DNSSEC性能確認手順書 ver. 1.2

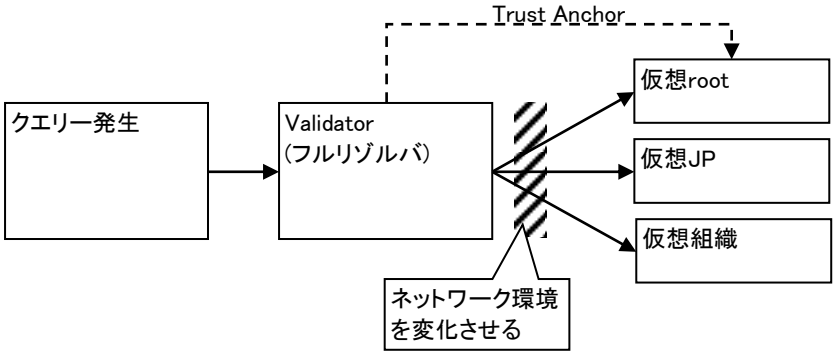
1. 目的

・DNSSEC検証によるフルリゾルバへの負荷、および権威DNSサーバへのトラフィックの変化を把握する。
・フルリゾルバと権威DNSサーバ間の通信路にある機器の影響を把握する。
・現在想定できる一般的な構成のハードウェア上での権威サーバの基本性能を計測する。

2. 検証環境

2. 1. サーバ構成

Validatorの検証および計測を行うためのネームサーバおよび負荷の構成は次のとおりである。



図中の四角はサーバを表す。

上図の構成において、通信路の影響をみるためValidatorと権威サーバ群の間でネットワーク環境を変化させる。(3. 1. 検証パターンを参照)
今回の計測では権威サーバとの通信路の影響を見ることを目的としているため、クライアント(クエリー発生)とValidatorの間のネットワーク環境は変化させない。

・仮想root　検証で使用する仮想的なrootゾーンをDNSSEC署名つきで保持する。
仮想JPへの委任(NS,グルー)とDSを保持する。
JP以外のクエリのためのワイルドカードを持つ。

・仮想JP　実JPのドメイン数に基づいた仮想JPゾーンをDNSSEC署名つきで保持する。
各組織(～～.jp)への委任(NS,グルー)と署名つき組織に対するDSを保持する。

・仮想組織　各組織のゾーンを保持する。
計測で用意するドメインのうち15万の組織に対して署名をつける

・Validator　検証対象のValidator(フルリゾルバ)。
実装としてBIND 9およびUnboundを使用する。

・クエリー発生　Validatorに対してdigやqueryperfでDNSクエリ負荷を発生させる。

2. 2. 使用ソフトウェア

OS環境として CentOS 5.4 を用いる。

本計測ではネームサーバの実装として以下のソフトウェアを使用する。

実装	Ver	説明
BIND	9.7.1	権威サーバおよびValidator用
Unbound	1.4.5	Validator用 RSASHA256およびedns-buffer-size設定を使用するため最新安定版を使用
NSD	3.2.5	署名なし組織用権威サーバ用 BIND では100万以上のゾーンを保持するのが困難なのでNSD最新安定版を使用

また、計測のためのツールとして以下のソフトウェアを使用する。

実装	Ver	説明
queryperf	改造版	BIND付属のqueryperfに対して、JPRSにて改造を行ったバージョンを使用。一定qpsでの負荷を与えるため。Nominumのdnsperfで代用可。
DSC	200911111630	クエリ内訳観測用 権威サーバおよびValidatorに設置

3. 検証条件・データ

3. 1. 検証・計測パターン

A) Validator検証・計測パターン

通信路の条件およびネームサーバの設定パターンの組み合わせを以下に示した。
正しく動くValidator(フルリゾルバ)と権威サーバでのオペレーションミスによって発生しうるものを選択した。

		TCP	通す						遮断					
		フラグメント	通す			遮断			通す			遮断		
		MTU	1500	1280	576	1500	1280	576	1500	1280	576	1500	1280	576
DO=1	bufsize 4096	ZSK 1024	●	○	○	●	○	○	●			○		
		ZSK 2048	●	○	○	○	○	○	●					
	bufsize 512	ZSK 1024	●	●	●	●	●	●						
		ZSK 2048	●	●	●	●	●	●						
DO=1 TA無し	bufsize 4096	ZSK 1024	●	●	○	●	●	○	●	●	○	●	●	○
		ZSK 2048	●	●	○	●	●	○	●	●	○	●	●	○
	bufsize 512	ZSK 1024	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		ZSK 2048	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DO=0 TA無し		ZSK 1024	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		ZSK 2048	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
署名無し, DO=0			●											

パターン数　58 ●=BIND 9/Unboundで計測
　　42 ○=BIND 9でのみ計測

上記パターンに対し、以下のValidatorおよび負荷のパターンで計測する。

項目	バリエーション
Validator	BIND 9 / Unbound
クエリ負荷	1000qps / 10000qps

検証パターンにおける条件についての説明は以下の通り。

署名無し	署名無しゾーンを権威サーバに設定し、署名がない場合の負荷の差を計測する。
TA(Trust Anchor)無し	権威サーバに署名つきゾーンが設定されているが、フルリゾルバに、rootのTrust Anchor設定がない(検証できない)パターン。
DO=0	サーバ側は署名や検証を提供するが、フルリゾルバがDO=0のリクエストが出す場合。BIND 9ではEDNS0を無効にするしかないので、bufsizeのバリエーション無し。
bufsize	Validator から権威サーバへのリクエストのEDNS0 UDPバッファサイズが小さい場合を検証
MTU	Validator から権威サーバへの通信経路において、MTU値が小さくフラグメントが起こりうるパターンを確認
フラグメント	Validator から権威サーバへの通信経路において、フラグメントが起こる条件だが、フラグメント化できずドロップする場合を検証
TCP	Validator から権威サーバへの通信経路において、TCP 53番ポートが開いていない場合を検証
ZSK	JPゾーン署名に使用するZSKの長さを1024bitか2048bitにして署名する。ゾーンデータを切り替える。

B) 権威サーバ計測パターン

権威サーバについては基本性能計測であるので、以下のパターンを計測する。

ネームサーバおよび通信路について
・通信路は正常とする(MTU1500,フラグメントの遮断はなし)
・署名つきゾーン(JPゾーンはZSK1024bit)

クエリ負荷条件
・DO=1, bufsize=4096

・UDPによるクエリで計測
・負荷パターン: 1000qps, 10000qps, 限界負荷

3. 2. 署名パラメータ

2009/12/1 現在のRFCから選定し、以下の条件を用いることとした。

ゾーン		root	jp	組織
署名アルゴリズム		RSASHA256		
鍵の数	KSK	2本 (*1)		
	ZSK	2本 (*1)		
鍵の数と長さ	KSK	2048bit		
	ZSK	1024bit	1024または2048bit	1024bit
鍵データ		ゾーンごとに別の鍵を用意、入れ替えはしない		
NSEC3		用しない	SHA1/Iter 10/salt固定/opt-out使用	使用しない
DSダイジェストアルゴリズム		SHA256		

*1 署名鍵のロールオーバーを考慮して2本用意し、そのうち1本で署名する。1本は事前公開用と仮定。

3. 3. ゾーンデータ

ゾーンデータは、各ゾーンに対して、署名なし・署名ありの両方を用意する。
さらに、JPゾーンの署名ありの場合はZSKが1024bitと2048bitがあり計3パターンとなる。

	署名なし				署名つき(ZSK1024bit)	署名つき(ZSK2048bit)
仮想root	A				B,C	
仮想JP	A				B	C
仮想組織(上位15万)	A				B,C	
仮想組織(上位15万以外)	A,B,C					

A: 検証パターン「署名なし」で使用　B: 検証パターン「ZSK1024」で使用　C: 検証パターン「ZSK2048」で使用

ドメイン数(組織数)は、実JPゾーンの実ドメイン数+100万とする。
※本計測の性格上、権威サーバの保持するゾーンのデータサイズはあまり影響を与えないと思われるため、
ドメイン数のバリエーションは持たせない。

ゾーン	基本ゾーンデータ	署名つきの場合
仮想root	JPへの委任(NS,A,AAAA)	RRSIG/NSEC
	それ以外のドメインに対するwildcard	JPのDS
	ns.example.com. A	
仮想JP	各組織への委任(NS,A,AAAA) ×ドメイン数	ドメインのうち15万の組織に対するDS RRSIG/NSEC3
各組織 (ドメイン数分)	@ IN SOA	RRSIG/NSEC (署名つき組織のみ)
	@ IN DNSKEY (署名つき組織のみ)	
	@ IN NS ns	
	@ IN NS ns.example.com.	
	@ IN A	
	@ IN MX	
	ns IN A	
	www IN A	
	www IN AAAA	
	www IN MX	

署名対象とする(組織)ドメインは、実JPドメインのうちa.dns.jpで問い合わせの多い、上位15万組織とする
実JP以外の追加するダミードメインには署名つきゾーンは作らない。

3. 4. クエリパターン

負荷計測時には下記のクエリデータを使用する

・各自で取得したクエリログをqueryperfの入力形式に変換したものを用いる。
・jp以外のクエリは除外する(arpaも除外)
・クエリのドメイン名については変換などは行わない。
 - wwwやゾーン頂点以外へのAクエリは各組織レベルでNXDOMAINエラーとなる。
 - JPレジストリに登録されていないドメインは、JPレベルでNXDOMAINエラーとなる。
・5分間、限界負荷を掛けられるだけのデータを用意する。

3. 5. 計測項目

本計測では以下の項目を計測する。

A) Validator検証および計測

A-1) dig による検証
・名前解決の成否
・DNSSEC検証の成否
・名前解決時に観測される挙動。(タイムアウト、時間がかかる etc)

A-2) 性能計測
・ValidatorのCPU負荷、メモリ使用量
ps による%CPU,VSZ,RSS
uptime によるload average

・Validator-権威サーバ間のクエリ量、内訳
DSC による権威サーバ毎のクエリ数

・各権威サーバ、Validatorのクエリ統計量
BIND 9のrndc statsによる出力結果 (※NSD, Unboundでは取得できない)

B) 権威サーバ計測
・権威サーバのCPU負荷、メモリ使用量
・限界負荷計測時の qps

4. 準備

OSおよび検証に使用するソフトウェア(BIND, Unbound, OpenSSL等)のインストールについてはここでは記載しない。

※以下の処理において、組織ドメインの数に関する部分はスクリプトなどにより自動化・並列化を行う。

4. 1. ゾーンデータの準備

1)未署名ゾーンの作成

「3. 3. ゾーンデータ」に示した内容から基本ゾーンデータに示したゾーンファイルを作成する。
各グルーのIPアドレスはそれぞれ下位のネームサーバを指すように指定する。

・root ゾーン
・JP ゾーン (実ドメイン + ダミードメイン100万 を保持)
・各組織ゾーン群 (実ドメイン数 + ダミードメイン100万個のゾーン)

2)署名鍵の準備

root, JP, および署名対象の組織に対する署名鍵を「3. 2. 署名パラメータ」の通りに生成する。

・KSKの生成(example.jp.は実際のゾーン名に置き換える)
```
dnssec-keygen -a RSASHA256 -b 2048 -f KSK -r /dev/urandom example.jp.
```

・ZSKの生成(example.jp.は実際のゾーン名に置き換える、鍵長2048bitの場合は-b 2048とする)
```
dnssec-keygen -a RSASHA256 -b 1024 -r /dev/urandom example.jp.
```

※ デフォルトの/dev/randomを使用すると大量の鍵生成が困難であるので、/dev/urandom を使用する

3)ゾーンの署名

各ゾーンに対し、署名つきゾーンを生成する。
なお、署名の有効期間はdnssec-signzoneコマンドのデフォルト(1ヵ月後)では試験期間中に
有効期限切れを起こす可能性があるため、一年(31536000秒)後とする。
DSレコードを上位のゾーンに追加するときはSHA256(アルゴリズム番号=2)のものを採用する。

・各組織の署名(署名つき組織)
作成したDNSKEYデータ(K*example.jp*.+008+*01234*.key)をゾーンファイルに追加する。
example.jp は実際のゾーン名、example.jp.zoneは作成したゾーンファイルを指定する。
```
dnssec-signzone -g -e now+31536000 -o example.jp example.jp.zone
```

・JPの署名

1024bit, 2048bit の両方のZSKに対して以下の署名処理を行う。
作成したDNSKEYデータ(Kjp.+008+***01234***.key)ゾーンファイルに追加する。
各組織へのdnssec-signzoneで生成されたDSレコードをゾーンに追加する。
以下のコマンドで署名する。cafe の部分は使用するソルトを指定する

```
dnssec-signzone -g -e now+31536000 -o jp. -3 cafe -H 10 -A jp.zone
```

・rootの署名
作成したDNSKEYデータをゾーンファイルに追加する。
JPへのdnssec-signzoneで生成されたDSレコードをゾーンに追加する。
以下のコマンドで署名する。

```
dnssec-signzone -e now+31536000 -o . root.zone
```

4. 2. ネームサーバの準備

1) 権威サーバについては各ゾーンを提供するように設定する。

・仮想root
rootの署名なし、署名つきゾーンを提供する named.conf 2パターンを作成する。

・仮想JP
jpの署名なし、署名つき(ZSK1024bit)、署名つき(ZSK2048bit)の3パターンのゾーンを提供するnamed.confを作成する。

・仮想組織
署名対象組織(上位15万)については、署名つき、署名無しの2パターンのゾーンを提供するnamed.confを作成する。
署名なし組織については、NSDで提供する(*2)ため、nsd.confを作成し、zonecでゾーンDBを作成する。

*2 BIND 9 で100万単位のゾーンをホストするのが難しいため。

2) Validatorについては以下のように設定する。

・BIND 9/Unbound の2種類を設定する
・rootヒントは構築した仮想rootサーバのIPアドレスを記述する。
・Trust Anchor としてrootの署名にしようしたKSKを trusted-keys に記述する。
Unbound の場合、trust-anchor/trust-anchor-file/trusted-keys-fileを使用する。

4. 3. クエリデータの準備

3. 4. に示した、queryperf用のクエリデータを作成する。

5. 計測手順

5. 1. Validatorの各パターンによる挙動変化の計測

Validatorに対する計測は、「名前解決と検証の確認」および「性能計測」からなる。
以下の手順は、Validatorが保持するキャッシュの影響を排除するため、1つのパターンをテストするたびに、Validatorを起動しなおす。

a) digによるDNS名前解決と、DNSSEC検証の確認

「3. 1. 検証・計測パターン」について、考えられる組み合わせに対して、以下の確認を行う。

1. パターンによって、以下の設定を変更する。
・Validatorサーバのネットワーク設定を変更する。(MTU, TCP, フラグメント)
・Validatorサーバの設定ファイルを変更する。(DO=0/1, TAの設定)
・権威サーバに設定するゾーンデータを変更する。(ZSK=1024/2048, 署名なし)

2. 上記の設定後、Validatorおよび権威サーバが起動している状態で、
Validatorサーバ上で dig により下記の例にあるコマンドにて確認を行う。
dig の出力結果をみて、名前解決の成否・検証の成否を確かめる。

署名無しの場合

```
dig @localhost example.jp. A
```

署名ありの場合

```
dig @localhost +dnssec example.jp. A
```

b) 名前解決ができるパターンに対し、Validatorの負荷と権威サーバへのクエリ内容を計測する。

「3．1．検証・計測パターン」について、対象となっている組み合わせに対し以下の確認を行う。

1. パターンによって、a)と同様にネットワークおよびサーバの設定を変更する。

2. Validator サーバ上で、負荷計測ツール(※)を起動しCPU使用率およびメモリ使用量の計測を開始する。

※ CPU使用率、メモリ使用量、ロードアベレージなどを計測するスクリプトを用意する。

3. Validatorおよび権威サーバ上で、DSC(DSC Collector)を稼動させる。

4. クエリー発生機上でqueryperf(改造版)による負荷テストを行う。DOビットによってコマンドを使い分ける。
-i オプションに送信間隔をミリ秒単位で指定する。下記の例では0.1msなので10000qpsで送信する。
＃適時、dnsperfなどをツールと読み替える

```
DO=0
  queryperf -d query.txt -s 192.0.2.1 -l 300 -i 0.1
DO=1
  queryperf -d query.txt -s 192.0.2.1 -D -l 300 -i 0.1
```

5. 負荷を掛け終わったら、Validatorおよび権威サーバで起動した負荷計測ツール/DSCを終了させる。

上記手順において、検証および計測の間でのパターンの切り替えは以下のように行う。

・権威サーバのゾーン設定の切り替え

今回のパターンでは使用するゾーンについて、
署名なし / 1024bit ZSKによる署名つき / 2048bit ZSKによる署名つき
の3パターンがある。
「3．3．ゾーンデータ」に示したパターン毎にゾーン設定を変更後、ネームサーバを再起動させる。

・ValidatorのTrust Anchor設定の切り替え

Trust Anchor 無しの場合は、Validator の trusted-keys 設定を外してネームサーバを再起動する。

・Validatorのbufsizeの切り替え

Validator の設定 edns-udp-size の値を修正して、ネームサーバを再起動する。

・ネットワーク環境の切り替え

権威サーバとValidatorサーバ間の通信路の状況を変化させるため、
Validator サーバのネットワーク設定を、iptables および ifconfig によって変更する。
以下の説明では、対象となるネットワークI/Fをeth0としている
試験用の環境に応じてipfilterや外部ファイアウォールなどの機能を使う必要がある。

TCP (ValidatorからTCP接続できないようにする)

```
iptables -I OUTPUT -p tcp -m tcp --dport 53 -j DROP
```

フラグメントを落とす (権威サーバからの応答パケットのフラグメントを落とす)

```
iptables -I INPUT -p udp -m udp --sport 53 -m length --length 1480:65535 -j DROP
```

※1480の部分はMTUから20引いた値を指定する。
(conntrackモジュールにより、iptables -I INPUT -f -j DROPでは落とせないため)

MTUの変更

```
ifconfig eth0 mtu 1280
```

5．2．権威サーバの性能計測

権威サーバに対する負荷計測は、負荷パターンごとに以下の手順で行う。

1. JP権威サーバを稼動させる。

2. Validator計測と同様にCPU負荷、メモリ使用量を観測するための計測ツールを起動する。

3. queryperf で負荷をかける。負荷の掛け方について5．1 b)の手順と同様。
   負荷のパターンは、1000qps / 10000qps / 限界負荷の3パターンを行う。限界負荷の場合は -i オプションを外す。

4. 計測ツールを終了させる。

6．結果

計測によって得られた結果をグラフなどを用いてまとめる。