第 XXVI 部

M Root DNS サーバの運用

第 26 部
M Root DNS サーバの運用

第 1 章　はじめに

インターネット上の資源は、木構造の名前空間であるドメイン名によって指定される。ドメイン名から、IP アドレスなどの名前に対応した種々の情報を得る操作は名前の解決と呼ばれるが、この名前解決を担当するシステムが DNS — Domain Name System — である。

DNS では、名前空間は Zone と呼ばれる連続した部分空間に分割して管理が行われており、分散的なアルゴリズムによって名前の解決が行われる。木構造の頂点である Root ゾーンの解決を行う DNS サーバはとくに Root DNS サーバと呼ばれており、DNS の名前解決にとって非常に重要である。とくに DNS での UDP を用いた場合のメッセージ長の制約から、多数の Root DNS サーバを設定することはできない。DNS ではキャッシュを多用することによって効率を改善するとともに、Root DNS サーバなどの上位ドメインに対応するゾーンを担当するサーバへの問合わせを減らすような努力がなされているが、Root DNS サーバが重要な存在であることには変わりはない。

Root DNS サーバは現在 A.ROOT-SERVERS.NET〜M.ROOT-SERVERS.NET という 13 システムで運用が行われている。このうち、M.ROOT-SERVERS.NET は、1997 年 8 月に WIDE プロジェクトによって運用が始まった。Root DNS サーバはインターネットにおける分散が制限されている資源の一つであるため、障害などによるサービス中断を最低限に押さえる必要がある。そのため、M Root DNS サーバは、1997 年の運用開始時から、サーバの冗長構成を導入し、主サーバの障害時には副サーバが自動的にサーバ機能を提供するような運用を行っている。

現在は、図 1.1 に示すような基本構成をユニットとし、後述の Anycast を用いてサービスの提供を行っている。各ユニットは 4 台のサーバから構成されており、サーバの OS や DNS ソフトウェアの更新時にもサービスを停止する必要はない。ルータなどの更新時にはサービスを停止せざるを得ないが、サービス停止に先だって経路広告を停止することにより、問合わせは他の active な Anycast サーバによって処理されるため、事実上のサービス停止は発生しない。

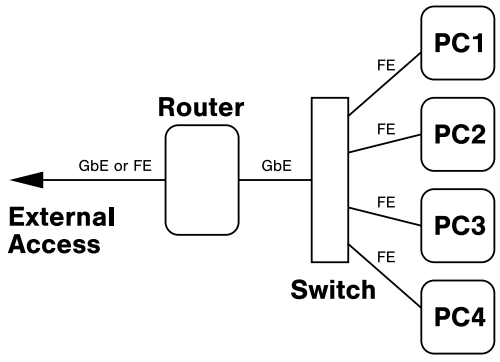


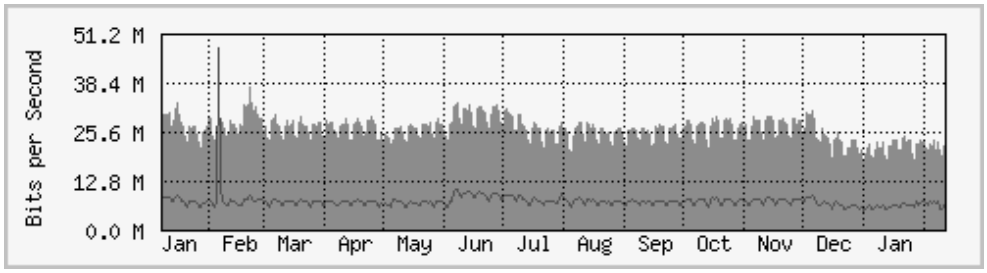
図 1.1.　Anycast 用基本構成

第 2 章　Anycast

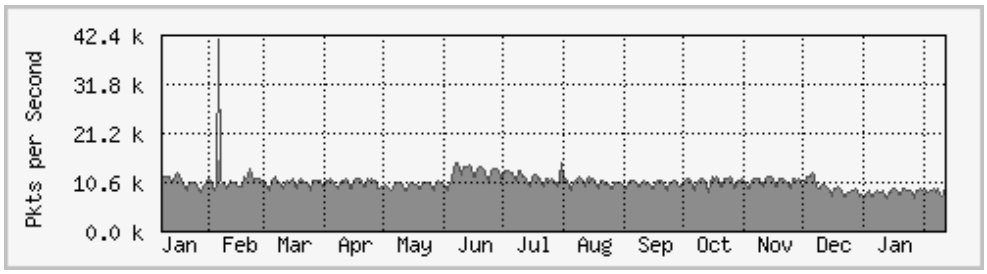
Root DNS サーバは 13 台と限られた存在であるため、インターネット上に普く分布させることはできない。そこで、同じデータを供給するサーバを複数インターネット上に設置し、それぞれのサーバは同一サービスアドレスでサービスを提供する様にする。このサービスアドレスを含む経路情報を BGP でアナウンスすることにより、BGP の経路選択ポリシに依存するものの、一つのアドレスで複数台のサーバを運用することができる。この運用方法は RFC3258 “Distributing Authoritative Name Servers via Shared Unicast Addresses”[53] で定義されており、一般的には BGP Anycast と呼ばれている。

この Anycast に関しては、RFC が出版されたのは 2002 年 4 月であるが、最初の Internet Draft が IETF の DNSOP WG に提案されたのは 1999 年 10 月であり、その間議論が続けられてきた。

M Root DNS サーバでは、2004 年に入り、Seoul



(a) トラフィックの推移



(b) パケット数の推移

図 2.1.　M-Root 全体の問合わせ数の推移（2007 年 1 月から 2008 年 2 月中旬）

(KR) および Paris (FR) での設置を行ない、運用準備を進めてきた。このうち、Seoul に関しては、韓国で唯一の Layer-2 IX である KINX — Korea Internet Neutral Exchange —のご協力を得て、2004 年 7 月 21 日より運用を開始した。経路広告に BGP の NO_EXPORT 属性を添付するいわゆる Local Anycast として運用を行なっているが、学術系のネットワークの収容を目的として NCA — National Computerization Agency —が運用している Layer-3 IX である KIX では、NO_EXPORT を外して学術系ネットワークに対して経路の広報を行なっている。しかし、韓国での主要二大 ISP である KT および Daemon への接続性がないため、現在、Seoul で処理されている問合わせは毎秒 50〜100 程度と大きくない。

一方、Paris は Telehouse Europe、Renater、France Telecom、および Open Transit の協力を得て、Telehouse Voltaire に 2004 年 9 月 1 日より運用を開始した。ここでは二つの独立な IX である Renater が運用する SFINX と France Telecom が運用する PARIX に接続しているほか、10 月からは TISCALI が独立に transit を提供して頂いている。現在は多くの ISP に対して NO_EXPORT をつけて経路広告を行なっているが、幾つかの ISP に対しては NO_EXPORT なしに経路広告をしている。ヨーロッパ全域にサービスを提供している transit ISP とも多く peer しているため、そのサービスエリアはフランスに留まっていない。このため、毎秒 4000 程度の問合わせがある。

San Francisco は WIDE San Francisco NOC に設置されており、WIDE プロジェクトとは別な FastEthernet で PAIX/Palo Alto に接続されている。WIDE プロジェクトの Los Angeles での upstream である AS701 からのトラフィックは東京に送るのではなく San Francisco で処理されている。また、アメリカ合衆国の研究教育ネットワークである Internet2 Network とは IPv6 による PAIX 上の peer をしているが、2006 年夏に IPv4 での peer を追加した。これによって、アメリカ合衆国の主な大学からの M-Root DNS サーバへの問合わせは TransPAC などを経由して東京で処理されるのではなく、San Francisco で処理されるようになり、RTT の改善に貢献している。

M-Root DNS サーバの全ての問合わせを合計したトラフィックの推移は図 2.1 に示す通りであり、若干のトラフィック変動はあるものの大きな変化は観測されていない。

第3章 他の Root DNS サーバ

2002年10月22日早朝（日本時間）に発生した13台のRoot DNSサーバをターゲットにしたDDoS攻撃をきっかけに、いくつかのRoot DNSサーバでは、Anycastサーバの設置を図っている。とくに、ISCが運用しているF Root DNSサーバでは、APNICなどとの協調により、精力的にAnycastサーバの設置を行っている。

2007年1月時点でのRoot DNSサーバの設置状況を表3.1に示す。各サーバの最初の都市が元々運用されていた都市であり、それ以降はAnycastによるも

表 3.1. Root DNSサーバの設置状況

サーバ	設置都市			
A	Dulles, VA			
B	Marina Del Rey, CA			
C	Herndon, VA	Los Angeles, CA	New York, NY	Chicago, IL
D	College Park, MD			
E	Mountain View, CA			
F	Palo Alto, CA	San Francisco, CA	Ottawa (CA)	San Jose, CA
	New York, NY	Madrid (ES)	Hong Kong (HK)	Los Angeles, CA
	Rome (IT)	Auckland (NZ)	Sao Paulo (BR)	Beijing (CN)
	Seoul (KR)	Moscow (RU)	Taipei (TW)	Dubai (AE)
	Paris (FR)	Singapore (SG)	Brisbanse (AU)	Toronto (CA)
	Monterrey (MX)	Lisbon (PT)	Johanesburg (ZA)	Tel Aviv (IL)
	Jakarta (ID)	Munich (DE)	Osaka (JP)	Prague (CZ)
	Amsterdam (NL)	Barcelona (ES)	Nairobi (KE)	Chennai (IN)
	London (UK)	Santiago (CL)	Dhaka (BD)	Karachi (PK)
	Torino (IT)	Chicago, IL	Buenos Aires (AR)	Caracas (VE)
	Oslo (NO)	Panama (PA)	Quito (EC)	
G	Colombus, OH			
H	Aberdeen, MD			
I	Stockholm (SE)	Helsinki (FI)	Milan (IT)	London (UK)
	Geneva (CH)	Amsterdam (NL)	Olso (NO)	Bangkok (TH)
	Hong Kong (HK)	Brussels (BE)	Frankfurt (DE)	Ankara (TR)
	Buchareset (RO)	Chicago, IL	Washington D.C.	Tokyo (JP)
	Kuala Lumpur (MY)	Palo Alto, CA	Jakarta (ID)	Wellington (NZ)
	Johanesburg (ZA)	Perth (AU)	San Francisco, CA	New York, NY
	Singapore (SG)	Miami, FL	Ashburn, VA	Mumbai (IN)
	Beijing (CN)	Manila (PH)	Doha (QA)	
J	Dulles, VA	Vienna, VA	Miami, FL	Atlanta, GA
	Seattle, WA	Chicago, IL	New York, NY	Los Angeles, CA
	Mountain View, CA	San Francisco, CA	Dallas, TX	Amsterdam (NL)
	London (UK)	Stockholm (SE)	Stockholm (SE)	Tokyo (JP)
	Seoul (KR)	Beijing (CN)	Singapore (SG)	Dublin (IE)
	Kaunas (LT)	Nairobi (KE)	Montreal (CA)	Sydney (AU)
	Cairo (EG)	Warsaw (PL)	Brasilia (BR)	Sao Paulo (BR)
	Sofia (BG)	Prague (CZ)	Johannesburg (ZA)	Tronto (CA)
	Buenos Aries (AR)	Madrid (ES)	Vienna (AT)	
K	London (UK)	Amsterdam (NL)	Frankfurt (DE)	Athens (GR)
	Doha (QA)	Milan (IT)	Reykjavik (IS)	Helsinki (FI)
	Geneva (CH)	Poznan (PL)	Budapest (HU)	Abu Dhabi (AE)
	Tokyo (JP)	Brisbane (AU)	Miami, FL	Delhi (IN)
	Novosibirsk (RU)			
L	Los Angeles, CA	Miami, FL		
M	Tokyo (JP)	Seoul (KR)	Paris (FR)	San Francisco, CA

のである。Anycast の運用形式も各サーバで異なっており、例えば、C では Cogent Communications のバックボーンにおける IGP による Anycast を実施しているほか、F では、Palo Alto, CA と San Francisco, CA のサーバはグローバルな経路広告を行っているのに対し、その他の F サーバは原則として、経路情報に NO_EXPORT BGP Community を添付することによる Local Anycast サービスを提供している。

第 4 章　IPv6 サービス

Root DNS サーバは、IANA が生成する Root ゾーンを無編集でそのまま提供することになっている。Root ゾーンの生成は技術的には Verisign で行われているが、全ての変更は IANA の指示に基づくものであり、U.S. Department of Commerce の承認を経たものである。Root ゾーンに含まれる TLD に関して、IPv6 のサービスを提供するために必要な TLD サーバに関する AAAA レコードは 2004 年 7 月 21 日に JP および KR のサーバに対して最初に追加になった。これによって、Root への問合わせは依然として IPv4 による必要があるものの、TLD 以下に対しては IPv6 のみでも解決が可能な名前が存在したことになる。2008 年 1 月現在、271 ある TLD のうち 110 の TLD が、少なくとも一台は IPv6 でアクセスできるサーバで提供されている。むろん、ほとんどの名前の解決を IPv6 で行うことは現在もできないが、IPv6 で解決可能な範囲は少しづつ広がっている。

Root DNS サーバにおける IPv6 サービスは長い間の懸案事項であった。1 つの要因は、特に priming におけるパケット長の問題があった。DNS では、UDP を用いた問合わせの場合、応答パケット長は UDP や IP のヘッダを除いた（但し 12 Byte の DNS 固定ヘッダは含む）メッセージ長の上限は 512 Byte と定められている。この制約は RFC2671[174] に規定される EDNS0 によって緩和することができるが、依然として多くの DNS の問合わせは EDNS0 の pseudo-RR をともなっておらず、これを前提とした運用を始めるには時期尚早である。

Root DNS サーバのアドレスは root.cache などのファイルによって与えられるが、Root DNS サーバのアドレスはあまり頻繁な変更はないものの、未来永劫に一定というわけでもない。そのため、bind などの DNS Software は、起動時に root.cache ファイルで与えられたサーバに対して、QTYPE = NS、QCLASS = IN、QNAME = “.” なる問合わせを発行し、最新の Root DNS サーバの一覧およびそのアドレスを知り、以降はこの得られた情報を元に問合わせを行う。この機構は *priming* と呼ばれ、Root DNS サーバのアドレスが変更になっても、変更前のアドレスが正しい答えを返すか、まったく応答しない場合、全ての Root DNS サーバのアドレスが変更にならない限り動作を継続することができる。

IPv4 のみの時代での priming の応答は 13 の NS レコードおよび 13 の A レコードを含む 436 Byte であった。この場合、76 Byte 余裕があることになり、AAAA レコードが一つ 28 Byte であることを考えると、二つまでの AAAA レコードは 512 Byte の制約に抵触せずに追加することができる。しかし実用的に考えた場合、特に IPv6 の接続性が IPv4 のそれに比べてまだ十分な密度ではないため、二つというのは不十分であることが指摘されていた。

このことから、2 つ以上の Root DNS サーバの AAAA レコードを追加する方向で ICANN RSSAC/SSAC を中心に議論がまとまり、2007 年 1 月に SSAC の答申である

> Accomodating IP Version 6 Address Resource Records for the Root of the Domain Name System (SAC018)

が公表された。1 つの懸念は、EDNS0 を併用し UDP によって 512 Byte より大きな応答が返った場合、それを廃棄するようなファイアウォール装置が存在していたことであるが、これも新しいファームウェアに更新することにより解決できるため、大きな障害にはならないと判断された。その結果、2007 年秋までに正式に IANA に対して AAAA レコードの追加を申請していた F/H/K/M の 4 つの Root DNS サーバに関して実施することが ICANN Board で承認された。これは 2007 年 12 月 31 日付で、2008 年 2 月 4 日に実施する旨のアナウンスが幾つかのメーリングリストに投稿された。実際にはその後 A/J が追加され、表 4.1 に示すように、6 つの AAAA レコードが追加されることになった。

M-Root DNS では、この決定のアナウンスを受け、それまでの実験的なサービスを運用していたサーバ

表 4.1. Root DNS サーバのアドレス

Root DNS サーバ	IPv4 アドレス	IPv6 アドレス
A.ROOT-SERVERS.NET	198.41.0.4	2001:503:ba3e::2:30
B.ROOT-SERVERS.NET	192.228.79.201	
C.ROOT-SERVERS.NET	192.33.4.12	
D.ROOT-SERVERS.NET	128.8.10.90	
E.ROOT-SERVERS.NET	192.203.230.10	
F.ROOT-SERVERS.NET	192.5.5.241	2001:500:2f::f
G.ROOT-SERVERS.NET	192.112.36.4	
H.ROOT-SERVERS.NET	128.63.2.53	2001:500:1::803f:235
I.ROOT-SERVERS.NET	192.36.148.17	
J.ROOT-SERVERS.NET	192.58.128.30	2001:503:c27::2:30
K.ROOT-SERVERS.NET	193.0.14.129	2001:7fd::1
L.ROOT-SERVERS.NET	199.7.83.42	
M.ROOT-SERVERS.NET	202.12.27.33	2001:dc3::35

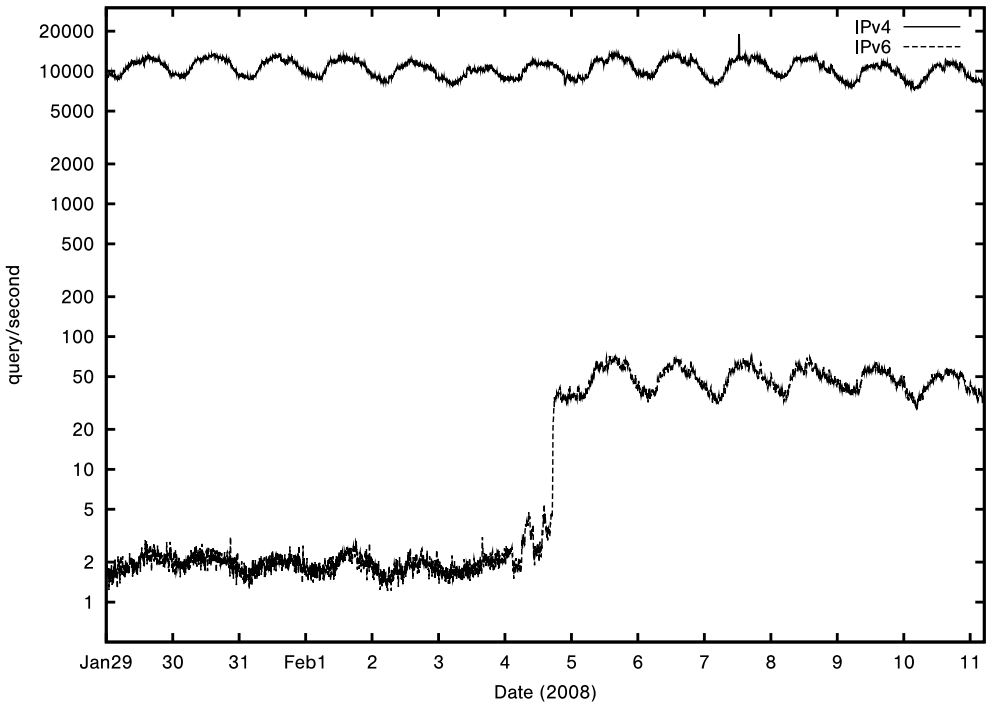


図 4.1. IPv4 と IPv6 の問合わせ数の推移

群を引退させ、IPv4 を提供しているサーバで IPv6 のサービスも行うことにした。ただし、NSPIXP-6 に対応するクラスタがないため、現在まだ IPv6 サービスが始まっていない JPNAP 用のクラスタを流用することにし、また実験用クラスタのルータには十分なメモリが搭載されていなかったため、2004 年まで運用に用いられていたルータを使用することにした。さらに、San Francisco および Paris における設定変更を行い、Seoul 以外の Anycast ノードでの IPv6 サービスも開始できるように準備を進めてきた。

その結果、日本時間で 2008 年 2 月 5 日午前 2 時を数分回った頃、Root ゾーンおよび `root-servers.net` ゾーンに AAAA レコードが追加された。その前後 1 週間の M-Root DNS サーバが全体として受信している問合わせ密度の推移を図 4.1 に示す。図の日付は日本時間ではなく UTC である。2 月 5 日以前にもある程度の量の IPv6 による問合わせを受信していたが、これらのうちの幾分かは RIPE/NCC の DNSMON プロジェクトによる active measurement によるものであることは判明しているが、残りは不

明である。いずれにせよ、2 月 5 日になる直前から IPv6 による問合わせが急増している。しかしながら、ピークで毎秒 50 の問い合わせを少々越える程度であり、IPv4 と比較すると 0.5%程度になっている。この数字に関しては、現在の IPv6 の展開の状況を示唆しているものと考えられ、M 以外の Root DNS サーバについても、多くても 1%程度に留まっている。

第 5 章　まとめ

M Root DNS サーバは、10 年半以上に渡り安定的にサービスを提供してきた。とくに多階層の冗長構成の導入により、サービスの停止を伴わずにサーバやサーバソフトウェアの保守作業が可能になったことは、サービス停止を伴う保守作業は 72 時間前に他の Root DNS サーバオペレータに連絡することが要請されていることを考えると、運用面で大きなメリットがある。また、数多くの ISP や IX の協力により、サーバそのものの安定運用に留まらず、インターネットの広い範囲に対して安定なサービスを提供できたことも特筆すべきである。また、Root DNS サーバの IPv6 によるサービスも始まり、IPv6 の展開に新たな trigger になったと言うことができる。

現在、M-Root DNS サーバは WIDE プロジェクトの監督責任のもと、JPRS と共同で管理運用が行われているが、今後とも各方面と協力の上、より安定なサービス提供に努めていきたい。