DNS priručnik

Dinko Korunić <kreator@srce.hr>

verzija 1.1

Zagreb, 2006.

Sadržaj

1 Uvod

Na današnjem Internetu je tzv. DNS jedan od osnovnih servisa, te se praktički podrazumijeva njegovo shvaćanje i ispravna uporaba - čije ćemo temelje postaviti u ovoj kratkoj kuharici. Kako svaki priručnik počinje sa teoretskim uvodom, tako će i ovo uvodno poglavlje sadržavati neke osnovne pojmove nužne za razumijevanje i kasniju praktičnu primjenu u idućim poglavljima.

DNS (Domain Name System) je strogo hijerarhijski distribuirani sustav u kojem se mogu nalaziti različite informacije, no prvenstveno one o IP adresama i slovnim nazivima za računala. **Slovni naziv računala** (engl. hostname) je jedinstveno simboličko ime unutar pojedine mreže kojim se koriste neki protokoli (SMTP, NNTP) za elektroničku identifikaciju nekog računala. Takvi slovni nazivi mogu biti samo jedna riječ, ako se recimo radi o lokalnoj mreži; ili nekoliko riječi odvojenih točkama. U potonjem slučaju, riječ je o **domenskom imenu** (engl. domain name) o kojem ćemo detaljnije nešto kasnije. Klijentima DNS informacije pružaju DNS **poslužitelji**, koristeći DNS protokol za komunikaciju kako sa klijentima tako i međusobno.

Svrha DNS sustava je pojednostavljivanje komunikacije među računalima u smislu olakšanog pamćenja slovnih naziva kao i mogućnosti tematskih i inih grupiranja računala koja nisu nužno fizički blizu (fizički blizu u smislu slijednih IP adresa). Jasno je, u svakodnevnom radu je daleko lakše koristiti i pamtiti slovna i smislena imena umjesto odgovarajućih IP adresa.

Sam DNS sustav je naravno puno širi, te obuhvaća tri osnovne funkcije sa različitim segmentima koje ćemo definirati u daljnjem tekstu:

1. DNS imenički prostor, problematiku imenovanja i pravila: karakteristike su hijerarhijska struktura, imenička struktura i pravila imenovanja te specifikacije domena,
2. registraciju domena i ine administrativne probleme: hijerarhijsku strukturu nadležnih tijela, hijerarhiju vršnih nadležnih tijela (TLD), procedure registracije sekundarnih domena, administraciju DNS zona i administraciju hijerarhije,
3. poslužitelje i proces rezolucije: DNS zapisi i zone, tipovi DNS poslužitelja sa različitim ulogama, procesi rezolucije, DNS poruke, formati i zapisi.

1.1 Domensko ime

Domensko ime je simboličko ime računala na Internetu koje ga uglavnom (postoji mogućnost da više računala dijeli jedno domensko ime) jedinstveno označuje. DNS sustav vrši preslikavanje domenskog imena u jednu ili više IP adresa te obrnuto, preslikavanje jedne ili više IP adrese u jedno domensko ime. Na većini modernih operacijskih sustava se DNS sustav koristi implicitno, pa je moguće nekom računalu na Internetu pristupiti kako kroz odgovarajuću IP adresu, tako i kroz domensko ime - ako ono postoji.

Domensko ime se često naziva i **labela** (engl. label), iako je po definiciji pojedina labela alfanumerički niz znakova sa maksimalno 63 znaka unutar pojedine labele. Više takvih labela se međusobno odvaja točkama, a tek zajedno one tvore domensko ime, koje se u takvoj potpunoj formi (navedene su sve labele) zove i **FQDN** (Fully Qualified Domain Name). Takvo ime je maksimalne dužine od 255 znakova, a različito od običnog domenskog imena (koje može biti i kratkog oblika, sadržavajući svega dio labela) po tome što predstavlja apsolutnu stazu unutar DNS hijerarhije.

Primjer 1: Domenska imena, FQDN, labele

```
FQDN:           www.srce.hr., jagor.srce.hr
labele:         www, jagor, srce, hr
ime računala:   www, regoc, jagor, kosjenka
domensko ime:   jagor.srce, www
```

Napomenimo još jednom - svaka labela se sastoji od isključivo alfanumeričkih znakova i znaka "-" (dakle ASCII znakovi od A do Z i znak "-"), pri čemu se labele ne razlikuju po velikim i malim slovima. Danas je u procesu prihvaćanja novi sustav koji bi trebao dozvoliti i ne-ASCII znakove u labelama, tzv. IDNA (engl. Internationalizing Domain Names in Applications) baziran na Punycode enkodiranju Unicode nizova. Da bi se FQDN dodatno razlikovao od labela odnosno standardnih (ne nužno potpunih) domenskih imena, česta je konvencija dodavanja **dodatne točke** (znaka ".") na kraj domenskog imena.

Da ponovimo: domensko ime se sastoji od dvije ili više labela odvojenih točkama. Krajnje desna labela je TLD, a svaka druga labela lijevo je **poddomena** - domena koja je hijerarhijski ispod prethodne. Ukupno maksimalno podjela može biti 127, dok se držimo zadane granice od 255 znakova za FQDN. Na kraju, labela koja je krajnje lijeva je kratko ime računala (već spomenuti slovni naziv računala, dakle bez domene).

1.2 Domene

Domenska imena su obično grupirana; ona završavaju pojedinom grupom labela za koje postoje točno definirana pravila. Takve završne labele se nazivaju **TLD** (Top-Level Domain) imena, kojih postoje dva tipa:

- geografski bazirane domene, tzv. **ccTLD** (engl. country code TLD) domene koje predstavljaju državni dvoznakovni kod temeljen oko ISO-3166 standarda, a danas ih ima preko 243 u upotrebi,
- generičke domene, tzv. **gTLD** (engl. generic TLD) domene koje se obično sastoje od 3 ili više znakova.

U pojedinoj domeni, odnosno **domenskom prostoru** ne mogu postojati dvije iste labele - što znači niti dvije poddomene niti dva računala.

Primjer 2: TLD-ovi

```
gTLD: .com, .net, .org, .biz, .info, .name, .museum,
.travel, .xxx
ccTLD: .us, .fr, .es, .de, .it, .jp, .ie, .co.uk, ...
ccTLD izvan ISO 3166-1: .ac, .su, .tp, .uk, .yu, .eu
```

Za dodjelu i upravljanje problematikom domena, zaduženo je **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) neprofitno tijelo. Ova relativno mlada organizacija je preuzela poslove koje je nekad obavljala **IANA** (Internet Assigned Numbers Authority). Specifično, riječ je o upravljanju dodjeljivanjem domena i IP adresa, pri čemu se lokalna registracija IP adresa u predaje pojedinačnim RIR-ovima (Regional Internet Registries). Svaki RIR alocira adrese za različiti dio svijeta.

1.3 Domenski registri

Slično kao i za IP adrese, postoje **domenski registri**, baze podataka o domenama i odgovarajućim IP adresama, po jedan za svaku TLD. Oni kao uslugu daju domenska imena za vlastitu TLD te omogućavaju ostatku svijeta pregled informacija o registracijama pojedinih domena. Domenski registri se inače nazivaju **NIC** (Network Information Centre), te su najčešće neprofitne ili državne organizacije. Informacije o registracijama su dostupne kroz **Whois** sustav, pa je tako za Europu nadležan whois.ripe.net poslužitelj (primjer dobrog Whois klijenta je **Jwhois**, sa ugrađenim bazama lokalnih registara). Same registracije se najčešće dešavaju na principu "tko prvi, njemu djevojka", iako pojedini mogu formirati složene politike zbog zaštićenih imena, itd. Svaki registar upravlja DNS poslužiteljima za specifični TLD, pa je to za Hrvatsku (.HR) dns.srce.hr kojim upravlja HR-DNS služba za CARNet, sa 28 tisuća registriranih domena u 2004. Dakle, za ccTLD-ove su obično nadležne vlade pojedine države, dok je za gTLD nadležan isključivo ICANN.

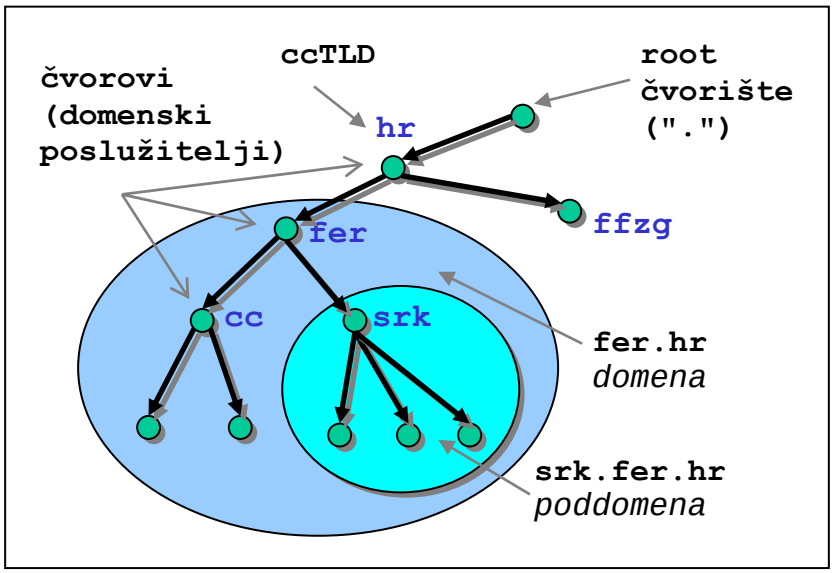
Primjer 3: Međunarodni TLD-ovi

TLD	opis	URL
AC	ccTLD - Ascension Island	Network Information Center (AC Domain Registry) (http://www.nic.ac/)
AD	ccTLD - Andorra	Servei de Telecommunications dAndorra (http://www.nic.ad)
AE	ccTLD - United Arab Emirates	Emirates Telecommunications Corporation (http://www.nic.ae)
AERO	gTLD - AERO (Aviation Community)	Societe Internationale de Telecommunications Aeronautique S.C. (http://www.information.aero)
...	...	...
HR	ccTLD - Croatia/Hrvatska	CARNet - Croatian Academic and Research Network (http://www.dns.hr)

...	...	...

Naravno, za osnovnu domenu je također nadležan ICANN, koji regulira upravljanjem 13 **vršnih DNS poslužitelja** (engl. root servers). No, postoje i različite organizacije koje nude alternativne vršne DNS poslužitelje, nudeći najčešće i vlastiti skup TLD-jeva, nekompatibilan sa ICANN-ovom listom. Neki primjeri su ORSC (Open Root Server Confederation), OpenNIC, Pacific Root, New.Net; no najorganiziraniji je **ORSN** (Open Root Server Network) koji ima direktnu kompatibilnost sa ICANN-ovom bazom - što u praksi znači dodatnu redundanciju posebice pogodnu za Europske TLD-jeve.

Slika 1: DNS hijerarhija



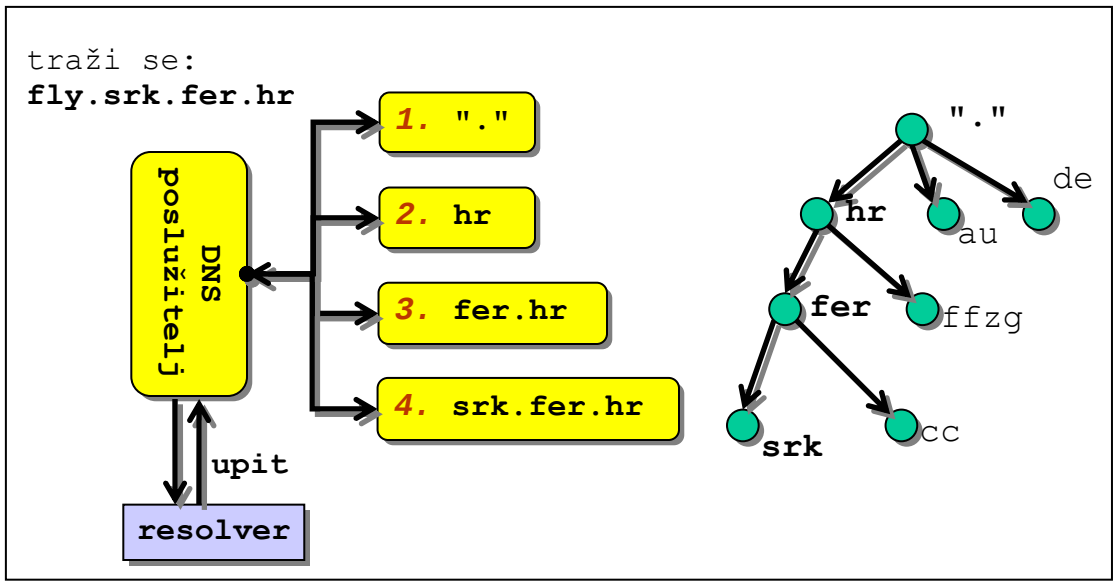
1.4 DNS rezolucija

Svaki se funkcionalni DNS sustav nužno sastoji se od tri dijela:

- DNS **klijent** (engl. resolver), program koji se izvršava na klijentskom računalu i koji formira određeni DNS zahtjev. Takav program ne mora biti nužno samostojeći servis, on je na većini Unixoida najčešće ugrađen u standardnoj biblioteci u formi sistemskih poziva koje pozivaju različiti korisnički programi,
- **Rekurzivni** (engl. recursive) DNS **poslužitelj**, koji nakon dobivenih upita za klijenta obavlja pretraživanje kroz DNS stablo i vraća nazad odgovore klijentima,
- **Autoritativni** (engl. authoritative) DNS **poslužitelj**, koji odgovara na upite rekurzivnih poslužitelja te vraća ili završni odgovor ili zbog delegiranja vraća referencu na neki drugi autoritativni DNS poslužitelj.

Sam proces primanja zahtjeva i njihove obrade te vraćanja odgovora se naziva DNS **rezolucija** (engl. name resolution). Pojednostavljeno, osnovna rezolucija je proces pretvorbe domenskog imena u IP adresu: prvo tražimo autoritativni DNS poslužitelj, a zatim mu šaljemo upit za adresom, na koji on odgovara sa traženom adresom. Budući da je DNS strogo distribuirana baza, ona je raspodijeljena po mnogo različitih poslužitelja. No, očigledno je da zbog raspodijeljenosti rezolucija obično ne može biti obavljena kroz samo jedan upit i odgovor, već najčešće zahtijeva dužu komunikaciju i niz upita i odgovora. Najčešća je situacija da klijent šalje zahtjeve **lokalnom** DNS **poslužitelju** (nadležan za klijentsko računalo, obično dodijeljen od ISP-a ili ustanove u kojoj se nalazi klijentsko računalo), koji predstavlja rekurzivni poslužitelj i obavlja upite te zatim vraća odgovor klijentu. Dakle, najveći i najkompliciraniji dio procedure predstavlja traženje autoritativnog poslužitelja u složenoj DNS hijerarhiji.

Slika 2: DNS rezolucija



Što se samih tipova DNS rezolucije tiče, postoje dva osnovna tipa prolaska kroz DNS hijerarhiju da bi se otkrio točan zapis. Oni se razlikuju po tome tko obavlja većinu posla oko saznavanja podataka i njihove obrade, a prvenstveno se pojavljuju kad obrada određenog DNS upita zahtijeva nekoliko koraka (dakle, lokalni DNS poslužitelj nema sve informacije):

- **Iterativni** - kada klijent šalje dotične upite, poslužitelj mora odgovoriti jednim od dva moguća odgovora: a) odgovorom na zahtjev ili b) imenom drugog DNS poslužitelja (vrši se **delegiranje**) koji ima više podataka o traženom upitu. U ovakvom tipu upita najveći dio posla obavlja klijent iterirajući akcije upit-odgovor i prolazeći kroz DNS hijerarhiju.
- **Rekurzivni** - kada klijent šalje rekurzivni upit, poslužitelj preuzima posao pronalaženja informacija o traženom upitu. Dakle, ono što je u iterativnom obavljao klijent, kod rekurzivnih upita obavlja poslužitelj - obrađuje informacije i šalje nove upite drugim poslužiteljima sve dok ne pronađe

traženo. Dakle, klijent šalje svega jedan zahtjev te dobiva ili točnu informaciju koju je tražio ili poruku o grešci.

Očigledno je rekurzivan način pretraživanja vrlo povoljan za klijente, ali može znatno opteretiti DNS poslužitelje (na stranu i potencijalni problem trovanja DNS poslužitelja o kojem će kasnije biti riječi), pa se takve forme upita obično eksplicitno dozvoljavaju samo računalima iz lokalne mreže, dakle računalima kojima je dotični DNS poslužitelj nadležan. I isključivo njima.

Primjer 4: Rekurzivni DNS upit

Kao primjer, pokazat ćemo razrješavanje rekurzivnog upita u potrazi za "www.carnet.hr":

1. lokalni DNS poslužitelj dobiva rekurzivni zahtjev,
2. pretražuje lokalnu listu vršnih DNS poslužitelja,
3. rekurzivni proces započinje iterativnim upitom jednom (slučajni odabir) od vršnih DNS poslužitelja za www.carnet.hr adresom,
4. odabrani vršni DNS poslužitelj odgovara na upit sa delegacijom na ccTLD poslužitelj za hr domenu,
5. lokalni DNS poslužitelj zatim šalje iterativni upit hr DNS poslužitelju (primjerice dns.srce.hr odnosno 161.53.3.7) za www.carnet.hr adresom,
6. hr DNS poslužitelj odgovara sa delegacijom na carnet.hr DNS poslužitelj (dns.carnet.hr, odnosno 161.53.123.3)
7. lokalni DNS poslužitelj šalje iterativni upit carnet.hr DNS poslužitelju (dns.carnet.hr) za www.carnet.hr adresom
8. carnet.hr DNS poslužitelj (dns.carnet.hr) odgovara sa autoritativnim odgovorom, odnosno IP adresom za www.carnet.hr (primjerice 161.53.160.25)
9. lokalni DNS poslužitelj odgovara klijentu sa odgovorom dobivenim od autoritativnog poslužitelja (u našem slučaju 161.53.160.25).
10. ovime proces završava.

Već smo spomenuli da je DNS vrlo strogo hijerarhijski baziran - praktički svaka pretraga za nekom DNS informacijom počinje od čvornog DNS računala, od vrha DNS **stabla**. Prolazak kroz DNS stablo je silazak po granama stabla, gdje je svaki čvor jedan DNS poslužitelj, nadležan za svoj dio DNS prostora. Osnovni preduvjet pronalaženja čvora stabla je lokalna lista 13 vršnih DNS poslužitelja, koji dalje delegiraju pretragu po zapisima. DNS stablo je dakle hijerarhijski složen skup DNS poslužitelja, gdje svaka domena i poddomena ima jednog ili više autoritativnih DNS poslužitelja. Dotični poslužitelji (čvorovi stabla) su nadležni (ili mogu delegirati dalje) za "sve" domene ispod njih, servirajući podatke drugima

na upit. Hijerarhijski raspored poslužitelja upravo mora odgovarati rasporedu domena i odgovarajućeg domenskog prostora.

U svakodnevnoj upotrebi, osim domena i labela pojavljuje se i pojam **zona**. Zona kao takva predstavlja dio ukupnog domenskog prostora, te se prostire od jedne točke - jednog DNS poslužitelja zaduženog za tu zonu, odnosno autoritativnog za tu zonu - dalje do krajnjih čvorova ili do početaka neke druge zone. Tehnički zona je dakle dio domene, iako se može prostirati i na cijelu domenu.

1.5 DNS međuspremnici

DNS je sustav sa ovim osnovnim načinima pretraživanja (iterativni i rekurzivni silazak kroz DNS stablo) vrlo neefikasan, budući da svaki upit implicitno znači novi prolazak po stablu, počevši od vršnih DNS poslužitelja. Jasno, kada bi se u stvarnom svijetu nužno svaki put prolazilo od početka DNS stabla do kraja, do traženog zapisa - proces DNS rezolucije bi trajao i trajao, a opterećenje DNS poslužitelja bi postalo pretjerano veliko, sve veće i veće sa porastom broja računala na Internetu. No, eskalaciju ovog problema prilično je smanjio jednostavan princip spremanja kako pozitivnih (uspješnih) tako i negativnih (neuspješnih) rezultata DNS upita na DNS poslužiteljima. Naime, formiranje međuspremnika (engl. cache) DNS rezultata je odgovor na dva jednostavna fenomena prisutnim u računalnim mrežama i računalima općenito:

- Veće su šanse da se će pristupati nekom resursu ako se nedavno pristupalo nekom drugom (prostorno) bliskom resursu - što je tzv. **prostorna lokalnost reference**,
- Ako se samom tom resursu nedavno pristupalo, to su veće šanse da će mu se ponovno pristupati - što je tzv. **vremenska lokalnost reference**.

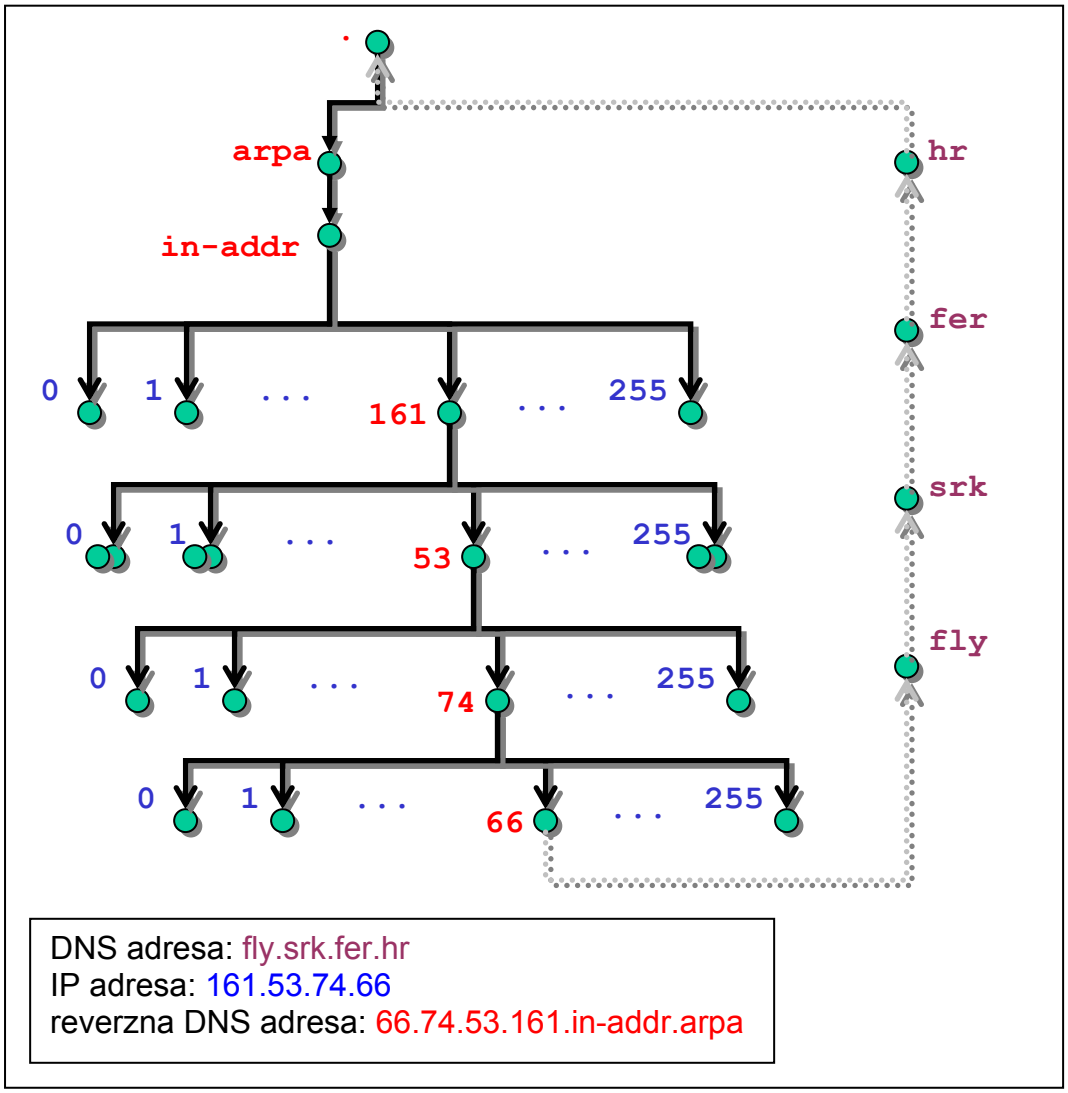
Praksa pokazuje da se vrlo često šalju slični ili isti DNS upiti u vremenski bliskim periodima. Stoga svi moderni DNS poslužitelji imaju interne međuspremnike o nedavnim DNS upitima koji im omogućavaju da pribave odgovor ili dio odgovora iz međuspremnika (obično u privremenoj memoriji). DNS spremnici se nalaze i na većini DNS klijenata, obavljajući isti posao kao i na DNS poslužiteljima. Na taj način se spremaju rezultati već obavljenih upita i na klijentskim računalima, smanjujući na taj način promet prema poslužiteljima i njihovo opterećenje. Tako spremljeni odgovori će biti "duže" spremljeni kod klijenata, budući da je svaki spremnik ograničene veličine i dovoljan broj upita "istiskuje" stare ili nekorištene odgovore (po FIFO, LRU, GDSF ili nekom drugom principu). Međuspremnici kao takvi više poboljšavaju performanse što su bliže klijentu, ali daju bolju pokrivenost što su dalje od klijenta. Podaci spremljeni u spremnicima imaju svoja vremena života, TTL (Time To Live), pa se time osigurava da zastarjeli podaci nužno nestaju iz spremnika. Današnji moderni DNS poslužitelji će pri prihvatu DNS upita obaviti pretraživanje vlastitih spremnika kao i lokalne DNS baze, pokušavajući što više skratiti vremenski "skup" prolazak kroz DNS stablo. Nažalost, sekundarni efekt postojanja TTL vremena za DNS zapise je da utiče i

na **vrijeme širenja podataka** (engl. propagation time) po DNS stablu, budući da se promjene između ne vide - sve do eksplicitnog nestajanja zapisa zbog TTL-a.

1.6 Reverzna rezolucija

Do sada smo samo spominjali standardnu unaprijednu (engl. forward) rezoluciju kod koje se DNS imena pretvaraju u IP adrese. U standardnoj komunikaciji na Internetu nužno je moći vršiti rezoluciju u oba smjera, što će reći i u unazadnom obliku (engl. reverse) - primjerice za provjeru spada li određena adresa u kakvu domenu i sl. No, problem kod **reverzne** DNS **rezolucije** je da se poslužitelji razlikuju prvenstveno po labelama odnosno po domenama za koje su nadležni, a ovdje imamo samo IP adresu kao početnu informaciju. Kako bi se pojednostavio (nekad se koristio neefikasni IQUERY) i uopće omogućio ovaj proces, formirana je dodatna hijerarhija u vidu **IN-ADDR.ARPA** domene. Riječ je o domenskom prostoru koji se sastoji od četiri nivoa poddomena, a svaki nivo odgovara jednom dijelu IP adrese. Reverznom DNS rezolucijom odnosno prolaskom kroz dotična četiri nivoa, dolazi se do čvora za traženu IP adresu koji pokazuje na odgovarajuće domensko ime.

Slika 3: Reverzna DNS rezolucija



Svaki nivo unutar in-addr.arpa domene se sastoji od 256 poddomena (0, 1, ..., 255). **Reverzna** DNS **adresa** se formira od čvorova unutar reverzne domene, a identična je obrnuto zapisanoj IP adresi sa in-addr.arpa sufiksom, pa upiti nad takvom adresom daju kao povratnu informaciju "standardnu" DNS adresu:

Primjer 5: Standardne i reverzne adrese

```
fly.srk.fer.hr              A       161.53.74.66
66.74.53.161.in-addr.arpa       PTR     fly.srk.fer.hr
```

1.7 DNS protokol i komunikacija

DNS poslužitelj koristi standardne portove dodijeljene od IANA-e: **TCP/53** i **UDP /53**. Na njima osluškuje zahtjeve, te može bilo sa dotičnih bilo sa nekog visokog porta (port veći od 1024, ovisno o konfiguraciji poslužitelja) poslati odgovor u vidu

traženih zapisa odnosno **RR**-ova (engl. resource record). Standardno se uvijek koristi UDP za upite, a komunikacija se uglavnom svodi na jedan UDP upit i jedan UDP odgovor. TCP komunikacije se koristi jedino kad veličina odgovora prelazi 512 bajtova ili za grupne prijenose DNS informacija, tzv. **prijenos zone** (engl. zone transfer). Standardni DNS upit je obično vrlo jednostavan, sadrži uglavnom samo adresu koja se želi razriješiti - no odgovori su vrlo kompliciranibudući da sadrže sve adrese i zamjenske adrese koje su rezultat upita. Stoga se odgovori obično sažimaju posebnim algoritmima, eliminirajući nepotrebne podatke i smanjujući samu veličinu UDP datagrama. U slučaju da i dalje veličina paketa prelazi 512 bajtova, šalje se parcijalna poruka u obliku UDP paketa sa posebnim bitom postavljenim (TC=1), koji označuje da se upit mora ponoviti koristeći TCP.

Za DNS upite i odgovore se koristi tzv. opći oblik poruke, koji se sastoji od 5 odjeljaka. Dotični se popunjavaju kako upitom od klijenta, tako i odgovorom od poslužitelja i u oba slučaja i podacima u zaglavlju koji su nužni da se proces obavi ispravno i uspješno. Dotični odjeljci sa sadržajem su:

- **Zaglavlje** (engl. header) - nužna polja koja definiraju tip poruke i pružaju klijentu ili poslužitelju važne informacije o poruci. Također, u zaglavlju se nalaze i brojači zapisa u drugim odjeljcima poruke. Zaglavlje je prisutno u svim porukama i fiksne je veličine od 12 bajtova. Jedna od važnijih zastavica u zaglavlju je i QR koja označava da li je poruka upit ili odgovor,
- **Pitanje** (engl. question) - jedan ili više upita klijenta prema DNS poslužitelju,
- **Odgovor** (engl. answer) - jedan ili više RR-ova koji su odgovor na klijentov upit,
- **Autoritet** (engl. authority) - jedan ili više RR-ova koji predstavljaju delegaciju na autoritativne poslužitelje, odnosno pokazuju na autoritativne DNS poslužitelje koji se mogu koristiti za nastavak DNS rezolucije,
- **Dodatno** (engl. additional) - jedan ili više RR-ova koji sadrže različite dodatne informacije vezane uz upit, ali dotične nisu nužne za potpunost odgovora ili upita; primjerice IP adresa DNS poslužitelja spomenutog u polju za autoritet.

Moguće zastavice u zaglavlju DNS poruke su sljedeće:

- **ID** (engl. identifier) - riječ je o 16bitnom identifikacijskom broju koje stvara računalo ili uređaj koji šalje DNS upit. Poslužitelj u poruci mora odgovoriti sa istim takvim brojem, što omogućava klijentu da prepozna par upit-odgovor,
- **QR** (engl. query/response flag) - služi za razlikovanje upita i odgovora. Postavljena je na 0 za upit od klijenta, a 1 za odgovor od poslužitelja,
- **Opcode** - označava tip upita koji se nalazi u poruci: 0 je standardni upit (QUERY), 1 je zastarjeli tip inverznog upita (IQUERY) koji se više ne koristi, 2 je upit za statusom poslužitelja (STATUS), 3 se ne koristi, 4 je posebna poruka upozorenja koja se koristi u grupnom prijenosu DNS

zapisa (NOTIFY), 5 je poruka za osvježenje DNS zapisa koja se koristi u dinamičkom DNS-u (UPDATE),

- **AA** (engl. authoritative answer flag) - zastavica će biti postavljena na 1 ako je poslužitelj koji šalje odgovor autoritativan za zonu koja je dana u odjeljku pitanja, a u suprotnom će biti 0,
- **TC** (engl. truncation flag) - zastavica koja kad je postavljena na 1 označava da je poruka nepotpuna budući da je bi ukupna veličina UDP poruke bila veća od 512 bajtova. Klijent tada može poslati novi zahtjev da bi dobio potpun odgovor, pa se najčešće ostvaruje novi zahtjev-odgovor koristeći TCP,
- **RD** (engl. recursion desired) - kada je dotična zastavica postavljena, označava da bi bilo poželjno da poslužitelj obavi rekurzivnu rezoluciju, ako to poslužitelj podržava. Odgovor koji poslužitelj šalje će zadržati isto stanje zastavice kao i u upitu,
- **RA** (engl. recursion available) - kada je postavljena zastavica, znači da poslužitelj koji šalje odgovor podržava rekurzivne upite, što klijenti najčešće "zapamte" za buduću komunikaciju sa dotičnim poslužiteljem,
- **Z** (engl. zero) - bitovi koji su uvijek postavljeni na 0,
- **Rcode** (engl. response code) - zastavica koja je u upitima uvijek na 0, ali u odgovorima indicira na tip greške koji se desio, odnosno da li je uspješno došlo do odgovora: 0 ukazuje da nije došlo do greške (engl. NoError), 1 znači da poslužitelj nije mogao odgovoriti zbog neispravnog oblika upita (engl. Format Error), 2 znači da je poslužitelj pretrpio internu grešku u radu (engl. Server Failure), 3 indicira da objekt upita ne postoji u traženoj domeni - što može odgovoriti ili autoritativni poslužitelj ili lokalni poslužitelj iz negativnog međuspremnika (engl. Name Error), 4 ukazuje da poslužitelj ne podržava dotični tip upita (engl. Not Implemented), 5 znači da je poslužitelj odbio izvršiti upit, najčešće zbog pristupnih listi i konfiguracije (engl. Refused), 6 znači da domensko ime postoji kad ne bi trebalo (engl. YX Domain), 7 znači da RR postoji kad ne bi trebao (engl. YX RR Set), 8 znači da ne postoji RR koji bi trebao postojati (engl. NX RR Set), 9 ukazuje da DNS poslužitelj koji je primio zahtjev nije autoritativan za dotični prostor (engl. Not Auth), 10 ukazuje da zatraženi objekt u zoni/prostoru specificiranom u upitu (engl. Not Zone),
- **QDCount** (engl. question count) je brojač upita u odjeljku pitanja poruke,
- **ANCount** (engl. answer record count) je brojač RR-ova u odjeljku odgovora poruke,
- **NSCount** (engl. authority record count) je brojač RR-ova u odjeljku autoriteta poruke,
- **ARCount** (engl. additional record count) je brojač RR-ova u dodatnom odjeljku poruke.

I još ćemo pokazati kako izgleda oblik zaglavlja upita, koje definira sadržaj upita poslanog od klijenta prema poslužitelju. Ono se sastoji od nekoliko polja:

- **QName** (engl. question name) - sadrži objekt, domenu ili zonu koji su predmet upita,

- **QType** (engl. question type) - sadrži tip samog upita za upit koji dolazi od klijenta. Isti može sadržavati specifični broj koji odgovara tipu RR-a koji se traži ili pak neki od posebnih brojeva za posebne vrste upita: 251 odgovara zahtjevu za inkrementalni zonski prijenos (IXFR), 252 odgovara standardnom zahtjevu za prijenos zone (AXFR), 253 i 254 odgovaraju zastjerjelim upitima za zapise vezane uz e-mail (MAILA i MAILB upiti za MB, MG i MR zapisma), te 255 koji odgovara upitu za svim zapisima ("*").
- **QClass** (engl. question class) - označava koji se tip RR traži. Standardno je vrijednosti 1 za Internet (IN) zapis.

Poruka od DNS klijenta je primjerice sljedećeg oblika: klijent šalje UDP upit (QR=0, što označava upit, a ne odgovor) kao standardni upit (OPCODE=0) sa jednim zapisom u upitu (QDCOUNT=1). Upit uglavnom ne sadrži dodatne zapise niti u polju za odgovor, niti za autoritativni dio niti u polju za dodatne zapise (ANCOUNT=0, NSCOUNT=0, ARCOUNT=0). QNAME zapis označava primjerice domenu za kojom klijent pretražuje (QNAME = www.google.com.). Tip i klasa zapisa za kojom klijent pretražuje su QTYPE=1 (adresa računala) i QCLASS=1 (Internet adresa). Budući da veličina odgovora unutar 512 bajtova, TC=0.

Odgovor (QR=1) od poslužitelja na standardni upit (OPCODE=0) je primjerice sljedeći: poslužitelj je autoritativan za traženu domenu (AA=1), a podržava i rekurzivne upite (RA=1). Tijekom pretrage nisu utvrđene nikakve greške u upitu (RCODE=0) koji je sadržavao samo jedan zapis (QDCOUNT=1). Odgovor sadržava 3 RR-a (ANCOUNT=3) u polju odgovora, 6 zapisa u odjeljku za autoritet (ARCOUNT=6). Očigledno je da se originalni upit koristi za formiranje odgovora, pa se polje zaglavlja i polje pitanja kopiraju iz originalnog upita u odgovor, sa već navedenim promjenama.

1.8 DNS klase i zapisi

Kao što je već spomenuto, RR je jedan zapis, jedna jedinica u DNS sustavu. Svaki RR sadrži određene atribute, odgovarajuće za vlastiti tip; to mogu biti IP adresa, adresa za isporuku elektroničke pošte, niz teksta, DNS labela ili nešto treće. Svaki RR se sastoji od sljedećih komponenti, redom kojim se pojavljuju:

- Ime domene - uglavnom se koristi FQDN, a ako je zapisano kratko ime onda se automatski dodaje ime zone na kraj imena,
- TTL u sekundama, standardna vrijednost je minimalna vrijednost navedena u SOA zapisu (o ovome kasnije),
- **klasa zapisa** koji može biti Internet, Hesiod i Chaos,
- Tip zapisa: CNAME, PTR, A, MX, TXT, AAAA, A6, itd.
- Podaci za dotični tip zapisa - odgovaraju određenom tipu, ako sadržavaju ime domene koje nije FQDN, automatski se dodaje ime zone na kraj imena,
- Opcionalni komentar (dodan u ovisnosti o vrsti poslužiteljskog softvera).

Primjer 6: Različiti RR-ovi u svijetu i kod nas

```
esa.fer.hr.              22h30m57s IN A  161.53.71.180
carnet.hr.               23h17m31s IN NS  dns2.carnet.hr.
carnet.hr.               4h15m27s IN MX  30 mx2.carnet.hr.
www.l.google.com.        5M IN A         66.249.93.104
www.l.google.com.        5M IN A         66.249.93.99
130.2.53.161.in-addr.arpa       86377   IN      PTR
jagor.srce.hr
version.bind.            0S CHAOS TXT    "9.2.2"
```

Klase zapisa (engl. resource record classes) su u osnovi povijesna ostavština, bez stvarne koristi danas. Budući da je DNS inicijalno vrlo generički oformljen, ideja je bila da će se kroz DNS nuditi imeničke usluge za više od jednog protokola (dakle, osim IP-a). Stoga svaki RR zapis ima i klasu, te općenito rečeno ona mora biti specificirana za svaki RR unutar lokalne zone. Danas se u praksi koristi jedino Internet klasa, pa se ona implicitno podrazumijeva kad u lokalnoj zoni nije eksplicitno navedena IN klasa.

Što se pak tiče tipova zapisa, postoji nekoliko osnovnih tipova:

- **A** (engl. address) - povezuje odgovarajuće domensko ime (labelu ili niz labela) sa IPv4 adresom (32bitna adresa). Danas je često moguće naći da više A zapisa pokazuje na istu IP adresu, što je sasvim legalno.
- **CNAME** (engl. canonical name) - omogućava da jedno domensko ime bude zamjensko ime za drugo. Takvo zamjensko ime dobiva sve osobine originala, uključujući i IP adrese i poddomene. No, ilegalno je u zoni imati ijedan zapis koji dijeli isto ime kao i CNAME zapis. Također, niti jedan tip zapisa osim CNAME ne smije pokazivati na zamjensku adresu (odnosno na CNAME), budući da bi to omogućilo petlje i neispravne zapise u zoni.
- **MX** (engl. mail exchange) - označava koji su sve e-mail poslužitelji nadležni za dotičnu domenu. U slučaju da ovaj zapis ne postoji, e-mail se isporučuje koristeći A zapis dobiven rezolucijom iz odredišne domene. Osnovna funkcionalnost ovog mehanizma je pružiti mogućnost da postoji više e-mail poslužitelja za jednu domenu i da se definira točan redoslijed prema kojem ih se mora kontaktirati. Time se na jednostavan način omogućava usmjerivanje maila (engl. mail routing) kao i mogućnost raspodjele opterećenja između više poslužitelja. No, nažalost MX zapis ne omogućava e-mail servis na alternativnim portovima niti ne omogućava postavljanje težinskih vrijednosti za poslužitelje koji su istog prioriteta - kao što recimo SRV zapis omogućava. MX zapis funkcionira tako da klijent pri MX zahtjevu dobiva listu e-mail poslužitelja, te je on započinje isporuku pošte na način da je MX zapis sa najmanjim pripadnim brojem (engl. preference) onaj sa najvećim prioritetom. Klijent tako prolazi listu poslužitelja sve dok ne isporuči e-mail uspješno. Svi poslužitelji koji imaju isti MX broj se tretiraju jednakog prioriteta, pa se stoga nad njima svima iskušava isporuka - dok ne uspije.

- **PTR** (engl. pointer record) - povezuje IPv4 adresu sa odgovarajućim domenskim imenom (FQDN). Obično PTR zapisi trebaju pokazivati na ime koje se može nazad razriješiti u polaznu IPv4 adresu. Naravno, PTR zapis kao takav nije IPv4 adresa, već obrnuto zapisana 4 okteta adrese sa dodatnom IN-ADDR.ARPA. domenom.
- **NS** (engl. name server record) - označava da je za dotičnu zonu treba posluživati upravo dotični DNS poslužitelj. Svaki NS zapis je ili oznaka autoriteta ili oznaka za delegaciju: naime, ako je naziv NS zapisa jednak zoni u kojoj se NS zapis pojavljuje, onda je riječ o autoritativnom zapisu; ako je pak riječ o nazivu koji sadrži neku od poddomena, onda je riječ o delegaciji.
- **SOA** (engl. start of authority) - između ostaloga označava koji je DNS poslužitelj autoritativan za dotičnu domenu, kao i dodatne informacije o zoni. Svaka ispravna zona mora imati SOA zapis.
- **AAAA** i **A6** - povezuju odgovarajuće domensko ime sa IPv6 adresom (128bitna adresa). Moguće je naći i AAAA i A6 zapis, pri čemu se oni razlikuju u nekim detaljima: A6 omogućava da labela bude definirana kao binarni niz, itd. Danas se A6 smatra još uvijek eksperimentalnom, te se preporuča koristiti AAAA u produkciji.
- **DNAME** - relativno recentni način definiranja zamjenskih imena za cijelu domenu, ne nužno samo pojedino domensko ime. Koristi se primjerice u IPv6 za agregaciju i delegaciju cijelog prefiksa. U praksi se rijetko sreće.
- **SRV** (engl. server selection) - je također zapis koji se relativno rijedak, a predstavlja znatno bolju alternativu MX zapisima. Riječ je o općenitom zapisu za definiciju lokacije servisa, primjerice LDAP, HTTP, SMTP i sl.
- **TXT** (engl. text string) - pojednostavljeno, omogućava proizvoljan tekstualan zapis do 255 bajtova. Danas se koristi primjerice umjesto zastarjelog HINFO opisa uređaja koji nosi domensko ime ili za upisivanje **SPF** (engl. sender policy framework) obilježja.
- **DS** (engl. delegation signer) - dodaje se na mjestu prekida zone (mjesta gdje se vrši delegacija) da bi se pokazalo kako je delegirana zona digitalno potpisana i da dotična prepoznaje određeni ključ kao ispravni vlastiti ključ. Ovime se eksplicitno definira delegacija, umjesto implicitno kao do sada.
- **KEY** (engl. public key) - javni ključ koji je autoriziran od SIG zapisa, a omogućava spremanje i DNSSEC ključeva i proizvoljnih ključeva za aplikacije.
- **KX** (engl. key exchanger) - omogućava metodu za delegiranje autorizacije za neki čvor u ime jednog ili više čvorova, kako bi pružili servise razmjene ključeva.
- **LOC** (engl. location information) - zapis u koji je moguće spremiti geolokacijske odnosno GPS podatke o određenom čvoru ili domeni.
- **SIG** (engl. cryptographic public key signature) - predstavlja potpis radi autentifikacije podataka u DNSSEC-u.

- **TSIG** (engl. transaction signature) - omogućava jednostavnu autentifikaciju koristeći dijeljene tajne ključeve i hashiranje za DNS transakcije.
- **RP** (engl. responsible person) - zapis o odgovornoj osobi za domenu ili čvorove.

Postoji još niz rijetko korištenih zapisa: **AFSDB** (engl. AFS database location code), **HINFO** (engl. host information), **ISDN** (engl. ISDN address), **MB** (engl. mailbox), **MR** (engl. mail rename domain code), **NULL** (engl. null record), **RT** (engl. route through), **X25** (engl. X25 PSDN address), **MINFO** (engl. mailbox or mailing list information), **PX** (engl. pointer to X.400/RFC822 mail mapping information), NSAP (engl. network service access point address) i **NAPTR** (engl. naming authority pointer). U različitim zonama možete naći i neke od ovih zapisa, no oni se više ne koriste: WKS (engl. well known services), GPOS (engl. geographical position), MD (engl. mail destination), MF (engl. mail forwarder), NSAP-PTR (engl. NSAP pointer), NXT (engl. next domain), itd.

Praktičnu upotrebu i detaljniji opis ovih RR-ova ćemo pokazati kroz primjere u Bind9 poglavlju.

1.9 Primarni i sekundarni NS, prijenos zone

Sa svakodnevnim korištenjem DNS sustava nužno se susresti i sa par dodatnih pojmova i funkcionalnosti, pa počnimo od samog međuodnosa DNS poslužitelja. Svaki poslužitelj koji ima kompletnu kopiju zone (bilo lokalno bilo prihvatom na neki drugi način) bez potrebe za procesom rezolucije je **autoritativni** DNS poslužitelj za tu zonu. Dakle, riječ je o poslužitelju koji servira vlastite podatke klijentima. Naravno, poslužitelj može biti autoritativan za jednu zonu, ali ne nužno i za neku drugu. Osnovni podatak koji informira poslužitelj da je autoritativan za tu zonu je SOA zapis, uz ostatak konfiguracije koji omogućava prihvat podataka o zoni i sl. Krivo definirano SOA polje može dovesti do situacije da niti jedan DNS poslužitelj za zonu ne bude autoritativan - i time do prestanka normalnog rada DNS rezolucije za tu zonu.

Može (čak je preporučljivo!) postojati više definiranih DNS poslužitelja za istu zonu koristeći više odgovarajućih NS zapisa. Danas je praksa da bi svaka zona trebala imati barem dva DNS poslužitelja, tako da padom jednog DNS nastavlja funkcionirati - nešto sporije, ali bitno je da su RR-ovi i dalje dostupni. Zašto je bitno imati dva DNS poslužitelja? Nakon isteka TTL vremena pojedinog RR-a (definirano u svakom RR-u), podaci spremljeni po raznim klijentima i poslužiteljima nestaju. U slučaju da je postojao samo jedan autoritativni NS (jedan DNS poslužitelj), a da je on neaktivan ili neispravan - naša zona je nedostupna. I ne samo to - ona je nedostupna na duže vrijeme zbog toga što se neuspjeli upit (NXDOMAIN) spremio na nekom klijentu i njegovom poslužitelju zbog principa negativnog međuspremnika. Stoga je razvijen princip **primarnog** (engl. primary, master) i **sekundarnog** (engl. secondary, slave) DNS poslužitelja.

Primarni poslužitelj je onaj autoritativni poslužitelj koji podatke o svojoj zoni ima lokalno spremljeno, odnosno ima im lokalni pristup. Sekundarni poslužitelj je pak onaj koji dobiva podatke od nekog vanjskog izvora, obično koristeći **prijenos zone** (engl. zone transfer) od primarnog poslužitelja. Jasno, primarni poslužitelj za jednu zonu može biti sekundarni za drugu i sl. Sa gledišta klijenta, oba su poslužitelja (primarni i sekundarni) jednake vrijednosti (autoriteta) i jednakog prioriteta (slučajni izbor). Naravno, postoje i drugi razlozi za implementaciju sekundarnog poslužitelja - kako radi lakšeg održavanja (primarni ne mora biti aktivan za vrijeme održavanja), tako i boljeg raspoređivanja opterećenja za velike zone i mnogo upita. Naravno, dobro je i postaviti sekundarni poslužitelj fizički udaljenim iz već navedenih razloga.

Osim primarnih i sekundarnih autoritativnih poslužitelja postoji još par tipova poslužitelja. Počnimo od **isključivo međuspremničkog** poslužitelja (engl. caching-only name server). Takvi poslužitelji nisu autoritativni niti za jedan RR i nemaju nikakve lokalne podatke koje bi posluživali - njihova osnovna funkcija je poboljšati performanse DNS sustava radeći kako pozitivno tako i negativno međuspremanje rezultata DNS upita, smanjujući tako opterećenje na autoritativnim poslužiteljima. Sljedeći tip je **prosljeđivački poslužitelj** (engl. forwarding name server). Njegova je osnovna funkcija prihvat i prosljeđivanje upita nekom drugom DNS poslužitelju, ali se obično kombinira i sa lokalnim spremanjem dobivenih rezultata - pa je riječ o dobrom rješenju za spore mreže. Još jedan tip je i **isključivo autoritativni** poslužitelj (engl. authoritative-only name server) koji nema međuspremnik DNS upita niti ne odgovara na upite za koje nije autoritativan. On je dakle primarni ili sekundarni poslužitelj za zonu, a ne omogućava rekurzivne upite. Riječ je najčešće o vidu sigurnosti gdje se odvajaju poslužitelji za isključivo autoritativne i isključivo međuspremničke zadaće. Obično takve okoline gdje se traži sigurna forma DNS poslužitelja imaju nekoliko DNS poslužitelja od kojih su neki javno vidljivi, a neki nisu - pa tvore **skrivene poslužitelje** (engl. stealth name server). Najčešće je slučaj da skriveni poslužitelji interno isporučuju klijentima DNS informacije koje nisu vidljive na javnoj vanjskoj mreži. Na taj način se vanjskim klijentima poslužuje tek dio informacija za koje se smatra da im je potrebno, a unutrašnjima se daje drugi dio informacija - za koji se smatra da im je dovoljno - i tako se eliminira sigurnosni problem da svi vide "sve". Taj princip se još naziva **razdvojenim poslužiteljima** (engl. split name server), odnosno **razdvojeni DNS** (engl. split DNS).

1.10 Prijenos zone i poboljšanja

Kao što je već rečeno, na primarnom DNS poslužitelju se zona nalazi lokalno, te se i promjene unose lokalno. No, takve podatke nužno je prenijeti na siguran i korektan način do sekundarnih, podređenih DNS poslužitelja i po mogućnosti automatski, odmah nakon završetka uređivanja zone na primarnom. Naime, jednom promijenjeni podaci na primarnom poslužitelju bi bez mehanizma sinhronizacije bili tek djelomično dostupni, budući da se klijentski upiti primarnom i sekundarnim poslužiteljima statistički podjednako raspodjeljuju - pa bi svaki

drugi ili n-ti upit za novim zapisom završio ili neuspjehom ili zastarjelim podacima. Nužno je stoga osigurati mehanizme za provjeru svježine podataka na sekundarnom poslužitelju naspram onih na primarnom kao i mehanizme za prijenos zone po potrebi ili barem redovito.

Ključni dio u implementaciji ovih mehanizama je već spomenuti SOA zapis. On sadrži osim podatka tko je autoritativni poslužitelj (i koji je zapravo primarni) za zonu i nekoliko vrlo važnih podataka:

- **Serijski broj** (engl. serial) zone - određuje verziju podataka u zoni, odnosno cijele zone. Pravilo je da se svaki put kad se bilo koji podatak u zoni mijenja, dotični serijski broj mora povećati - bilo automatski (TinyDNS) bilo ručno (Bind). Na taj način se omogućava podređenim poslužiteljima da prepoznaju zastarjelost vlastitih podataka (manji serijski broj - starija zona) i iniciraju prijenos zone. Za serijski broj ne postoje određena pravila, ali se prakticira neki od tri moguća načina: YYYYMMDDn, YYYYMMDDnn i automatski (obično vrijeme promjene zone u sekundama počevši od Epohe). Posljednji broj nn u SOA je u prva dva slučajeva redni broj promjene zone unutar dotičnog dana. Nepravilno korištenje SOA polja (primjerice obrnuto korištenje mjeseci MM i dana DD) može uzrokovati desinkronizaciju i zastarjele podatke na sekundarnim poslužiteljima.
- **Vrijeme osvježavanja** (engl. refresh) - označava koliko sekundi će sekundarni poslužitelji čekati između pokušaja osvježavanja zone. Pojednostavljeno, to je najduže vrijeme od promjene zone na primarnom poslužitelju koje je sekundarni čekati prije pokušaja prijenosa zone.
- **Vrijeme ponovnog pokušaja** (engl. retry) - označava koliko će sekundarni poslužitelji morati čekati nakon neuspješnog prijenosa zone prije nego pokušaju ponovo. Na ovaj način se jednostavno eliminiraju masovni pokušaji prijenosa zone koji bi se inače dešavali.
- **Vrijeme isteka** (engl. expire) - definira vrijeme nakon kojeg će sekundarni poslužitelji smatrati vlastite podatke zastarjelima i odbaciti ih, sve do idućeg uspješnog prijenosa zone. Time se jednostavno riješio problem pretjerano zastarjelih zapisa, koji bi unijeli desinkronizaciju u DNS sustav.

Primjer 7: SOA polja u praksi

```
esa.fer.hr              SOA     esa1.esa.fer.hr
postmaster.esa.fer.hr (
                        1124015177      ;serial (version)
                        28800   ;refresh period (8 hours)
                        7200    ;retry interval (2 hours)
                        604800  ;expire time (1 week)
                        604800  ;default ttl (1 week)
                        )
carnet.hr               SOA     dns.carnet.hr
hostmaster.carnet.hr (
                        2005071902      ;serial (version)
```

```
10800   ;refresh period (3 hours)
3600    ;retry interval (1 hour)
2419200 ;expire time (4 weeks)
86400   ;default ttl (1 day)
)
```

Sekundarni poslužitelj po inicijalnom pokretanju može imati bilo nekakvu stariju lokalnu kopiju - koju koristeći SOA polje provjerava naspram primarnog poslužitelja i po potrebi vrši prijenos zone. Naravno, ako nema nikakve podatke, vrši se također prijenos zone.

Sama replikacija podataka, odnosno **prijenos zone** započinje standardnim DNS upitom (dakle UDP) tipa AXFR (engl. address transfer). Na dobiveni zahtjev DNS poslužitelj u slučaju da klijent ima dozvolu odgovara potvrdno, te se klijent ponovno spaja - ovaj put radi pouzdanosti ostvaruje TCP vezu i prenosi čitavu zonu kroz istu vezu, zatvarajući je po završetku. Nakon toga dotični sekundarni poslužitelj odbacuje svoje stare podatke i učitava nove, ponavljajući proces kako je definirano vremenom osvježavanja. Naravno, u slučaju neuspjelog prijenosa također se proces pokušava ponoviti kako je definirano vremenom pokušaja. A ako se desi da prođe vrijeme isteka, odbacuju se svi podaci u sekundarnom poslužitelju sve do prvog uspješnog prijenosa - kao što je već opisano. Naravno, prije nego se obavlja prijenos zone, skoro uvijek se dešava standardni UDP DNS upit za SOA poljem, čime se provjerava da li je zaista prijenos zone potreban - iako je moguće da se taj upit za SOA RR odvija i kroz već uspostavljenu TCP vezu.

Nažalost, koliko god ovaj mehanizam prijenosa bio efikasan sa gledišta jednostavnog polu-automatiziranog prijenosa zone, osnovni problem je da se u praksi u većim organizacijama DNS zone praktički redovno mijenjanju i da je određivanje prijenosa kroz SOA nepraktično - ili je previše rijetko pa se zone ne osvježavaju sukladno sa promjenama, ili je pak previše često - pa se poslužitelj znatno opterećuje velikim i čestim prijenosima. Ono što je definitivno poboljšanje ovakvog načina je model ugrađen u većinu recentnih DNS poslužitelja: Primarni DNS poslužitelj obavještava sve svoje sekundarne poslužitelje o promjeni zone standardnom DNS **porukom obavještenja** odnosno šalje im NOTIFY paket. Sekundarni poslužitelji se na prispijeće takve poruke ponašaju kao da im je isteklo vrijeme osvježavanja - te je poboljšanje očigledno: riješio se problem nepotrebnog prozivanja primarnog poslužitelja i skratilo se vrijeme u kojem sekundarni poslužitelji daju zastarjele informacije.

Iduće poboljšanje danas prisutno uglavnom u modernijem DNS softveru poput Bind poslužitelja su **inkrementalni prijenosi zona** (tzv. IXFR) kod kojih se umjesto cijele zone (standardni AXFR) prenosi tek dio promjena, odnosno zadnje promjene. Poslužitelj interno vodi računa o promjenama u lokalnoj zoni: drži lokalnu bazu dotičnih promjena na inkrementalni način, čuvajući razlike između pojedinih verzija. Svaki put kada sekundarni poslužitelj zatraži prijenos zone koristeći IXFR upit (dakle sposoban je za inkrementalni prijenos), poslužitelj iz

upita pročita serijski broj zone koju sekundarni poslužitelj smatra aktualnom i pošalje samo razlike između trenutne i te verzije - odnosno samo promijenjene RR-ove. U praksi se drži tek nekoliko zadnjih verzija zone, pa se u slučaju da primarni poslužitelj nema informacije o nekoj jako staroj zoni vrši puni prijenos. Jasno, u slučaju da primarni poslužitelj ne podržava IXFR ili sekundarni ne šalje IXFR upite, obavlja se isključivo AXFR.

Prijenos zone ima i svoje nedostatke - on nažalost ne garantira nikad da će se prenijeti svi originalni podaci iz zone na primarnom poslužitelju, ali uglavnom se na većini današnjeg DNS softvera prenesu bez problema svi standardni RR-ovi.

1.11 Delegacija

Vratit ćemo se još jednom na netrivijalan proces **delegacije**: riječ je o dijeljenju određene zone u podzone, koristeći odgovarajuće NS zapise - u svojem delegacijskom obliku. No, na nekoliko je važnih detalja potrebno obratiti pažnju: ako se zona delegira na DNS poslužitelje čiji je FQDN iz delegirane zone, za normalno funkcioniranje je u matičnoj zoni potrebne definirati odgovarajući **povezujući zapis** (engl. glue records) - A zapis koji definira adrese DNS poslužitelja iz dotične zone. To je nužno zbog toga što se DNS poslužitelji prozivaju po svojim DNS imenima, a ne IP adresama. Da bi se došlo do podataka iz zone, nužno je doći prvo do poslužitelja iz te zone - međutim, u slučaju da ne postoje povezujući zapisi u matičnoj zoni, poslužitelj matične zone ne bi imao dotični podatak te bi jednostavno izdelegirao upit DNS poslužitelju čija se IP adresa još uvijek ne zna.

Nužno je primijetiti kako se svaka promjena autoritativnih poslužitelja za pojedinu domenu (NS zapisi) mora ručno sinkronizirati i na nadređenim poslužiteljima da bi bila očuvana **konzistentnost delegacije** (engl. delegation consistency). U protivnom nema poante postojanja dotičnih poslužitelja koji neće biti dostupni (nemaju povezujuće zapise na matičnoj zoni) jednom kad prođe TTL za njihove A zapise. Sljedeći čest problem je **kriva delegacija** (engl. lame delegation), kada NS naveden u matičnoj zoni kao autoritativni za zonu ne pruža autoritativne odgovore. Postoji nekoliko razloga za takvo ponašanje: a) nema aktivnog DNS poslužitelja, b) poslužitelj je aktivan ali je bez autoritativnih podataka (svi su istekli, sekundarni, nije bilo recentnog prijenosa zone) ili c) odgovara sa porukom o greški (SERVFAIL ili REFUSED). Dakle, problem je do nekonzistentne definicije delegacije (različiti NS zapisi na matičnoj i delegiranoj zoni) ili do toga da su u obje zone NS-ovi krivo postavljeni (pokazuju na krivi ili loše konfigurirani poslužitelj). Kod postavljanja delegacije nužno je pripaziti da se ne desi **kružna međuovisnost** (engl. cyclic dependancy) kod kojeg jedan dio DNS stabla sadrži međusobne ovisnosti između dvije zone, onemogućujući time normalan rad DNS-a. DNS klijenti standardno mogu prolaziti različitim dijelovima DNS stabla da bi pronašli traženi zapis - no kod međusobne ovisnosti će takvi upiti završiti petljom i nikad se ne dolazi do odgovora.

Završni slučaj delegacije je vjerojatno i najkompliciraniji, međutim pokazuje eleganciju rada sa DNS sustavom. **Delegacija podmreže bez upotrebe klasa** (engl. classless subnet delegation) je danas odgovor na nužnost delegiranja tek jednog dijela reverzne (IN-ADDR.ARPA) zone. Naime, za upravljanje reverznom zonom standardno se delegirala najmanja mreža, podmreža klase C sa 256 adresa - što se vrlo brzo pokazalo nepraktičnim zbog velike i nepotrebne potrošnje IP adresa. Osnovni način za formiranje ovakve delegacije je koristiti nekoliko odgovarajućih zapisa u reverznoj matičnoj zoni koja će se delegirati:

- NS zapise - za definiranje poslužitelja za podmrežu,
- PTR zapise - koji povezuju definirana kanonička imena prema reverznim adresama,
- CNAME zapise - koji omogućavaju definiranje zamjenskih imena kako bi se pojednostavio proces.

Kada je jednom ovako definirano, postoje osnovna dva načina delegacije:

- Nadležno tijelo delegira svaku IP adresu kao D klasu podmreže sa jednim ili više NS zapisom za svaku IP adresu. Onaj tko prima delegaciju morati imati zonu za svaku IP adresu, SOA, dodatne NS-ove i odgovarajući PTR zapis,
- Alternativno matično tijelo ne mora uopće "stvarno" delegirati, već može koristiti praktički proizvoljan CNAME zapis za svaku reverznu adresu (IP) u svojoj reverznoj zoni, zamjenjujući PTR-ove. Pravilo je da se obično ta labela formira iz IP adrese koja se mijenja, a sufiks mora biti domena kojoj se zapravo "prosljeđuje" upit. Na taj način onaj tko prima delegaciju treba imati samo odgovarajući PTR da bi omogućio da se dotična labela razriješi.

Primjer 8: Reverzna delegacija bez klasa

```
69.2.53.161.in-addr.arpa CNAME 69.srce.hr.
```

1.11 DNS dodaci i neki detalji

Većina današnjih DNS poslužitelja ima ugrađeni vrlo jednostavni i primitivni mehanizam **kružnog posluživanja** (engl. round robin) za koje se smatra da omogućava jednoliko raspoređivanje opterećenja po odredišnim adresama. Dotični mehanizam ima osnovni nedostatak u vidu manjka ikakve provjere da li su zapisi ispravni ili da li je odredišna adresa uopće dostupna - a kamoli koliko je opterećenje na pojedinoj adresi za koju se pokušava implementirati raspodjeljivanje. Drugi, ne tako očit problem je da kružno posluživanje može uzrokovati da se polazno ime u procesu rezolucije neće nužno dobiti nazad iz odgovarajućeg PTR zapisa. U takvom slučaju će dio SMTP poslužitelja, koji implementira provjeru adrese pretražujući unaprijed i unazad DNS rezolucijom, može odbiti isporučiti poštu.

Primjer 9: Kružno posluživanje

Pokušaj 1:

```
www.google.com          CNAME   www.l.google.com
www.l.google.com        A       66.249.93.104
www.l.google.com        A       66.249.93.99
```

Pokušaj 2:

```
www.google.com          CNAME   www.l.google.com
www.l.google.com        A       66.249.93.99
www.l.google.com        A       66.249.93.104
```

U DNS zoni pojedinih modernijih DNS poslužitelja moguć je i jedan poseban zapis, takozvani **zamjenski zapis** (engl. wildcard). Riječ je o zapisu koji omogućava da jedan zapis postoji umjesto niza drugih istog tipa, koji bi pokazivali na isti podatak u istoj zoni. U takvom zapisu se koristi znak "*" u imenu kao jedini znak u labeli. Sam DNS poslužitelj će primijeniti dotični zapis i odgovoriti sa dotičnim sadržajem u slučaju da:

- Nema drugih zapisa koji su precizniji (bolji) odgovor na upit, odnosno onih koji točno odgovaraju upitu,
- Zamjenski zapis se može staviti umjesto grupe labela tako da odgovara na zadani upit (engl. pattern matching).

Pojednostavljeno rečeno, zamjenski zapis će omogućiti da se upiti za inače "nepostojećim" labelama preusmjere na "ispravni" RR.

Naposljetku, spomenimo i **dinamički DNS** (engl. dynamic DNS) na klasični DNS sustav. DNS u početku osmišljen s idejom da se promjene u zonama neće prečesto odvijati - što smo već vidjeli kod problematike razmjene i sinkronizacije zona. Za unos u DNS sustav su uglavnom predviđene statičke adrese koje se ne mijenjaju, budući da bi ručno mijenjanje svaki put predstavljalo noćnu moru za održavanje. Moderni DNS i DHCP poslužitelji stoga omogućavaju međusobno povezivanje sustava dodjeljivanja IP adresa sa DNS sustavom, tako da se svako DHCP-registrirano računalo registrira u DNS sustavu kroz automatizirani proces. Specifično, DHCP klijent šalje DNS UPDATE poruku koja indicira DNS poslužitelju što treba obaviti sa odgovarajućim RR-ovima. Naravno, dinamički DNS kao takav nije ograničen nužno na DHCP, već u praksi svaki autorizirani DDNS (dinamički DNS) klijent može upravljati odgovarajućim zapisima u zoni.

1.12 DNS sigurnost

Nažalost, uz DNS sustav su vezani i različiti sigurnosni problemi. Postoji niz trikova pomoću kojih se može odredišni DNS poslužitelj natjerati da prihvati lažne zapise pomoću. Takvom metodom **lažiranja DNS zapisa** (engl. DNS forgery) nesvjesni se klijenti preusmjeruju na lažne adrese i time postaju laka meta napadača. Standardno su takvi napadi u formi **trovanja DNS međuspremnika** (engl. cache poisoning), napada kod kojeg se utiče na DNS poslužitelj da povjeruje da je dobio autoritativne informacije o nekim RR-ovima. Time se utiče na sve klijente koji koriste dotični DNS poslužitelj da također koriste lažiranu informaciju, koja može omogućiti daljnje različite napade na klijentska računala.

Postoje tri osnovna tipa ovakvog napada:

- Preusmjeravanje poslužitelja za odredišnu domenu - gdje se za neku domenu na zloćudnom poslužitelju specificira vlastiti NS za traženu domenu u autoritativnom odjeljku i još u dodatnom odjeljku daje vlastiti A zapis sa lažnim NS-om koji se nazivno nalazi u napadnutoj domeni. Zatrovani poslužitelj pamti IP adresu NS poslužitelja koji je sada napadačev DNS poslužitelj i time napadač dobiva mogućnost proizvoljnog baratanja sa cijelom napadnutom zonom.
- Preusmjeravanje NS zapisa odredišne domene - omogućava preusmjeravanje DNS poslužitelja neke druge domene (nevezane uz originalni upit) na proizvoljnu napadačevu IP adresu. Napadačev DNS poslužitelj odgovara u autoritativnom odjeljku za napadnutu domenu (nevezanu uz originalni upit) sa NS zapisom u traženoj domeni, a u dodatnom odgovoru daje A zapis sa IP adresom dotičnog DNS poslužitelja. Time dolazi do iste funkcionalnosti kao i u prošlom napadu.
- Treći tip napada je napad identifikacijom - kod kojeg je osnovna ideja predviđanje 16bitnog identifikacijskog broja u DNS komunikaciji. Ako napadač uspješno pogodi isti i bude prvi koji vraća odgovor sa ispravnim brojem, poslužitelj/klijent će tretirati njegov odgovor kao ispravan i autoritativan. Nažalost, sa što većim brojem istovremenih DNS upita koje poslužitelj obrađuje, vjerojatnost uspješnog pogađanja (odnosno vjerojatnost kolizije) jedinstvenog broja upita se povećava. Danas moderni softver uglavnom taj problem rješava kvalitetnijim pseudo-slučajnim generatorima kao i slučajnim izborom visokih izvorišnih portova za upite (budući da odgovor mora biti poslan na isti izvorišni port).

Većina ovih napada danas je riješena promjenama u DNS softveru (dakle noviji Bind9 i Djbdns softver) koji uglavnom ignorira dobivene DNS odgovore koji nisu striktno vezani uz prvotni zadani upit. Jedno od osnovnih mjera zaštite je ograničenje rekurzivnih upita isključivo na područje lokalne mreže. U praksi je ovo česta pogreška, budući da Bind poslužitelj o osnovnoj konfiguraciji omogućava rekurzivne upite svima - pa je time udaljenom napadaču cijela procedorua trovanja međuspremnika nažalost jednostavnija za izvedbu.
Alternativni i sve popularniji pristup sigurnosti je uvođenje sigurnog DNS-a, tzv. **DNSSEC** sustava. Pojednostavljeno, riječ je o korištenju odgovarajućih RR-ova za potpisivanje dijelova zona ili čak cijele komunikacije koristeći digitalne potpise i digitalne certifikate kako bi se potvrdila izvornost, integritet i autentičnost DNS podataka. Na taj način (provjeravajući potpis i podatke u zoni) DNS klijent može provjeriti podatke i za sigurnošću znati jesu li oni zaista potekli od traženog autoritativnog DNS poslužitelja.

2 DNS alati

Postoji cijeli spektar različitih alata kako za iskusnog DNS administratora, tako i za početnika. Stoga donosimo tek osnovne alate koji bi trebali omogućiti testiranje individualnih zapisa, konfiguracija i cijelih zona. Nadalje, nekad mnogo korištenu naredbu `nslookup` ne spominjemo iz jednostavnog razloga - neoprostivo je zastarjela i praktički neupotrebljiva za iole složenije zadaće.

2.1 Naredba host

Nažalost postoje dvije inačice ove naredbe sa istim imenima - jedna je ona koju donosi Bind9 programski paket, a druga je slobodno dobavljiva i nalazi standardno se u većini različitih Unixoida i Linux distribucija. Mi ćemo se ovdje orijentirati na potonju inačicu, koja ima prilično više mogućnosti i dodataka. Osnovna sintaksa naredbe je sljedeća:

```
host [-v] [-a] [-t tip_upita] [parametri] [poslužitelj]
host [-v] [-a] [-t tip_upita] [parametri] -l zona
[poslužitelj]
```

Argumenti naredbi su sljedeći:

- `-v` daje kompletne informacije pri pregledu RR-ova (TTL, klase), te sve odjeljke (dodatni i autoritativni),
- `-t` parametar omogućava pretragu za proizvoljnim tipom RR (moguće je zadati sve tipove koje smo već spomenuli),
- `-a` odgovara `-t any` (odnosno `-t *`),
- `-l` omogućava pregled svih zapisa u zoni (obavlja AXFR), te je sa `-t` moguće filtrirati koje specifične tipove RR-ova se traži iz cijele zone,
- `-p` pri ispisu zone forsira da se obavlja prijenos zone samo sa primarnog poslužitelja,
- `-d` omogućava još detaljniji ispis sa prikazom komunikacije i grešaka,
- `-Z` daje ispis kakav odgovara standardnoj Bind zoni.

Primjer 10: Korištenje naredbe host

Ispis DNS poslužitelja za carnet.hr domenu u Bind formatu:

```
$ host -Z -t ns carnet.hr
carnet.hr.              20667   IN      NS
dns.carnet.hr.
carnet.hr.              20667   IN      NS
dns2.carnet.hr.
carnet.hr.              20667   IN      NS
bjesomar.srce.hr.
```

Ispis TXT polja za fsb.hr domenu:

```
$ host -t txt fsb.hr
fsb.hr                  TXT     "v=spf1 ip4:161.53.116.0/22
ip4:193.198.206.0/24 ip4:193.198.217.192/27 a mx ptr ~all"
```

Ispis svih A zapisa u bofhlet.net domeni:

```
$ host -l -t a bofhlet.net
bofhlet.net.            A       38.119.119.63
ftp.bofhlet.net.        A       38.119.119.63
host.bofhlet.net.       A       38.119.119.63
localhost.bofhlet.net.  A       127.0.0.1
```

Pregled DNS poslužitelja za hr ccTLD preko dns.srce.hr poslužitelja (primijetite točku na kraju domene):

```
$ host -v -t ns hr. dns.srce.hr
Server: dns.srce.hr
Address: 161.53.3.7

Query about hr. for record types NS
Trying hr ...
Query done, 5 answers, authoritative status: no error
hr                      86400   IN      NS
sunic.sunet.se
hr                      86400   IN      NS      ns-
ext.vix.com
hr                      86400   IN      NS      ns.uu.net
hr                      86400   IN      NS      dns.srce.hr
hr                      86400   IN      NS
ns1.univie.ac.at
Additional information:
ns.uu.net               3594    IN      A       137.39.1.3
dns.srce.hr             86400   IN      A       161.53.3.7
ns1.univie.ac.at        68394   IN      A
193.171.255.2
sunic.sunet.se          86394   IN      A
192.36.125.2
ns-ext.vix.com          3594    IN      A
204.152.184.64
ns-ext.vix.com          3594    IN      AAAA
2001:4F8:0:2:0:0:0:13
```

2.2 Naredba dig

Naredba `dig` je pripadnik nešto starije generacije programa, pa je dobar dio njegove funkcionalnosti pokriven u `host` naredbi. No njegova izrazito jednostavna sintaksa je prednost za većinu DNS administratora, a i standardno

generira potpuni ispis nalik na Bind zonu. Najjednostavniji način upotrebe naredbe `dig` je sljedeći:

```
dig @poslužitelj ime_zapisa tip_zapisa
```

Pri čemu je poslužitelj u formi IPv4 ili IPv6 adrese, ime zapisa je traženo ime RR-a, a tip je odgovarajući tip RR-a. Standardno `dig` ispisuje sve komentare, koje je moguće ugasiti korištenjem parametra `+nocomments`.

Primjer 11: Korištenje naredbe dig

Ispišimo A zapis za jagor.srce.hr:

```
$ dig jagor.srce.hr

; <<>> DiG 9.2.4 <<>> jagor.srce.hr
;; global options:  printcmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 60167
;; flags: qr aa rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 2,
ADDITIONAL: 2

;; QUESTION SECTION:
;jagor.srce.hr.                 IN      A

;; ANSWER SECTION:
jagor.srce.hr.          86400   IN      A
161.53.2.130

;; AUTHORITY SECTION:
srce.hr.                86400   IN      NS
bjesomar.srce.hr.
srce.hr.                86400   IN      NS
regoc.srce.hr.

;; ADDITIONAL SECTION:
regoc.srce.hr.          86400   IN      A       161.53.2.69
bjesomar.srce.hr.       86400   IN      A       161.53.2.70

;; Query time: 0 msec
;; SERVER: 127.0.0.1#53(127.0.0.1)
;; WHEN: Sun Aug 21 16:37:49 2005
;; MSG SIZE  rcvd: 122
```

Ispišimo svih 13 korijenskih DNS poslužitelja:

```
$ dig +nocomments ns . @a.root-servers.net.
; <<>> DiG 9.2.4 <<>> +nocomments ns . @a.root-servers.net.
;; global options:  printcmd
```

```
;.                              IN      NS
.                       518400  IN      NS      L.ROOT-
SERVERS.NET.
.                       518400  IN      NS      M.ROOT-
SERVERS.NET.
```
itd.

2.3 Naredba dnswalk

Jednom kad su postavljene zone i kad ih DNS poslužitelj servira svojim klijentima, poželjno je redovno provjeravati ispravnost istih. Jedan od jednostavnijih alata za ovu namjenu je `dnswalk`, koji će koristeći AXFR preuzeti željenu zonu i ispisati različite utvrđene nekonzistentnosti iste. Prije upotrebe nužno je osigurati se da sa računala klijenta imate dozvole za prijenos zone (AXFR). Sintaksa je jednostavna (primijetite obaveznu točku na kraju domene):

```
dnswalk [ -adilrfFm ] domena.
```

Parametri imaju sljedeća značenja:

- `-a` upozorava na višestruke A zapise,
- `-r` rekurzivno silazi po poddomenama u potrazi za greškama,
- `-d` ispisuje greške na standardni izlaz za greške,
- `-m` provjerava zonu samo ako je promijenjena od zadnjeg pokretanja ovog programa,
- `-F` provjerava adrese tako da radi standardnu rezoluciju pojedinog A zapisa i provjerava dobiveni izlaz sa rekurzivnom rezolucijom (PTR) i uspoređuje dobivene rezultate,
- `-i` onemogućuje provjeru za krivim znakovima u labelama,
- `-l` omogućava provjeru za neispravnim delegiranjem.

Primjer 12: Korištenje naredbe dnswalk

Pregled grešaka u fsb.hr domeni:

```
$ dnswalk -Falr fsb.hr.
Checking fsb.hr.
Getting zone transfer of fsb.hr. from hobbit.fsb.hr...done.
SOA=localhost.fsb.hr    contact=postmaster.fsb.hr
WARN: www.coma.fsb.hr CNAME zrno.fsb.hr: CNAME (to
karmela.fsb.hr)
WARN: www.zrno.fsb.hr CNAME zrno.fsb.hr: CNAME (to
karmela.fsb.hr)
0 failures, 2 warnings, 0 errors.
```

2.4 Naredba fpdns

Naredba `fpdns` kao osnovnu namjenu detekcija softvera udaljenog DNS poslužitelja. Ovo je u praksi vrlo korisno za elimininiranje potencijalnih problema u komunikaciji (primjerice, između Djbdns i Bind9 poslužitelja i sl). Naravno, kao osnovna metoda detekcije na većini Bind poslužitelja može poslužiti i naredba host:

```
host -t txt -c chaos version.bind poslužitelj
```

No, za skoro sve druge poslužitelje nema neke općeprihvaćene i standardne metode - pa stoga `fpdns` vrši različite specifične upite i uspoređuje prema internoj bazi za svaki softver. Također, `fpdns` ukazuje na omogućenost rekurzivnih upita udaljenom klijentu, što je također vrlo važan dijagnostički podatak. Dotična naredba ima sljedeću sintaksu:

```
fpdns.pl [ -c ] [ -d ] [ -f ] [ -F broj_djece ] [ -p port ]
[ -Q izvorišna_adresa ] [ -r broj_pokušaja ] [ -s ]  [ -t
vrijeme_upita ] [ -v ] [ poslužitelj ]
```

Parametri imaju ova značenja:

- `-c` koristi pregled CH TXT polja (za Bind softver) ako je moguće, no to se standardno ne podrazumijeva zbog nepreciznosti (administrator može upisati proizvoljan sadržaj);
- `-d` omogućava detaljni ispis grešaka i komunikacije,
- `-f` forsira upotrebu CH TXT,
- `-F` omogućava kontrolu djece-procesa koji obavljaju identifikaciju, standardno je to 10 primjeraka,
- `-p` daje mogućnost promjene odredišnog porta za DNS komunikaciju - naravno, to je standardno port 53,
- `-Q` omogućava izbor izvorišne adrese što je korisno primjerice na računalima sa više mrežnih adresa,
- `-r` kontrolira broj ponovnih pokušaja identifikacije,
- `-s` smanjuje izlazni ispis na što manje informacija,
- `-t` omogućava kontrolu ukupnog vremena komunikacije - primjerice da se ne čeka na poslužitelj koji je nedostupan.

Primjer 13: Korištenje naredbe fpdns

Saznavanje verzije poslužitelja dns.carnet.hr:

```
$ fpdns dns.carnet.hr
fingerprint (dns.carnet.hr, 161.53.123.3): BIND 9.2.0rc7 --
9.2.2-P3 [recursion enabled]
```

Odnosno verzije esa1.esa.fer.hr poslužitelja:

```
$ fpdns esa1.esa.fer.hr
```

```
fingerprint (esa1.esa.fer.hr, 161.53.71.194): TinyDNS 1.05
```

Te verzije DNS poslužitelja za google.com domenu:

```
$ fpdns ns1.google.com
fingerprint (ns1.google.com, 216.239.32.10): BIND 8.3.0-RC1
-- 8.4.4
```

2.5 Naredba nslint

Za razliku od većine opisanih alata, `nslint` je naredba koja lokalno provjerava ispravnost Bind zona. Na ovaj način možete provjeriti većinu problema prije nego se uopće počnu servirati potencijalno neispravne zone. Nažalost, ovaj program ima minus što prijavljuje pretjerano mnogo različitih informacija o potencijalnim (dakle ne i stvarnim) problemima koje nije moguće filtrirati ili kontrolirati. Također, budući da ovaj program radi isključivo lokalno - ograničen je na Bind zone. Sintaksa je trivijalna, sa `-c` parametrom se prosljeđuje put do `named.conf` konfiguracijske datoteke za Bind poslužitelj.

Primjer 14: Korištenje naredbe nslint

```
$ nslint -c /etc/named.conf
nslint: 161.53.116.6 in use by frodo.fsb.hr. and
*.hsasf.hr.
nslint: 161.53.116.6 in use by hsasf.hr. and frodo.fsb.hr.
nslint: 161.53.116.6 in use by www.hsasf.hr. and hsasf.hr.
itd.
```

2.6 Naredba zonecheck

Ovaj alat je za krajnjeg korisnika još jednostavniji od `dnswalk` naredbe, a obavlja daleko više temeljitih pretraga ispravnosti i konzistencije DNS zona, kao i različitih preduvjeta za ispravno funkcioniranje. Izvještaji su jasni i pregledni, uz svaki problem je priloženo i vrlo jasno objašnjenje na engleskom jeziku - pa je time i dobro za DNS administratora-početnika. Uz već spomenute prednosti, `zonecheck` ima i niz argumenata koji omogućavaju fino upravljanje nad ispisom i testovima. Sintaksa je sljedeća:

```
zonecheck [ -hqV ] [ -voet opt ] [ -46 ] [ -c konfiguracija
] [ -n lista_poslužitelja ] domena
```

Argumenti su mnogobrojni ali ne i nužni za normalan rad, gdje su standardne postavke dovoljno dobre. Stoga nećemo ići u detalje, a zainteresiranima preporučujemo čitanje odgovarajućih priručnika uz program.

Primjer 15: Korištenje naredbe zonecheck

Provjera bofhlet.net domene:

```
$ zonecheck bofhlet.net
ZONE  : bofhlet.net.
NS <= : ns1.bofhlet.net. [38.119.119.63]
NS    : ns2.bofhlet.net. [38.119.119.64]


      _______________
     ,---------------.|
~~~~ |    warning    ||
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
     `---------------'
w> Nameservers are all part of the same AS
 | Adv: ZoneCheck
 |   To avoid loosing all connectivity with the
authoritative DNS in case
 | of a routing problem inside your Autonomous System, it
is advised to
 | host the DNS on different AS.
 `----- -- -- - -  -
 :   All the nameservers are part of the same Autonomous
System (AS number
: 21792), try to have some of them hosted on another AS.
 `..... .. .. . .  .
=> generic

w> Reverse for the nameserver IP address doesn't match
=> ns2.bofhlet.net./38.119.119.64
=> ns1.bofhlet.net./38.119.119.63

==> SUCCESS (but 3 warning(s))
```

3 Bind9 poslužitelj

Danas najrašireniji DNS poslužiteljski softver je ISC Bind. Danas svi vršni DNS poslužitelji koriste upravo Bind softver, pretežno u verziji 8 - pa je riječ o praktičnom standardu. Nažalost, ovaj softver prati loš glas, budući da je u svojoj prošlosti (Bind 4 i Bind 8 verzije) imao niz kritičnih sigurnosnih propusta. Nažalost, i dan danas se pojavljuju kritične rupe u ovim inačicama softvera. Verzija 9 je navodno napisana u potpunosti iz početka, te je riječ o softveru koji podržava do danas najveći broj DNS specifikacija i dodataka - DNSSEC, TSIG, DDNS, NOTIFY mehanizam, EDNS0, IXFR, IPv6, itd. Riječ je o vrlo naprednom servisu koji je specifično pisan sa višeprocesorskom i višedretvenom podrškom na umu, udaljenom kontrolom kroz `rndc` program, mogućnošću chrootanja i sl. Riječ je o moćnom DNS poslužitelju koji omogućava implementaciju najsloženijih zadaća - ali koji nije nužno najsigurniji ili baš nužan za jednostavnije zadatke.

3.1 Konfiguracija općenito

Osnovna konfiguracija servisa je datoteka `named.conf`. Ona se obično nalazi u `/etc` ili specifično za Debian u `/etc/bind` direktoriju. Popularna je i varijanta sa spremanjem u `/etc/namedb` direktorij. Sama konfiguracijska datoteka za servis se sastoji od nekoliko grupa direktiva odnosno odjeljaka (donosimo najvažnije, a izostavljamo `masters`, `trusted-keys` i `lwres` odjeljke)

- **Komentari** - koji omogućavaju da dio konfiguracijske datoteke (linija po linija ili čak grupa linija) bude zanemaren pri učitavanju servisa. Upotreba komentara u konfiguraciji je esencijalna za komplicirane konfiguracije budući da omogućava administratorima jasan pregled kad i zašto je što promijenjeno, koji dio konfiguracije čemu služi i za slične namjene,
- **Pristupne liste** (`acl` direktiva) - pristupne liste adresa ili korisnika za određenu primjenu kasnije u ostalim konfiguracijskim direktivama. Korištenje pristupnih lista je isključivo radi olakšanja kasnijih definicija dozvola u ostalim blokovima, pa se njihova upotreba preporuča radi bolje preglednosti,
- **Ključevi** (`key` direktiva) - koji omogućavaju autorizaciju za određenu zonu (primjerice za DDNS i DNSSEC) ili ključeve za udaljeno upravljanje kroz `rndc` program. U standardnoj upotrebi ovaj odjeljak nije potreban,
- **Server** grupa (`server` direktiva) - kroz koju se definira ponašanje DNS poslužitelja u odnosu na druge poslužitelje i klijente (prijenosi zona, koji portovi se koriste, itd). U standardnoj upotrebi ovaj blok nije potreban, ali omogućava da se promijeni ponašanje samo za kakav specifičan poslužitelj,
- **Kontrole** (`controls` direktiva) - služe definiranju dozvola udaljenog upravljanja servisom kroz `rndc` program. Standardno ni ovaj odjeljak nije nužan, te ga je moguće izostaviti,
- **Zapisnici** (`logging` direktiva) - služi definiranju mjesta, nivoa i tipa spremanja poruka o radu servisa. Standardno su definirani svi potrebni

servisi i koriste se sistemski zapisnici, pa je za svakodnevnu upotrebu moguće izostaviti cijeli odjeljak,
- **Parametri** rada (`options` direktiva) - niz parametara koji određuje ponašanje cijelog servisa i svih zona. Ovaj odjeljak je prilično bitan i postoji cijeli niz opcija koje je preporučljivo podesiti - posebice ako DNS poslužitelj ima nekoliko mrežnih adresa,
- **Pogled** (`view` direktiva) - omogućava podešavanje različitih pogleda i ponašanja zona i te promjena serviranja DNS informacija u ovisnosti o zadanim kriterijima. Ovaj odjeljak je bitan isključivo ako se planira razdvojiti DNS poslužitelj na unutrašnji i vanjski odnosno omogućiti da različiti klijenti vide istu zonu na različite načine,
- **Umetnuta datoteka** (`include` direktiva) - omogućava da se umeće dio konfiguracije iz neke druge datoteke, a dobiveni sadržaj se tretira kao da je jedna jedinstvena datoteka. Za manje poslužitelje korištenje dijelova konfiguracije iz drugih datoteka obično samo komplicira održavanje, budući da je konfiguracija onda raspršena na nekoliko datoteka,
- **Zone** (`zone` direktiva) - definira zone koje će poslužitelj posluživati klijentima. Iznimno bitan odjeljak, kojeg svaki standardni tip poslužitelja mora imati.

3.2 Komentari

Dozvoljeni komentari u named.conf datoteci su vrlo slobodno definirani, za razliku od onih dozvoljenih u zonama. Specifično, moguće je koristiti (naravno, bez navodnika):
- C komentare: počinju sa "`/*`" i završavaju sa "`*/`", a mogu se protezati kroz nekoliko redova,
- C++ komentare: počinju sa "`//`" i vrijede do kraja tekuće linije,
- Unix komentare: počinju sa "`#`" i vrijede do kraja tekuće linije.

Primjer 16: Komentari u named.conf datoteci

```
/* ovo je komentar
...niz komentara, potencijalno kroz više redova...
ali komentar završava sa ovim */
# komentar kroz jedan red
// ili ovakav komentar kroz jedan red
```

3.3 Parametri rada servisa

Dotična `options` direktiva mijenja globalno ponašanje cijelog servisa, a ima slijedeću sintaksu (donosimo najvažnije i najčešće parametre - pa ova lista nije potpuna, ali će zadovoljiti većinu standardnih potreba):

```
options {
```

```
    [ version version_string; ]
    [ directory path_name; ]
    [ minimal-responses yes_or_no; ]
    [ notify yes_or_no | explicit; ]
    [ recursion yes_or_no; ]
    [ forward ( only | first ); ]
    [ forwarders { ip_addr [port ip_port] ; [ ip_addr [port
ip_port] ; ... ] }; ]
    [ allow-notify { address_match_list }; ]
    [ allow-query { address_match_list }; ]
    [ allow-transfer { address_match_list }; ]
    [ allow-recursion { address_match_list }; ]
    [ blackhole { address_match_list }; ]
    [ listen-on [ port ip_port ] { address_match_list }; ]
    [ query-source [ address ( ip_addr | * ) ] [ port (
ip_port | * ) ]; ]
    [ transfer-format ( one-answer | many-answers ); ]
    [ transfer-source (ip4_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ notify-source (ip4_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ provide-ixfr yes_or_no; ]
    [ request-ixfr yes_or_no; ]
    [ port ip_port; ]
};
```

Krenimo redom:

- `version` - omogućava promjenu već spomenute CH TXT verzije Bind poslužitelja, pa se najčešće koristi sa skrivanje stvarne verzije poslužitelja radi nekakve lažne sigurnosti,
- `directory` - postavlja radni direktorij u odredišni, tako da je za zone i ostale direktive gdje se otvaraju datoteke moguće koristiti relativne staze,
- `minimal-responses` - servis će dodavati autoritativni i dodatni odjeljak u DNS odgovore samo gdje je to nužno, što obično poboljšava performanse DNS poslužitelja (standardno ova opcija nije postavljena),
- `notify` - poslužitelj šalje NOTIFY poruke svim poslužiteljima u NS zapisima za zonu (osim onom iz SOA polja) kad se desi promjena zone na autoritativnom DNS poslužitelju (standardno postavljena),
- `recursion` - poslužitelj će obaviti sav standardni posao oko odgovora na rekurzivne upite; u protivnom, poslužitelj će odgovarati samo iterativnim odgovorima, dakle ili proslijedivši dalje ili iz lokalnog DNS međuspremnika; ovu je opciju poželjno staviti samo za računala iz vlastite lokalne mreže (standardno postavljeno),
- `forwarders` - definira listu poslužitelja za prosljeđivanje DNS upita (standardno se upiti ne prosljeđuju),
- `forward` - omogućuje da se upiti isključivo prosljeđuju (`forward only`) ili da se prvo proslijedi pa obavlja normalan tip upita (`forward first`) (standardno se upiti ne prosljeđuju),

- `allow-notify` - definira kojim je poslužiteljima dozvoljeno da šalju NOTIFY poruke (standardno se primaju poruke samo od primarnog poslužitelja za zonu),
- `allow-transfer` - definira kojim je poslužiteljima omogućen prijenos svih zona; za ovu je opciju poželjno postaviti isključivo nadređene i podređene DNS poslužitelje (standardno je dozvoljen prijenos svim računalima - ključna riječ `any`),
- `allow-recursion` - definira za koja računala poslužitelj smije obavljati rekurzivne upite; poželjno je postaviti samo računala iz lokalne mreže (standardno je dozvoljeno svima),
- `blackhole` - definira listu adresa sa kojih poslužitelj neće prihvaćati nikakve upite, niti će im odgovarati (standardno je ova lista prazna - ključna riječ `none`),
- `listen-on` - definira portove i adrese na kojima će poslužitelj osluškivati za upitima; poželjno je pripaziti na ovu konfiguraciju kod računala sa više mrežnih adresa, budući da je poželjno da DNS poslužitelj obično osluškuje na poznatoj javnoj adresi (standardno port 53, sve raspoložive adrese na lokalnom računalu),
- `query-source` - definira port i adresu sa kojeg će poslužitelj slati daljnje upite; također je poželjno ovo postaviti na točno određenu adresu kod računala sa više mrežnih adresa (standardno se koristi bilo koja adresa lokalnog računala i bilo koji visoki port),
- `transfer-format` - omogućava promjenu oblika prijenosa zone, pa `one-answer` koristi jednu DNS poruku po jednom RR, dok `many-answer` pakira što više RR-ova u jednu poruku; u slučaju problema u prijenosu zone sa starim DNS poslužiteljima potrebno je promijeniti ovaj parametar (standardno se koristi `many-answer`),
- `transfer-source` - definira koja se lokalna adresa koristi za izvorišnu adresu kod prijenosa zone; ovo je posebice korisno kod računala sa više mrežnih adresa (standardno koristi bilo koju adresu),
- `notify-source` - određuje koja će izvorišna adresa biti korištena za slanje NOTIFY poruka; ovo je prilično važan parametar budući da mora odgovarati adresi za koju primarni poslužitelj očekuje i koju zna iz odgovarajućih NS zapisa (standardno koristi bilo koju adresu),
- `provide-ixfr` - određuje da li primarni poslužitelj omogućava inkrementalni prijenos zone ako ga sekundarni zatraži (standardno omogućeno),
- `request-ixfr` - određuje da li će sekundarni poslužitelj tražiti inkrementalni prijenos zone od primarnog (standardno omogućeno).

Primjer 17: Options odjeljak iz named.conf datoteke

```
options {
        directory "/etc/bind";
        query-source address * port 53;
```

```
        allow-transfer { xfer; };
        allow-recursion { trusted; };
        version "Unknown";
        transfer-format many-answers;
        max-transfer-time-in 120;
        interface-interval 120;
        notify yes;
        recursion yes;
        minimal-responses yes;
        notify-source 161.53.116.8;
        transfer-source 161.53.116.8;
};
```

3.4 Pristupne liste

Direktiva `acl` služi definiranju pristupnih listi, odnosno definiranju simboličkog imena za grupu adresa koje će se kasnije koristiti u konfiguraciji. Postoji par ugrađenih pristupnih listi koje imaju posebne namjene:

- `any` - odgovara svim adresama,
- `none` - odgovara niti jednoj adresi,
- `localhost` - odgovara svim IPv4 i IPv6 adresama lokalnog poslužitelja,
- `localnets` - odgovara svim lokalnim mrežama u kojima se nalazi poslužitelj, odnosno svim adresama iz takvih mreža.

Sintaksa za ovu naredbu je jednostavna:

```
acl acl-name {
    address_match_list
};
```

U primjeru ćemo definirati nekoliko pristupnih listi koje smo koristili u `options` odjeljku:

Primjer 18: Definiranje pristupnih listi u named.conf

```
acl "xfer" {
  161.53.72.21;
  161.53.3.7;
  161.53.2.70;
  127.0.0.1;
};

acl "trusted" {
  161.53.116.0/22;
  193.198.206.0/24;
  193.198.217.192/27;
```

```
  localhost;
};
```

3.5 Odjeljak za zapisnike

Rečena `logging` direktiva određuje gdje i kada će biti zapisane poruke o greškama, informativne i ine poruke. Specifično, `channel` dio definira simboličko ime i određuje kakve će biti izlazne metode, oblici ispisa i nivoi. Dotično simboličko ime se kasnije koristi sa `category` parametrom da se odredi kako i gdje će se različiti tipovi poruka zapisivati. Sintaksa je sljedeća:

```
logging {
   [ channel channel_name {
     ( file path name
         [ versions ( number | unlimited ) ]
         [ size size spec ]
       | syslog syslog_facility
       | stderr
       | null );
     [ severity (critical | error | warning | notice |
                 info | debug [ level ] | dynamic ); ]
     [ print-category yes or no; ]
     [ print-severity yes or no; ]
     [ print-time yes or no; ]
   }; ]
   [ category category_name {
     channel_name ; [ channel_name ; ... ]
   }; ]
   ...
};
```

Standardno sav ispis se usmjerava na jedan ili više kanala (definiranih `channel` parametrom). Postoji nekoliko predefiniranih standardnih kanala:

- `default_syslog` - šalje `syslog` programu sa `daemon` oznakom, te šalje samo srednje i jako kritične informacije (informacije i više),
- `default_debug` - sprema u datoteku `named.run` u tekućem direktoriju sve poruke koje generira servis,
- `default_stderr` - ispisuje sve greške na standardni izlaz za greške,
- `null` - sve što se ovdje zaprimi se nigdje ne ispisuje.

Pomoću kategorija (definiranih `category` parametrom) se definira gdje će koja kategorija poruka i kako završiti. Opet, postoji niz standardnih kategorija koje definiraju tipove poruka koje generira servis:

- `default` - općenite postavke za sve poruke,
- `general` - sve inače neklasificirane poruke,

- `unmatched` - poruke za koje nije moguće bilo odrediti klasu/tip,
- `database` - poruke vezane uz baze za spremanje zona i međuspremnika,
- `security` - poruke vezane uz sigurnost, odbijanje zahtjeva klijentima i sl,
- `config` - vezano uz čitanje i obradu konfiguracijskih datoteka,
- `resolver` - vezano uz DNS rezoluciju, rekurzivne upite i sl,
- `xfer-in` i `xfer-out` - poruke za prijenos zona,
- `notify` - informacije o NOTIFY porukama,
- `client` - obrada zahtjeva klijenata,
- `network` - poruke vezane uz mrežna sučelja i komunikaciju,
- `update` i `update-security` - DDNS i sigurnosne poruke vezane uz isti,
- `queries` - detaljne informacije o upitima od klijenata,
- `dispatch` - informacije o razdiobi paketa unutar samog servisa,
- `dnssec` - DNSSEC i TSIG informacije,
- `lame-servers` i `delegation-only` - problemi u delegaciji i loše konfiguracije.

U praksi je većina postavki standardno dobro postavljena i koriste se standardni sistemski programi za spremanje zapisnika (koristi se `syslog` program i `daemon` kao oznaka servisa), ali je neke nepotrebne kategorije zgodno eliminirati, kao u primjeru:

Primjer 19: Korištenje logging direktive

```
logging {
        category lame-servers { null; };
};
```

3.6 Odjeljak kontrole

Direktiva `controls` određuje kanale za upravljanje DNS servisom, no za sada takve kanale jedino koristi `rndc` program koji je inače dio Bind distribucije. Sintaksa je sljedeća:

```
controls {
   inet ( ip_addr | * ) [ port ip_port ] allow {
address_match_list  }
                keys {  key_list  };
   [ inet ...; ]
};
```

Kontrolni `inet` kanal je TCP port na željenoj adresi koji sluša nadolazeće naredbe sa odgovarajućih računala i izvršava ih. Preporučljivo je dozvoliti isključivo lokalno računalo (127.0.0.1) za upravljanje, da se smanji mogućnost zlouporabe. Osnovni model autorizacije je (uz postojeću listu dozvoljenih adresa)

formiran ključevima, koji moraju odgovarati kod poslužitelja i kod klijenta. U slučaju da nema definiranog `controls` odjeljka, servis će postaviti standardni kanal koji sluša na 127.0.0.1 i ::1 adresi i portu 953, što je i preporučljivo. Sam ključ će pokušati iščitati iz datoteke `rndc.key` tražeći ga u direktoriju određenim `directory` parametrom u `options` odjeljku ili u `/etc`. Dotičnu datoteku moguće je automatizirano napraviti koristeći sljedeću naredbu, a time definiramo ključ istovremeno i za `rndc` i za servis, budući da je oba čitaju:

```
rndc-confgen -a
```

Primjer 20: Controls odjeljak iz named.conf datoteke

```
controls {
     inet 127.0.0.1 allow { localhost; };
     inet * port 9999 allow { "rndc-remote-users"; } keys {
"rndc-remote-key"; };
};
```

3.7 Odjeljak ključeva

Dotični `key` odjeljak definira dijeljene autorizacijske ključeve za TSIG ali i za komunikacijske kanale za upravljanje servisom. Svaki ključ ima svoje simboličko ime `key_id`, algoritam `algorithm` (isključivo `hmac-md5`) i niz znakova `secret` koji je zapravo ključ u formi base-64 kodiranog niza znakova. Sintaksa je sljedeća:

```
key key_id {
    algorithm string;
    secret string;
};
```

Primjer 21: Ključ za rndc program i za Bind servis

```
key "rndc-remote-key" {
     algorithm hmac-md5;
     secret "OmItW1lOyLVUEuvv+Fme+Q==";
};
```

3.8 Server odjeljak

Osnovna namjena `server` odjeljka je definirati karakteristike poslužitelja u interakciji sa drugim poslužiteljima, koje specifično imenujemo IP adresom. Sintaksa je sljedeća:

```
server ip_addr {
    [ bogus yes_or_no ; ]
```

```
    [ provide-ixfr yes_or_no ; ]
    [ request-ixfr yes_or_no ; ]
    [ edns yes_or_no ; ]
    [ transfers number ; ]
    [ transfer-format ( one-answer | many-answers ) ; ]]
    [ keys { string ; [ string ; [...]] } ; ]
    [ transfer-source (ip4_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ transfer-source-v6 (ip6_addr | *) [port ip_port] ; ]
};
```

A značenje parametara je redom (spominjemo samo nove parametre, jer je dio već obrađen u `options` odjeljku):

- `bogus` - označava da će udaljeni poslužitelj za kojeg se otkrije da daje neispravne DNS podatke biti označen nevaljanim, te mu budući upiti više neće biti davani (standardno nije omogućeno),
- `edns` - definira omogućene EDNS0 ekstenzije (standardno omogućeno),
- `transfers` - definira broj paralelnih ulaznih prijenosa zona od pojedinačnog poslužitelja,
- `keys` - omogućava korištenje predefiniranih ključeva iz key odjeljka, a dotični se koriste za sigurnosne DNS transakcije.

Primjer 22: Korištenje server odjeljka

```
server 161.53.3.7 {
    bogus yes;
};
```

3.9 Odjeljak konfiguracije pogleda

Vjerojatno jedan on najkorisnijih dijelova konfiguracije je `view`. Dotični tip omogućava konfiguriranje DNS poslužitelja na takav način da se serviraju različite informacije u ovisnosti o adresi klijenta. Svaki pojedinačni ovakav odjeljak definira jedan pogled koji se servira klijentima koji odgovaraju potparametru `address_match_list` iz `match-clients` i `match-destinations` parametara. Klijente je moguće određivati i pomoću ključeva odnosno keys parametara, ali i pomoću tipa upita, recimo `match-recursive-only` će promijeniti pogled samo na rekurzivnim upitima. U cijeloj definiciji pogleda je iznimno bitan redoslijed, budući da on definira koja će se akcija prva odviti. Dobar dio parametara iz `options` odjeljka se također može specificirati za pojedini pogled. Ako je pojedina zona definirana unutar nekog `view` odjeljka, ona će biti isključivo dostupna klijentima koji odgovaraju tom odjeljku - pa je na taj moguće imati više zona sa istim imenom ali u različitim pogledima, što ostvaruje princip razdijeljenog DNS poslužitelja. Moguće je i ne koristiti ovakve odjeljke, međutim tada je implicitno definiran interni pogled u kojem se automatski nalaze sve globalno definirane zone i svi parametri postavljeni u `options` odjeljku. U

protivnom, zone ne smiju biti globalno definirane već isključivo unutar `view` odjeljaka. Sintaksa je sljedeća:

```
view view_name
      [class] {
      match-clients { address_match_list } ;
      match-destinations { address_match_list } ;
      match-recursive-only yes_or_no ;
      [ view_option; ...]
      [ zone_statement; ...]
};
```

Kao što smo već rekli, svaki pogled definiran svojim simboličkim imenom utiče nasamo na klijente koji mu odgovaraju kroz jedan od tri moguća načina (dovoljno je da odgovara bilo koji od njih): `match-clients` (izvorišne adrese klijenata), `match-destinations` (odredišne adrese) ili `march-recursive-only` (samo rekurzivni upiti).

Primjer 23: Razdijeljeni DNS kroz view direktive

```
view "internal" {
      // interna mreža
      match-clients { 10.0.0.0/8; };
      // pružamo rekurziju
      recursion yes;
      // kompletan pogled na zonu
      zone "example.com" {
            type master;
            file "example-internal.db";
      };
};

view "external" {
      // svi klijenti koji nisu odgovarali gornjem bloku
      // (bitan je redoslijed blokova!)
      match-clients { any; };
      // vanjski klijenti nemaju prava rekurzije
      recursion no;
      // pružamo samo željene vanjske adrese
      zone "example.com" {
           type master;
           file "example-external.db";
      };
};
```

3.10 Umetnuta konfiguracijska datoteka

Rečena `include` direktiva omogućava umetanje dodatne datoteke u konfiguraciju (`named.conf`) točno na mjestu gdje je `include` direktiva. Na ovaj način je složene konfiguracije moguće logičnije razdijeliti, no obično samo dovodi do konfuzije. Prava primjena je sa slučajeve autogeneriranih dijelova konfiguracije, gdje može biti statički osnovni dio konfiguracije koji učitava daljnje dijelove. Trivijalna je sintaksa:

```
include filename;
```

Dodatne konfiguracijske datoteke se koriste primjerice za RFC 1918 domene ili recimo automatski dohvaćene "nepoćudne" domene:

Primjer 24: Umetnute konfiguracijske datoteke

```
include "/etc/bind/zones.rfc1918";
include "/etc/bind/spywaredomains.zones";
```

3.11 Odjeljak za zone

Rečeni odjeljak `zone` je u najvažniji odjeljak za sve autoritativne DNS poslužitelje. Kroz iste odjeljke se definiraju sve osobine i funkcionalnosti za pojedinu zonu koja se poslužuje, sa mogućnošću redefiniranja svih globalno postavljenih parametara. Sintaksa je sljedeća:

```
zone zone_name [class] [{
    type ( master | slave | hint | stub | forward |
delegation-only ) ;
    [ allow-notify { address_match_list } ; ]
    [ allow-query { address_match_list } ; ]
    [ allow-transfer { address_match_list } ; ]
    [ allow-update { address_match_list } ; ]
    [ update-policy { update_policy_rule [...] } ; ]
    [ allow-update-forwarding { address_match_list } ; ]
    [ also-notify { ip_addr [port ip_port] ; [ ip_addr
[port ip_port] ; ... ] }; ]
    [ check-names (warn|fail|ignore) ; ]
    [ dialup dialup_option ; ]
    [ delegation-only yes_or_no ; ]
    [ file string ; ]
    [ forward (only|first) ; ]
    [ forwarders { ip_addr [port ip_port] ; [ ip_addr [port
ip_port] ; ... ] }; ]
    [ ixfr-base string ; ]
    [ ixfr-tmp-file string ; ]
    [ maintain-ixfr-base yes_or_no ; ]
```

```
    [ masters [port ip_port] { ( masters_list | ip_addr
[port ip_port] [key key] ) ; [...] } ; ]
    [ max-ixfr-log-size number ; ]
    [ max-transfer-idle-in number ; ]
    [ max-transfer-idle-out number ; ]
    [ max-transfer-time-in number ; ]
    [ max-transfer-time-out number ; ]
    [ notify yes_or_no | explicit ; ]
    [ pubkey number number number string ; ]
    [ transfer-source (ip4_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ transfer-source-v6 (ip6_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ alt-transfer-source (ip4_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ alt-transfer-source-v6 (ip6_addr | *) [port ip_port]
; ]
    [ use-alt-transfer-source yes_or_no; ]
    [ notify-source (ip4_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ notify-source-v6 (ip6_addr | *) [port ip_port] ; ]
    [ zone-statistics yes_or_no ; ]
    [ sig-validity-interval number ; ]
    [ database string ; ]
    [ min-refresh-time number ; ]
    [ max-refresh-time number ; ]
    [ min-retry-time number ; ]
    [ max-retry-time number ; ]
    [ multi-master yes_or_no ; ]
    [ key-directory path_name; ]

}];
```

Svaka zona ima svoj tip `type` koji određuje način prihvata i posluživanja domenskih informacija:

- `master` - poslužitelj ima osnovnu, glavnu kopiju podataka za zonu i treba biti autoritativni primarni poslužitelj,
- `slave` - poslužitelj treba biti autoritativni sekundarni poslužitelj za danu zonu. Ovaj tip poslužitelja mora nužno imati i postavljenu `masters` listu u kojoj se nalazi jedna ili više IP adresa primarnih poslužitelja sa kojih sekundarni može kopirati (AXFR ili IXFR) zonu. Standardno se preporuča i korištenje datoteke kroz file parametar, čime je moguće definirati mjesto gdje se zapisuje cijela zona pri uspješnom prijenosu i time se ubrzava ponovno podizanje poslužitelja i smanjuje broj nužnih prijenosa zone. Na poslužiteljima sa vrlo velikim brojem zona se preporuča izbjegavati nakupljanje većeg broja datoteka u istom direktoriju, pa ih je zgodnije rasporediti po nizu poddirektorija,
- `stub` - poseban tip poslužitelja specifičan za Bind. Riječ je o vrsti sekundarnog poslužitelja koji od primarnog prihvaća i poslužuje isključivo

NS zapise. Primarna funkcija takvog načina je eliminacija povezujućih zapisa, ali danas se vrlo rijetko sreće u praksi,

- `forward` - služi definiranju prosljeđivanja DNS upita na razini pojedine zone. Da bi se zona mogla prosljeđivati, nužno je imati već spomenute `forward` i/ili `forwarders` parametre u dotičnom odjeljku,
- `hint` - zona koja definira inicijalnu grupu korijenskih DNS poslužitelja. DNS softver pri pokretanju koristi tu grupu da bi kontaktirao barem jedan poslužitelj i saznao aktualni popis. U slučaju da ovakva zona nije definirana, Bind će koristiti internu i potencijalno zastarjelu listu,
- `delegation-only` - također poseban tip zone koji služi prisilnoj delegaciji. Svaki odgovor koji ne sadrži implicitnu ili eksplicitnu delegaciju u odjeljku autoriteta će se tretirati kao greška NXDOMAIN. Ovakav tip zapisa se uglavnom koristi isključivo kod TLD zona, a nikad kod poddomena.

Što se tiče klasa, one mogu biti HS (Hesiod), CH (Chaos) i IN (Internet). Standardno se klasa `class` ne piše, a podrazumijeva se IN tip. Što se pak tiče opcija, one su uglavnom iste iz `options` odjeljka, te je moguće u potpunosti redefinirati željeno ponašanje za pojedinu zonu.

3.12 Konfiguracija zona

Sada kada su razjašnjeni svi odjeljci named.conf konfiguracije, ostaje još pokazati konfiguraciju samih **zonskih datoteka** koje sadrže odgovarajuće RR koji se poslužuju. Par osnovnih pravila za formiranje ispravne zonske datoteke:

- Zona se sastoji od komentara, parametara i RR-ova,
- Komentari isključivo počinju sa "`;`" znakom i protežu se do kraja reda. Niti jedan drugi tip komentara nije podržan, te umetanje krivog znaka može uzrokovati odbacivanje većeg dijela datoteke,
- Parametri započinju isključivo za znakom "`$`". Riječ je o `$ORIGIN`, `$INCLUDE`, `$TTL` i nestandardnom (i relativno kompliciranom) `$GENERATE`.
- Svaki RR mora biti u odgovarajućem formatu: `ime [ ttl ] [ klasa ] rr podaci-specifični-za-rr`,
- `$TTL` bi trebao uvijek biti prisutan kao prvi RR u datoteci,
- Prvi RR (ne računajući $TTL) mora biti SOA.

Vrijedi još nekoliko pravila koje je vrijedno upamtiti:

- **Pravilo više zapisa**: ako se više slijednih zapisa odnosi na istu labelu, dovoljno je navesti ime za prvi RR, a ostali ime mogu imati prazno. Općenito, zapisi za istu labelu ne moraju nužno biti jedan za drugim - ali se onda uvijek mora pisati ime labele. Zapisi sa istom labelom će biti posluživani cikličkim redoslijedom,
- **Znak promjene značenja**: znak "\" se koristi za onemogućenje specijalnog značenja za pojedini znak, te se fizički postavlja ispred

željenog znaka. Kako se recimo " znak koristi za određivanje niza znakova, tako je unutar postojećeg niza znakova nužno koristiti znak promjene značenja ako želimo imati i jedan ili više navodnika unutar istog niza,
- **Prazni znakovi** se ignoriraju: tab znakovi i razmaci se ignoriraju. Moguće ih je slobodno koristiti radi poboljšanja čitljivosti zonskih datoteka,
- **Velika i mala slova**: u zonama se ne razlikuju velika i mala slova,
- **Točka na kraju labele**: Ako je točka na kraju imena u RR ili parametru, onda je ime ispravno određeno - te ako sadrži potpuno ime uključujući i ime računala, onda je FQDN. Vrijednost imena će se upotrebljavati takva kakva je, bez promjena. Ako nema točke na kraju imena, onda ime nije ispravno određeno te će DNS softver automatski dodati ime zone (iz odgovarajućeg `zone` odjeljka ili iz `$ORIGIN` parametra) na kraj svake takve labele.

Rečeni parametri imaju sljedeća značenja:
- **$INCLUDE** - služi umetanju definirane datoteke na mjestu gdje se pojavljuje isti parametar. Sintaksa je sljedeća:

  ```
  $INCLUDE ime_datoteke [ izvorišna_domena ] [ komentar ]
  ```

- **$ORIGIN** - definira osnovno ime (labelu) koja će se sufiksirati svim nepotpunim labelama (svim imenima koje nisu FQDN odnosno koje ne završavaju točkom). Sintaksa je sljedeća:

  ```
  $ORIGIN ime-domene [ komentar ]
  ```

- **$TTL** - definira osnovni TTL za sve zapise koje nemaju specifično definirani TTL. Sintaksa je:

  ```
  $TTL vrijeme [ komentar ]
  ```

Primjer 25: Korištenje parametara unutar zonskih datoteka

```
$TTL 1D
$ORIGIN primjer.domena.
@ SOA ...
$INCLUDE datoteka.zona
$GENERATE 11-254 $ PTR dhcp$.primjer.domena.
```

U zonama se pojavljuje i **specijalni znak** - u zonskim datotekama znak "`@`" ima specijalno značenje: gdje se on pojavljuje se smatra da se nalazi ime zone iz odgovarajućeg zone odjeljka. U praksi on ima vrijednost `$ORIGIN`.

Što se tiče samih RR-ova, teorijski smo već obradili njihova značenja i uporabu. U zonskim datotekama je moguće koristiti slijedeće RR-ove (spominjemo najvažnije):

- **A** - IPv4 adresa:

```
;ime           ttl   klasa rr ip
www.carnet.hr.             A  161.53.160.25
esa.fer.hr.    59982 IN    A  161.53.71.180
```

- **AAAA** - IPv6 adresa:

```
;ime           ttl klasa rr ipv6
www.carnet.hr. AAAA 2001:B68:E160:0:20B:DBFF:FEE6:A4F0
```

  AAAA zapisi se slobodno mogu miješati sa A zapisima. Uporaba A6 zapisa se još uvijek generalno ne preporuča zbog eksperimentalne naravi.

- **CNAME** - kanoničko, zamjensko ime:

```
;ime                ttl klasa rr    kanoničko_ime
kreator.esa.fer.hr.         CNAME esa1.esa.fer.hr.
www                         CNAME esa1
```

  CNAME zapisi imaju praktičnu manu unošenja jednog ili više nužnih dodatnih upita da bi se saznala tražena IP adresa iz simboličkog naziva. Dozvoljeno je pokazivati sa jednim CNAME na drugi CNAME, iako je to loša praksa. Općenito rečeno, CNAME RR ne smije dijeliti ime niti sa jednim drugim RR-om. Također bi trebalo izbjegavati uporabu CNAME zapisa u NS i MX zapisima zbog mogućih ozbiljnih grešaka. CNAME se uglavnom jednostavno u konfiguraciji zamjenjuje sa A zapisom, pa je isti tip zapisa uglavnom preporučljivo upotrebljavati tek kad je to nužno.

- **MX** - definiranje imena i prioriteta SMTP poslužitelja:

```
;ime        ttl klasa rr težina ime
@                     MX 4      esa2
esa.fer.hr.           MX 5      esa1.esa.fer.hr.
esa.fer.hr.           MX 10     hpe50.esa.fer.hr.
```

  MX težina je relativno definirana prema težinama ostalih MX RR-ova. Niže vrijednosti se preferiraju, iako je odluka do klijenata (primjerice SMTP poslužitelji). Za svaki MX unutar domene je nužan i odgovarajući A zapis - upotreba CNAME se ne preporučuje.

- **NS** - autoritativni DNS poslužitelji za rečenu zonu:

```
;ime     ttl klasa rr ime
srce.hr.           NS bjesomar.srce.hr.
srce.hr.           NS regoc.srce.hr.
```

Kad je riječ o NS za vlastitu zonu, oni se najčešće postavljaju odmah nakon odgovarajućeg SOA, no mogu biti bilo gdje definirani. Preporučljivo je imati barem dva NS po zoni. Ako dotični NS-ovi ukazuju na zapise unutar domene, nužni su i odgovarajući A zapisi i na roditeljskom DNS poslužitelju i na samom poslužitelju u poddomeni. NS ime može biti FQDN, nepotpuna labela, "`@`" i prazni niz (tretira se kao i `$ORIGIN`).

- **PTR** - pružaju reverzno povezivanje IP adrese sa imenom:

```
;ime ttl klasa rr  ime
194            PTR esa1.esa.fer.hr.
69             PTR regoc.srce.hr.
```

IP adresa može biti samo jednom navedena za pojedini PTR. U slučaju da više imena dijeli CNAME, A i AAAA - nažalost samo jedna adresa može ići u odgovarajući PTR. Standardno se prakticira da svi IP-ovi koji imaju definirane A zapise imaju i odgovarajući PTR.

- **SOA** - definiranje autoriteta za domenu:

```
;ime ttl klasa rr dns-poslužitelj e-mail (
; serijski-broj vrijeme-osvježavanja
; vrijeme-ponovnog-pokušaja vrijeme-isteka
; globalni-TTL )
carnet.hr SOA dns.carnet.hr hostmaster.carnet.hr (
2005082602 10800 3600 2419200 86400 )
```

U odjeljke za vrijeme je moguće unositi vrijeme i u dmh oblicima (`1m` i sl.). Otvarajuća zagrada "`(`" nužno uvijek mora biti u istoj liniji kao i početak SOA zapisa. Postoji isključivo jedan SOA po cijeloj zoni.

- **TXT** - definiranje tekstualnog zapisa za računalo ili domenu.

```
;ime    ttl klasa rr tekst
fsb.hr.           TXT "v=spf1 ip4:161.53.116.0/22
ip4:193.198.206.0/24 ip4:193.198.217.192/27 a mx ptr
~all"
srce.hr.           TXT "SRCE, Zagreb"
```

4 Djbdns poslužitelj

NB: Cijeli ovaj odlomak je u nastajanju, te je moguće da sadrži greške, nepravilnosti i nepotpune informacije. Hvala na razumijevanju.

Djbdns je dosta osebujan softver kojeg je napisao Daniel J. Berstein kao sigurnu (sa gledišta računalne sigurnosti), brzu i pouzdanu zamjenu za Bind softver koji se u to vrijeme pokazao izrazito problematičnim (desetine sigurnosnih rupa). Riječ je o trećem najpopularnijem DNS softveru u svijetu - koji se godinama nije mijenjao zbog svojeg vrlo kvalitetno napisanog koda: rečeni poslužitelj je zaista izrazito malih zahtjeva za računalnim resursima, a uspješno poslužuje mreže svih veličina.

Arhitekturalno se Djbdns razlikuje od Binda prvenstveno po podjeli na niz malih poslužitelja (što je u duhu Unix filozofije) od kojih je svaki zadužen za jedan segment rada:

- **Dnscache**: lokalni DNS poslužitelj i međuspremnik koji ne poslužuje podatke o "vlastitoj" domeni, već isključivo klijentima poslužuje podatke od drugih DNS poslužitelja ili iz vlastitog međuspremnika (komunikacija se obavlja kroz UDP i TCP),
- **Tinydns**: autoritativni DNS poslužitelj koji poslužuje podatke iz vlastite centralizirane baze (ne odgovara na rekurzivne upite, niti na TCP upite),
- **Axfrdns**: poslužitelj za prijenos DNS zona (AXFR, funkcionira isključivo kroz TCP),
- **Walldns**: reverzni DNS vatrozid koji odgovara na iterativne reverzne DNS upite sa "generičkim" odgovorima, sakrivajući na taj način stvarne informacije,
- **Rbldns**: DNS poslužitelj za popise IP adresa, najčešće DNS crne liste e-mail spammera i sličnih.

Očigledno je na prvi pogled da se funkcionalnosti koje sadrži samo jedan centralni proces kod Bind poslužitelja ovdje nalaze u nizu odvojenih poslužitelja - time je moguće postaviti minimalnu instalaciju u kojoj se nalaze aktivni samo oni potrebni poslužitelji: npr. za DNS namijenjen samo lokalnim klijentima je dovoljan samo `dnscache`, na nekom drugom računalu može biti samo `tinydns`, DNS poslužitelj koji svijet opslužuje DNS podacima o pojedinoj domeni ili skupu domena. Treće računalo može imati samo `axfrdns`, servis za prijenos zona, itd. Ovakva podjela je dovela do prilično jednostavnije implementacije, manjeg broja grešaka (za sada nije utvrđeno postojanje niti jednog sigurnosnog problema, ikada) i moćnijeg upravljanja ukupnim mogućnosti koje skup DNS servisa podržava.

Ova raspodjela uloga ima i jednu nezgodnu popratnu pojavu - a to je da se istovremeno `dnscache` DNS međuspremnik i `tinydns` DNS autoritativni poslužitelj ne mogu nalaziti na istoj IP adresi, budući da oba koriste UDP/53 (axfrdns kao što je i logično koristi samo TCP/53). Dakle, u slučaju migracije sa Bind poslužitelja nužni su veći zahvati: autoritativni DNS poslužitelj više ne može

biti na istoj IP adresi kao i rekurzivni DNS poslužitelj za klijente. Trivijalno rješenje je obično definirati više IP adresa po jednom Ethernet mrežnom sučelju i pridijeliti pojedinom sučelju pojedini servis, pri čemu se obično prakticira `axfrdns` i `tinydns` na jednom sučelju, a `dnscache` na drugom.

4.1 Dnscache

Servis `dnscache` je vrlo jednostavan DNS međuspremnički program: njegova osnovna namjena je prihvat rekurzivnih DNS upita od klijenata, saznavanje odgovora od udaljenih DNS poslužitelja, odašiljanje odgovora kao i spremanje istih pozitivnih i negativnih rezultata u međuspremnik. Rečeni servis nikada ne vraća autoritativne podatke (AA zastavica nije nikad postavljena) i uvijek vraća samo informacije dobivene od udaljenih autoritativnih DNS poslužitelja. Autoritativne DNS poslužitelje pronalazi već opisanim prolaskom kroz DNS stablo, prateći delegacije sa odgovarajućih čvorova. Dodatna funkcionalnost je mogućnost unošenja ručno definiranih "prečaca" do pojedine domene, čime je moguće implementirati podijeljenu rezoluciju, odnosno podijeljene poglede na zonu.

Rečeni servis se konfigurira kroz `dnscache-conf` program sa sljedećom sintaksom:

```
dnscache-conf racun log_racun direktorij ip_adresa
```

Pri tome definiramo direktorij (a to je najčešće `/etc/dnscache`) u kojem će biti konfiguracija servisa. Servis će se pri svakom pokretanju **chrootati** (promijeniti pokazivač osnovnog direktorija - dakle isključivo će moći koristiti datoteke samo iz definiranog direktorija i njegovih poddirektorija) u konfigurirani direktorij i pročitati konfiguraciju u kojoj je definirano da će koristiti **korisnika** (sa odgovarajućim UID-om i GID-om) `racun` za rad, korisnika `log_racun` za spremanje sistemskih zapisa u direktorij `direktorij/log/main`.

Pri podizanju će rečeni servis započeti osluškivanje na IP adresi `ip_adresa` (najčešće 127.0.0.1). U osnovnoj konfiguraciji se stvara i datoteka `direktorij/root/ip/127.0.0.1`, koja definira da će `dnscache` servis dozvoljavati upite sa adrese 127.0.0.1. Po potrebi u `root/ip` direktoriju trebate stvoriti prazne datoteke (naredbom `touch`), formirajući time **pristupnu listu**. Primjerice ako vam je lokalna mreža 161.53.2.0/24, potrebno je stvoriti datoteke `161.53.2` i `127.0.0`, čime definirate pristup mreži 161.53.2.0/24 i 127.0.0.0/24.

Osim `root/ip` direktorija postoji i `root/servers` direktorij: on sadrži liste **autoritativnih poslužitelja** za pojedinu domenu (po jedan poslužitelj u svakom redu datoteke), s time da je ime svake datoteke domena. Datoteka imena `@` sadrži listu 13 vršnih DNS poslužitelja. Naravno, u ovom direktoriju možete raditi i

već spomenute prečice za prolazak kroz DNS stablo - direktno popisujući poslužitelje za pojedinu domenu (oprez!):

Primjer 26: Kratice za dnscache

Datoteka `srce.hr`:
161.53.2.69
161.53.2.70

Datoteka `2.53.161.in-addr.arpa`:
161.53.2.69
161.53.2.70

Ostatak konfiguracije se nalazi u `env` direktoriju:

- `CACHESIZE` - definira veličinu fiksne tablice međuspremnika, pri čemu se prosječno 5% tablice koristi kao indeks tablice. Tablica se nikad ne smanjuje niti ne povećava: u slučaju "preljeva" se najstariji zapis briše i tako kružno. Dotična tablica se rezervira pri pokretanju samog procesa,
- `DATALIMIT` - služi kao zaštita od slučaja greške u samom servisu. Rečena varijabla će postaviti maksimalnu veličinu do koje će servis smjeti rasti - a praksa je obično postaviti vrijednost na par MB veće od `CACHESIZE` varijable,
- `IP` - definira IP adresu na kojoj sluša sam DNS servis. Standardno je dozvoljena svega jedna adresa, tipično 127.0.0.1 za jedno računalo - ili IP adresa nekog fizičkog Ethernet sučelja za opsluživanje više računala,
- `IPSEND` - definira IP adresu sa koje DNS servis šalje DNS odgovore i upite. Tipično je to 0.0.0.0, što znači da će koristiti bilo koju adresu - ili primarnu adresu. No, takvo nešto je najčešće nepoželjno u sustavima sa više IP adresa (a klijenti smiju paranoično odbacivati pakete koji su odgovor na komunikaciju ali dolaze sa krive IP adrese), pa se preporuča koristiti adresu navedenu u `IP` varijabli,
- `ROOT` - direktorij u kojem se nalazi cijela konfiguracija servisa i svi navedeni poddirektoriji,
- `FORWARDONLY` - u slučaju postojanja ove datoteke će servis koristiti datoteku `servers/@` kao listu IP adresa udaljenih DNS poslužiteljima kojima će prosljeđivati sve upite, dok sam neće obavljati nikakvu rezoluciju kroz DNS stablo,
- `HIDETTL` - u slučaju postojanja ove datoteke se sakriva TTL nad zapisima u odgovorima, te će svi uvijek iznositi 0.

Spomenimo još par specifičnosti za `dnscache` servis:

- nikad se ne šalje odgovor sa AA zastavicom postavljenom,
- DNS odgovori nikad ne sadrže odjeljak autoriteta ili dodatni odjeljak, a u slučaju da je DNS odgovor veći od dozvoljenog - on se u potpunosti odbacuje,

- uvijek se odbacuju sljedeći upiti: prijenos zone, nerekurzivni (iterativni) upiti i inverzni upiti,
- DNS A upit za `localhost` se interno uvijek obrađuje i odgovara IP adresi 127.0.0.1. Isto vrijedi i za PTR `1.0.0.127.in-addr.arpa`, koji odgovara labeli `localhost`,
- za rad servisa je nužno postojanje `@` datoteke, te ne postoji ugrađena lista vršnih poslužitelja kao kod Bind servisa,
- dodatni zapisi u DNS odgovorima koji nisu dio domene za koju je NS autoritativan se ignoriraju (niti se ne vraćaju klijentima, niti se stavljaju u međuspremnik) radi sigurnosnih razloga,
- povezujući zapisi se tretiraju vrlo oprezno - povezivanje nije dozvoljeno izvan domene za koju je NS autoritativan, nije dozvoljen TTL 0 u povezujućim zapisima niti je dozvoljeno ikakvo povezivanje koje krši DNS RFC-ove,
- zapisi u međuspremniku vrijede maksimalno jedan tjedan, dok zapisi sa TTL od 2147483647 bivaju tretirani kao TTL 0,
- SOA zapisi se nikad ne spremaju u DNS međuspremnik,
- standardno se paralelno obrađuje maksimalno 200 istovremenih UDP upita i 20 istovremenih TCP upita (ovo je moguće promijeniti u izvornom kodu) - novopristigli upit iznad granice paralelizma rezultira sa odbacivanjem najstarijeg,
- standardno sluša samo na jednoj IP adresi (ovo je moguće promijeniti u izvornom kodu).

4.2 Tinydns

Servis `tinydns` je minimalni autoritativni DNS poslužitelj. On zaprima iterativne DNS upite iz lokalne mreže i svijeta te odgovara sa DNS odgovorima iz unaprijed definirane baze. Odgovor na upit koji se ne može naći u bazi se jednostavno ne odgovara. Jedino u slučaju da se u bazi pronađe zapis koji definira autoritet nad domenom, onda se na nepostojeći upit iz dotične domene odgovara sa NXDOMAIN odgovorom. Standardno se upiti serviraju iz `data.cdb` baze koja je u specifičnom internom formatu. Rečena baza na disku je binarna datoteka obično male veličine i relativno dobrih performansi; svi upiti se rješavaju u svega dva pristupa bazi, budući da je upit ključ a podatak odgovor.

Slično kao i `dnscache` servisu, ovaj servis se konfigurira kroz `tinydns-conf` program sa sljedećom sintaksom:

```
tinydns-conf racun log_racun direktorij ip_adresa
```

Pri tome definiramo direktorij (ovdje je to pak `/etc/tinydns` u većini slučajeva) u kojem će biti konfiguracija servisa. Servis će se pri svakom pokretanju **chrootati** u konfigurirani direktorij (`env/ROOT` datoteka) i pročitati konfiguraciju u kojoj je definirano da će koristiti **korisnika** (sa odgovarajućim UID-om i GID-om)

`racun` za rad, korisnika `log_racun` za spremanje sistemskih zapisa u direktorij `direktorij/log/main`.

Pri podizanju će rečeni servis započeti osluškivanje na IP adresi `ip_adresa` (najčešće je to adresa nekog vanjskog Ethernet sučelja), koje se definira u `env/IP` datoteci kao i kod `dnscache` servisa. Kako je `tinydns` zamišljen kao servis za sve korisnike na Internetu, ne postoji nikakva pristupna lista. Za formiranje različitih pogleda se obično koristi više odvojenih `tinydns` servisa, pri čemu je svaki u vlastitom direktoriju i sa vlastitom **bazom**. Primijetite da tinydns odgovara isključivo na jednostavne iterativne UDP/53 upite. Svi drugi tipovi upita se odbacuju, a to su npr: prijenosi zone (AXFR, IXFR), inverzni upiti, upiti za klasama koje nisu IN, nepotpuni paketi, TCP upiti i višestruki upiti.

Osim rečene dvije konfiguracijske datoteke u `env` direktoriju, servis je karakterističan po tome što se većina konfiguracije odvija u `root` direktoriju, za razliku od `dnscache` servisa:

- `Makefile` - `make` skripta za stvaranje binarne `data.cdb` datoteke iz `data` konfiguracije zone koristeći `tinydns-data` program,
- `add-alias` - program za dodavanje **CNAME** u zonu, pri čemu stvara "**+**" zapis,
- `add-childns` - program za dodavanje delegacije za zonu, pri čemu stvara "**&**" zapis,
- `add-host` - program za dodavanje **A** i **PTR** zapisa u zonu, što je jedan "**=**" zapis,
- `add-mx` - program za dodavanje **MX** zapisa u zonu, pri čemu stvara "**@**" zapis,
- `add-ns` - program za definiranje **NS** za zonu, pri čemu stvara "**.**" zapis,
- `data` - konfiguracija zone u obliku čistog teksta,
- `data.cdb` - binarna datoteka stvorena iz data zone koristeći `tinydns-data` program.

Uz osnovni `tinydns-conf` postoje još dva vrlo bitna programa:

- `tinydns-data` - čita konfiguraciju jedne ili više zona iz `data` datoteke i stvara `data.cdb` **binarnu** datoteku. Cijela operacija se obavlja atomično, a se smije koristiti i dok je servis aktivan. Nakon svake promjene izvorišne datoteke nužno je svaki put ručno pokrenuti rečeni program. O samom formatu izvorišne datoteke će još biti riječi.
- `tinydns-edit` - omogućava editiranje data datoteke, odnosno dodavanje novih zapisa. Za svaku naredbu dodavanja postoji odgovarajuća add- skripta, a dotične su objašnjene u gornjem odlomku.

Naposljetku, opišimo i konfiguraciju samih DNS podataka, odnosno način pisanja zapisa u `data` datoteci:

- ...

5 MaraDNS

6 PowerDNS

A Primjeri konfiguracija

Donosimo različite dijelove konfiguracije stvarnih DNS poslužitelja. Prije ikakve upotrebe preporuča se pročitati prethodna poglavlja. Naravno, ovo su tek dijelovi konfiguracije koji mogu ali i ne moraju u funkcionirati - već trebaju poslužiti samo kao primjer za pisanje vlastitih konfiguracija.

A.1 Bind9 konfiguracija - named.conf

```
// kome dajemo zone transfer
// primijetite -- pozeljno je davati zone transfer
// samo nadredjenim DNS posluziteljima
acl "xfer" {
  161.53.72.21;
  161.53.3.7;
  161.53.2.69;
  161.53.2.70;
  161.53.123.3;
  161.53.116.9;
  161.53.71.194;
  127.0.0.1;
  161.53.97.3;
  161.53.97.11;
};

// kome dajemo rekurziju
// primijetite -- pozeljno je davati uslugu
// rekurzije samo racunalima iz vlastite mreze!
acl "trusted" {
  161.53.116.0/22;
  193.198.206.0/24;
  193.198.217.192/27;
  localhost;
};

// parametri rada
options {
        directory "/etc/bind";
        query-source address * port 53;
        allow-transfer { xfer; };
        allow-recursion { trusted; };
        version "Unknown";
        transfer-format many-answers;
        max-transfer-time-in 120;
        interface-interval 120;
        notify yes;
```

```
        recursion yes;
        minimal-responses yes;
        notify-source 161.53.116.8;
        transfer-source 161.53.116.8;
};

// ugasi lame-servers u logovima
logging {
        category lame-servers { null; };
};

// root servers cache
zone "." {
        type hint;
        file "/etc/bind/db.root";
};

// localhost domena
zone "localhost" {
        type master;
        file "/etc/bind/db.local";
};

// reverse 127
zone "127.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/etc/bind/db.127";
};

// reverse 0
zone "0.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/etc/bind/db.0";
};

// reverse 255
zone "255.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/etc/bind/db.255";
};

// nas forward
zone "fsb.hr" {
        type master;
        file "/etc/bind/hosts_fsb.db";
};
```

```
// nasi reverseovi
zone "116.53.161.in-addr.arpa" {
        type master;
        file "/etc/bind/hosts_116.rev";
};

// itd.

// secondary forward
zone "fpz.hr" {
        type slave;
        file "/etc/bind/hosts_fpz.db";
        masters { 161.53.97.3; 161.53.97.11; };
};

// itd.

// razne autogenerirane stvari
include "/etc/bind/zones.rfc1918";
include "/etc/bind/spywaredomains.zones";
```

A.2 Bind9 forward zona - hosts_fsb.db

```
; normalna forward zona
$TTL 1D
@       SOA     localhost.fsb.hr. postmaster.fsb.hr. (
                200508241       ; Serial
                28800           ; Refresh - 5 minutes
                7200            ; Retry - 1 minute
                604800          ; Expire - 2 weeks
                86400 )         ; Minimum - 12 hours
        NS      hobbit.fsb.hr.
        NS      bjesomar.srce.hr.
        NS      mafpz.fpz.hr.
        MX      5       hobbit
        A       161.53.116.9
        TXT "v=spf1 ip4:161.53.116.0/22
ip4:193.198.206.0/24 ip4:193.198.217.192/27 a mx ptr ~all"

localhost       A       127.0.0.1
                AAAA    ::1
cisco           A       161.53.116.1

sw3404-rc-1                 A           161.53.116.2
sw404-rc-2                  A           161.53.116.3
sw404-rc-3                  A           161.53.116.4
; itd.
```

```
arwen                          A           161.53.116.15
fsbwireless.fsb.hr.            CNAME       arwen.fsb.hr.
wireless.fsb.hr.               CNAME       arwen.fsb.hr.
; itd.
```

A.3 Bind9 reverse zona - db.127

```
; reverzna zona za loopback
$TTL    604800
@       IN      SOA     localhost. root.localhost. (
                              1         ; Serial
                         604800         ; Refresh
                          86400         ; Retry
                        2419200         ; Expire
                         604800 )       ; Negative Cache
TTL
;
@       IN      NS      localhost.
1.0.0   IN      PTR     localhost.
```

A.4 Bind9 wildcard zona - blockeddomain.hosts

```
; sve moguće zapise u zoni preusmjerava na 127.0.0.1
; efikasno za blokiranje cijelih domena za pojedinu
; ustanovu
$TTL    86400   ; one day
@       SOA     ns0.bleedingsnort.com.
bleeding.bleedingsnort.com. (
                           1
                           28800   ; refresh  8 hours
                           7200    ; retry    2 hours
                           864000  ; expire  10 days
                           86400 ) ; min ttl  1 day
                  NS       ns0.bleedingsnort.com.
                  NS       ns1.bleedingsnort.com.
                A       127.0.0.1
*               A       127.0.0.1
```

A.5 Bind9 prazna zona - db.empty

```
; ovdje nema ničega
$TTL    86400
@       IN      SOA     localhost. root.localhost. (
                              1         ; Serial
                         604800         ; Refresh
                          86400         ; Retry
```

```
                        2419200         ; Expire
                          86400 )       ; Negative Cache
TTL
;
@       IN      NS      localhost.
```

A.6 Bind9 reverse zona - hosts_116.rev

```
; normalna reverzna zona
TTL 1D
@               SOA     localhost.fsb.hr.
postmaster.fsb.hr. (
                        200508234       ; Serial
                        28800           ; Refresh - 5
minutes
                        7200            ; Retry - 1 minute
                        604800          ; Expire - 2 weeks
                        86400 )         ; Minimum - 12
hours
                NS      hobbit.fsb.hr.
                NS      bjesomar.srce.hr.
                NS      mafpz.fpz.hr.
1                       PTR     cisco.fsb.hr.
2                       PTR     sw3404-rc-1.fsb.hr.
3                       PTR     sw404-rc-2.fsb.hr.
4                       PTR     sw404-rc-3.fsb.hr.
5                       PTR     fsb-backrout.fsb.hr.
; itd.
```

A.7 TinyDNS zapisi

```
&hybserv.net::dns.hybserv.net.:86400
&hybserv.net::ns.icsbg.net.:86400
+cvs.hybserv.net:161.53.71.235:86400
+dns.hybserv.net:161.53.71.235:86400
+hybserv.net:161.53.71.235:86400
+localhost.hybserv.net:127.0.0.1:86400
+mail.hybserv.net:161.53.71.235:86400
+www.hybserv.net:161.53.71.235:86400
@hybserv.net::dns.hybserv.net.:5:86400
@hybserv.net::ns.icsbg.net.:10:86400
Csvn.hybserv.net:cvs.hybserv.net.:86400
Ctrac.hybserv.net:cvs.hybserv.net.:86400
Cviewcvs.hybserv.net:cvs.hybserv.net.:86400
Cw.hybserv.net:www.hybserv.net.:86400
Cweb.hybserv.net:www.hybserv.net.:86400
Cww.hybserv.net:www.hybserv.net.:86400
```

```
Zhybserv.net:dns.hybserv.net.:postmaster.hybserv.net.::2880
0:7200:604800:604800:86400
```

B. Literatura

- ISO 3166, ISO 3166-1 Alpha-2, ISO 3166-3
- RFC 1394: Relationship between Internet domain names and telex ID codes
- RFC 3912: Whois protocol specification
- RFC 822: Domain names: Concepts and facilities
- RFC 823: Domain names: Implementation and specification
- RFC 974: Mail routing and the domain system
- RFC 1034: Domain names: Concepts and facilities
- RFC 1035: Domain names: Implementation and specification
- RFC 3425: Obsoleting IQUERY
- RFC 1123: Requirements for Internet Hosts - application and support
- RFC 2181: Clarifications to the DNS specification
- RFC 2308: Negative caching of DNS queries
- RFC 1995: Incremental zone transfers in DNS
- RFC 1996: A mechanism for prompt notification of zone changes
- RFC 2136: Dynamic updates in the domain name system
- RFC 2845: Secret key transaction authentication for DNS (TSIG)
- RFC 1886: DNS extensions to support IP version 6
- RFC 2065: Domain name system security extensions
- RFC 2137: Secure domain name system dynamic update
- RFC 1535: A security problem and proposed correction with widely deployed DNS software
- RFC 1536: Common DNS implementation errors and suggested fixes
- RFC 1982: Serial number arithmetic
- RFC 1183: New DNS RR definitions
- RFC 1706: DNS NSAP resource records
- RFC 2168: Resolution of Uniform Resource Identifiers using the Domain Name System
- RFC 1876: A means for expressing location information in the Domain Name System
- RFC 2052: A DNS RR for specifying the location of services
- RFC 2163: Using the Internet DNS to distribute MIXER conformant global address mapping
- RFC 2230: Key exchange delegation record for the DNS
- RFC 1101: DNS encoding of the network names and other types
- RFC 1123: Requirements for Internet hosts: application and support
- RFC 1591: Domain name system structure and delegation
- RFC 2317: Classless IN-ADDR.ARPA delegation
- RFC 1537: Common DNS data file configuration errors
- RFC 1912: Common DNS operation and configuration errors
- RFC 2010: Operational criteria for root name servers
- RFC 2219: Use of DNS aliases for network services

- RFC 1464: Using the Domain Name System to store arbitrary string attributes
- RFC 1713: Tools for DNS debugging
- RFC 1794: DNS support for load balancing
- RFC 2240: A legal basis for domain name allocation
- RFC 2345: Domain names and company name retrieval
- RFC 2352: A convention for using legal names as domain names
- Wikipedia - http://www.wikipedia.org/
- The TCP/IP Guide - http://www.tcpipguide.com/
- Cisco: Configuring the DNS Service
- O'Reilly: DNS and BIND in a Nutshell, 1994.
- DNS report - http://www.dnsreport.com/
- Life with djbdns - http://www.lifewithdjbdns.com/
- Tinydns.Org - http://www.tinydns.org/