수행할 수 없게 된다.

네임 서버는 도메인 네임에 대한 정보를 리소스 레코드(RR)의 형태로 저장한다. 리소스 레코드(RR - Resource Record)는 도메인 네임과 인터넷 자원 정보를 매핑하여 하나의 분산 구조형 데이터베이스를 구성하기 위한 수단이다. 리소스 레코드는 도메인 네임이 갖는 속성을 표현한다. 하나의 도메인 네임은 다수의 리소스 레코드(RR)를 그 속성 정보로 가질 수 있으며 IP 주소는 인터넷 자원 정보 중의 하나로써 가장 널리 쓰이는 도메인 네임의 인터넷 자원 속성 정보이다. 리소스 레코드(RR)는 이러한 다양한 인터넷 자원 정보를 표시하는 체계로서 추가 확장 정의될 수 있는 유연한 구조를 지니고 있다.

IPv6 전이에 따라 DNS 서버의 리소스 레코드는 IPv4 주소를 저장하는 A타입과 IPv6 주소를 저장하는 AAAA 타입의 2가지 리소스 레코드가 존재한다. 리커시브 네임서버는 IPv4 주소와 IPv6 주소가 공존하는 도메인 데이터베이스에서 임의의 도메인 네임



(그림 1) DNS의 계층 구조

에 대한 네트워크 주소정보를 파악하기 위해서는 A 타입 리소스 레코드에 대한 DNS 질의와 AAAA 타입 리소스 레코드에 대한 DNS 질의를 각각 수행해야 하는 기능상의 변경이 필요하게 된다.

IPv6 DNS의 경우 이터레이티브 DNS는 새로운 리소스 레코드인 AAAA 타입 리소스 레코드에 대한 질의에 대해 다른 모든 유형의 리소스레코드에 대한 처리와 동일하게 수행한다. 다만, IPv6 도입으로 네임 서버로의 위임설정이 IPv6 주소로 설정되는 경우 이터레이티브 네임서버는 리커시브 네임서버의 질의에 대해 네임 서버의 IPv4와 IPv6 주소를 모두 제공해야 한다.

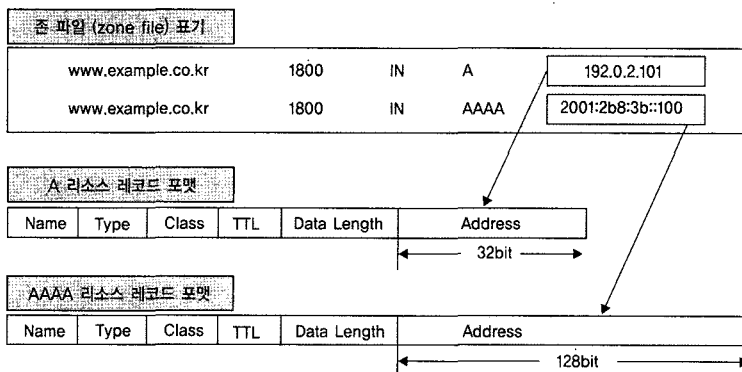
A 레코드와 AAAA 레코드 구조는 (그림 2)와 같다. 이에 따라 리졸버는 IPv4 주소와 IPv6 주소의 클루 레코드를 모두 응답받게 되어 다음 질의를 수행한다. 하나의 도메인 네임에 대해 DNS 질의를 하는 경우, 해당 도메인 네임이 A 리소스 레코드와 AAAA 리소스 레코드를 소유하고 있더라도 AAAA 리소스 레코드만을 응답한다. 따라서 IPv4와 IPv6 주소가 함께 공존하는 상황에서는 특정 도메인 네임의 IP 주소를 파악하기 위해서는 A 타입 DNS 질의와 AAAA 타입 DNS 질의를 각각 수행하여 그 응답을 파악해야 한다.

III. IPv6 리커시브 DNS 구축의 문제점

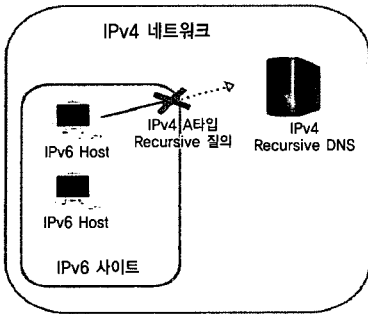
IPv6의 도입으로 인한 리커시브 DNS의 가장 중요한 이슈는 DNS 도메인 네임 공간이 IPv4와 IPv6 영역으로 분할되는 일이 발생하지 않도록 해야 한다는 점이다. IPv6를 도입하는 과정에서는 불가피하게 IPv4와 IPv6 네트워크 환경이 혼재하는 상황이 발생하게 된다.

리커시브 DNS는 루트네임서버를 포함한 상위 네임서버와 호스트 사이에 위치하여 도메인 네임 레졸루션을 수행한다. 따라서 안정적인 IPv6 리커시브 DNS의 구성을 위해서는 호스트가 위치한 네트워크 환경과 상위 이터레이티브 네임서버가 위치한 네트워크 환경이 모두 고려되어야 한다.

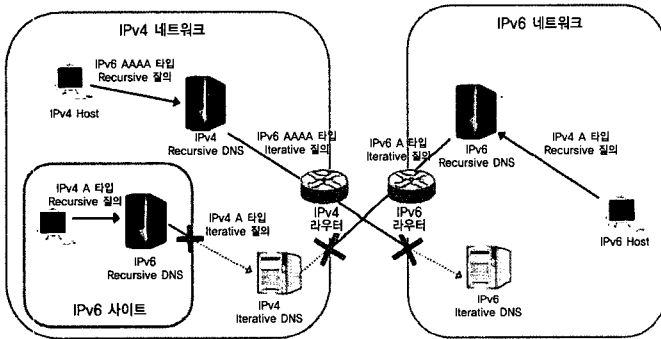
IPv6 리커시브 DNS의 구성에 있어 발생할 수 있는 첫 번째 문제는 호스트가 리커시브 DNS로 접근할 수 없는 경우이다. (그림 3)과 같이 IPv4 네트워크 내에 소규모 IPv6 사이트가 구축되어 있을 경우 IPv6 사용자는 IPv4 리커시브 DNS 서버로 A 타입의 도메인 네임에 대한 질의를 수행할 수가 없다. 두 번째 문제는 호스트가 리커시브 DNS 서버로 접근이 가능하다 하더라도 리커시브 DNS 서버가 상위 DNS



(그림 2) IPv4/IPv6 DNS 리소스 레코드 포맷



(그림 3) IPv6 사이트 내 호스트의 IPv4 리커시브 DNS 접근 불능



(그림 4) 리커시브 DNS의 이터레이티브 DNS 접근 불능

서버로 접근할 수 없는 경우이다. (그림 4)와 같이 IPv6 네트워크에 구축된 IPv6 인터페이스만 지닌 리커시브 DNS 서버는 IPv4 환경의 루트 도메인 및 하위 도메인으로 접근하는 네트워크 경로가 부재함으로 인해 도메인 네임에 대한 변환을 수행할 수 없다. 이는 루트 DNS 네임 서버가 IPv6를 지원하는 체계로 전환되더라도 도메인 네임 변환 절차 중 접근이 필요한 임의의 네임 서버의 네트워크 환경이 IPv6를 지원하지 않는 상태에 있는 경우, 도메인 네임에 대한 질의 응답이 불가능하여 오류를 발생시키게 된다. 따라서 이러한 문제가 발생할 경우, 해당 DNS 서버의 도메인 영역은 도메인 네임 공간의 연속성이 단절된 도메인으로 존재하게 된다. 즉, IPv6 네트워크상에서는 해당 도메인 영역이 존재하지만 호스트의 입장

에서이 도메인은 존재하지 않는 것이나 마찬가지로 된다.

IPv6 리커시브 DNS 서버의 정상적인 동작을 위해서는 모든 DNS 서버와 네트워크 환경에 IPv6 지원이 필요하다. 그러나 현실적으로 전 세계 모든 DNS 네임 서버가 존재하는 네트워크 환경이 단 시일 내에 IPv6 지원 플랫폼으로 전환되는 것은 불가능하다. 각 리커시브 DNS 비롯한 모든 DNS 서버는 다양하고 수많은 주체에 의해 구축, 운영되고 있기 때문이

다. 그리고 IPv4 리커시브 DNS가 일부 IPv6 네임 서버를 위해 전체 IPv4 리커시브 네임서버에 IPv6 도입이 추진될 가능성은 없다. 이를 위한 과도기적 대안으로 리커시브 네임서버를 듀얼스택으로 구성된 네트워크 상에 위치시키는 것이 가장 안정된 방안이라고 할 수 있다. 그러나 모든 리커시브 DNS를 듀얼스택 네트워크에 구축하는 것은 불가능하다. 따라서 기존의 IPv4 리커시브 DNS가 IPv6를 지원하지 않음으로써

IPv6 주소에 대한 도메인 레졸루션 기능을 수행할 수 없는 상태에 상당기간 놓이게 될 것이다. 그러므로 IPv4와 IPv6 네트워크가 공존하는 과도기적 상황에서 IPv6 리커시브 DNS를 안정적으로 도입하기 위한 방안이 연구되어야 한다.

IV. IPv6 리커시브 DNS 구축 기술의 적용성 분석

IPv6 리커시브 DNS를 구축하기 위해 고려해야 할 사항은 기존의 IPv4 기반의 리커시브 DNS 서버와 호스트의 변화를 최소화하면서 효과적으로 IPv4와 IPv6 간의 도메인 네임공간의 분절이 발생하지 않

도록 IPv6 DNS를 구축하는 것이다. 이를 위해 적용될 수 있는 IPv4와 IPv6의 상호 운용 기술은 <표 1>과 같다. 일반적으로 IPv4와 IPv6 상호 운용 기술은 네트워크 계층, 전송 계층, 응용 계층에 적용될 수 있으며 듀얼 스택, 터널링 기술과 프로토콜 변환 기술 중 일부가 네트워크 계층에 적용될 수 있다. 본 절에서는 IPv6 리커시브 DNS를 구축하기 위해 적용될 수 있는 IPv4/IPv6 전이 기술을 비교 분석 한다.

<표 1> 전이 메커니즘

구분	메커니즘
Tunneling	Dual Stack [3]
	Configured Tunneling [3]
	IPv4-compatible Tunneling [3]
	6to4 [10]
	6over4 [9]
	Teredo [12]
Transition	Tunnel Broker [8]
	NAT-PT [5]
	DSTM [10]
	TCP-UDP 릴레이 [13]
	BIS/BIA [6][7]

4.1 터널링 기술

IPv6 리커시브 DNS를 구축하기 위해 적용될 수 있는 가장 편리한 기술로는 듀얼 스택으로 구성된 네트워크상에 리커시브 DNS를 구축하는 것이다. 그러나 현실적으로 모든 라우터나 호스트가 IPv4/IPv6 듀얼 스택으로 구축된 네트워크를 구축하는 것은 장기간의 시일이 소모되며 IPv6 호스트가 모두 듀얼 스택 네트워크상의 리커시브 DNS를 이용하는 것은 안정적인 도메인 네임 레졸루션을 수행하기에 한계가 있다. 따라서 듀얼 스택 기술의 그차선택으로써 터널링 기술이 이용될 수 있다.

터널링 기술 중 수동 설정 터널링 (Configured Tunneling) [3]의 경우 관리자 설정에 의해 정적 터널 유지 및 라우터 사이의 터널 연결에 유용하나 터널

엔드 포인트가 많을수록 관리상에 부담이 크기 때문에 다수의 호스트에 대해 도메인 네임 레졸루션 서비스를 제공하는 리커시브 DNS에 적용하기에는 한계가 있다. 또한 IPv4-compatible 자동 터널링 [3] 방식의 경우에는 BIND 9 DNS의 리졸버 루틴은 이 주소를 사용한 위임 설정을 무시하는 코드를 갖고 있어 도메인 네임 레졸루션에서 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 IPv4-compatible 터널링의 경우는 DNS에 설정하지 않는 것이 바람직하다. IPv4-compatible 터널링 방식은 IPv6 개발 초기 정의된 메커니즘으로 그 자체가 갖는 통신 범위의 한계 때문에 사실상 DNS 시스템에 적용하는 것은 무리가 있으며 현재 IPv4-compatible 터널은 6to4 자동 터널 메커니즘 [10]에 의해 대부분 교체되었다. 6over4 터널링 [9]은 복잡하지는 않으나 IPv4 멀티캐스트가 가능한 서브넷 안에서만 터널링이 가능하기 때문에 확장이 제한된다.

현재 IPv4/IPv6 전이 메커니즘으로써 가장 활발하게 연구되고 있는 터널링 방식은 6to4 메커니즘이다. 6to4 메커니즘은 순수 IPv4망에 연결된 IPv6 망상의 호스트들 간에 최소한의 수동적인 설정만으로 통신이 가능하며 IPv6 망 차원에서 IPv4 망과 연결성을 가지면서 순수 IPv6 호스트로만 구성된 IPv6 망을 구축하고자 하는 경우에 유용하게 사용되고 확장성이 좋다. 또한 BIND 9 루틴에서 사용에 문제점을 가진 IPv4-compatible 주소를 사용하지 않고 각 호스트마다 고유한 IPv6 주소를 설정할 수 있다는 장점을 가진다. 6to4 터널링은 6to4를 위해 정의한 고유의 prefix에 자신의 IPv4 주소를 합쳐 IPv6 주소로 사용하기 때문에 IPv6 주소에서 경계 라우터의 IPv4 주소를 쉽게 추출해 낼 수 있고 쉽게 구현이 가능하여 널리 이용될 것으로 전망된다. 그러나 6to4의 경우 설정 터널이나 IPv4-compatible 터널 메커니즘과 같이 NAT 관리가 필요하고 터널의 경로 상에서 독립적인 NAT 관리는 허용되지 않는다. 따라서

현재 NAT를 이용하는 사설 주소 환경에서 IPv6 통신을 위해 6to4 터널을 설정하는 것에는 무리가 있다.

이를 위해 제안된 터널링 기술로써 Teredo 터널링[12] 기술이 있다. Teredo 터널링 기술은 기존의 IPv4 NAT 내부에서 사설 IP를 이용하는 호스트가 IPv6 호스트와의 통신 시 유용하게 사용할 수 있으며 인터넷 공유기를 사용하는 가정이나 소규모 대기업에서도 IPv6 통신이 가능하다. 현재 많은 사설망이 NAT를 사용하는 점에서 고려해 볼 때 Teredo 터널링 기술은 IPv4 또는 IPv6 환경에 존재하는 사설 IP를 사용하는 사용자가 리커시브 DNS로 접근하기 위한 기술로써 유용하게 사용될 수 있다.

IP-compatible 자동 터널링 또는 6to4, 6over4, Teredo 방식은 기본적으로 듀얼 스택 구조를 사용하기 때문에 IPv4와 IPv6 주소를 동시에 가져야 한다. 따라서 IPv4 주소 문제를 해결할 수 없는 단기 진화 전략이라 할 수 있지만, IPv6망 환경은 거의 대부분 기존 IPv4 인프라 상에서 터널링 기법을 사용해서 이루어진다. 그러나, 이 절차는 이미 IPv4 망과는 연결 수단을 가지고 있으면서 IPv6 망으로 접속하고자 원하는 고립된 종단 사용자들에게는 너무 복잡하다고 할 수 있다.

이를 해결하기 위해 터널브로커 기술이 유용하며,

이를 통해 IPv6 호스트들이 쉽게 6Bone에 연결할 수 있고 안정적이고 고정된 IPv6 주소와 DNS 이름을 가질 수 있다. 앞으로 인터넷 상에서 IPv6 기반 망들이 등장하기 시작하면, 많은 터널브로커들이 생겨날 것이며, 사용자들은 IPv6 상의 서버들에 접속하기 위해 터널 브로커들의 제공 서비스 질에 따라 선택적으로 사용하게 될 것이다. 그러나 이 메커니즘의 단점은 동떨어진 서버가 설정 변경 사항을 중단 시스템이나 라우터에 알릴 때 보안의 취약성을 가지고 있다는 것이다. 향후 터널 브로커 기술은 대규모 IPv6 ISP에 적용 시 유용한 기술이라고 할 수 있다. <표 2>는 각 터널링 기술의 이와 같은 장·단점 및 한계를 정리한 것이다.

리커시브 네임서버를 구축하는데 있어 가장 안정적인 구성 방식은 IPv4/IPv6 듀얼스택 네트워크 환경에 구성하는 것이 네트워크 안정성이 뛰어나고 또한 상호 접근성이 가장 양호하다. 그러나 IPv4/IPv6 듀얼스택 네트워크를 구축하는 것은 네트워크 내의 모든 라우터를 업그레이드해야 한다는 점과 라우터에 듀얼 주소 스키마가 정의되어야 한다는 것, IPv4와 IPv6 라우팅 프로토콜을 모두 관리해야 하고 IPv4와 IPv6 라우팅 테이블을 모두 수용할 수 있도록 충분한 메모리를 제공해야 한다는 한계가 있다.

이에 대한 차선책으로 고려될 수 있는 것은 6to4

<표 2> 터널링 기술의 장·단점 및 한계

터널 방식	적용 전제 조건 및 적용 환경	사용 IPv6 주소	특징 및 한계점
6over4	IPv4/IPv6 듀얼스택 노드 IPv4 멀티캐스트 도메인 적용	IPv6 Link-Local 주소	IPv4 멀티캐스트 라우팅 설정 필요 현실적으로 IPv4 인터넷 전반에 적용하기 어려움
IPv4-compatible	IPv4/IPv6 듀얼스택 노드 공인 IPv4 주소 설정 호스트 단위 적용	IPv4-compatible 주소 적용 ::d.d.d.d/96	IPv6 호스트 간에만 IPv6 통신 가능 native IPv6 사이트와 통신 불가
Tunnel Broker	IPv4/IPv6 듀얼스택 노드 공인 IPv4 주소 사용 단말 인증된 사용자 단위 적용	ISP가 임시 할당하는 IPv6 주소	사용자 단말 단위로 일시적인 터널 제공
6to4	IPv4/IPv6 듀얼스택 노드 사설/공인 IPv4 주소 호스트 단위 적용	6to4 프리픽스 2002::/16 적용 2002:V4ADDR::/64	6to4 릴레이 라우터 제공 환경에서 native IPv6 사이트와 IPv6 통신 가능
Teredo	IPv4/IPv6 듀얼스택 노드 Teredo 주소 설정 서버 NAT 사설 네트워크 환경	teredo 프리픽스 3ffe:831f::/32 적용	IPv4 NAT 내부에서 사설 IP를 이용하는 호스트가 IPv6 호스트와 통신 가능

터널링과 Teredo 방식이며 이 경우 순수 IPv6 네트워크와의 통신을 위한 6to4 릴레이 라우터와 Teredo 서버 및 Teredo 릴레이 라우터가 필요한데, 이 라우터가 장애 포인트가 될 위험성이 있기 때문에 IPv4/IPv6 듀얼스택 네트워크 환경에 비해 불안정해 질 수 있는 가능성이 있다고 할 수 있다. 현재 듀얼스택과 Teredo 터널 및 6to4 터널은 윈도우 및 리눅스 기반의 운영체제에서 지원하고 있으며 상용화를 위한 다양한 펠드의 테스트를 통한 검증이 수행되고 있다. 따라서 IPv6를 위한 리커시브 네임서버를 구성하는 경우에는 ISP와 같은 대규모 서비스 사업자의 경우는 IPv4/IPv6 듀얼스택 네트워크 영역에 리커시브 네임서버를 구성하는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있다. 그러나 일반 사용자의 경우는 IPv4/IPv6 듀얼스택 네트워크 구성이 불가능한 상황이 가능하므로 차선책인 6to4 터널링을 사용하여 IPv6를 위한 리커시브 네임 서버를 구성할 수 있으나 NAT 사설 IP를 사용하는 사용자의 경우 Teredo 터널을 사용 것이 가장 효율적인 IPv6 리커시브 DNS 구축 방안이라 할 수 있다.

4.2 프로토콜 변환 기술

터널링 방식은 IPv6가 중단 간 운영되고 있는 상황에서의 전이 메커니즘이었다. 듀얼스택이 아닌 IPv6만이 운영되는 시스템이 IPv4만 운영되는 시스템과의 통신을 하기 위해서는 호스트나 라우터 또는 듀얼스택 호스트에서 운영되는 각기 다른 인터넷 프로토콜을 서로 이해할 수 있도록 하는 번역 메커니즘이 필요하다. IPv6 네트워크가 점점 증가할수록 변환 메커니즘 역시 그 중요도가 더해질 뿐만 아니라 IPv6가 거의 주류를 이루고 적은 수의 IPv4 호스트가 존재하는 환경에 도달한다 하더라도 전체 IPv6 네트워크의 한 부분으로 IPv4 시스템을 지원하기 위해 변환

메커니즘은 필요하다는 점에서 그 중요도가 높다고 할 수 있다.

터널링 기술은 IPv4 네트워크상의 호스트가 IPv6 네트워크의 리커시브 DNS를 접근하거나 IPv6 네트워크 내에 호스트가 IPv4 네트워크상의 리커시브 DNS에 접근하고자 할 때 기존의 IPv4 리커시브 DNS는 IPv6를 지원하기 위한 변경이 요구된다.

그러나 리커시브 DNS를 모두 IPv4/IPv6 듀얼스택으로 구축하는 것은 현실적인 제약이 매우 크다. 프로토콜 변환 기술은 그 내부에 리커시브 DNS 확장 기능이 포함되어 추가적인 리커시브 DNS의 변경을 최소화하여 IPv6 네트워크 환경으로의 전이를 수행할 수 있다.

프로토콜 변환 기술 중 가장 많이 연구 개발되고 있는 기술은 NAT-PT와 DSTM이다. NAT-PT는 여러 변환기술 중 IPv4 주소 부족 문제 해결이 가능하며 다른 변환 기술보다 관심이 가장 높으므로 발전 가능성이 보이는 기술이다. 또한 IPv6 네트워크를 구축 시 IPv6 호스트나 인트라넷에 별도의 소프트웨어나 장비를 설치할 필요가 없다는 장점이 있다.

그러나 IPv4와 IPv6를 직접 연결 시만 사용하는 것이 좋고 IPv6-IPv4-IPv6의 경우는 두 번의 NAT-PT를 수행하는 것이므로 더 많은 성능저하와 유지비용이 발생하므로 터널링을 사용하는 것이 더 적합하다. 또한 사용자 단말의 변경이 필요하지 않은 장점이 있으며 듀얼스택도 필요 없다.

DSTM은 듀얼스택으로 터널링 방식에 의해 동작하기 때문에 NAT-PT보다 부하가 적으며 IPv4 응용 서비스 프로그램에 별도의 IPv6 통신 지원 기능이 없어도 서비스 이용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 DSTM으로 IPv6 네트워크를 구축하기 위해서는 DSTM TEP뿐만 아니라 소프트웨어(DSTM 클라이언트)와 장비(DSTM 서버)가 필요하다. 또한 IPv6 호스트를 설치 할 때마다 모든 호스트에

DSTM 클라이언트를 설치해야 하므로 비용이 늘어나며 현재 표준화에 있어서도 드래프트 상태로써 NAT-PT보다 업체들의 관심이 적은 편으로 발전 가능성은 NAT-PT보다 다소 적다고 할 수 있다.

TCP-UDP 릴레이 메커니즘의 경우 네트워크가 어떤 프로토콜을 사용하던지 관계없이 추가 비용을 들이지 않고 IPv4 호스트에 접근하기를 원하는 순수 IPv6 네트워크에 연결성을 제공한다. 그러나 응용 계층의 보안은 허용하지만 점 대점 네트워크 보안은 보장하지 않으며 멀티캐스트 트래픽을 지원하지 않는다. 또, 사설 주소를 사용하는 네트워크의 합병을 어렵게 한다는 단점이 있다. 그 외에도 빠른 라우팅이 힘들고 전용 서버는 네트워크 연결 실패의 가장 큰 원인이 될 수 있다.

BIS와 BIA 메커니즘은 DNS에 변환이 필요 없다는 장점을 가지지만 호스트 단위의 기술로써 IPv6 노드가 접속하는 모든 IPv4 노드에 설치되어야 하므로 확장성이 없고 필요한 경우 컴퓨터 마다 새로 설치해야 하는 단점을 가진다.

BIS의 경우 랜 카드에 종속되어 설치될 때 이더넷 어댑터와 IP 스택은 수동 구성이 필요하고 NAT 테이블도 수동으로 관리해야 한다. 위상 변경이나 재할당 시 네트워크 주소가 변하면 다시 구성해야 하므로 유지비용이 높고 성능이 떨어진다. IPv4 프로토콜 스택에 다른 프로토콜 계층이 부가되어야 하기 때문에 IPv4나 IPv6 호스트에 변경을 주어야 하기 때문에 모든 호스트가 안정적인 도메인 내임 레졸루션을 수행하기 위한 적용 기술로는 부적합하다고 할 수 있다. BIA의 경우 네트워크 수준이 아닌 소켓 수준에서 변환을 수행하므로 LAN 카드에 종속되지 않은 장점이 있으나 호스트 단위의 기술로써 확장성이 없기 때문에 적용하기에는 부적합하다고 할 수 있다.

현재 소규모 기업이나 기관에서는 NAT로 구축된 사설 네트워크를 많이 사용하고 있기 때문에 IPv6 리커시브 DNS 구축 기술로써 프로토콜 변환 기술로써 NAT-PT는 프로토콜 전환 기술 중 가장 적합할 것으로 보인다. 각 프로토콜 변환 기술의 이와 같은 장·단점은 <표 3>과 같이 구분할 수 있다.

<표 3> 프로토콜 변환 기술 장·단점

Transition	장 점	단 점	적합 용도
NAT-PT	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 단말 변경 없음 • 듀얼 스택 필요 없음 • 확장성, 단, 양방향 통신 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 헤더변환, 주소 변환, 테이블 유지, DNS-ALG 지원, 양방향 지원 등으로 성능저하 발생 (하드웨어적으로 구현하여 처리 속도 개선 가능) 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 ISP나 대규모 네트워크
DSTM	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 단말 변경 없음 • 주소 풀에서 할당된 임시 IPv4 주소 사용 • 양방향 통신 지원 (기본 용도는 IPv6→IPv4 통신) 	<ul style="list-style-type: none"> • IPv6 도메인 내에서 사용가능, 경계 라우터가 모든 통신 상태를 유지해야 함으로 확장성 제한됨 • 기술 복잡, 설치 어려움, 유지비용 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • IPv6 도메인 안에서만 가능
UDP-TCP 릴레이	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워크의 프로토콜에 독립적임 • 저비용, 양방향 통신 지원 (기본 용도는 IPv4→IPv6) 	<ul style="list-style-type: none"> • 멀티캐스트 트래픽 지원 안함, • 사설 주소 네트워크 합병이 어려움 • 전용 서버가 네트워크 연결 실패의 원인이 됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 소규모 네트워크
BIS/BIA	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 IPv4 응용 프로그램을 이용하여 다른 IPv6 호스트와 통신 • 저비용, 양방향 통신 지원 (기본 용도는 IPv4→IPv6) 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 단말 변경 해당 컴퓨터마다 설치 • 랜카드에 종속됨 (BIS) • 확장성 부족 • 유지비용 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 터널브로커와 같은 서비스를 제공하는 ISP가 없는 경우 IPv4 호스트가 기존의 응용 프로그램으로 IPv6와 통신하기 위해 필요 (극히 제한된 환경에 있는 개인 사용자)

호스트 이외의 DNS 네임서버의 구성의 경우, 프로토콜 변환 방식은 모두 일반적인 리커시브 DNS 서버의 이용을 가정하고 있으므로 전환방식을 위한 특별한 DNS의 구성은 필요하지 않다. 프로토콜 변환에 필요한 DNS 질의 변환기능은 그 자체의 DNS-ALG와 같은 기능으로 수행한다. 따라서 프로토콜 변환 기술은 호스트 또는 변환 장비 내에 DNS 변환 기능이 내장되어 있기 때문에 리커시브 DNS의 많은 변경을 필요로 하지 않는다. 소규모 네트워크에 각기 개별로 다수 분포하는 리커시브 DNS의 현황을 고려해 볼 때 프로토콜 변환 기술은 매우 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 BIS나 BIA와 같은 호스트 단에서의 프로토콜 변환 기술을 적용하는 것은 비용 및 관리적인 부담이 매우 크기 때문에 NAT-PT가 현재 연구 개발된 프로토콜 변환 기술 중에 IPv6 리커시브 DNS를 구축하는데 있어 가장 적합한 기술이라 할 수 있다.

V. NAT-PT와 Teredo 터널링을 이용한 IPv6 Recursive DNS 구축 방안

리커시브 DNS는 소규모 네트워크상에 사용자 PC 환경과 가장 가깝게 다수 분포하기 때문에 단 시일 내에 모든 리커시브 DNS가 IPv6를 지원하기는 매우 어렵다. 따라서 IPv4와 IPv6 네트워크의 공존 환경에서 호스트와 리커시브 DNS의 변경을 최소화하면서 IPv6를 지원하도록 하는 것은 IPv6 리커시브 DNS 도입에 있어 가장 큰 이슈라고 할 수 있다.

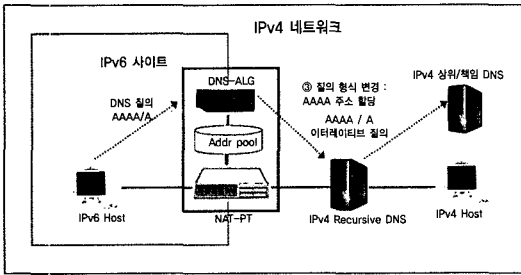
앞 장에서는 안정적인 IPv6 리커시브 DNS 도입을 위해 적용될 수 있는 기술로써 다양한 IPv4/IPv6 전이 기술을 비교 분석 하였다. 그 결과 IPv4와 IPv6 네트워크의 공존 환경에서 IPv6 리커시브 DNS를 가장 간단하게 구축할 수 있는 방안은 듀얼 스택으로 구

축된 네트워크에 IPv6 리커시브 DNS를 구축하는 것이다. 그러나 현실적으로 모든 리커시브 DNS를 IPv6 듀얼 스택 네트워크 상에 위치시키는 것은 불가능하며 이것이 가능하기까지는 상당한 시일이 소요될 것으로 예상된다. 또한 IPv6를 지원하는 많은 OS에서 지원하고 있는 6to4 터널링의 경우 NAT를 사용하는 사설 네트워크 상에서는 적용이 어려우며 DNS 자체에 IPv6 지원을 위한 변경이 요구된다. 따라서 본 장에서는 앞장의 비교 분석 결과를 토대로 IPv4와 IPv6가 공존하는 과도기적 네트워크 환경에서 all-IPv6로의 전이 기간을 최소화하고 사용자에게 안정적인 IPv6 DNS 서비스를 제공하기 위해 NAT-PT와 Teredo 터널링 기술을 이용한 IPv6 리커시브 DNS 구축 방안을 제안한다.

IPv6 리커시브 DNS는 호스트와 상위 이터레이티브 DNS 사이에 위치하기 때문에 호스트와 리커시브 DNS 및 상위 이터레이티브 DNS 각각이 위치한 네트워크 환경에 따라 그 구성이 달라져야 한다.

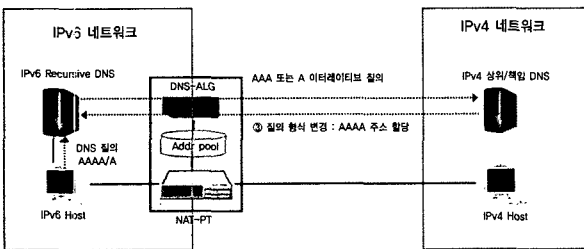
(그림 5), (그림 6), (그림 7)은 NAT-PT를 적용한 IPv6 리커시브 DNS를 구성을 나타낸다. 이때 IPv6 호스트는 IPv6-only 또는 IPv4/IPv6 듀얼 스택 호스트를 나타낸다. (그림 5)은 IPv6 호스트의 IPv4 리커시브 DNS의 접근을 나타낸다. IPv4 네트워크 상에 소규모의 IPv6 사이트가 구축될 경우 IPv6 호스트는 IPv4 네트워크 상에 위치한 리커시브 DNS를 사용할 수 있다. 호스트가 IPv6 주소는 DNS 질의를 수행하게 되고 이 DNS 질의는 IPv6 사이트의 경계에 위치한 NAT-PT를 거쳐 IPv4 네트워크로 전달된다. 이때 IPv6 주소의 DNS 질의는 NAT-PT 내에 주소 변환을 수행하는 DNS-ALG에 의해 NAT-PT가 소유한 주소 pool의 IPv4 주소 중 하나를 택하여 IPv4 주소의 DNS 질의로 변환한다. 변환된 IPv4 A타입의 DNS 질의는 IPv4 네트워크를 통과하여 IPv4 리커시브 DNS로 전달되고 IPv4 리커

시브 DNS는 상위 DNS로 이터레이티브 DNS 질의를 수행함으로써 도메인 네임 레졸루션을 수행한다. IPv4 리커시브 DNS의 응답을 수행할 경우에는 이와 반대의 절차로 DNS-ALG에 의한 역변환을 거쳐 IPv6 호스트로 전달된다.



(그림 5) IPv6 호스트의 IPv4 이터레이티브 DNS 접근

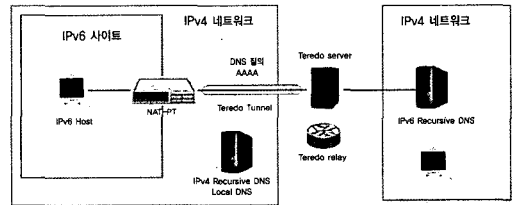
(그림 6)은 IPv6 리커시브 DNS의 IPv4 이터레이티브 DNS의 접근을 나타낸다. IPv6 네트워크의 규모가 큰 경우 호스트는 리커시브 DNS가 모두 IPv6 네트워크상에 함께 위치하지만 상위 이터레이티브 DNS는 IPv4 네트워크 상에 위치하는 경우이다. 이때에는 호스트의 질의가 아니라 IPv6 리커시브 DNS의 이터레이티브 질의 및 응답을 IPv6 네트워크 경계에 위치한 NAT-PT가 주소 변환을 수행한다.



(그림 6) IPv6 리커시브 DNS의 IPv4 이터레이티브 DNS 접근

(그림 5)와 (그림 6)의 구성 시나리오는 DNS 질의 응답이 IPv4 네트워크와 IPv6 네트워크 간의 통

신으로 이루어 질 경우이다. 그러나 IPv6 호스트의 DNS 질의가 IPv4 네트워크를 경유하여 IPv6 리커시브 DNS로 접근할 경우 NAT-PT를 이용하는 것은 한 번의 DNS 질의에 대해 두 번의 주소 변환을 수행해야 함으로 부하가 매우 크며 비용적인 측면에서도 비효율적이다. 따라서 (그림 7)과 같이 IPv6 호스트의 DNS 질의가 IPv4 네트워크를 경유하여 IPv6 리커시브 DNS로 질의되어야 할 경우에는 Teredo 터널을 사용하도록 한다. NAT-PT를 통과하는 DNS 질의는 Teredo 서버와 설정된 터널을 통해 IPv6-IPv4 통신과 같이 NAT-PT에서 한 번의 주소 변환만을 수행하여 IPv6 리커시브 DNS로 질의된다.



(그림 7) IPv6 호스트의 IPv4 망을 경유한 IPv6 리커시브 DNS 접근

본 연구에서 제안한 NAT-PT와 Teredo 터널을 이용한 IPv6 리커시브 DNS를 구축 방안은 기존의 사설 네트워크에서 매우 많이 사용되고 있는 NAT를 활용하여 호스트와 리커시브 DNS의 변경을 최소화 하고 사용자에게 투명한 IPv6 DNS 서비스를 제공하기 위한 과도기적 대안이라고 할 수 있다.

이를 위해서는 기존의 NAT 장비에 DNS-ALG를 적용하는 등의 변경이 요구되며 Teredo server와 Teredo relay 라우터의 구축이 요구되지만 기존의 IPv4 네트워크 환경의 호스트와 리커시브 DNS의 변경을 필요로 하지 않는다는 점에서 소규모 네트워크의 사용자를 위해 가장 현실적인 방안이라고 볼 수 있다.

VI. 결 론

본 고에서는 IPv6 인프라 구축을 위해 필수적인 요소인 IPv6 리커시브 DNS의 개념을 살펴보고 IPv4/IPv6 전이 환경에서 IPv6 리커시브 DNS의 구축을 위해 적용될 수 있는 IPv4/IPv6 상호 운용 기술을 비교 분석하였다. 또한 비교 분석 결과를 토대로 기존의 IPv4 네트워크 환경의 변화를 최소화하면서 안정적인 IPv6 리커시브 DNS 구축 방안을 제안하였다. 향후 안정적인 IPv6 리커시브 DNS의 도입을 위해서는 대규모 ISP 네트워크의 경우 IPv4/IPv6 듀얼 스택과 6to4 터널링 기술을 이용하여 점진적인 IPv6 전이 환경을 구축할 것으로 예상되며 ISP의 상용 IPv6 망을 구축 시에는 터널 브로커 기술의 적용이 가능할 것으로 예상된다. 그러나 IPv6 네트워크 환경 구축이 어려운 소규모 사설 네트워크의 경우 NAT-PT와 Teredo 터널링 기술로 IPv6 리커시브 DNS 서비스를 제공하는 것이 가장 현실적인 대안이라고 할 수 있다. 이를 확대 적용하기 위해서는 6to4, Teredo 터널링 및 NAT-PT와 같은 전이 기술들의 상용화를 위해 서비스 측면이나 시장의 요구 사항의 반영을 위한 다양한 필드 시험을 통한 검증이 요구된다.

[참 고 문 헌]

- [1] S. Thomson, C. Huitema, V. Ksinant, M. Souissi "DNS Extensions to support IP version 6", RFC 3596, October 2003
- [2] R. Callon, D. Haskin "Routing Aspects of IPv6 Transition Informational", RFC 2185, September 1997
- [3] E. Nordmark, R. Gilligan "Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers", RFC 2893, August 2000
- [4] E. Nordmark "Stateless IP/ICMP Translation Algorithm(SIIT)", RFC 2765, February 2000
- [5] G. Tsirtsis, P. Srisuresh, "Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)", RFC 2766, February 2000
- [6] K. Tsuchiya, H. Higuchi, Y. Atarashi "Dual Stack Hosts using the Bump-In-the-Stack Technique (BIS)", RFC 2767, February 2000
- [7] S. Lee, M-K. Shin Y-J, Kim E. Nordmark, A. Durand, "Dual Stack Hosts Using "Bump-in-the-API" (BIA) RFC 3338 October 2002
- [8] A. Durand, P.Fasano and etc, "IPv6 Tunnel Broker" RFC 3053, January 2001
- [9] B.Carpender, C.Jung, "Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels, RFC 2529, March 1999
- [10] B. Carpenter, K. Moore, "Connection of IPv6 Domains via IPv4 clouds", RFC 3056, February 2001
- [11] J. Bound, L. Toutain, and H. Affifi, "Dual Stack Transition Mechanism (DSTM)," Internet Draft, Aug. 2003, work in progress
- [12] C. Huitema "Teredo : Tunneling IPv6 over UDP through Network Address Translations(NATs)" RFC 4380, February 2006
- [13] J. Hagino, K. Yamamoto, "An IPv6-to-IPv4 Transport Relay Translator" RFC 3142, June 2001

- [14] “IPv6/IPv4 변환 기술 적용에 따른 응용서비스 실험 결과“, 한국 전산원, April 2003
- [15] “IPv6 DNS 지침서“, 한국인터넷정보센터, June, 2004
- [16] “IPv4 DNS 지침서“, 한국인터넷정보센터, June, 2004
- [17] “ The ABCs of IP Version 6” , <http://www.cisco.com/go/abc>



신용태

1985년 한양대학교 산업공학과 졸업
1990년 Univ. of Iowa 전산학과 석사
1994년 Univ. of Iowa 전산학과 박사
1994년 ~ 1995년 Michigan State Univ. 전산학과
객원 교수
1995년 ~ 현재 송실대학교 컴퓨터학부 부교수

관심분야 : 멀티캐스트, 실시간 프로토콜, 이동통신, DRM



서유화

2003년 송실대학교 컴퓨터학부 졸업
2005년 송실대학교 컴퓨터학과 공학석사
2006년 ~ 현재 송실대학교 컴퓨터학과 박사과정
관심분야 : 애드혹/센서 네트워크, 모바일 IP, 멀티
캐스트, 휴대인터넷



김진석

2003년 세명대학교 정보통신학과 졸업
2006년 ~ 현재 송실대학교 컴퓨터학과 석사과정
관심분야 : RFID, IPv6, 모바일 IP, 멀티캐스트, 휴대
인터넷



송관호

1973년 ~ 1980년 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업
 1981년 ~ 1984년 한양대학교 산업대학원 전자공학과 졸업 공학석사
 1990년 ~ 1995년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업 공학박사

1996년 ~ 1997년 서울대학교 행정대학원 정보통신정책과 수료
 1998년 ~ 1999년 Visiting Professor University of Maryland
 2005년 ~ 2005년 글로벌 최고경영자과정 수료
 1997년 ~ 1985년 LG전선(주) 정보시스템 과장
 1979년 ~ 1985년 금성전선연구소 정보시스템 과장
 1985년 ~ 1987년 데이콤(주) 미래연구소장
 1987년 ~ 1994년 한국전산원 정보통신표준담당 연구위원
 1995년 ~ 1995년 한국전산원 초고속국가망구축실장(연구위원)
 1996년 ~ 1997년 한국전산원 표준본부 본부장
 1999년 ~ 1999년 한국전산원 국가정보화센터 단장
 1998년 ~ 2002년 APAN(Asia Pacific Advanced Network) 부회장
 1999년 ~ 2004년 한국인터넷정보센터 초대 원장
 2000년 ~ 2000년 실버넷운동 운영위원장
 2002년 ~ 2002년 건국대학교 정보통신대학 겸임교수
 2002년 ~ 현재 한국통신학회 이사(산학협동위원), 한국인터넷정보화회 부회장
 2003년 ~ 현재 한국해양정보통신학회 부회장, URI표준화포럼 의장
 2004년 ~ 현재 한국인터넷진흥원 초대 원장
 2005년 ~ 현재 사이버명예시민운동 추진위원, 국회 과학기술정보통신위원회 정보통신 정책자문위원



김 원

1984년 한양대학교 전자공학과 졸업
 1989년 한양대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 2002년 : 경희대학교 전자공학과 공학박사
 1984년 ~ 1987년 국방과학연구소(연구원)
 1989년 ~ 1992년 (주)데이콤(주임연구원)
 1992년 ~ 1999년 한국전산원(팀장)

1999년 ~ 현재 한국인터넷진흥원(기술개발단장)
 관심분야 : 로봇에이전트, 컴퓨터네트워킹, 차세대인터넷식별자



박찬기

1994년 ~ 1995년 신경정보시스템 사원
 1995년 ~ 1999년 한국전산원 주임연구원
 1999년 ~ 현재 한국인터넷진흥원 기술연구팀 팀장