

Domain Name System

Markus Peuhkuri

2001-01-24

Luennon aiheet

- Miksi ja miten nykyinen nimipalvelu
- DNS-rakenne
- Piirininimien hankkiminen
- Nimipalvelu käytännössä

Kirjasta kappaleet

- The Evolution of Names and the Domain Name System, s. 76–84
- Domain Name Services, s. 412 – 420
- Domain Name Management, s. 593 – 594

Nimipalvelun tarve

- Verkko-osoitteet numeroita
 - kiinteä pituus tai maksimipituus
 - * puhelinverkossa max. 15 numeroa
 - * ATM (OSI NSAP) 20 oktetia (160 bittiä)
 - * IPv4 32 bittiä, IPv6 128 bittiä
 - optimoitu reititystä varten
 - ⇒ sisältävät tietoa verkon rakenteesta
 - ⇒ muutos verkossa voi muuttaa osoitetta
 - eivät sisällä helposti muistettavaa logiikkaa
- Nimet ihmisille ja *myös sovelluksille* helpompia
 - looginen rakenne
 - nimi ei ole sidoksissa tiettyyn laitteeseen tiettyssä verkossa
 - muistettava
 - oletuksia, esimerkiksi *www*, *ns*, *smtp*

Internetin nimipalvelun kehitys

1. Aluksi litteä nimiavaruus, nimissä ei mitään erityistä rakennetta tai logiikkaa
 - keskitetty lista Stanfordin tutkimuskeskuksessa
 - kopiointi kaikkiin koneisiin
 - koneiden määrän lisääntyessä
 - (a) päivitystiheys kasvoi
 - (b) tiedoston koko kasvoi
 - (c) kopiointiin useammille koneille

⇒ kuormitusongelma

2. IEN-116 nimipalvelu

- sidoksissa verkon rakenteeseen: alkuperäisiin A-, B- ja C-luokan verkkoihin
- ei skaalautunut suurelle organisaatiomäärälle

From: *postel@venera.isi.edu*
Subject: *re: IEN-116 nameserver*
Date: *Tue, 21 Jun 88 14:58:10 PDT*

It is my hope that all IEN-116 name servers will die soon.
(Actually, i wanted to believe they were all already dead.)
Long live the Domain Name System.

--jon.

3. Piiriniijärjestelmä (DNS: Domain Name System) [9, 10]

- puurakenne
⇒ hierrarkinen, delegoitava
- erossa verkon fyysisestä rakenteesta

Tiedostopohjainen nimipalvelu

- Alkuperäinen `hosts.txt` edelleen tuettu, esimerkiksi UNIXTM-järjestelmissä `/etc/hosts`
- Varalta nimipalvelun toimimattomuuden varalta
- Päivityksestä huolehdittava
Joissakin järjestelmissä voidaan määrittää esimerkiksi `/etc/resolv.conf` tiedoston avulla, käytetäänkö ensisijaisesti `hosts`-tiedostoa vai nimipalvelua.

Nimipalvelun toiminta

Nimipalvelu on hajautettu tietokanta verkossa olevista koneista ja niiden nimistä.

1. Sovellusohjelma kysyy käyttöjärjestelmän selvittäjältä (resolver) nimeä vastaavaa IP-osoitetta
2. Selvittäjä kysyy asiaa siihen konfiguroidulta nimipalvelimelta, joita voi olla määritelty useita: mikäli ensimmäinen ei vastaa kysytään toiselta jne.
3. Nimipalvelin etsii tietoa ensin omasta käteismuistista ja tarvittaessa kysyy muilta nimipalvelimilta
4. Saatuaan kysytyn tiedon, palautetaan tieto kysyvälle koneelle, joka edelleen välittää sen sovellusohjelmalle

Nimiavaruuden rakenne

- Puumainen rakenne

1. Juuri “.”

- 13 kpl juuripalvelimia `a . . . m.root-servers.net`
- nimipalvelun käynnistystieto, mutta itseasiassa nimipalvelimelle riittää tietää yhdenkin toisen luotettavan nimipalvelimen osoite.

2. Ylimmän tason piirinit

gTLD (Generic Top-Level Domain) yleiset piirinit `com`, `org`...

ccTLD (Country Code Top-Level Domain) ISO 3166 2-alpha -koodit (`fi`, `us`, `se`, `au`, `at`, `ee`...

3. Organisaatiotyyppi

- käytössä joissain maissa esim. UK, Australia, Israel, Japani
- com tai co, edu tai ac ...

4. Organisaation piirinimi

- lyhenne (hut, pjoy)
- tavaramerkki, aputoiminimi
- virallinen nimi (suomensarjakuvaseura)

5. Organisaation alipiiri

- organisaatioon tai maantieteelliseen jakoon perustuva
- helpottaa suuren organisaation hallintaa
- mahdollisesti useita tasoja

6. Laitetunniste

- laitteen nimi (hostname)
- piirissä yksikäsitteinen
- kukin osanimi enintään 63 merkkiä
- kaikki osat yhteensä (ml. välissä olevat pisteet) 255 merkkiä
- sallitut merkit A-Z, 0-9 ja “-”
- isot ja pienet kirjaimet samanarvoisia

Täydellinen piirinimi (FQDN: Fully Qualified Domain Name)

laite(.aliorg)*.organisaatio(.tyyppi)?.TLD

- | | | |
|--|-----------|----------------|
| | laitenimi | www |
| • Muodostuu laitteenimestä ja piirinimestä | piirinimi | tct.hut.fi |
| | FQDN | www.tct.hut.fi |

- Luetaan oikealta vasemalle

Aikoinaan (1980-luvun lopulla) Iso-Britanian JANET-verkossa FQDN kirjoitettiin päinvastaisessa järjestyksessä eli vasemalta oikealle. Joissain vanhoissa dokumentissa voi törmätä osoitteisiin, jotka ovat tyyppiä user@uk.ac.example; tämän voi muuttaa nykymuotoon kääntämällä järjestyksen user@example.ac.uk.

- Laitetta voidaan osoittaa
 - täydellisellä piirinimellä
 - laitteenimellä mahdollisesti täydennettynä osittaisella piirinimellä, esimerkiksi TKK:n alueella www.tct vie koneelle www.tct.hut.fi kun taas www vie koneelle www.hut.fi, ellei kokeilla jonkun alipiirin alueella.

Yleiset päätason piirinimet (gTLD)

- Alunperin Internet Yhdysvaltain sisällä käytettäväksi
⇒ USA-keskeiset määrittelyt
 - .gov USA:n hallituksen organisaatiot (esim. fbi.gov, whitehouse.gov)
 - .mil USA:n armeijan käyttöön (esim. af.mil)
 - .edu pääasiassa yhdysvaltalaiset yliopistot (esim. mit.edu, harvard.edu)
- Myöhemmin laajennettu kansainväliseksi [11]

- .com** kaupallisille yrityksille, nykyään erittäin laajaksi paisunut, noin 1,6 miljoonaa piiriä (esim. `sun.com`, `whitehouse.com`)
- .net** alunperin verkko-operaattoreille tarkoitettu, nykyään sisältää mitä tahansa (esim. `uusitupa.net`), noin 150.000
- .org** erilaisia organisaatioita, jotka eivät sovellu muihin ryhmiin – tai ole saaneet **.com**-piiriä (esim. `eff.org`, `debian.org`, `amnesty.org`, `metso.org`), noin 150.000
- .int** kansainvälisille, valtioiden välisillä sopimuksilla perustetuille organisaatioille (esim. `un.int`, `itu.int`, `nato.int`, 47 kappaletta)
- Uudet, 2001-02 voimaan tulevat piirinitimet (tilanne 2002-01-09)
 - .aero** lentoyhtiöiden käyttöön – Societe Internationale de Telecommunications Aeronautiques SC, (SITA): käynnistymässä
 - .biz** yritystoimintaa varten – JVTeam, LLC; yli 500.000
 - .coop** yhteistoiminnallisille yrityksille – National Cooperative Business Association, (NCBA): ei vielä käytössä
 - .info** rajoittamaton – Afilias, LLC, yli 675.000
 - .museum** museot – Museum Domain Management Association, (MDMA): käynnistymässä
 - .name** yksityishenkilöille 3. tasolla `john.doe.name` – Global Name Registry, LTD: käynnistyy 2002-01-15
 - .pro** “ammattilaiset”, esim. `johnDoe.med.pro` – RegistryPro, LTD: määrittely kesken

Piirinimien hankkiminen

- Yleiset päätason piirinitimet
 - useita rekisteröijiiä
 - hinnat vaihtelevat
 - lista <http://www.icann.org>

Alunperin **.com**, **.net** ja **.org** piirinimien jako oli InterNIC:n yksinoikeus. Tämä varma (USD 35/vuosi/nimi) tulonlähde herätti kovasti kritiikkiä ja vuoden 1999 alusta lähtien on ollut muitakin rekisteröijiiä.

- Maakohtaiset piirinitimet
 - eri maissa erilaisia käytäntöjä
 - Suomi, fi** varsin tiukat säännöt (10.000)
 - * hakijan kauppa-, yhdistys- tai säätiörekisteriin merkitty nimi
 - * tavaramerkkirekisteriin merkitty sanamerkki
 - * julkisyhteisölle joko tämän nimi, nimen lyhenne tai julkista tehtävää kuvaava muu lyhenne<http://www.ficora.fi/suomi/internet/abc.htm>
 - Japani, jp** yrityksen tulee toimia Japanissa ja transliteroinnin oltava oikein
 - Tuvalu, tv** (37)
 - Tonga, to** “ostettu” maakoodi, vapaasti rekisteröitävissä (2.500)

Nimipalvelun komponentit

ratkaisija käyttöjärjestelmässä oleva kirjasto, joka tarjoaa sovellusrajapinnan ja kysyy tiedot määritellyltä nimipalvelimelta, joka on läheisessä verkossa. Ratkaisija lähettää rekursiivisen pyynnön ts. pyytää nimipalvelijaa ratkaisemaan kyselyn loppuun saakka. Ratkaisija ei yleensä pidä omaa välimuistia. (*resolver*)

ensisijainen nimipalvelin kullakin piirillä yleensä yksi, joskin isoilla piireillä (kuten juurella) voi olla useita ensisijaisia nimipalvelimia. Näiden synkronoinnista tulee huolehtia. Ensisijainen nimipalvelin voi olla myös piilotettu eli se ei vastaa ulkopuolisiin kyselyihin vaan ainoastaan antaa julkisten nimipalvelimien hakea tiedot.

Sisältää kaikki piirin nimipalvelutiedot (*primary nameserver*)

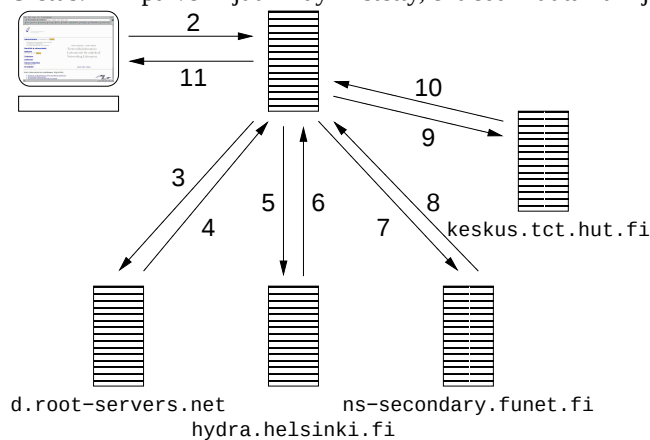
toissijainen nimipalvelin hakee tiedot ensisijaiselta palvelimelta käynnistyksen yhteydessä, määritellyin aikavälein tai kun ensisijainen nimipalvelin ilmoittaa muutoksesta. Kullakin alueella tulisi olla vähintään kaksi nimipalvelinta: tyypillisesti yksi ensisijainen nimipalvelin ja yksi toissijainen. Ulkopuoliselle ensi- ja toissijainen nimipalvelin eivät eroa mitenkään. (*secondary nameserver*)

välimuistininimipalvelin ei toimi minkään piirin nimipalvelimenä vaan selvittää ja vastaa asiakkaiden kyselyihin. Ensi- ja toissijaiset nimipalvelimet toimivat usein myös välimuistipalveliminä. (*caching name server*)

välitysnimipalvelin toimii kuten välimuistininimipalvelin, mutta antaa tuntemattomat kyselyt selvitettäväksi toiselle nimipalvelimelle. Tarpeen esimerkiksi suojatussa verkossa, josta ei voida suoraan liikennöidä. Auttaa myös jakamaan kuormaa. Asiakkaan verkon oma nimipalvelin voidaan konfiguroida kyselemään ensisijaisesti ISP:n nimipalvelimelta, jolloin välimuistista saadaan suurin hyöty. (*forwarding name server*)

Nimen selvitys: **www.tct.hut.fi**

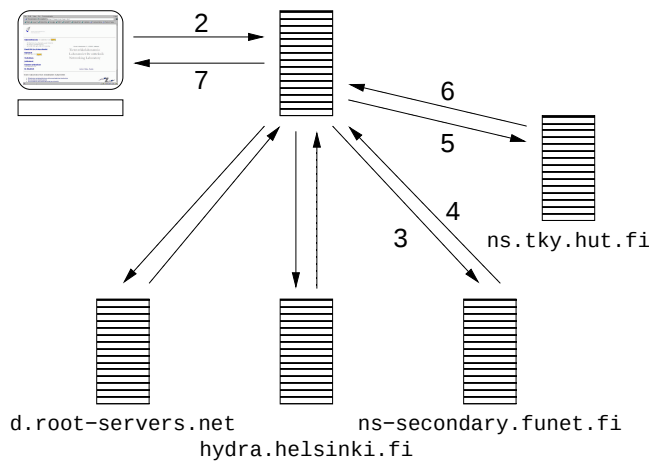
Oletus: nimipalvelin juuri käynnistetty, ei tiedä muuta kuin juuripalvelimet.



1. Käyttäjä kirjoittaa selaimen **www.tct.hut.fi** ja painaa enter
⇒ selain kysyy kirjastolta **www.tct.hut.fi**:n osoitetta
2. Ratkaisijakirjasto muodostaa nimipalvelukyselyn ja lähettää sen määritellylle nimipalvelimelle *rekursiivisena* kyselynä
3. Nimipalvelin ei tiedä vastausta, joten se tekee *iteratiivisen* kyselyn yhdelle juurinimipalvelimista. Joihinkin nimipalvelinohjelmistoihin on mahdollista määritellä, missä päin osoiteavaruutta olevilta palvelimilta ensisijaisesti kysytään.
4. Juurinimipalvelin ei tiedä vastausta kyselyyn, mutta sensijaan palauttaa listan **fi**-piirin nimipalvelimistä
5. Nimipalvelin kysyy **www.tct.hut.fi**:n osoitetta yhdeltä näistä
6. Vastauksena tulee lista **hut.fi**-piirin nimipalvelimistä
7. Nimipalvelin kysyy **www.tct.hut.fi**:n osoitetta yhdeltä näistä
8. Vastauksena tulee lista **tct.hut.fi**-piirin nimipalvelimistä
9. Nimipalvelin kysyy **www.tct.hut.fi**:n osoitetta yhdeltä näistä
10. Vastauksena tulee tieto, että **www.tct.hut.fi** on **130.233.154.176**

Nimen selvitys: **www.tky.hut.fi**

Oletus: kysely tapahtuu kohta edellisen kyselyn jälkeen (tietueet edelleen voimassa)



1. Käyttäjä kirjoittaa selaimeen `www.tky.hut.fi` ja painaa enter
⇒ selain kysyy kirjastolta `www.tky.hut.fi`:n osoitetta
2. Ratkaisijakirjasto muodostaa nimipalvelukyselyn ja lähettää sen määritellylle nimipalvelimelle *rekursiivisena* kyselynä
3. Nimipalvelin ei tiedä vastausta, mutta se tietää, mitkä ovat `hut.fi`-piirin nimipalvelimet. Se lähettää *iteratiivisen* kyselyn yhdelle näistä.
4. Vastauksena tulee lista `tky.hut.fi`-piirin nimipalvelimista
5. Nimipalvelin kysyy `www.tky.hut.fi`:n osoitetta yhdeltä näistä
6. Vastauksena tulee tieto, että `www.tky.hut.fi` on `130.233.16.2`

Mitä nimipalvelussa on

- Tietue muodostuu

nimi: avain, minkä perusteella haetaan

arvo: haettu arvo

tyypistä: miten nimi-arvo -pari tulkitaan

A IPv4 osoite

NS piirin nimipalvelin

CNAME nimi aliakselle, esim. `www.tct.hut.fi` ⇒ `keskus.tct.hut.fi` Aliasta *ei* voi käyttää esim. MX-kentässä

DNAME alipuun uudelleenohjaus, hyödyllinen esimerkiksi käänteisen nimipalvelun yhteydessä, missä `in-addr.arpa`-puu operaattorin osoiteavaruuden osalta siirtää esim. `in-addr.isp.example` ja tästä edelleen asiakkaille. Hyöty erityisesti IPv6-verkoissa. [3]

HINFO tietoa koneesta, esim. käyttöjärjestelmä. Nykyään harvemmin käytetty tietoturvasyistä.

MX postinvälityksestä huolehtiva kone, voidaan määritellä suosituimmuusjärjestys

PTR osoitin nimeen

AAAA IPv6 osoite (ns. nibble-format, poistuva)

A6 IPv6 osoite bittikenttiin [2] perustuva hierarkinen määrittely

RP vastuuhenkilö

LOC laitteen koordinaatit

TXT vapaamuotoista tekstiä, esimerkiksi organisaation täydellinen nimi ja sijainti

SIG julkisiin avaimiin perustuva allekirjoitus, joko yksittäisten tietueiden tai koko transaktion [4]

TSIG jaettuun salaisuuteen perustuva allekirjoitus, jota voidaan käyttää organisaation sisällä tietueiden ja kyselyiden autentikointiin. Nopeampi laskea kuin SIG. [12]

KEY avain, jolla voidaan tarkistaa SIG-tietueet [4] tai käyttää muihin tarkoituksiin (TLS, sähköposti, IPSec). Avaimia voi olla useilla algoritmeilla (RSA/MD5, Diffie-Hellman, DSA, RSA/SHA-1). Suositellaan, että eri tarkoituksia varten on erilliset avaimet.

CERT sertifikaatti, esim. PKIX, SPKI, PGP avainten varmistamiseen. [5]

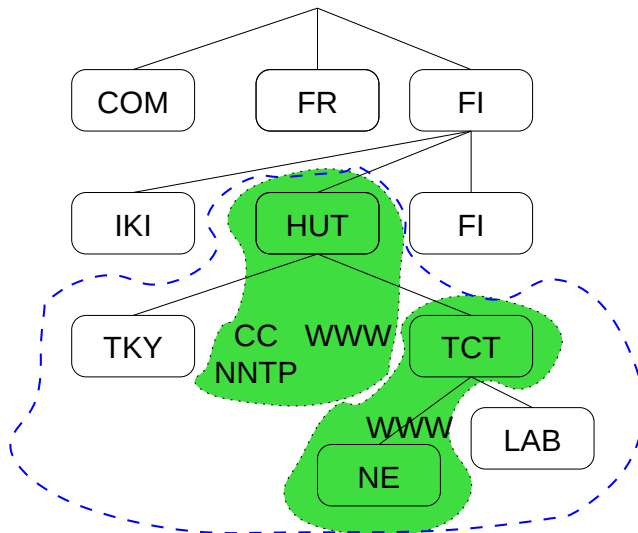
luokka: käytännössä vain Internet-luokka, mahdollista määritellä erillisiä nimiavaruuksia

elinikä: kuinka kauan tieto on voimassa, tarpeen välimuistin toiminnan kannalta

Aluetiedostot

```
tct.hut.fi IN SOA keskus.tct.hut.fi. puhuri.tct.hut.fi. (  
    101008602 ; serial number  
    10800 ; Refresh 3 hours  
    3600 ; Retry 1 hour  
    604800 ; Expire 1 week  
    86400 ) ; TTL 1 day  
  
    IN NS keskus.tct.hut.fi. ; primary name server  
    IN NS ns1.hut.fi. ; first secondary  
    IN NS ns2.hut.fi. ; second secondary  
  
    IN MX 10 keskus ; primary mail server  
    IN MX 20 smtp-1.hut.fi. ; backup  
    IN MX 20 smtp-2.hut.fi. ; second backup  
  
keskus IN A 130.233.154.176  
      IN MX 10 keskus  
  
www    IN CNAME keskus  
smtp   IN CNAME keskus  
  
kytkin.ne IN A 10.0.0.1
```

Alueen ja piirin ero



piiri (*domain*) on haara DNS-puusta

alue (*zone*) on osa (tai kokonaan) piiriä

Alipiirit voivat kuulua samaan alueeseen tai ne voivat olla erillisenä piirinä.

Nimen selvittäminen osoitteesta

- IP-osoitteilla ja nimillä ei keskinäistä riippuvuutta
- Oltava erillinen hierarkia IP-osoitteille: `in-addr.arpa`

- Jos halutaan tietää `130.233.154.148` vastaava nimi, kysytään `148.154.233.130.in-addr.arpa PTR`-tyyppi
- Delegointi tavurajalta helppo, muutenkin onnistuu aliaksia käyttäen [6]
- Käänteinen nimipalvelu “turvaa” palvelut, eräät palvelimet kieltäytyvät yhteyksistä koneilta, joille ei löydy käänteistä nimipalvelua.
- Tarvittaessa kysytään molemmin päin:
 - Yhteys koneelta `10.9.2.3`
 - `3.2.9.10.in-addr.arpa` $\Rightarrow$ `dial-3.example.net`
 - `dial-3.example.net` $\Rightarrow$ `10.9.2.3` $\Rightarrow$ OK

Nimipalvelu operaattorin palveluna

- Nimipalvelulta vaaditaan suurta luotettavuutta
Jos jonkun piirin nimipalvelimista mikään ei vastaa tai antaa väärä vastauksia, tästä seuraa yleensä ongelmia, erityisesti sähköpostin välituksen suhteen.

- Yksittäisen vian (verkkolaite, kaapeli, palvelin) ei tulisi aiheuttaa nimipalvelun pysähtymistä
 $\Rightarrow$ palvelimet eri puolille verkkoa (sekä maantieteellisesti että topologisesti)

Esimerkiksi Suomen .fi-juuren nimipalvelimien sijoituspaikat:

- Helsinki (x2)
- Espoossa
- Amsterdam (NL)
- Fairfax (VI, USA)
- Houston (TX, USA)

yahoo.com:n nimipalvelimien kaupungit:

- Sunnyvale (CA, USA)
- Lontoo (UK)
- Santa Clara (CA, USA)

microsoft.com:n nimipalvelimet (2001-01):

DNS5.CP.MSFT.NET	internet address = 207.46.138.12
DNS7.CP.MSFT.NET	internet address = 207.46.138.21
DNS6.CP.MSFT.NET	internet address = 207.46.138.20
DNS4.CP.MSFT.NET	internet address = 207.46.138.11

- Yksittäisen asiakkaan vaikea toteuttaa
- Toissijainen nimipalvelu “kevyt” palvelu
 $\Rightarrow$ helposti lisäarvoa asiakkaalle
- Asiakkaalla edelleen oma hallinta

Nimipalvelun turvallisuus

- Nimipalvelutiedot kriittisiä verkon turvalliselle toiminnalle
 - sähköpostien ohjaus
 - yhteyksien ohjaus (salasanojen kaappaus, man-in-middle)
- Avaimet (SSL, TLS, SSH, IPSec) tuovat jonkin verran turvaa

- Välimuistin saastuttaminen

ns.innocent.example: 1.0.0.10.in-addr.arpa IN PTR ? ⇒ ns.evil.example
 ns.evil.example ⇒ ns.innocent.example:

1.0.0.10.in-addr.arpa	IN	PTR	trap.evil.example
bank.example	IN	NS	ns.evil.example
www.bank.example	IN	A	middlebox.evil.example
company.example	IN	NS	ns.evil.example
company.example	IN	MX	1 mailrecord.evil.example

- Vaikeasti havaittamissa

Nimipalvelun kehitys

- Juuripalvelun selkeyttäminen [1]
- Turvallisuus heikkoa
 - nimipalvelutietojen allekirjoittaminen[4]
- Avainjakelu
- DNS yleiskäyttöisenä hakemistona, ei välttämättä järkevää: DNS on suunniteltu nimi-osoitemuunnoksiin.
- IPv6
- Merkistön laajentaminen, Microsoft ajaa mutta rikkoo monta asiaa [8]
 - sähköposti
 - reititys (reitityspolitiikkatietokannat)
 - verkonhallinta (SNMP)
 - sertifikaatit (TLS, IPsec)

DNSSEC

- Nimipalvelutiedot autentikoimattomia
 - aluetiedostoissa (ts. authoritatiivisilla palvelimilla)
 - välimuistissa
 - verkossa

⇒ useita mahdollisuuksia väärentää

Palvelujen hakeminen

- Perinteisesti “oletetut nimet”
 - nntp, news
 - smtp, mail
 - www, http, home
- Ei vakiintunutta käytäntöä
- Ei vaihtoehtoisia palvelimia, vrt. MX-tietueet
- SRV [7]
 - yleistys MX-tietueile
 - `_ldap._tcp.example.com` kysyy TCP-protokollaa tukevat LDAP-palvelimet `example.com`-piirille
 - vastauksena lista, joissa tietuilla on **prioriteetti** kuten MX-tietueissa, pienempiarvoinen koetettava ensin

paino määrää valintatodennäköisyyden saman prioriteetin tietueiden kesken. Tällä on mahdollista jakaa liikennettä eri suhteissa eri palvelimien kesken. Tätä ei kuitenkaan voi käyttää dynaamiseen kuormanjakoon ilman, että nimipalvelun välimuistitoiminta turmeltuu.

portti kuljetusprotokollan (TCP, UDP) portti, mihin yhteydenmuodostus tapahtuu. Vähentää tarvetta päivittää `/etc/services`-tiedostoa (tai vastaava) uusien palvelujen myötä.

kohde koneen DNS-nimi, joka tarjoaa palveluja. Tähän nimeen voi liittyä useita osoitetietueita, joka suositellaan palautettavaksi samassa kyselyssä. Nimi ei voi olla alias (CNAME). Mikäli palvelua ei tarjota, kohde on `."` (juuri).

```
$ORIGIN example.com
_ssh._tcp SRV 0 10 22 fast.example.com.
          SRV 0 1 22 slow.example.com.
          SRV 10 0 24 old.example.com.
```

Yhteenveto

- DNS lisää verkon käyttäjystävällisyyttä
- "Helppo" palvelu
- Paljon politiikkaa
- Turvallisuus (ehkä) paranee

Viitteet

- [1] R. Bush, D. Karrenberg, M. Kisters, and R. Plzak. Root Name Server Operational Requirements. Request for Comments RFC 2870, Internet Engineering Task Force, June 2000. (Best Current Practice) (Obsoletes RFC2010) (Also BCP0040). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2870.txt>.
- [2] M. Crawford. Binary Labels in the Domain Name System. Request for Comments RFC 2673, Internet Engineering Task Force, August 1999. (Internet Proposed Standard). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2673.txt>.
- [3] M. Crawford. Non-Terminal DNS Name Redirection. Request for Comments RFC 2672, Internet Engineering Task Force, August 1999. (Internet Proposed Standard). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2672.txt>.
- [4] D. Eastlake. Domain Name System Security Extensions. Request for Comments RFC 2535, Internet Engineering Task Force, March 1999. (Internet Proposed Standard) (Updates RFC2181, RFC1035, RFC1034) (Updated by RFC2931, RFC3007, RFC3008, RFC3090) (Obsoletes RFC2065). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2535.txt>.
- [5] D. Eastlake and O. Gudmundsson. Storing Certificates in the Domain Name System (DNS). Request for Comments RFC 2538, Internet Engineering Task Force, March 1999. (Internet Proposed Standard). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2538.txt>.
- [6] H. Eidnes, G. de Groot, and P. Vixie. Classless IN-ADDR.ARPA delegation. Request for Comments RFC 2317, Internet Engineering Task Force, March 1998. (Best Current Practice) (Also BCP0020). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2317.txt>.
- [7] A. Gulbrandsen, P. Vixie, and L. Esibov. A DNS RR for specifying the location of services (DNS SRV). Request for Comments RFC 2782, Internet Engineering Task Force, February 2000. (Internet Proposed Standard) (Obsoletes RFC2052). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2782.txt>.
- [8] IAB, L. Daigle, and ed. A Tangled Web: Issues of I18N, Domain Names, and the Other Internet protocols. Request for Comments RFC 2825, Internet Engineering Task Force, May 2000. (Informational). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2825.txt>.

- [9] P.V. Mockapetris. Domain names - concepts and facilities. Request for Comments RFC 1034, Internet Engineering Task Force, November 1987. (Internet Standard) (Updated by RFC1101, RFC1183, RFC1348, RFC1876, RFC1982, RFC2065, RFC2181, RFC2308, RFC2535) (Obsoletes RFC0973, RFC0882, RFC0883) (Also STD0013). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt>.
- [10] P.V. Mockapetris. Domain names - implementation and specification. Request for Comments RFC 1035, Internet Engineering Task Force, November 1987. (Internet Standard) (Updated by RFC1101, RFC1183, RFC1348, RFC1876, RFC1982, RFC1995, RFC1996, RFC2065, RFC2136, RFC2181, RFC2137, RFC2308, RFC2535, RFC2845) (Obsoletes RFC0973, RFC0882, RFC0883) (Also STD0013). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>.
- [11] J. Postel. Domain Name System Structure and Delegation. Request for Comments RFC 1591, Internet Engineering Task Force, March 1994. (Informational). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc1591.txt>.
- [12] P. Vixie, O. Gudmundsson, D. Eastlake, and B. Wellington. Secret Key Transaction Authentication for DNS (TSIG). Request for Comments RFC 2845, Internet Engineering Task Force, May 2000. (Internet Proposed Standard) (Updates RFC1035). URL:<http://www.ietf.org/rfc/rfc2845.txt>.