第 XXXIII 部

M Root DNS サーバの運用

第 33 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、特に 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。特に 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 サーバ等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。

第 2 章　M Root DNS サーバの構成

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 Project 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、障害等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 2.1 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。

2010 年の大きな動きとしては、Root zone の DNSSEC による署名が開始された。これにともない、M Root DNS サーバが提供する zone も DNSSEC によって署名された root zone に変更された。また、一部拠点において、M Root DNS サーバ機器の更新が行われた。これは、DNSSEC にて署名された zone を提供するための性能向上と、古くなった機器を更新するために行われた。

2009 年はインターネットにおける経路表の増大に伴い、一部のルータでメモリ不足が発生した。2009 年 12 月の時点で、インターネット全体の経路数は 30 万経路を突破し、M Root DNS サーバと IX を接続する一部のルータにメモリ不足によるパフォーマンスの劣化が発生した。そのため、急遽これらのルータを異なる機種に交換、もしくはマネージメントカードの交換を行うことで、経路表の増大に対応した。

2010 年も引き続きこの傾向が見られ、それに対応

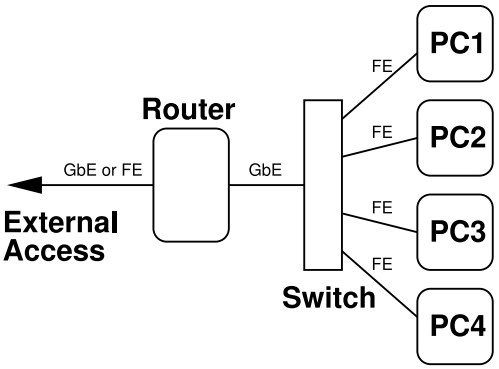


図 2.1.　Anycast 用基本構成

するために一部拠点にてルータの変更を行った。また、Root zone の DNSSEC 署名に対応するための性能向上と、機材の老朽化による障害を未然に防ぐため、Paris 拠点にて機器更新を行った。サーバとルータ、スイッチを含む全ての機材を更新し、海外保守体制を充実させた。この機材更新は 3 月 3 日から 6 日にかけて行われた。この機材更新にあわせて、サーバの OS バージョンも更新した。その際、TCP による DNS クエリ処理に一部の不具合が見つかり、DNS サーバソフトウェアを bind から nsd に一時的に変更することによって対処を行った。その後、この不具合の原因は特定され、DNS サーバソフトウェアは nsd から bind に戻された。

第 3 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”[68] 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 (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 100〜200 クエリ程度である。

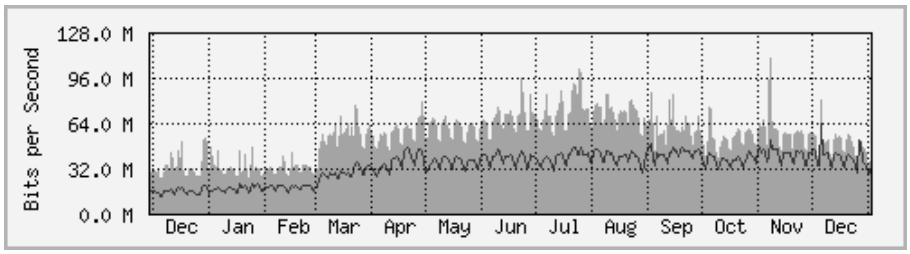
一方、Paris は Telehouse Europe、Renater、France Telecom、および Open Transit の協力を得て、Telehouse Voltaire にて 2004 年 9 月 1 日より運用を開始した。ここでは二つの独立な IX である、Renater が運用する SFINX と France Telecom が運用する PARIX に接続している他、2004 年 10 月からは TISCALI から独立の回線として transit 提供を受けている。また、2010 年 10 月に Equinix Paris に加入し、複数の ISP と経路交換を開始した。

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 3000〜7000 クエリ程度の問合わせがある。

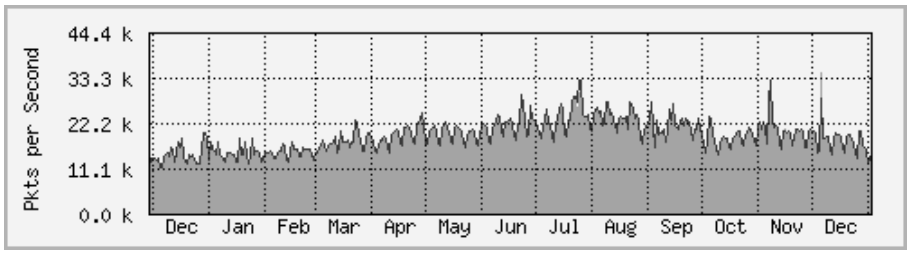
San Francisco は WIDE San Francisco NOC に設置されており、WIDE とは別な FastEthernet で PAIX/Palo Alto に接続されている。WIDE Los Angeles NOC での upstream である AS701 からのトラフィックは、東京に送るのではなく San Francisco で処理されていた。また、アメリカ合衆国の研究教育ネットワークである Internet2 Network とは IPv6 による PAIX 上の peer をしているが、2006 年夏に IPv4 での peer を追加した。これによって、アメリカ合衆国の主な大学からの M-Root DNS サーバへの問合わせは TransPAC 等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。

しかし、2010 年 10 月の WIDE Los Angeles NOC 撤退にともない、WIDE San Francisco NOC が日本との直接の回線を持たない独立 NOC として存在するようになったため、M Root DNS San Francisco も AS2500 と直接の接続性を持たない独立拠点として運用を開始した。

図 3.1 に M-Root 全体に対するトラフィックの 2010 年における推移を示す。2010 年 3 月からト



(a) トラフィックの推移



(b) パケット数の推移

図 3.1. 2010 年における M-Root DNS 全体の問合わせ数の推移

ラフィックが増大しているのがみてとれる。これは DNSSEC 署名された Root zone の導入に起因するものであり、クエリサイズの増大と TCP クエリ数の増加によるものである。

第 4 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、幾つかの Root DNS サーバでは、Anycast サーバの設置を図っている。特に、ISC が運用している F Root DNS サーバでは、APNIC 等との協調により、精力的に Anycast サーバの設置を行っている。

2010 年 12 月時点での Root DNS サーバの設置状況を表 4.1 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 を実施している他、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ローカルな Anycast サービスを提供している。

2009 年から比較すると、2010 年は L Root DNS サーバに関して、著しく Anycast 拠点の数が増加した。L Root DNS サーバは ICANN にて運用されており、Root zone の DNSSEC 署名にあわせて拠点増加を行ったため、2009 年は 3 拠点のみであったのが、2010 年は 47 拠点まで増加している。その他には H、I、J Root DNS サーバにて拠点数が多少増加したのみとなっている。

表 4.1. Root DNS サーバの設置状況

サーバ	設置都市			
A	Los Angeles, CA	New York, NY	Frankfurt (DE)	Hong Kong (HK)
	Palo Alto, CA	Ashburn, VA		
B	Marina Del Rey, CA			
C	Herndon, VA	Los Angeles, CA	New York, NY	Chicago, IL
	Frankfurt (DE)	Madrid (ES)		
D	College Park, MD			
E	Mountain View, CA			
F	Ottawa (CA)	Palo Alto, CA	San Jose, CA	New York, NY
	San Francisco, CA	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)	Brisbane (AU)	Toronto (CA)
	Monterrey (MX)	Lisbon (PT)	Johannesburg (ZA)	Tel Aviv (IL)
	Jakarta (ID)	Munich (DE)	Osaka (JP)	Prague (CZ)
	Amsterdam (NL)	Barcelona (ES)	Nairobi (KE)	Chennai (IN)
	London (UK)	Santiago de Chile (CL)	Dhaka (BD)	Karachi (PK)
	Torino (IT)	Chicago, IL	Buenos Aires (AR)	Caracas (VE)
	Oslo (NO)	Panama (PA)	Quito (EC)	Kuala Lumpur (MY)
	Suva (Fiji)	Cairo (EG)	Atlanta, GA	Podgorica (ME)
	Maarten (AN)			
G	Colombus, OH	San Antonio, TX	Honolulu, HI	Fussa (JP)
		Stuttgart-Vaihingen (DE)	Naples (IT)	
H	Aberdeen, MD	San Diego, CA		
I	Stockholm (SE)	Helsinki (FI)	Milan (IT)	London (UK)
	Geneva (CH)	Amsterdam (NL)	Oslo (NO)	Bangkok (TH)
	Hong Kong (HK)	Brussels (BE)	Frankfurt (DE)	Ankara (TR)
	Bucharest (RO)	Chicago, IL	Washington, DC	Tokyo (JP)
	Kuala Lumpur (MY)	Palo Alto, CA	Jakarta (ID)	Wellington (NZ)
	Johannesburg (ZA)	Perth (AU)	San Francisco, CA	Singapore (SG)
	Miami, FL	Ashburn, VA	Mumbai (IN)	Beijing (CN)
	Manila (PH)	Doha (QA)	Colombo (LK)	Vienna (AT)
	Paris (FR)	Taipei (TW)	Porto Alegre (BR)	Yerevan (AM)
J	Dulles, VA (3 sites)	Ashburn, VA	Miami, FL	Atlanta, GA
	Seattle, WA	Chicago, IL	New York, NY	Honolulu, HI
		Mountain View, CA (3 sites)		San Francisco, CA (2 sites)
	Dallas, TX	Amsterdam (NL)	London (UK)	Stockholm (SE) (2 sites)
	Tokyo (JP)	Seoul (KR)	Beijing (CN)	Singapore (SG)
	Dublin (IE)	Kaunas (LT)	Nairobi (KE)	Montreal (CA)
	Perth (AU)	Sydney (AU)	Cairo (EG)	Warsaw (PL) (2 sites)
	Brasilia (BR)	Sao Paulo (BR)	Sofia (BG)	Prague (CZ)
	Johannesburg (ZA)	Toronto (CA)	Buenos Aires (AR)	Madrid (ES)
	Fribourg (CH)	Hong Kong (HK) (2 sites)	Turin (IT)	Mumbai (IN)
	Oslo (NO)	Brussels (BE)	Paris (FR) (2 sites)	Helsinki (FI)
	Frankfurt (DE)	Riga (LV)	Milan (IT)	Rome (IT)
	Lisbon (PT)	San Juan (PR)	Edinburgh (UK)	Tallin (EE)
	Taipei (TW)	New York, NY	Palo Alto, CA	Anchorage, US
	Moscow (RU)	Manila (PH)	Kuala Lumpur (MY)	Luxembourg City (LU)
	Guam, US	Vancouver (CA)	Wellington (NZ)	
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)	Dar es Salaam (TZ)		
L	Amsterdam (NL)	Ankara (TR)	Atlanta, GA	Brisbane (AU)
	Brussels (BE)	Cape Town (ZA)	Chicago, IL	Crete (GR)
	Copenhagen (DK)	Culpeper, VA	Dammam (SA)	Denver, CO
	El Segundo, CA	Frankfurt (DE)	Guam, US	Istanbul (TR) (2 sites)
	Izmir (TR)	Jeddah (SA)	Johannesburg (ZA)	Kharkiv (UA)
	Kiev (UA)	Los Angeles, CA	Lyon (FR)	Luxembourg City (LU)
	Manama (BH)	Marseille (FR)	Mecca (SA)	Melbourne (AU)
	Miami, FL	Noumea (NC)	Paris (FR) (2 sites)	Perth (AU)
	Philadelphia, PA	Prague (CZ)	Riyadh (SA)	Reston, VA
	San Jose, CA	Reunion (RE)	Odessa (UA)	Orange County, CA
	Sao Paulo (BR)	Santiago de Chile (CL)	Sydney (AU)	Toronto (CA)
	Washington, DC			
M	Tokyo (JP)	Seoul (KR)	Paris (FR)	San Francisco, CA

第5章　DNSSECの導入

2010年における最大の変更点は、DNSSECがRoot zoneに導入され、AからMまでの全てのRoot DNSサーバに署名済みzoneが導入されたことである。

Root zoneに対するDNSSEC署名は、ここ数年間Root DNS運用者会議やICANN RSSAC会議にて話題に上がってきた。またその要求も伝えられてきた。2009年にVeriSignとICANNによってRoot DNSSECデザインチームが発足され、Root zone署名に関する文章や`http://www.root-dnssec.org/`といったWebページによってその成果が公開されてきた。また、IETF76においては、Root DNSSECデザインチームによるBoFが開催され、議論が行われた。

その後、2010年1月から5月にかけて、順次Root DNSサーバに署名済みzoneが投入された。この時点では、DURZ（Deliberately Unvalidatable Root Zone）と呼ばれる、検証できないダミーの鍵によって署名されたzoneが導入され、ユーザに混乱が起こらないよう細心の注意が払われながら導入が行われた。以下に、Root DNSサーバへのDNSSEC導入スケジュールを示す。

- （2010-01-27）L Root DNSサーバにDURZが導入される
- （2010-02-10）A Root DNSサーバにDURZが導入される
- （2010-03-03）M、I Root DNSサーバにDURZが導入される
- （2010-03-24）D、K、E Root DNSサーバにDURZが導入される
- （2010-04-14）B、H、C、G、F Root DNSサーバにDURZが導入される
- （2010-05-05）J Root DNSサーバにDURZが導入される
- （2010-06-16）第一回Key Signing Key Ceremony開催
- （2010-07-12）第二回Key Signing Key Ceremony開催
- （2010-07-15）有効な鍵によってDNSSEC署名されたRoot zoneが全てのRoot DNSサーバに導入される

上記の通り、M Root DNSサーバは3月3日にDURZが全拠点に導入された。導入時には、遠隔にて全拠点の状態監視を行い、無事導入されたことを確認した。その後、7月15日に有効な鍵によって署名されたRoot zoneが導入され、Root zoneのDNSSEC対応が完了した。これと同時に、Root zoneのtrust anchorも公開され、適切に設定されたDNSサーバからは、Root zoneにあるレコードの検証が可能となった。

第6章　まとめ

M Root DNSサーバは、13年以上に渡り安定的にサービスを提供してきた。特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 zoneのDNSSEC対応も始まり、Root DNSサーバをとりまく環境に大きな変化が生じた一年であった。M Root DNSサーバでは、WIDE Projectの監督責任のもと、JPRSと共同で管理運用を行い、より安定した運用と保守体制、ならびに機材更新を行っていく所存である。