

Principy a správa DNS - cvičení

Ondřej Caletka, CESNET

15. června 2017

© ⓘ Uvedené dílo podléhá licenci Creative Commons Uvedte autora 3.0 Česko.

1 Zprovoznění virtuálních serverů

Pro účely cvičení jste dostali k dispozici přístup na dvojici virtuálních serverů. Hlavní server, který budete používat nebude-li určeno jinak, má jméno `nXX.clones.cesnet.cz`, kde `XX` je číslo vám přiděleného virtuálního serveru.

Pomocný server má jméno `nXXa.clones.cesnet.cz`. Proti hlavnímu jsou jeho prostředky omezené - má méně paměti a nemá k dispozici IPv4 adresu. Bude pro vás představovat nadřazenou zónu a budete jej používat vždy, kdy byste v reálném prostředí komunikovali s registrátorem domény. Na serveru je předinstalován Knot DNS a vytvořena zóna `XX.acad.cz` na kterou vede DNSSEC-podepsaná delegace z veřejného doménového jména `acad.cz`. Na pomocném serveru si také můžete vyzkoušet zónové přenosy.

K přihlášení na oba servery použijte SSH na účet `root` pomocí privátního klíče, který jste obdrželi.

```
$ chmod 600 id_rsa-root@nXX.clones.cesnet.cz
$ ssh -i id_rsa-root@nXX.clones.cesnet.cz root@nXX.clones.cesnet.cz
```

Prostřednictvím hlavního serveru můžete také přistupovat k pomocnému serveru. To se hodí zejména v případě, kdy má váš počítač problém s připojením prostřednictvím IPv6. Máte-li OpenSSH klienta, můžete použít volbu `ProxyCommand`:

```
$ ssh -i id_rsa-root@nXX.clones.cesnet.cz root@nXXa.clones.cesnet.cz -o \
ProxyCommand="ssh -W %h:%p -i id_rsa-... root@nXX.clones.cesnet.cz"
```

V ostatních případech můžete privátní klíč překopírovat na hlavní server a ten pak používat jako přestupní stanici k pomocnému serveru.

```
$ scp -i id_rsa-root@nXX.clones.cesnet.cz \
id_rsa-root@nXX.clones.cesnet.cz root@nXX.clones.cesnet.cz:.ssh/id_rsa
```

1.1 DNSViz

Na hlavním serveru je předinstalována offline verze nástroje DNSviz, který graficky analyzuje vztahy mezi zónami a DNSSEC podpisy. Pro použití stačí zavolat skript

```
# dnsviz-analyze cesnet.cz
Analyzing cesnet.cz
Analyzing cz
Analyzing .
```

Výsledek analýzy je vystaven v kořeni předinstalovaného web serveru a lze jej tedy prohlížet na adrese <http://nXX.clones.cesnet.cz/cesnet.cz.html>. Standardně analýza probíhá prostřednictvím systémového DNS resolveru. Pro přímou analýzu autoritativních serverů přidejte na konec příkazového řádku slovo `auth`.

2 Ovládání utilit `host` a `dig`

2.1 `host`

Utilita `host` poskytuje vysokoúrovňový přístup k DNS resolveru. K zadanému doménovému jménu zjistí A záznam, AAAA záznam, a MX záznam, k zadané IP adrese zjistí PTR záznam. Druhým volitelným argumentem je adresa DNS serveru, kterému má být dotaz položen:

```
$ host cesnet.cz
cesnet.cz has address 195.113.144.230
cesnet.cz has IPv6 address 2001:718:1:101::4
cesnet.cz mail is handled by 100 mail.cesnet.cz.
cesnet.cz mail is handled by 10 postino.cesnet.cz.
cesnet.cz mail is handled by 50 cartero.cesnet.cz.

$ host 195.113.144.230 google-public-dns-a.google.com
Using domain server:
Name: google-public-dns-a.google.com
Address: 2001:4860:4860::8888#53
Aliases:

230.144.113.195.in-addr.arpa domain name pointer www.cesnet.cz.
```

Utilita má dále několik užitečných přepínačů. Přepínač `-C` například umožňuje snadno zkontrolovat synchronnost všech DNS serverů pro danou doménu:

```
# host -C cesnet.cz
Nameserver 195.113.144.228:
    cesnet.cz has SOA record nsa.cesnet.cz. hostmaster.cesnet.cz. 2015061103...
Nameserver 2001:718:1:101::144:228:
    cesnet.cz has SOA record nsa.cesnet.cz. hostmaster.cesnet.cz. 2015061103...
```

```

Nameserver 195.113.144.205:
    cesnet.cz has SOA record nsa.cesnet.cz. hostmaster.cesnet.cz. 2015061103...
Nameserver 2001:718:1:1::144:205:
    cesnet.cz has SOA record nsa.cesnet.cz. hostmaster.cesnet.cz. 2015061103...
Nameserver 2001:718:1001:149::9:
    cesnet.cz has SOA record nsa.cesnet.cz. hostmaster.cesnet.cz. 2015061103...
Nameserver 158.196.149.9:
    cesnet.cz has SOA record nsa.cesnet.cz. hostmaster.cesnet.cz. 2015061103...

```

2.2 dig

Utilita dig umožňuje přístup k DNS protokolu na nejnižší úrovni. V zásadě jen překládá binární DNS zprávy do standardizované textové podoby a zpět. Výstup příkazu je rozdělen do sekcí QUESTION, ANSWER, AUTHORITY a ADDITIONAL stejně jako DNS paket.

```

# dig cesnet.cz mx @8.8.8.8

; <<>> DiG 9.9.5-9-Debian <<>> cesnet.cz mx @8.8.8.8
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 47330
;; flags: qr rd ra ad; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags:; udp: 512
;; QUESTION SECTION:
;cesnet.cz.                IN      MX

;; ANSWER SECTION:
cesnet.cz.                3599    IN      MX      10 postino.cesnet.cz.
cesnet.cz.                3599    IN      MX      50 cartero.cesnet.cz.
cesnet.cz.                3599    IN      MX      100 mail.cesnet.cz.

;; Query time: 38 msec
;; SERVER: 8.8.8.8#53(8.8.8.8)
;; WHEN: Thu Jun 11 09:27:03 CEST 2015
;; MSG SIZE  rcvd: 107

```

Přepínač +multi přepne výstup do víceřádkového režimu s komentáři:

```

# dig +multi XX.acad.cz soa

; <<>> DiG 9.9.5-9-Debian <<>> +multi XX.acad.cz soa
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 29622

```

```
;; flags: qr rd ra ad; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags:; udp: 4096
;; QUESTION SECTION:
;XX.acad.cz.          IN SOA

;; ANSWER SECTION:
XX.acad.cz.          60 IN SOA nXXa.clones.cesnet.cz. root.localhost. (
                        2          ; serial
                        300         ; refresh (5 minutes)
                        150         ; retry (2 minutes 30 seconds)
                        600         ; expire (10 minutes)
                        60          ; minimum (1 minute)
                        )

;; Query time: 18 msec
;; SERVER: 195.113.144.194#53(195.113.144.194)
;; WHEN: Thu Jun 11 13:10:55 CEST 2015
;; MSG SIZE rcvd: 110
```

Příkaz dig je také možné použít na zjištění skutečného jména DNS serveru, případně i verze (hodí se pro anycast), posláním dotazu ve speciální třídě Chaos:

```
# dig hostname.bind ch txt @ns.cesnet.cz +short
"adns1.cesnet.cz"
```

Další příklady zajímavých služeb:

```
# dig +short o-o.myaddr.l.google.com txt
"195.113.187.254"
# dig +short porttest.dns-oarc.net txt
porttest.y.x.w.v.u.t.s.r.q.p.o.n.m.l.k.j.i.h.g.f.e.d.c.b.a.pt.dns-oarc.net.
"195.113.187.254 is GREAT: 72 queries in 4.4 seconds from 72 ports with std dev 19386"
# dig +short rs.dns-oarc.net txt
rst.x4050.rs.dns-oarc.net.
rst.x4058.x4050.rs.dns-oarc.net.
rst.x4064.x4058.x4050.rs.dns-oarc.net.
"195.113.187.254 sent EDNS buffer size 4096"
"Tested at 2015-06-11 11:28:59 UTC"
"195.113.187.254 DNS reply size limit is at least 4064"
```

3 Instalace rekurzivního resolveru

Cílem této úlohy je zprovoznit rekurzivní resolver.

- Vyzkoušejte instalaci resolverů Unbound a BIND.

- Zprovozněte a vyzkoušejte DNSSEC validaci.
- Omezte rozsah adres, pro které bude server sloužit jako otevřený rekurzivní server.

3.1 Instalace serveru Unbound

```
# apt-get install unbound unbound-host
...
```

```
# unbound-control status
version: 1.4.22
verbosity: 1
threads: 1
modules: 2 [ validator iterator ]
uptime: 49 seconds
unbound (pid 960) is running...
```

Výchozí konfigurace v Debianu automaticky stáhne *trust anchor* pomocí utility *unbound-anchor* a umístí do */var/lib/unbound/root.key*. Jeho použití je automaticky nakonfigurováno v souboru */etc/unbound/unbound.conf.d/root-auto-trust-anchor-file.conf*, takže hned od instalace je prováděna DNSSEC validace. Klíč je nadále udržován aktuální unboundem, je tedy nutné, aby soubor s klíčem byl unboundem zapisovatelný.

Pro další konfiguraci nahlédneme do dokumentace:

```
# less /usr/share/doc/unbound/examples/unbound.conf
```

V základní konfiguraci Unbound poslouchá jen na loopbacku. Změníme to a zavedeme omezení adres, které mohou pokládat dotazy, vytvořením souboru */etc/unbound/unbound.conf.d/access-control.conf*:

```
server:
    interface: 0.0.0.0
    interface: ::

    access-control: 0.0.0.0/0 refuse
    access-control: ::0/0 refuse
    access-control: 127.0.0.0/8 allow
    access-control: ::1 allow
    access-control: 195.113.0.0/16 allow
    access-control: 2001:718::/32 allow
```

Pro změnu rozhraní, na kterých bude server poslouchat, je třeba jej restartovat příkazem `systemctl restart unbound`. Ostatní změny je možné provádět pomocí ovládací utility *unbound-control*. Tou je také možné vyčistit cache a upravovat některé části konfigurace za chodu. Vyzkoušejte nastavit přeposílání všech dotazů na server 8.8.8.8:

```
# unbound-control forward 8.8.8.8
ok
```

Zkontrolujte, zda správně funguje validace provedením dotazů na `www.dnssec.cz` (odpověď musí obsahovat `flag ad`) a `www.rhybar.cz` (musí vrátit návratový kód `SERVFAIL` v prvním případě a nevalidovaná data spolu s `flagem cd` v druhém případě).

```
# dig @localhost www.dnssec.cz
# dig @localhost www.rhybar.cz
# dig @localhost www.rhybar.cz +cdflag
```

Pomocí utility `unbound-host` lze snadno získat detailní informace o příčině selhání validace. Ve výchozím stavu ovšem utilita nemá žádný pevný bod důvěry. Ten může načíst buď přímo, nebo z konfiguračního souboru serveru `unbound`:

```
# unbound-host www.rhybar.cz
www.rhybar.cz has address 217.31.205.55
www.rhybar.cz has IPv6 address 2001:1488:0:3::7
# unbound-host -f /var/lib/unbound/root.key www.rhybar.cz
# unbound-host -C /etc/unbound/unbound.conf www.rhybar.cz
www.rhybar.cz has address 217.31.205.55
validation failure <rhybar.cz. A IN>: no keys have a DS with algorithm RSASHA1
from 2001:678:11::1 for key rhybar.cz. while building chain of trust
```

3.2 Instalace serveru BIND

```
# apt-get purge unbound
# apt-get install bind9
```

V základním nastavení je rekurze povolena jen pro `loopback` a přímo připojené lokální síť. Změníme to editací v sekci `options` konfiguračního souboru, která je v Debianských systémech oddělena do souboru `/etc/bind/named.conf.options`.

```
options {
...
allow-recursion { localhost; my_networks; };
};

acl my_networks {
2001:718:1::/48;
195.113.219.0/24;
};
```

Po úpravě konfigurace zkontrolujeme nastavení:

```
# named-checkconf
# systemctl restart bind9
```

DNSSEC validace je automaticky zapnuta volbou `dnssec-validation auto`. V takovém případě se pevný bod důvěry při prvním spuštění ověří podle klíče vestavěného při kompilaci a dále se udržuje v souboru `/var/cache/bind/managed-keys.bind`. Opět zkontrolujeme funkčnost validace:

```
# dig @localhost www.dnssec.cz
# dig @localhost www.rhybar.cz
# dig @localhost www.rhybar.cz +cdflag
```

4 Autoritativní DNS server

- Vytvořte zónový soubor pro zónu `zone.XX.acad.cz`
- Nakonfigurujte vybraný autoritativní server a ověřte jeho funkci.
- Vložte do souboru IP adresy svého serveru jako `ns.zone.XX.acad.cz`
- Vytvořte delegaci z nadřazené zóny a ověřte její funkčnost.

Následující tabulka pro přehlednost shrnuje názvy zón a jména serverů, na kterých jsou hostovány. Zóna `XX.acad.cz` je na pomocném serveru již připravena jako prázdná, vaším úkolem je tedy vytvořit subdoménu `zone` na svém hlavním serveru a na pomocném serveru `nXXa` provést správně delegaci.

zóna	jméno serveru
<code>XX.acad.cz</code>	<code>nXXa.clones.cesnet.cz</code>
<code>zone.XX.acad.cz</code>	<code>nXX.clones.cesnet.cz</code> a/nebo <code>ns.zone.XX.acad.cz</code>

4.1 Příklad zónového souboru

Poznámka: Časovací parametry zde uvedených příkladů byly záměrně sníženy. V produkčním nasazení je nepoužívejte.

```
$ORIGIN zone.XX.acad.cz.
$TTL 60

@ IN SOA nXX.clones.cesnet.cz. hostmaster (
                                1          ; serial
                                120         ; refresh (2 minutes)
                                10         ; retry (10 seconds)
                                3600        ; expire (1 hour)
                                60         ; minimum (1 minute)
                                )

@ IN NS nXX.clones.cesnet.cz.
```

4.2 Příklady definice zóny

4.2.1 BIND

```
zone "zone.XX.acad.cz" {
    type master;
    file "/etc/bind/zone.XX.acad.cz";
};
```

4.2.2 Knot

```
zones {
    zone.XX.acad.cz { file "/etc/knot/zone.XX.acad.cz"; }
}
```

4.2.3 NSD

```
zone:
    name: zone.XX.acad.cz
    zonefile "/etc/nsd/zone.XX.acad.cz"
```

4.3 Přidání záznamu do zónového souboru

1. Vložte do zónového souboru záznam `ns.zone.XX.acad.cz` s IP adresami svého serveru.
2. Zvyšte sériové číslo zóny.
3. Načtěte novou verzi zóny do DNS serveru (`rndc reload`, `knotc reload`, `nsd-control reload`)
4. Zkontrolujte, že server dává nová data.

4.4 Vytvoření delegace

Zvolte jednu z níže uvedených variant. Máte-li dost času, vyzkoušejte postupně obě.

4.4.1 Bez glue záznamů

Toto je jednodušší varianta. Zóna je nadelegována na server, který leží mimo zónu samotnou. V našem případě leží server zóny `zone.XX.acad.cz` v zóně `cesnet.cz`. Proto stačí vložit do nadřazené zóny stejný NS záznam, který je v apexu zóny.

```
$ ssh -lroot nXXa.clones.cesnet.cz
root@nXXa:~# cat >> /var/lib/knot/XX.acad.cz.zone
zone 60 IN NS nXX.clones.cesnet.cz.
<Ctrl+D>
root@nXXa:~# knotc reload
```


OK

```
root@nXXa:~# logout
```

Poznámka: Pro jednoduchost zde při změně obsahu zóny needitujeme sériové číslo v SOA záznamu. Můžeme si to dovolit jednak proto, že server nemá žádné slave servery, jednak proto, že Knot DNS v režimu automatického DNSSEC podepisování sériové číslo zvyšuje automaticky.

4.4.2 S glue záznamy

Leží-li DNS server uvnitř zóny, která na něj má být nadelegována, samotný NS záznam v nadřazené zóně nestačí. Nadelegujeme tedy server zóny `zone.XX.acad.cz` na adresu `ns.zone.XX.acad.cz` a přidáme nezbytné glue záznamy. Změnu delegace na serveru `nXXa` tentokrát provedeme pomocí dynamického DNS.

```
$ ssh -lroot nXXa.clones.cesnet.cz
root@nXXa:~# nsupdate
> server localhost
> update delete zone.XX.acad.cz.
> update add zone.XX.acad.cz. 60 IN NS ns.zone.XX.acad.cz.
> update add ns.zone.XX.acad.cz. 60 IN A 195.113.233.XX
> update add ns.zone.XX.acad.cz. 60 IN AAAA 2001:718:ff05:102:c1:eff:fee:XX
> show
Outgoing update query:
;; ->>HEADER<<- opcode: UPDATE, status: NOERROR, id:      0
;; flags: ZONE: 0, PREREQ: 0, UPDATE: 0, ADDITIONAL: 0
;; UPDATE SECTION:
zone.XX.acad.cz.      0      ANY      ANY
zone.XX.acad.cz.      60      IN        NS        ns.zone.XX.acad.cz.
ns.zone.XX.acad.cz.   60      IN        A         195.113.233.XX
ns.zone.XX.acad.cz.   60      IN        AAAA      2001:718:ff05:102:c1:eff:fee:XX

> send
> quit
root@nXXa:~# logout
```

5 Master - slave replikace

- Nastavte svůj server postupně tak, aby umožňoval zónové přenosy:
 1. každému
 2. vybraným IP adresám
 3. každému, kdo použije správný TSIG klíč
- Přidejte do konfigurace každého ze svých serverů slave zónu druhého ze serverů, případně se domluvte s kolegy.

- Upravte NS záznamy v apexu zóny i v delegaci tak, aby vaše zóna byla dostupná i v případě výpadku vašeho serveru.
- Nastavte posílání zpráv NOTIFY pro rychlou synchronizaci slave serverů a zkontrolujte jejich správnou funkci editací zóny na master serveru.

5.1 Zajištění dostatku entropie

Ještě než začneme generovat klíč, je třeba zvýšit virtuálnímu serveru entropii. Jinak by se kryptografické operace zasekávaly na čtení ze souboru /dev/random. Pomůže instalace nástroje haveged.

```
# apt-get install haveged
```

5.2 Výroba a použití TSIG klíče

Je možné použít libovoný generátor náhodných čísel v base64 kódování o patřičné délce. Alternativou je nástroj dnssec-keygen:

```
# dnssec-keygen -a HMAC-SHA256 -b 256 -n HOST \
  tsig.zone.XX.acad.cz.
Ktsig.zone.XX.acad.cz.+163+50384
# cat Ktsig.zone.XX.acad.cz.+163+50384.key
tsig.zone.XX.acad.cz. IN KEY 512 3 163 \
0su0ZsqZ6uxo3gMwGhzfKMNCBohnXYgURtJ2Dtf/zwM=
```

Ačkoli na identifikátoru klíče téměř nezáleží, je dobrou praxí pojmenovávat jej jako doménové jméno ve vaší správě. Takový klíč je následně nutné nakonfigurovat na obě zúčastněné strany: (příklad pro BIND)

```
key "tsig.zone.XX.acad.cz" {
  algorithm HMAC-SHA256;
  secret "0su0ZsqZ6uxo3gMwGhzfKMNCBohnXYgURtJ2Dtf/zwM=";
};

zone "zone.XX.acad.cz" {
  ...
  allow-transfer { key "tsig.zone.XX.acad.cz"; };
};
```

Funkčnost TSIG přenosu je možné vyzkoušet i příkazem dig. Bez ohledu na správnost nebo nesprávnost klíče je tímto *trikem* možné vylákat ze vzdáleného serveru jeho systémový čas.

```
# dig zone.XX.acad.cz axfr -y HMAC-SHA256:tsig.zone.XX.acad.cz:\
0su0ZsqZ6uxo3gMwGhzfKMNCBohnXYgURtJ2Dtf/zwM= @nXX.clones.cesnet.cz
...
tsig.zone.nxxa.acad.cz. 0          ANY          TSIG          hmac-sha256. 1434379000 ...
```

6 DNSSEC na autoritativním serveru

- Vygenerujte ZSK a KSK klíče.
- Vložte klíče do zónového souboru.
- Podepište zónu pomocí nástroje dnssec-signzone.
- Vystavte otisk KSK klíče do nadřazené zóny.
- Zkontrolujte úplnost řetězu důvěry.
- Volitelně vyzkoušejte rotaci ZSK a KSK klíče.

6.1 Výroba klíčů

```
# apt-get install bind9utils
# cd /etc/{bind,knot,nsd}/
# ZSK=$(dnssec-keygen -a RSASHA512 -b 1024 zone.XX.acad.cz)
# KSK=$(dnssec-keygen -a RSASHA512 -b 2048 -f KSK zone.XX.acad.cz )
```

6.2 Podpis zóny

```
# cat $ZSK.key $KSK.key >> zone.XX.acad.cz
# dnssec-signzone -r /dev/urandom -k $KSK -N unixtime -x zone.XX.acad.cz $ZSK
Verifying the zone using the following algorithms: RSASHA512.
Zone fully signed:
Algorithm: RSASHA512: KSKs: 1 active, 0 stand-by, 0 revoked
                    ZSKs: 1 active, 0 stand-by, 0 revoked
zone.XX.acad.cz.signed
```

Pro NSEC3 přidejte volbu `-3 <sůl>`. Nyní je třeba překonfigurovat DNS server, aby načetl zónový soubor s příponou `.signed`.

6.3 Vytvoření bezpečné delegace

Aby vznikl řetěz důvěry, je nutné do nadřazené zóny umístit DS záznamy. Ty jsou vygenerovány během podepisování do souboru `dsset-zone.XX.acad.cz.`, případně je možné je vygenerovat znovu:

```
# dnssec-dsfromkey $KSK
zone.XX.acad.cz. IN DS 55782 10 1 34F20A15D93B11D9448C57032EC4F6ABE8847B5B
zone.XX.acad.cz. IN DS 55782 10 2 98CD790243051453E588F4BB0939804DE7719096...66
```

Otisky je potřeba vložit do nadřazené zóny. Použijeme pouze otisk s hashovací funkcí SHA-256:

```
$ ssh -lroot nXXa.clones.cesnet.cz
root@nXXa:~# cat >> /var/lib/knot/XX.acad.cz.zone
zone.XX.acad.cz. IN DS 55782 10 2 98CD790243051453E588F4BB0939804DE7719096...66
<Ctrl+D>
root@nXXa:~# knotc reload
OK
root@nXXa:~# logout
```

6.4 Rotace ZSK metodou předpublikace

```
# ZSK2=$(dnssec-keygen -a RSASHA512 -b 1024 -r /dev/urandom zone.XX.acad.cz)
# cat $ZSK2.key >> zone.XX.acad.cz
# dnssec-signzone -r /dev/urandom -k $KSK -N unixtime -x zone.XX.acad.cz $ZSK
Verifying the zone using the following algorithms: RSASHA512.
Zone fully signed:
Algorithm: RSASHA512: KSKs: 1 active, 0 stand-by, 0 revoked
                    ZSKs: 1 active, 1 stand-by, 0 revoked
zone.nXX.acad.cz.signed
# # sleep $TTL + $REFRESH
# dnssec-signzone -r /dev/urandom -k $KSK -N unixtime -x zone.XX.acad.cz $ZSK2
# # sleep $TTL + $REFRESH
# # delete $ZSK from zone file and resign
```

6.5 Rotace KSK metodou dvojího podpisu

```
# KSK2=$(dnssec-keygen -a RSASHA512 -b 2048 -f KSK -r /dev/urandom \
zone.XX.acad.cz )
# cat $KSK2.key >> zone.XX.acad.cz
# dnssec-signzone -r /dev/urandom -k $KSK -k $KSK2 -N unixtime -x \
zone.XX.acad.cz $ZSK2
Verifying the zone using the following algorithms: RSASHA512.
Zone fully signed:
Algorithm: RSASHA512: KSKs: 2 active, 0 stand-by, 0 revoked
                    ZSKs: 1 active, 0 present, 0 revoked
# # sleep $TTL + $REFRESH
# # update parent DS record
# # sleep $parentTTL + $parentREFRESH
# # delete $KSK from zone file and resign
```

6.6 In-line signing v BIND 9.9

Alternativně můžete vyzkoušet automatické podepisování pomocí BIND 9.9. Postup krok za krokem naleznete v článku:

<https://www.root.cz/clanky/dnssec-s-bind-9-9-snadno-a-rychle/>