

VERKKOMIGRAATIO

IP/MPLS-VERKON INTEGRAATIOPROJEKTI JA
TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2010
Veli Ojala

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan Koulutusohjelma

VELI OJALA:

Verkkomigraatio

IP/MPLS-verkon integraatioprojekti ja
tulevaisuuden näkymät

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 38 sivua
Syksy 2010

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyön tavoitteena on laajamittainen runkoverkon migratointi. Työssä käsitellään myös yleistä yritys-integrointia, jossa seitsemän yritystä integroidaan yhdeksi. Työ tehtiin DNA Palvelut Oy:lle.

Teoriaosassa tutustutaan palveluverkon, eli IP/MPLS-verkon perusteisiin sekä siellä tuotettaviin palveluihin ja haasteisiin. MPLS on IP-protokollan päällä toimiva palveluverkko. Tämän lisäksi teoriaosassa kerrotaan sekä sisäisistä IGP-protokollasta IS-IS että ulkoisesta EGP-reititysprotokollasta BGP:stä.

Aikaisemmin DNA Oy:n runkoverkko koostui seitsemän yrityksen erilaisista verkoista ja tavoista toimia. Näiden yhteensovittaminen vaatii tarkkaa projektisuunnittelua ennen kuin itse migraatio voidaan toteuttaa.

Verkkomigraatioprojektissa on otettava huomioon yrityksen nykyiset tavat toimia, sekä luotava selkeä kuva tulevaisuuden tahtotilasta. Varsinaisessa työosuudessa kerrotaan DNA Oy:n verkkomigraatioprojektista, jossa kerrotaan kaikista eri projektin osa-alueista. Lisäksi työosuudessa sivutaan yleistä yritysintegrointia koko konsernin tasolla.

Saatujen tulosten avulla voidaan todeta, että suuri, monen yrityksen integrointi yhdeksi on suuri ja monimutkainen työ, joka sisältää monia työvaiheita sekä erilaisia migratointeja monella eri tasolla. Saadut synergia-edut kuitenkin palkitsevat kahden vuoden aikana tehdyn työn, ja saavutuksena oli yhdenmukainen ja suorituskykyinen yritys- ja palvelukokonaisuus.

Avainsanat: verkkomigraatio, IP, MPLS, QoS, integrointi

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology
Telecommunications technology

VELI OJALA:

Network migration

IP/MPLS network's integration project
and the future

Bachelor's Thesis of Telecommunications technology, 38 pages

Fall 2010

ABSTRACT

This thesis deals with large-scale backbone network migration. There is also general discussion about corporate-integration, where seven corporations are integrated to one.

The theoretical part examines the basics of IP/MPLS service networks, and the services and challenges in those networks. MPLS is a service network that is working over the IP protocol. The theoretical part also deals with the internal routing protocol IS-IS and external routing protocol BGP.

Earlier DNA Oy's backbone network consisted of seven "previously independent" networks. Also, the way they were designed differed from one network to another. Integrating these to one functional entity is a difficult task, and it needed careful planning before you were able to start the integration project.

The case study part of the thesis deals with DNA Oy's network migration project, including all the smaller details you were required to take care of when you deal with such a big project. This part also contains basic information about corporate integration.

Based on the results that were gained, you can say that integrating seven quite large companies to one is a huge task. This task includes so many different tiny tasks, such as migrations and smaller integrations, that it needs very careful planning. However, the synergy benefits gained are so big that the two years of work is not wasted, and the resulting environment was consistent and efficient.

Keywords: network migration, IP, MPLS, QoS, integration

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	IP/MPLS-VERKOT YLEISESTI	2
2.1	Siirtoverkot	2
2.2	IP-verkot	6
2.3	Reititysprotokollat	8
2.4	MPLS-palveluverkot ja niiden historia	14
3	MPLS-VERKKOJEN PALVELUT	19
3.1	Palveluluokat MPLS-verkoissa	19
3.2	Käytettävyystavoitteet	19
3.2.1	Palveluiden varmistaminen	19
3.2.2	Laatukriteerit	20
3.2.3	Verkkojen ja palvelutason valvonta	21
3.3	Liikenteen priorisointi MPLS-verkoissa	21
3.4	Nykyiset palvelut	22
3.5	Tulevaisuuden palvelut	23
4	DNA PALVELUT OY:N IP/MPLS-INTEGRAATIOPROJEKTI	24
4.1	DNA Palveluiden synty	24
4.2	Yhdistettävien IP/MPLS-verkkojen lähtötilanne	26
4.3	Uuden IP/MPLS-verkon tavoitteet	27
4.4	Integraatioprojektin määrittely	27
4.5	Integraatioprojektin osa-alueet	28
4.5.1	Hallintaverkkojen yhdistäminen	28
4.5.2	Verkon yhdenmukaistaminen ja QoS	30
4.6	Teknologiahankinnat	31
4.7	Integraatioprojektin toteutus	32
5	TULOKSET	33
5.1	Teknisten toiminnallisuuksien migratointi	33

5.2	Toimintatapojen migratointi	33
6	ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	35
7	TULEVAISUUS	36
	LÄHTEET	38

LYHENNELUETTELO

ACL	Access List, pääsyylista jolla rajoitetaan tai kohdennetaan pääsyä laitteisiin ja verkkoihin
AS	Autonomous System, reititysprotokolla
ATM	Asynchronous Transfer Mode, verkkoprotokolla
BGP	Border Gateway Protocol, reititysprotokolla
FEC	Forward Equivalence Class, tunnisteotsikko
IANA	Internet Assigned Numbers Authority, Internet-auktoriteetti
IETF	The Internet Engineering Task Force, standardointiorganisaatio
IGP	Internal Gateway Protocol, reititysprotokolla
IS-IS	Intermediate System-to-Intermediate System, reititysprotokolla
ISP	Internet Service Provider, verkkoyhteyden palveluntarjoaja
IP	Internet Protocol, maailman yleisin verkkokerroksen protokolla
LDP	Label Distributio Protocol, palveluprotokolla
LIB	Label Information Base, etikettitietokanta
LIR	Local internet Registry, IP-osoiteavaruuksia omaava organisaatio
LSP	Link-State Packet, reititystilapaketti
LSR	Label Switch Router, reitintyyppi
MAC	Media Access Control, laitevalmistajan määrittelemä kiinteä fyysinen verkko-osoite
MPLS	Multiprotocol Label Switching, monipalveluverkko
NAT	Network Address translation, osoitemuunnossa
NAPT	Network Address and Port Translation, osoitteen- ja porttimuunnos.
OSPF	Open Shortest Path First, reititysprotokolla
RFC	Request for comment, Internet-standardeja
RIR	Regional Internet Registry, IP-osoiteavaruuksista päättävä taho
TDP	Transmission Control Protocol, tietoliikenneprotokolla
TCP	Transmission Control Protocol, yleinen kuljetusprotokolla
VLAN	Virtulan Local Area Network, tekniikka, jolla fyysinen tietoliikenneverkko voidaan jakaa loogisiin osiin.
VOIP	Voice over IP, puhedataa pakettiverkoissa

VSLM Variable Length Subnet Mask, vaihtelevamittainen verkkomaski

1 JOHDANTO

Tietoliikenneverkoista puhuttaessa tarkoitetaan erinäisistä verkkokomponenteista muodostunutta viestintäverkostoa, jonka yleensä digitaalisia resursseja voidaan käyttää verkon alueella. Resursseja voidaan käyttää tuottamaan erilaisia palveluita verkon asiakkaille.

Verkon migratoimisella tarkoitetaan siirtymistä vanhasta verkosta, tai tämän opinnäytetyön osalta myöskin kokonaisesta toimintamallista, uuteen. Migraatiolla saatetaan viitata myös jonkin palvelun siirtämistä toiseen ympäristöön.

Integraatio tarkoittaa taas kahden erillisen yhdistämistä yhdeksi kokonaisuudeksi. On tärkeä erottaa tähän opinnäytetyöhön liittyen, miten migraatio ja integraatio eroavat toisistaan, kun puhutaan jonkin toiminnon tai tavan migratoimisesta tai integroimisesta. (Wikipedia 2010.)

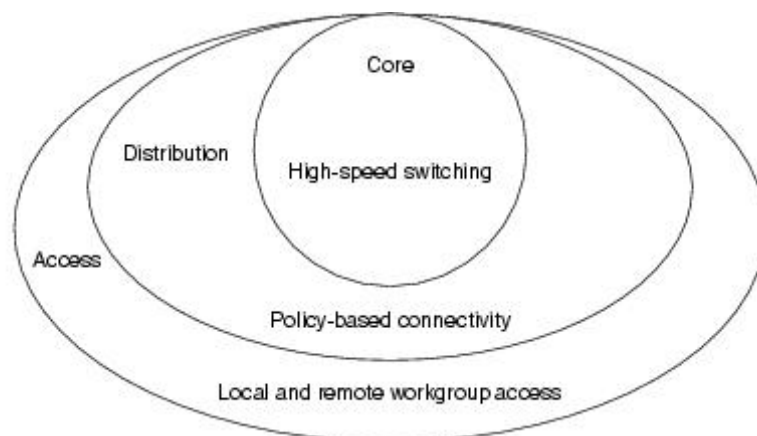
Työ sisältää erilaisia suoritettuja tehtäviä DNA Oy:n verkon migratoimiseksi, ja vanhojen verkkojen integroimiseksi yhteen. Tämän lisäksi on pyritty integroimaan niin vanhojen puhelinyhtöiden kuin uuden DNA Oy:n palveluita yhtenäiseksi kokonaisuudeksi.

Työn tärkein tavoite on saada muodostettua yksi yhteinen runkoverkko Dna Oy:n käyttöön ja hallita sitä keskitetysti sekä organisoidusti. Tämän lisäksi monien muiden konsernin toimintojen osalta on tahtotilana saada selkeästi vakioitu ja homogeeninen ympäristö.

2 IP/MPLS-VERKOT YLEISESTI

2.1 Siirtoverkot

Data verkoissa tarve siirtää tietoa hallitusti kahden pisteen välillä on lähtötilanne, joka pyritään toteuttamaan mahdollisimman nopeasti, kustannustehokkaasti sekä luotettavasti. Itse verkko voidaan jakaa kolmeen osaan hierarkkisen verkkomallin mukaan: Runko-osaan, jakelu-osaan sekä liityntä-osaan (kuvio 1). Tätä hierarkkista verkkomallia on käytetty jo vuosia, kun määränpäänä on ollut suunnitella tietoliikenneverkkoja.



KUVIO 1. Ciscon hierarkkinen verkkomalli (Cisco 2007)

Runko-osa (Core) on se osa verkosta, joka jakelee verkon valtakunnallisella tasolla. Runko-osan tehtävänä on välittää paketteja mahdollisimman nopeasti ja pienellä viiveellä. Tämä verkon taso ei suorita minkäänlaista paketin manipulointia, kuten pääsilystavertailua tai priorisointia, joskin tietyissä skenaarioissa se on välttämätöntä (Gough 2004, 90-92). Tämän tason verkot ovat yleensä operaattoreiden optisia siirtoverkkoja, ja verkkosolmujen välimatkat saattavat olla melko pitkiäkin. Tälle verkon tasolle luetaan laitteeksi verkon suuret runkokytkimet, joissa vaaditaan erittäin suurta läpäisykykyä ilman viivettä (Hucaby 2004, 20.)

Jakelu-osan (Distribution) tarkoitus verkossa on erotella operaattorin verkko ja asiakkaan verkot tiukasti toisistaan. Tällä verkon tasolla siis suoritetaan pakettimanipulointi ja otetaan kantaa verkon turvallisuuteen VLAN:ien (Virtual Local Area Network), ACL:n (Access List) sekä muilla mahdollisilla tekniikoilla. Toiminnot perustuvat yleensä IP-osoitteeseen eli toimitaan OSI-mallin kerroksella kolme (kuvio 2). Lisäksi verkkojen aggregointi eli yhdistäminen on jakelu-osan tehtävä. Lyhyesti sanottuna kaikki verkon loogiseen topologiaan vaikuttavat päätökset tehdään tällä tasolla. Laitteet tällä tasolla ovat reitittämiä, joilla on korkea suorituskyky ja pakettinläpäisy (Hucaby 2004, 20.)

Liityntä-osa (Access) on verkko, johon asiakkaat ovat kiinni fyysisesti. Myös tämä verkon osa ottaa kantaa turvallisuuteen määrittelemällä liityntöjä ja asiakkaita, jotka saavat verkon resursseja käyttää (Gough 2004, 90-91). Usein suodatus tehdään fyysisen osoitteen perusteella eli OSI-mallin kerroksella kaksi (vaikkakin kerroksen kolme IP-osoite, Internet Protocol, on nykypäivän verkoissa aivan yhtä käytetty tapa). Tällä tasolla usein suoritetaan myös priorisointeja, verkon mikrosegmentointia ja erotetaan operaattorin verkko asiakasverkoista. Laitetasolla nämä laitteet ovat usein halpoja peruskytkimiä, joissa on halpa porttihinta ja helppo laajennettavuus (Hucaby 2004, 20.)

Itse tietoliikennettä verkon sisällä kuvataan usein seitsemän kerroksisella OSI-mallilla (Open Systems Interconnect), jonka mukaan verkon toimintaa on helppo havainnollistaa myös verkkotekniikasta vähemmän ymmärtävälle.



KUVIO 2. OSI-malli (Wikipedia 2007a)

Kuviossa kaksi on esitetty OSI-mallin eri kerrokset. Jokainen kerros muodostaa oman loogisen kokonaisuutensa, jota ylemmän tason protokolla voi käyttää mutta hyödyntäen alempien kerroksien tarjoamia palveluita.

Kerroksella seitsemän tieto luodaan sovelluksessa. Tieto välitetään käyttäjälle käyttöliittymän välityksellä, eli tämä kerros on näkyvä itse käyttäjälle.

Kerros kuusi muokkaa lähtevän tai saapuneen tiedon tietyn ennalta määritetyn koodauksen mukaiseksi, kuten esimerkiksi kasaa kuvan pikseleistä. Tällä kerroksella suoritetaan myös mahdollinen datan koodaus ja sen purku, jos sitä ei ole toteutettu ohjelmallisesti kerroksella seitsemän.

Kerroksella viisi hallitaan alempien kerroksien luomia yhteyksiä eli yhteyksiä avataan, suljetaan ja pidetään yllä. Istuntokerros myös vastaa tiedon tahdistuksista tietyissä tilanteissa. Esimerkkinä istuntokerroksen protokollista voidaan mainita esimerkiksi SQL.

Kerroksella neljä tieto muutetaan datasta segmenteiksi, jolloin ylempien kerroksien data saadaan pilkottua tietoverkolle sopivaan formaattiin. Lisäksi vastaanotossa tämä kerros kokoaa tiedon uudelleen. Tämän kerroksen protokollat voivat luoda luotettavia päästä-päähän yhteyksiä, varmistaa datan luotettavuuden,

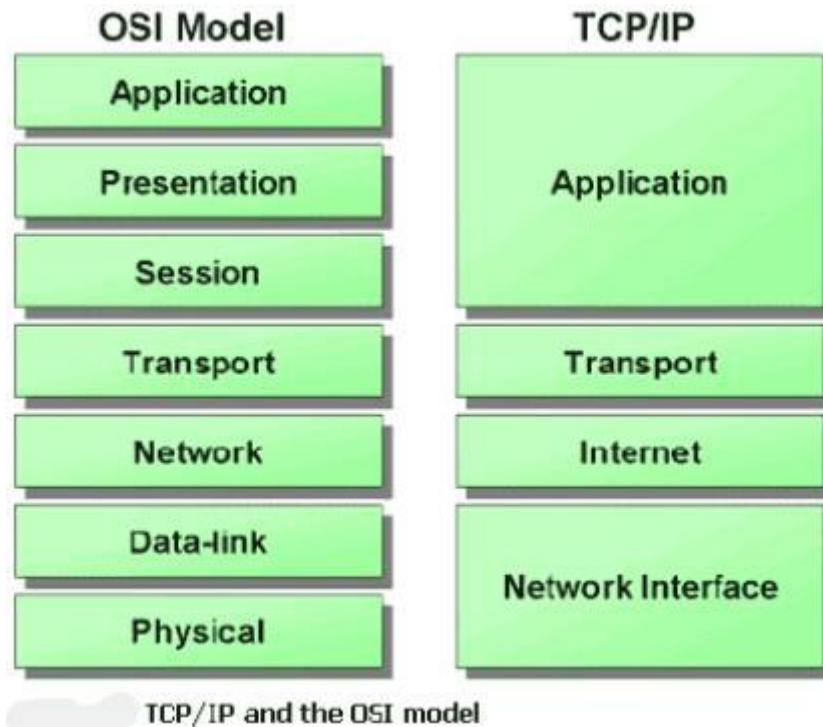
pyytää puuttuvaa dataa uudelleen ja niin edelleen. Tämän kerroksen protokollista mainittakoon TCP ja UDP, joita käsitellään seuraavassa luvussa tarkemmin. Protokollat erottelevat liikennettä ns. porttitiedon avulla, esimerkiksi FTP käyttää TCP portteja 20 sekä 21.

Kerroksella kolme segmenttiä paketoitetaan IP-paketin sisään ja paketin otsikkoon laitetaan IP:n tarvitsemia kenttiä, kuten IP-osoite. Tämä kerros myös vastaa liikenteen ohjaamisesta verkon läpi perille. Tällä tasolla toimii luonnollisesti muitakin protokollia kuin IP, mutta IP on yleisin käytössä olevista ja merkityksellinen tämän opinnäytetyön piirissä.

Kerroksella kaksi on IP-paketti tietoverkossa löytänyt kohdeverkkoonsa, ja siellä se jatkaa matkaansa kakkos tason osoitteen avulla, eli yleisimmissä ethernetverkoissa MAC-osoitteen (media access control) avulla. IP-paketti paketoitetaan tässä tapauksessa ethernetkehysten sisään.

Kerroksella yksi tarkoitetaan fyysistä kerrosta, eli itse johdossa tai kuidussa kulkevaa fyysistä signaalia. Ethernetkehys koodataan verkkokaapeliin sovitun koodaustavan mukaisesti, esimerkiksi ethernetverkoissa koodaustapana on Manchester. Tässä tapauksessa puhutaan tiedon olevan bitti-muodossa. Tähän kerrokseen kuuluvat laitteista yksinkertaiset fyysiset toistimet (Chappell 1999, 13.)

OSI-mallista on olemassa USA:n puolustusministeriön määrittelemä tyypistetty viisi kerroksinen TCP/IP-malli, jossa osa kerroksista on yhdistetty, ja näin niiden toiminta luetaan samaan kerrokseen (kuviokuva 3.)



KUVIO 3. OSI- ja TCP/IP-mallin erot. (Shields 2004)

2.2 IP-verkot

IP-verkot ovat maailman yleisimpiä dataverkkoja nykypäivänä. IP-verkot ovat pakettikytkentäisiä, siinä missä vanhat puhelinverkot ovat piirikytkentäisiä. IP-verkkoja voidaan yhdistää toisiinsa, jolloin syntyy suurempia IP-verkkoja, Internetin ollessa yksi näistä. IP-osoite, joka yhdistää laitteita IP-verkoissa, on kuin puhelinnumero piirikytkentäisessä puhelinverkossa, sen on oltava uniikki maailman laajuisesti. IP-osoitteen avulla on mahdollista suorittaa reitittämistä, joka on IP:n tärkein tehtävä. IP etsii reitin IP-verkon laidalta oikeaan suuntaan kohti kohdetta yhdessä reititysprotokollan kanssa, jota reititystä suorittavat reititimet tekevät. Ilman laajennuksia IP on ”best-effort” protokolla, eli se ottaa kantaa vain reittiin, jota pitkin paketin pitäisi löytää perille. Ylempien OSI-kerroksien protokollat sitten varmistavat datan perille pääsemisen, jos näin halutaan (Chappell 1999, 71.)

IP-osoitteen tarpeesta olla uniikki on koitunut IP:n yleistymisen myötä ongelmia, koska tänä päivänä moni laite aina matkapuhelimista, tietokoneista jääkaapeihin asti vaatii oman uniikin IP-osoitteen. Koska vanhan version 4 IP:sta (IPv4) alkavat loppua osoitteet kesken, on tätä ongelmaa lähdetty ratkaisemaan kahdella eri tavalla. Ensimmäinen ja yleisesti käytössä oleva tapa on nykyisten IP osoitteiden säästäminen ja kierrättäminen. (Chappell, 1999, 76). IP-osoitteiden myöntämisestä vastaa maailmanlaajuisesti IANA (Internet Assigned Numbers Authority), jolta yleensä vain ISP:t (Internet Service Provider) voivat pyytää uusia IP-osoiteavaruuksia. Toinen tapa antaa vanhan version IP:lle lisää elinaikaa on erilaisten tekniikoiden, jotka säästävät IP-osoitteita, käyttö. Näitä ovat mm. NAT ja PAT (Network Address Translation / Port Address Translation) tai yhdessä nimellä NAPT (Network Address and Port Translation). PAT on usein virheellisesti nimetty toimintona NAT:ksi. Näin voidaan liikennöidä julkiseen IP-verkkoon eri osoitteella, kuin on käytössä itse sisäverkossa. Tämä edellyttää, että sisäverkossa on käytössä ns. privaatti ip-osoiteavaruus. IANA on määritellyt, mitkä IP-osoite-avaruuudet on sallittu käytettäväksi julkisessa verkossa, mitkä ovat privaatteja ja mitkä on kielletty kokonaan (Gough 2004, 103-105.)

IP:n päällä voidaan ajaa lähes mitä tahansa ylemmän tason protokollaa, ja näistä yleisimmät ovat TCP ja UDP. TCP/IP- ja UDP/IP-yhdistelmiä voidaan nykypäivänä ajaa lähes millä tahansa alustalla ja siihen tukeutuvia sovelluksia ja toteutuksia on lähes ääretön määrä. IP toimii OSI-mallin kerroksella kolme ja TCP ja UDP kerroksella neljä. Näistä kahdesta TCP on yhteydellinen ja UDP yhteydetön protokolla. TCP osaa pyytää kadonneen tiedon uudelleen, mutta luo taas overheadia, eli protokollan vaatimaa ylimääräisten bittien osuutta suhteessa nettodataan kutsutaan protokollan tehokkuudeksi (overhead). UDP taas pystyy lähettämään tietoa pienellä latenssilla mutta se ei ota kantaa kadonneisiin paketteihin. Molemmille protokollille on käyttökohteensa; siinä missä TCP on luotettava ja varma tapa siirtää tietoa, on UDP hyvä vaihtoehto aikakriittisiin sovelluksiin, kuten VoIP:iin (Voice Over IP) ja televisiokuvan lähettämiseen IP-verkoissa (Päivälehdessä arkistosäätö 2008.)

2.3 Reititysprotokollat

Reititysprotokollaa ei tule sekoittaa reititettyyn protokollaan, kuten IP. Reititetty protokolla on protokolla, joka antaa muille protokollille tiedon siitä, minne paketin tulisi kulkeutua. IP:n osalta tämä informaatio on itse IP-osoite.

Reititysprotokollan tehtävä taas on määrittää itse reitti läpi tietoverkon. IP-osoitteen avulla reititysprotokolla määrittelee reitin tietoverkon lävitse eli reititin suorittaa polun määrityksen (path determination) (Chappell 1999, 79.)

IP-verkoissa suoritettavaan reititykseen on monta toteutusta. Reitityksen idea on siis löytää reitti lähteestä kohteeseen joko staattisen reitin tai dynaamisesti toimivan reititysprotokollan avulla. Staattisen reitin luo verkon ylläpitäjä, ja sitä on ylläpidettävä ylläpitäjän toimesta jos verkon infrastruktuuriin tulee muutoksia. Tämän tyylin etuna on reitityksen keveys. Siihen ei tarvita laskentatehoa, mutta se vaatii ylläpidolta työpanosta. Dynaaminen reititys taas on ennalta määritetty toimenne, reititysprotokolla, joka laskee parhaan reitin tietoverkon läpi. Tämä vaatii reitittimeltä laskentatehoa ja suuret verkot aiheuttavat skaalautuvuusongelmia (Chappell 1999, 82.)

Dynaamiset reititysprotokollat perustuvat reititystiedon keruuseen ja tämän avulla luodun reititystaulun rakentamiseen ja sen jakamiseen. Reititystaulun vaihto reitittimien välillä auttaa reititintä ymmärtämään verkon rakennetta (Chappell 1999, 82.)

Reititysprotokolla voi toimia linkkitila- (link-state) tai etäisyysvektoriperiaatteella (Distance vector). Etäisyysvektori-protokollat laskevat vain hyppyjen eli välissä olevien laitteiden määrän, riippumatta reitin muista ominaisuuksista, kun linkkitila-protokollat laskevat algoritmilla lyhimmän ja halvimman reitin kohteeseen. Etäisyysvektori-protokollat ovat kevyitä käyttää ja soveltuvat pieniin verkkoihin joiden laitteiden laskentateho on vähäinen. Etäisyysvektori-protokollat tuntevat vain naapurinsa, kun linkkitila-protokollat tuntevat koko verkon topologian (tämä vaatii reitittimistä hieman enemmän laskentatehoa). Lisäksi etäisyysvektori-protokollat konvergoituvat hitaasti, johtuen ajastetuista

reititystaulujen vaihdoista. Linkkitilaprotokollissa reititystaulujen vaihto tapahtuu muutoksen sattuessa, jolloin konvergenssiaika pienenee (Chappell 1999, 103.)

IGP

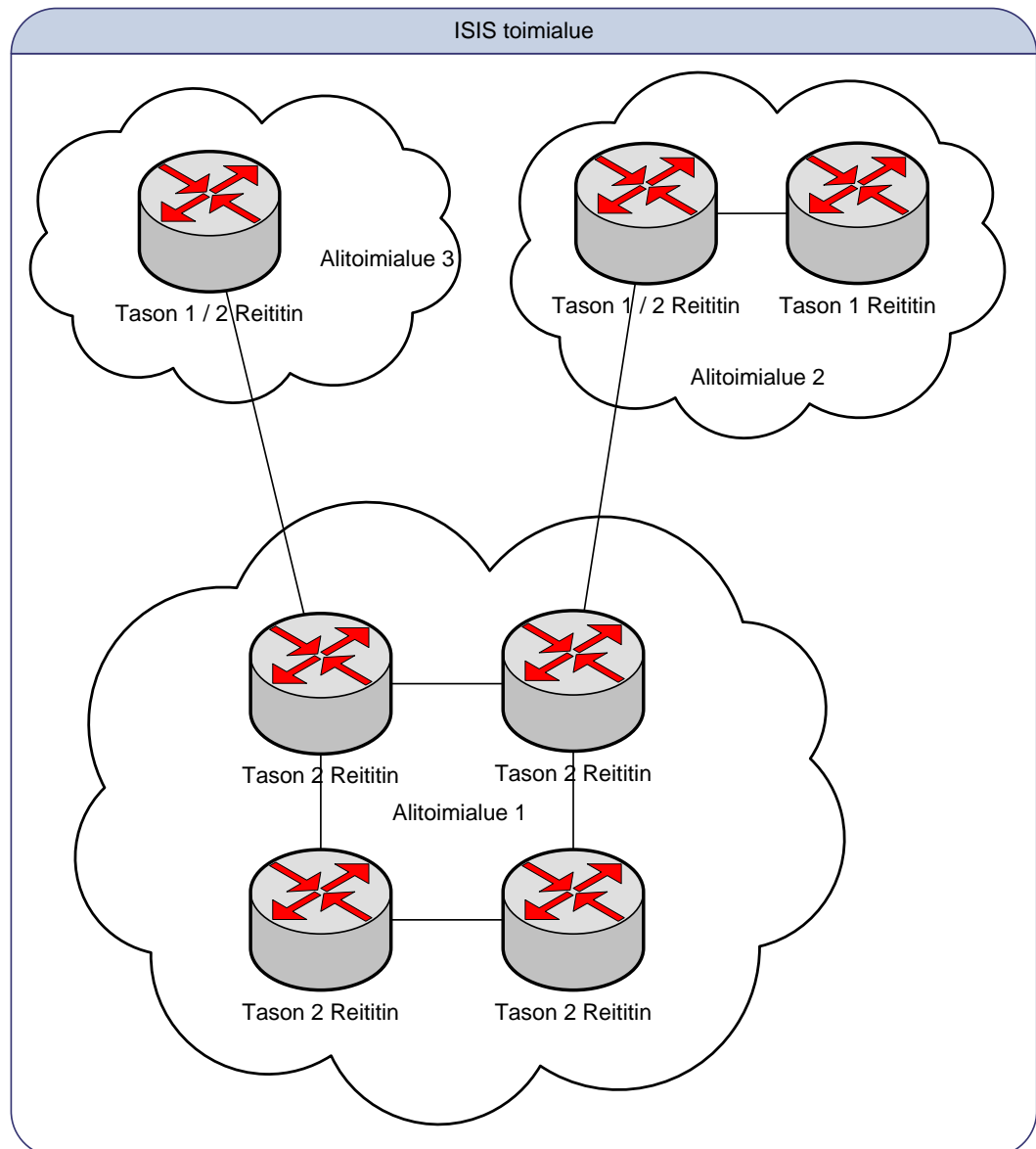
Reititystä voidaan tehdä verkon topologian kannalta useassa verkon osassa. Eri omistuksissa olevia verkkoja kutsutaan autonomisiksi alueiksi. Jokaisen AS:n (Autonomous System) sisällä on eri ylläpitäjät, ja verkot määräävät itse omasta topologiastaan, omistajan ollessa usein internetpalvelun tarjoaja, ISP (Internet service provider). AS:n sisällä reititystä suorittavia protokollia kutsutaan IGP:ksi (Interior Gateway Protocol. AS:n sisällä jokainen reititin on tietoinen saman AS:n sisällä sijaitsevista kytkimistä, ja ne kaikki ajavat samaa reititysprotokollaa, jos AS on käytössä.) IGP-protokollia on useita, mutta tämän työn kannalta tärkein on linkkitilareititysprotokolla IS-IS (Intermediate System-to-Intermediate System). Toinen yleisesti käytetty linkkitilareititysprotokolla on OSPF (Open Shortest Path First). Molemmat protokollat käyttävät reitin laskemiseen Dijkstran algoritmia (Chappell 1999, 488.)

IS-IS

IS-IS on operaattoriverkoissa yleisesti käytetty linkkitilareititysprotokolla. IS-IS:n suosio perustuu suurissa verkoissa protokollan keveyteen ja IS-IS:n konfiguroimisen on helppouteen. IS-IS ymmärtää vaihtuvamittaisia verkkomaskeja eli VLSM:ja (Variable Length Subnet Mask), mikä on erittäin tärkeä ominaisuus nykyisille reititysprotokollille. Täten erikokoiset verkot eivät aiheuta ongelmia IS-IS:n laskenta-algoritmeille, jolloin reititysprotokolla sopeutuu myös isoille verkoille. IS-IS:n kehittämisen aloitti Digital Equipment 1980-luvulla, joskin Digital Equipment siirsi kehitysvastuun ISO:lle (International Organization for Standardization). Tärkeimpinä motivaattoreina IS-IS:n kehittämisessä oli yhteensopivuus OSI-mallin kanssa, laitteistoriippumattomuus, hierarkkinen ja joustava osoitemalli sekä reitityksen keveys pienellä overheadilla. Alun perin ISO:n kehittämä IS-IS ei tukenut IP:aa, joten laajennetusta IS-IS:stä,

joka tukee IP:aa, käytetään nimeä Integrated IS-IS tai Dual IS-IS. RFC dokumentti 1195 kertoo lisää tästä laajennetusta IS-IS:stä (Gough 2004, 341.)

IS-IS:n reititysprotokollan aluetta kutsutaan reititustoimialueeksi (routing domain), kuvion 4 mukaisesti. Toimialueen sisällä saattaa olla useita alitoimialueita (area). Lisäksi toimialueella saattaa olla kaksi eri tasoa: tasot yksi ja kaksi (Level 1 sekä Level 2). IS-IS:iä ajava reititin voi olla tason yksi, tason kaksi tai tason yksi sekä kaksi reititin (tasoa 1 pidetään aluetasona ja tasoa kaksi runkotasona). Eri tasot eivät voi keskustella keskenään muuten kuin reitittimen läpi, joka ymmärtää sekä tasoa yksi että kaksi. Reititin pitää yllä reititystaulua vain siitä tasosta, johon se kuuluu. Jos reititin kuuluu useampaan tasoon, reititin pitää yllä kahta eri reititystaulua. Tason yksi reititystaulua käytetään alueen sisäiseen reititykseen ja tason kaksi reititystaulua alitoimialueiden väliseen reititykseen (Gough 2004, 342.)



KUVIO 4. IS-IS toimialuemalli

IS-IS-toimialueen sisällä IS-IS vaihtaa reititykseen liittyviä hallintasanomia eli PDU-viestejä (Protocol Data Unit). Näillä viesteillä ylläpidetään reititystauluja, jotta reitittimet ymmärtävät verkon topologiaa, ja näin kykenevät laskemaan reittejä verkon läpi. Hello-viesteillä IS-IS muodostaa ja ylläpitää naapuruussuhteita, LSP-viestit (Link State PDU) mainostavat linkkitilojen muutoksia. CSNP-viestit (Complete Sequence Number PDU) sisältää kaikkien reitittimen tuntemat LSP:t (Link-State Packet) sekä PSNP-viestit (Partial Sequence Number PDU), jotka kertovat hyväksynnän muuttuneista reititystiedoista ja osaa pyytää puuttuvia tietoja (Gough 2004, 342-343.)

Reitittimet IS-IS toimialueella tunnistetaan ns. NET-osoitteen (Network Entity Title) avulla. Tämä on toimialueen sisällä oleva uniikki osoite, joka usein luodaan reitittimen loopback-osoitteesta. Osoite sisältää sekä alitoimialueen sekä laitteen tunnuksen (Gough 2004, 344.)

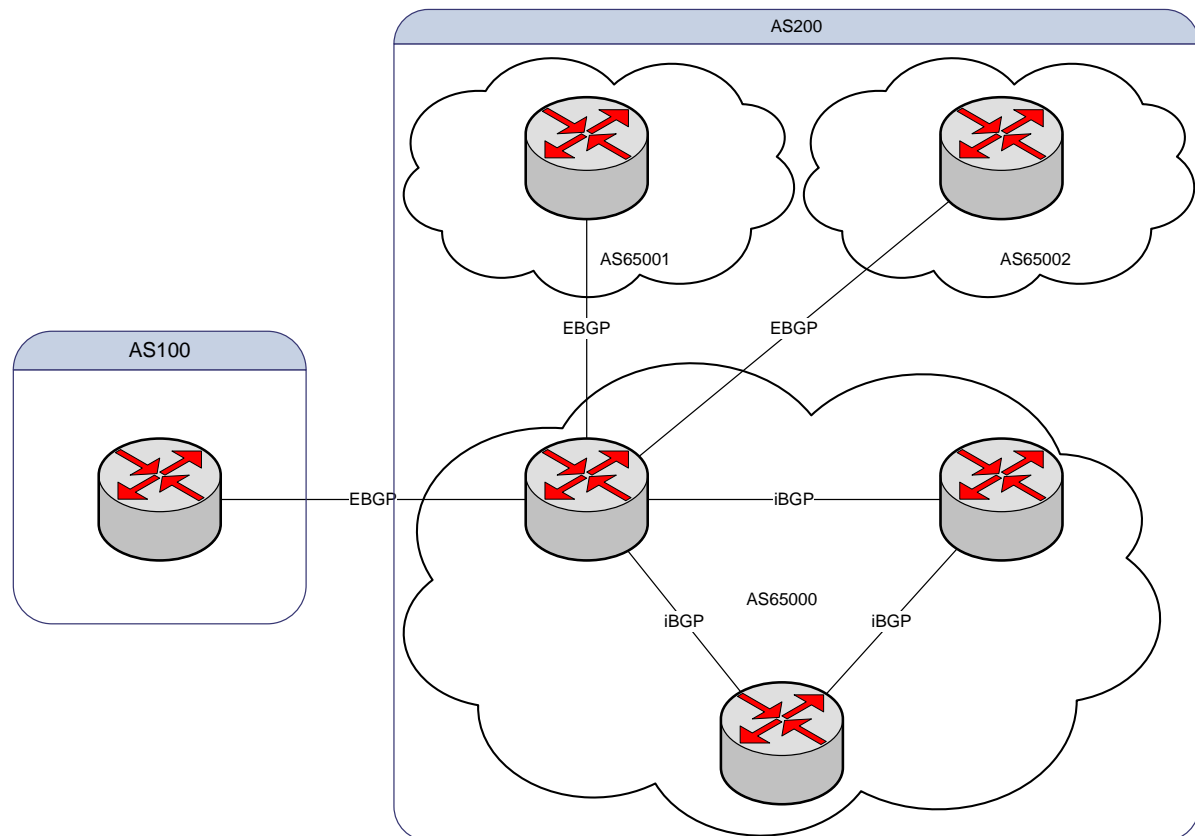
Jokaisella AS:llä on oltava uniikki AS-numero (ASN, Autonomous System Number), jos AS on suoraan yhteydessä internetiin. Muissa tapauksissa voidaan käyttää ns. privaatteja AS-numeroita (vrt. privaattit-IP osoitteet) (Smith 2008). Nämä numerot ovat IANA:n hallinnassa, joka päättää niiden myöntämisestä ja käyttämisestä. ASN on muodoltaan 16-bittinen numerotunnus (kaksi tavua), joskin vuoden 2007 lopulla RIR:t (Regional Internet Registries) alkoivat jakaa 32-bittisiä AS-numeroita. Vuoden 2007 lopulla internet (eli tässä tapauksessa kaikki AS:t yhdistettynä toisiinsa) koostui noin 27000 autonomisesta alueesta. (Wikipedia 2007b.)

AS:n välillä tarvitaan myös reititystä. Tähän tarkoitukseen käytetty protokolla on BGP (Border Gateway Protocol). BGP on niin käsite kuin itse protokollakin. BGP:tä kutsutaan usein myös ”internetin reititysprotokollaksi”, koska sitä ajetaan vain suurien AS:n välillä suurissa runkoreitittimissä, ja se on ainoa protokolla, joka hallitsee maailmanlaajuisen reitityksen. BGP onkin usein vain palveluntarjoajien käyttämä protokolla. BGP reitittää AS-numeron perusteella, ja tämän takia BGP skaalautuu erittäin suuriin verkkoihin. Lisäksi muiden suosittujen suurien verkkojen reititysprotokollien tavoin BGP on linkkitilaprotokolla ja tukee vaihtelevamittaisia verkkomaskeja (Gough 2004, 513.)

Linkkitilojen muutokset BGP lähettää TCP/IP paketteina porttiin 179, kun verkossa tapahtuu muutos tai kun protokolla käynnistyy ensimmäisen kerran. Linkkien välisiä yhteyksiä valvotaan aika ajoin lähettävillä tarkistusviesteillä (keepalive-message) (Gough 2004, 513.)

BGP voi toimia joko puhtaasti AS:ien välissä tai niiden sisällä. Autonomisen alueen sisällä tapahtuva reittitiedon välityksestä puhutaan usein kirjallisuudessa iBGP:na (Interior Border Gateway Protocol). Kun eri AS:n välillä reititetään, on BGP usein kirjallisuudessa nimetty eBGP:ksi (Exterior Border Gateway Protocol) (kuvio 4). Näin toteutettua reititystä kutsutaan hierarkkiseksi reititykseksi, jolloin datapakettien kulkua voidaan tietoverkossa manipuloida hyvinkin vapaasti, jolloin verkkoa suunniteltaessa saadaan luotua joustava ja luotettava verkkoinfrastruktuuri (Gough 2004, 509,514.)

BGP:hen liittyy muitakin hieman erikoisempia termejä. Aggregointi tarkoittaa BGP:n yhteydessä summareittien laskemista. Prefix-listalla tarkoitetaan säännösteltyä reittitiedon jakamista, eli ylläpitäjät valitsevat mihin suuntaan reititin mainostaa uusia reittejä. Reitityspeili (Route Reflector, RR) kerää reittitiedon kaikista iBGP:n reitittimistä, jolloin autonomisen alueen kaikkien reitittimien ei tarvitse ylläpitää koko alueen reititystaulua, vaan RR kertoo reitittimille tarvittavan tiedon TCP-yhteyden avulla. Näin ollen verkon ei tarvitse olla mesh-tyyppinen, eli kaikilla reitittimillä ei tarvitse olla yhteyttä alueen kaikkiin reitittimiin. RR:n käyttö vähentää usein kustannuksia, koska suuren reititystaulun ajaminen vaatii reitittimeltä usein laskentatehoa, ja lisäksi mesh-tyyppinen verkko ei skaalaudu järkevästi (Gough 2004, 517.)



KUVIO 5. BGP:n peruskäsitteet

Syy BGP:n erinomaisuuteen reitittää tietoa suurien AS:ien välillä, on BGP:n ominaisuus ymmärtää AS-numeroita. BGP ei ole kiinnostunut AS:n sisältämistä aliverkoista, vaan aliverkkojen muodostamasta reititystoimialueesta. BGP:n näkökulmasta reititykseen vaikuttavat tekijät ovat AS-numero, verkkojen summamaskit sekä ennalta määritetyt säännöt (Gough 2004, 514.)

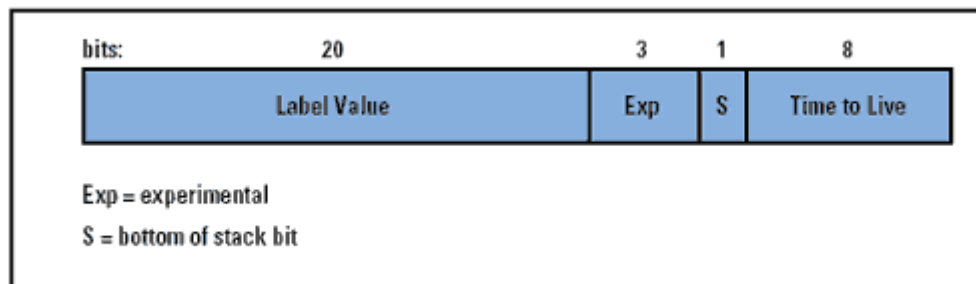
2.4 MPLS-palveluverkot ja niiden historia

MPLS (Multi Protocol Label Switching) on runkoverkoissa nopeaan sekä pienilatenssiseen pakettinvälitykseen tarkoitettu protokolla. Toisin kuin perinteiset reititysprotokollat, MPLS:n ei tarvitse analysoida IP-pakettia jokaisella hypyllä, vaan paketin määränpää ja reitti on selvillä heti verkkoon astuessa. MPLS on IP:tä

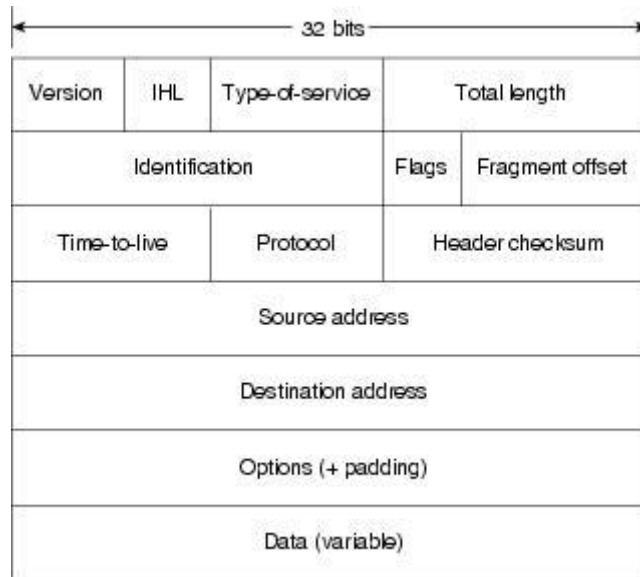
silmällä pitäen kehitetty protokolla, jolla saadaan hyvin joustava reititys tehtyä suurien verkkojen läpi. Näin vältetään perinteisen verkon skaalautuvuusongelmat sekä verkon liikenteen ohjaukseen liittyvät ongelmat.

MPLS:n kehityksestä on vastannut vuodesta 1997 IETF (Internet Engineering Task Force) yhteistyössä alan toimijoiden kanssa, kuten Cisco ja IBM. MPLS toimii OSI-mallin tasoilla 2 ja 3, ja sitä usein kutsutaankin tason 2,5 protokollaksi. (Wikipedia 2007c.) MPLS:n perustavalaatuksena ideana oli yhdistää tason 3 reitityksen sekä tason 2 kytkennän parhaat puolet. MPLS osaa reitittää useampaa tason kaksi protokollaa, kuten ethernetiä tai ATM:ää (Asynchronous Transfer Mode), siinä missä tavallisia kerroksen kolme IP-kehyksiäkin. Tämä protokollariippumattomuus onkin MPLS:n yksi vahvimmista puolista. MPLS:n toimintaa kuvataan RFC-dokumentissa (Request For Comments) 3031 (Pepelnjek& Guichard 2001, 11, 20.)

MPLS ohjaa liikennettä ns. etikettien (label) avulla. Etiketit on laitevalmistajariippumattomia IETF:n tekemän standardointityön ansiosta. MPLS-pilven sisällä olevien reitittimien ei tarvitse lukea kuin tämä yksinkertainen MPLS-etiketti eikä koko monimutkaista IP-otsikkotietoa. Kuvioista 6 sekä 7 voidaan vertailemalla havaita, kuinka paljon yksinkertaisempi MPLS-etiketti on IP-paketin otsikkoon nähden.

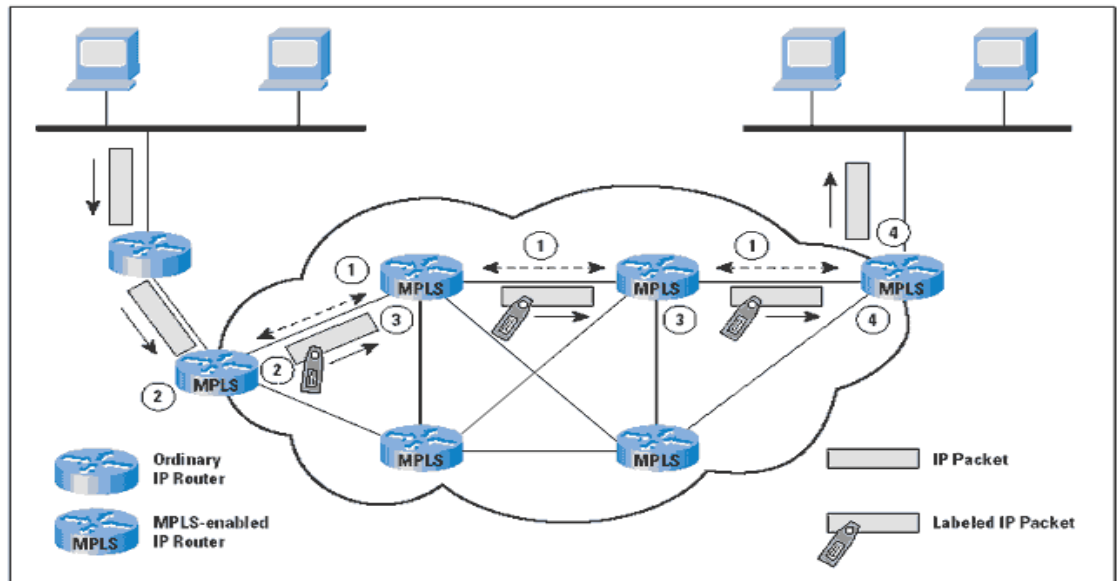


KUVIO 6. MPLS etiketin rakenne (Internet Society 2007)



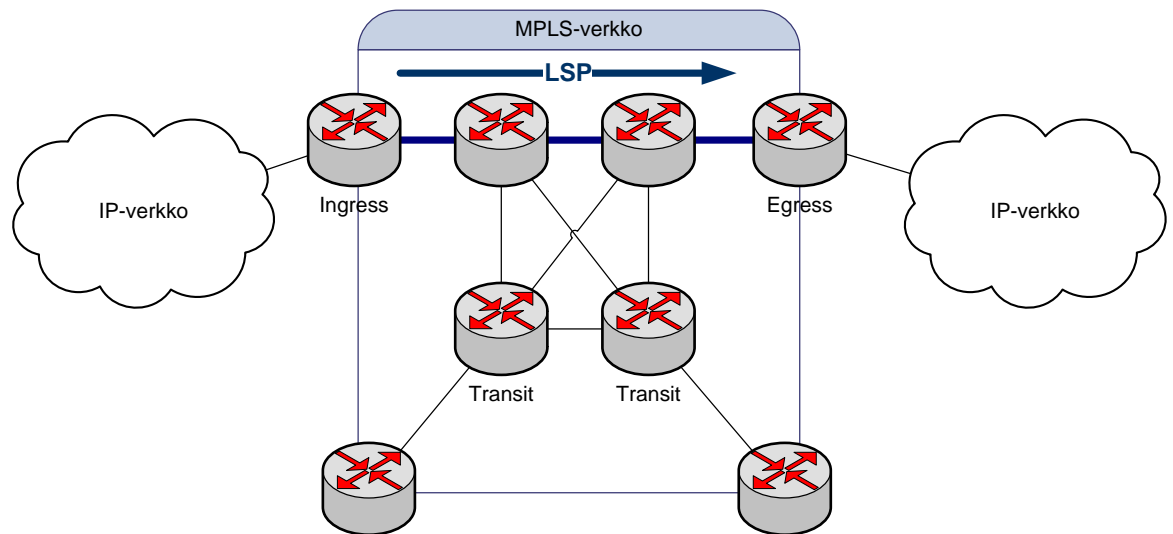
KUVIO 7. IP-paketin otsikkotietoa (Cisco 2007)

MPLS-pilven sisällä olevat MPLS-reitittimet luovat näitä etikettejä. Näitä reitittimiä kutsutaan LSR-reitittimiksi (Label Switching Router, kuviossa 8 MPLS-tekstin merkityt reitittimet). Lisäksi jos reititin ottaa paketteja perinteisestä reititystä tason 3 verkosta sisään, puhutaan reuna-LSR:sta (edge-LSR). Toisaalta tarkennuksena reuna-reitittimen rooliin voidaan käyttää nimityksiä ingress- ja egress-reititin. Paketin vastaanottavasta reitittimestä puhutaan ingress-LSR:na (kuviossa 8 kohta 2) ja MPLS-pilven sisältä takaisin IP-verkkoon poistuvan paketin käsittelevä reititin on egress-LSR (kuviossa 8 kohta 4). Paketin eteenpäin lähettävää reititintä kutsutaan transit-reitittimeksi (kuviossa 8 kohta 1) (Pepelnjek&Guichard 2003, 15, 20.)



KUVIO 8. MPLS verkon topologia (Internet Society, MPLS, 2007, www.isoc.org)

Etikettien jakelu tapahtuu MPLS:ssä yleensä LDP-protokollan (Label Distribution Protocol) avulla (Pepelnjek, Guichard & Apcar 2003, 11.) LDP on yleismaailmallinen etiketinvaihtoprotokolla, kun TDP (Tag Distribution Protocol) on vähemmän käytetty, Ciscon oma etiketinvaihtoprotokolla (joskin ne toimivat lähes identtisesti). LDP luottaa MPLS:n alla toimivaan perinteiseen reititysprotokollaan (esimerkiksi IS-IS), jonka avulla LDP lähettää tiedon etiketeistä muille LSR:ille. LDP käyttää tiedon siirtämiseen TCP porttia 646. LDP-prosessin käynnistyttyä reitittämissä LDP luo etikettitietokannan, LIB:n (Label Information Base). Näiden tietojen avulla MPLS on luo MPLS-verkon läpi reitin aina ingress-LSR:sta egress-LSR:iin. Tätä reittiä kutsutaan LSP:ksi (Label Switched Path) (kuvi 9). Samaa reittiä kulkevat tietovirrat ovat samaa FEC:ia (Forward Equivalence Class), eli pakettien reitti on sama riippumatta sisällöstä. LSP määrittelee koko reitin MPLS verkon läpi, eli käytettävät LSR:it, tai osan LSR:sta, jolloin loppumatka jatkuu normaalina hyppy-hylytä reitityksenä. LSP on reitti vain yhteen suuntaan, ja paluupaketit aloittavat LSP:n luomisen jälleen alusta. LSP ei rakennu aina samalla tavalla, vaan tähän voi vaikuttaa verkon ylläpidon ennalta määrittelemät säännöt, kuten liikenteen priorisoinnit (Pepelnjek & Guichard 2001, 16, 32.)



KUVIO 9. LSP-reitti MPLS-verkossa

Paketin saapuessa ingress-reittimen kautta verkkoon siihen lisätään ensimmäinen etiketti. Tätä toimintoa sanotaan push-toiminnoksi. Etikettejä saattaa pinoutua paketin eteen useitakin, mutta egress-reitimestä paketin lähtiessä reititin poistaa viimeisen etiketin, jolloin alta paljastuu jälleen esimerkiksi normaali IP-paketti. Tätä etiketin poistoa sanotaan vastaavasti pop-toiminnoksi (Pepelnjek&Guichard 2001, 13.)

3 MPLS-VERKKOJEN PALVELUT

3.1 Palveluluokat MPLS-verkoissa

MPLS-verkossaan on palveluntarjoajalla poikkeuksetta ideana tarjota palveluita yhdellä ainoalla runkoverkolla, joten palveluita on pystyttävä eriyttämään toisistaan tehokkaasti. Tähän tarkoitukseen MPLS:n päällä on ajettava toisistaan eriytettyjä VLAN-yhteyksiä tai VPN-yhteyksiä. Näiden tekniikoiden avulla voidaan hyödyntää alla olevaa yhteistä infrastruktuuria ja tarjota asiakkaille yksityisyyttä ja tietoturvaa.

3.2 Käytettävyystavoitteet

Käytettävyystavoitteet määrittävät verkolle tahtotilan. Käytettävyystavoitteet ovat usein mittareita mittaamaan, onko saavutettu palvelu sitä, mistä on sovittu.

Käytettävyystavoitteet ohjaavat myös asiakkaiden laskutusta. Näin ollen, ovat operaattorit usein erittäin sitoutuneita noudattamaan määritettyjä käytettävyystavoitteita.

3.2.1 Palveluiden varmistaminen

Saavuttaakseen tietyn käytettävyystavoitteen tulee verkon olla erittäin häiriövapaa, niin ulkoisten kuin sisäistenkin ongelmien edessä. Verkkoa on usein kahdennettava, ja verkon rakenne on oltava rengasmainen. Näin ollen vaikka yksittäinen reitti verkon pisteestä toiseen katkeaa, voidaan aina käyttää toista mahdollista reittiä. Kahdennuksen tulee koskea aina vähintäänkin hierarkisen verkkomallin kahta sisintä kerrosta.

3.2.2 SLA

Palvelutasosopimuksella palveluntarjoaja ja palvelun ostaja määrittävät yhteiset mittarit, jolla palvelusta maksetaan. Usein mittareiden ylittämistä on sovittu sanktioita ja sakkoja.

Verkkopalveluiden SLA:t koskevat usein verkon laatukriteereitä: saatavuutta, pakettihävikkejä ja viiveitä. Usein myös verkkoon tehtävillä palvelupyynnöillä, vian etsinnälle ja korjaukselle tai laajennuspyynnöille määritetään aikaikkuna, jossa palveluntarjoajan on tehtävä sovitut toimet.

3.2.2 Laatumittarit

Tietoverkkojen tärkeimpiä laatukriteereitä ovat pakettien kulkua mittaavat suureet, kuten läpikulkuviive, viiveen vaihtelu sekä pakettihävikki. Nämä kaikki ovat epämieluisia suureita, kun liikenne on aikakriittistä (kuten VoIP).

Läpimenoviiveellä tarkoitetaan paketin käyttämää aikaa verkon läpi kulkiessaan lähtöpisteestä päämääräänsä. Suuren läpimenoviiveen oireita ovat aikakriittisissä sovelluksissa sovelluksen hidastuminen tai toimimattomuus. Läpimenoviiveen kansanomaisempi nimi on latenssi, ja sitä mitataan usein ICMP-protokollan avulla, jolloin suoritetaan niin sanottu pingaus.

Viivevaihtelut verkossa tarkoittavat läpimenoviiveen vaihtelua. Tämä latenssin vaihtelu aiheuttaa pakettien saapumiseen epämielilyttävää ennalta-arvaamattomuutta, joka on aikakriittisissä sovelluksissa korjattava esimerkiksi puskuroinnin avulla.

Pakettihävikki on sovelluksista ja käytetyistä protokollista riippuen joko ongelmallinen tai ainakin epätoivottu ominaisuus verkossa. Pakettihävikki tarkoittaa, ettei paketti löydä koskaan kohdeosoitteeseensa, ja täten esimerkiksi TCP-protokollan on pyydettävä kyseinen paketti lähteestä uudelleen.

Pakettihävikki voi johtua liian suuresta latenssista tai vaikkapa rikkinäisistä verkon aktiivilaitteista.

3.2.3 Verkkojen ja palvelutason valvonta

Verkkojen palvelutasoja pyritään valvomaan erilaisilla sovelluksilla ja jopa laitteilla. Verkosta voidaan mitata erilaisia verkon suorituskykyarvoja, kuten kaistan leveyttä, kaistan laatua laatukriteerein tai vaikkapa verkon aktiivilaitteiden tilaa. Tämä on palveluntarjoajalle ensiarvoisen tärkeää tietoa, jotta voidaan varmistua palvelun laadusta, ja saada siitä tarvittaessa jopa automaattisia hälytyksiä.

Usein palvelutason vaihtelut kirjataan esimerkiksi tiketöintijärjestelmään, ja tikettien muodostumista valvotaan ylläpitäjien toimesta esimerkiksi viikoittain. Ylläpidon osuus palvelutason valvonnassa on yhtä tärkeää, kuin mahdollisten ongelmakohtien automaattinen tunnistus. Tunnistetut ongelmat tulee korjata, mikäli palvelutaso halutaan säilyttää.

3.3 Liikenteen priorisointi MPLS-verkoissa

MPLS tukeutuu QoS:n (Quality of Service) osalta samoihin menetelmiin kuin IP. Paketteja voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään halutun palvelutason ja prioriteettien mukaisesti. Näin ollen liikennettä voidaan hidastaa tai jopa pudottaa paketteja kokonaan pois suuremman prioriteetin omaavien pakettien edestä.

MPLS voi tukeutua omaan sisäiseen QoS-bittiinsä, jonka otsikkotieto sisältää tai käyttää erillistä QoS-toiminnetta kuten esimerkiksi Diffserv.

3.4 Nykyiset palvelut

Kriittisimpiä sovelluksia palveluntarjoajan ympäristössä on luonnollisesti hallintayhteydet verkkoelementteihin, mutta puhuttaessa liikenteen priorisoinnista ei näillä yhteyksillä ole kovinkaan suuria vaatimuksia: riittää että liikenne löytää perille. Näin ollen pakettihäviötä ei tässä yhteystyypissä sallita, ja lisäksi muutkin laatukriteerit on otettava huomioon.

VoIP-liikenne eli puhe IP-verkon yli on tyypillisesti melko latenssikriittistä, vaikkakin VoIP-sovellukset yleensä osaavat puskuroinnin avulla poistaa Jitter-viivettä eli väärässä järjestyksessä saapuvia paketteja. Tätä aiheuttaa viiveen lisäksi myös viiveen vaihtelut. Ohjelmallisesti tätä voidaan korjata tai ongelman vakavuutta vähentää alentamalla pakettikokoa ja täten myös puheen laatua.

Taustasovellusten kriittisyysaste on usein kaksiteräinen miekka. Vaikka tietoliikennemielessä niiden tärkeysaste ei ole korkea, ovat itse palvelut tärkeitä. Tämän vuoksi niiden liikennettä voidaan QoS-säännöillä alentaa alempaan luokkaan, ja näin sallia aikakriittisten pakettien läpipääsyn. Tällaisia palveluita ovat usein esimerkiksi sähköposti-, intranet- sekä internet-liikenne.

Alimman laatuluokan palvelut vaativat paljon kaistaa, mutta niiden verkkoteknisen liikenteen laadusta ei tarvitse huolehtia. Tämänkaltaisia suurta läpimenoa verkossa vaativat sovellukset ovat usein verkkolevypalveluita, ohjelmistojakeluita tai muita tiedonsiirtopalveluita.

3.5 Tulevaisuuden palvelut

Suurena kasvavana palveluna tietoliikenneverkoissa on nähtävänä Internetissäkin videopalvelut. Videopalveluilla on tunnistettu tarve myös yritysmaailmassa, esimerkiksi koulutustarkoituksessa.

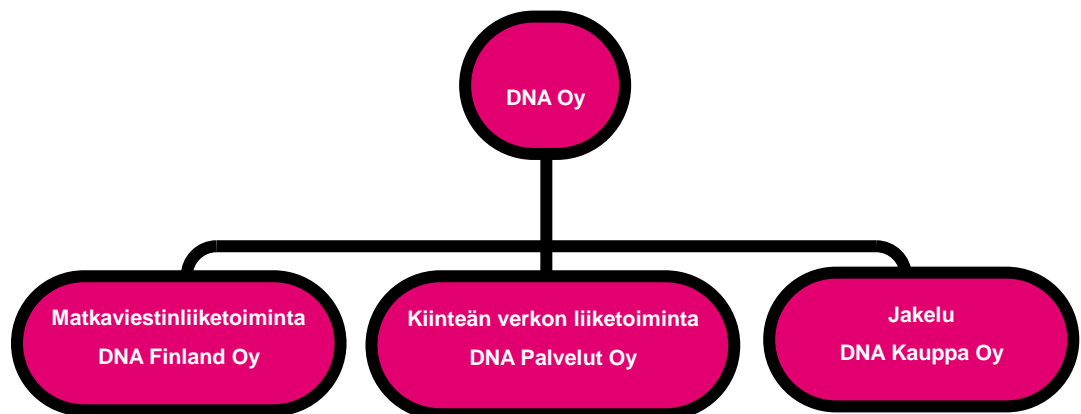
Videovirralle tyypillistä on suuri kaistanleveyden tarve sekä sulavan toiston takaamiseksi myös pieni latenssi. Näin ollen video tarvitsee yleensä kohtuullisen laadukkaan verkon toimiakseen sulavasti. Videon toistoa, kuten myös VoIP-liikennettä, voidaan kuitenkin tehostaa erittäin paljon erilaisin pakkaus- ja puskurointimenetelmin, ja näin ollen myös hieman hitaamman ja laadullisesti huonomman linjan läpi nämä palvelut saadaan yleensä toimimaan melko sulavasti.

4 DNA PALVELUT OY:N IP/MPLS-INTEGRAATIOPROJEKTI

4.1 DNA Palveluiden synty

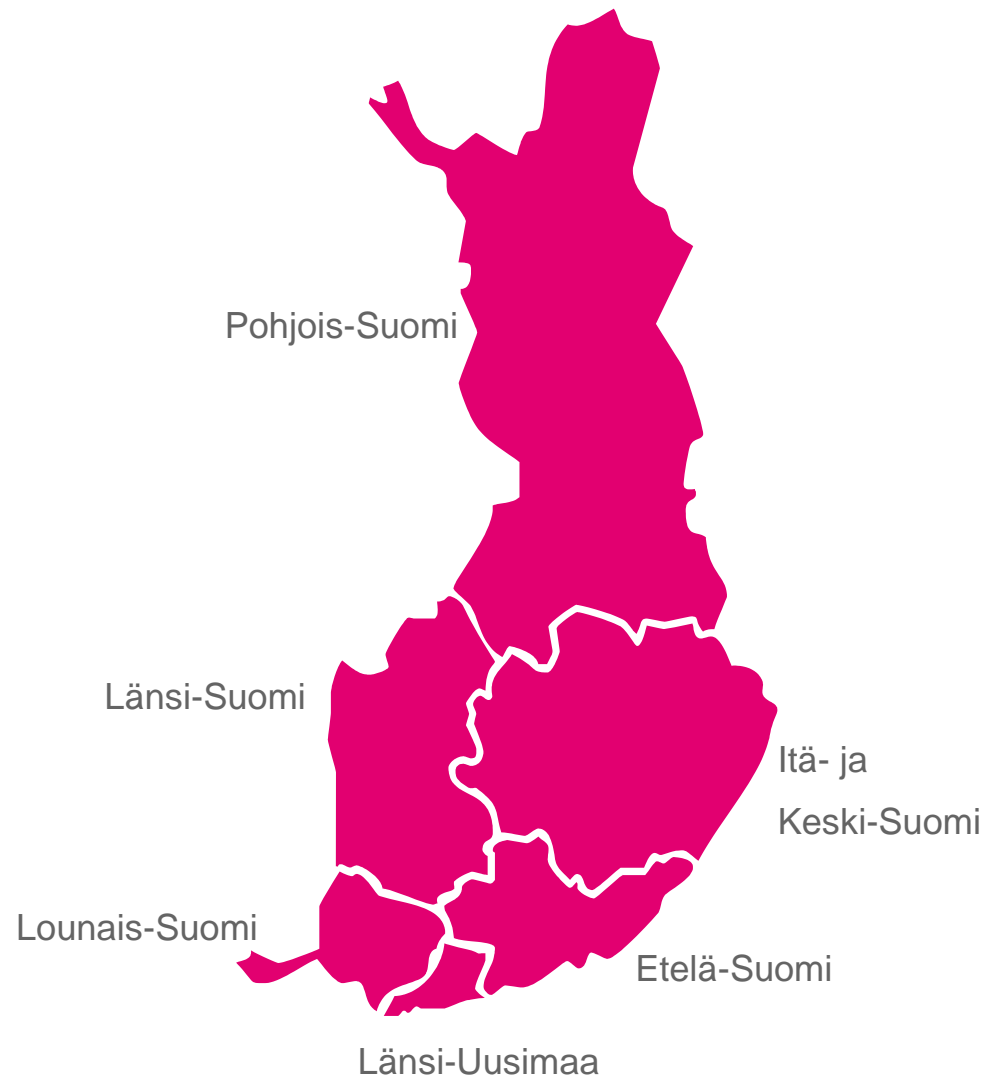
DNA on yhtiönä tuore. Heinäkuussa 2007 muutti Finnet Oy nimensä DNA Oy:ksi, ja samalla siihen siirrettiin kuuden paikallisen puhelinyhtiön liiketoiminnat sekä matkapuhelinpalveluita tuottavan DNA Finlandin liiketoiminta. Paikalliset puhelinyhtiöt olivat Päijät-Hämeen Puhelin, Oulun Puhelin, Lännen Puhelin, KPY Palvelut ja Satakunnan Puhelin. Lisäksi Lohjan Puhelimen liiketoiminta siirtyi konserniin osakekaupan kautta. Lisäksi yhtiöön on sulautunut joukko muita pieniä toimijoita, kuten DNA Kauppa Oy, jonka toimintavastuuna ovat myymäläpalvelut.

DNA Oy:n yhtiö rakenne on yksinkertaistettuna seuraavanlainen: emoyhtiö DNA Oy, jonka alaisuudessa toimii kaksi erillistä liiketoiminta-alueita hoitavaa yhtiötä. Kiinteän verkon palveluita tuottava DNA Palvelut Oy sekä matkapuhelinverkon palveluita tuottaa DNA Finland Oy, kuten kuviossa 10 selviää.



KUVIO 10. DNA Oy- konsernin liiketoiminnat

DNA Palvelut itsessään hajautuu alueyksiköihin. Nämä alueyksiköt on esitelty kuviossa 11.



KUVIO 11. DNA Palvelut Oy:n alueyksiköt

Jokaisessa alueyksikössä on tiettyä palvelua tuottava paikallinen organisaatio, jota ohjaa valtakunnallinen keskitetty organisaatio. Keskitetty organisaatio myös suunnittelee ja tarvittaessa auttaa keskitettyä organisaatiota toteuttamaan palveluita.

4.2 Yhdistettävien IP/MPLS-verkkojen lähtötilanne

Jokainen paikallinen puhelinyhtiö on luonut itselleen ajan saatossa oman autonomisen alueen, ja nämä alueet ovat

- AS12375 Oulun Puhelin Oy
- AS12918 Satakunnan Puhelin Oy
- AS15501 HTK Netcommunications (PHNet)
- AS15970 Kuopion Puhelin Oy
- AS16086 DNA Carrier
- AS65001 Lännen Puhelin Oy
- AS65104 Lohjan Puhelin Oy
- AS65112 Päijät-Hämeen Puhelin Oyj.

Autonomiset alueet olivat yhdistetty toisiinsa kuten normaalisti palveluntarjoajien toteuttavat, normaalilla eBGP-reitityksellä.

Jokaisella autonomisella alueella oli käytössään alueensa itsensä valitsema IGP-reititysprotokolla. Rerusteena sisäisen reititysprotokollan valinnassa oli käytetty pääsääntöisesti kyseessä olevan protokollan tuntemusta alueellisen operoinnin keskuudessa. Yleisin käytetty IGP-reititysprotokolla oli OSPF, joskin DNA Carrierin verkossa käytettiin IS-IS:iä.

Hallinnaltaan verkot olivat hyvin erimuotoiset. Se missä toisaalla käytettiin keskitettyä hallintametodia, toisaalla käytettiin suoraa hallintaa operoijan työasemalta. Keskitetyssä mallissa operoija ottaa yhteyden ensin

hallintapalvelimeen, jolla on oikeudet muodostaa yhteyksiä taas eteenpäin verkon laitteisiin. Tietoturvamielessä oli eri alueilla myös moninaisia ratkaisuja. Luotettavimmillaan käytettiin autentikointipalvelimia, ja huonoimmassa tapauksessa vain verkkolaitteiden omia pääsyylistoja ja salasanoja, jotka on käytännössä todettu helposti murrettaviksi.

4.3 Uuden IP/MPLS-verkon tavoitteet

Tavoitteena DNA:n IP-verkolle on yhtenäinen ja luotettava runkoverkko, joka on kykenevä palvelemaan kaikkia niitä tarpeita ja palveluita, joita sille asetetaan. Verkon tärkeyttä lisää yhä useamman palvelukokonaisuuden siirtyminen DNA:n IP-verkkoon. Verkon tulee olla myös teknisesti kehittynyt sille tasolle, että se pystyy tarjoamaan ne palvelut, joita tuotekehitys on tuottanut tarjottavaksi loppuasiakkaille. Vaikka luotettavuus onkin ehdottomasti prioriteetiltaan tärkein ominaisuus runkoverkossa, on suorituskyky myös otettava vahvasti huomioon suunniteltaessa maanlaajuista runkoverkkoa, joka tarjoaa laajaa palveluvalikoimaa yhteen ainoaan verkkoon sitoutuen.

4.4 Integraatioprojektin määrittely

Verkon suunnittelussa tulee ottaa huomioon monta näkökulmaa ja teknistä seikkaa, ja mikä taas aiheuttaa verkon suunnittelun monimutkaistumisen. Verkolle asetetut laatuksiteerit on täyttyttävä, ja tarvittavat muutokset on tehtävä annetussa aikaikkunassa, DNA:n IP-verkon tulisi olla kokonaisuudessaan valmis vuoden 2008 lopussa. Integraatioprojekti sisältää useampia suuria kokonaisuuksia, jotka tullaan operatiivisessa mielessä eriyttämään erillisiksi aliprojekteiksi.

Aliprojekteja suunniteltiin vaadittavan operatiivisen työn perusteella, joten integraatioprojektin osa-alueiksi muodostuivat hallintaverkon yhdistäminen ja hallinnan yhdenmukaistaminen, verkon yhdenmukaistaminen, AS-migraatio, LIR-migraatio, dokumentointijärjestelmän käyttöönotto sekä hierarkkisen QoS-palvelukokonaisuuden mahdollistaminen.

4.5 Integraatioprojektin osa-alueet

4.5.1 Hallintaverkkojen yhdistäminen

Tärkeimmäksi osa-alueeksi havaittiin työn edetessä hallintaverkon yhdistäminen. Näin ei muodostu uutta verkkoa, josta suljettaisiin operoijat ulos, vaan uusi verkko olisi alusta asti keskitetysti hallittu kokonaisuus. Jo alussa todettiin, että hallintaverkon rakentaminen on tehtävä joko ennen tai jälkeen migratoinnin, ei samaan aikaan. Yllämainitut seikat kuitenkin pakottivat tekemään hallintaverkon ennen varsinaisen verkkomigraation aloittamista. Projektinimeksi verkolle vakiintui DNA Hallintaverkko 2008.

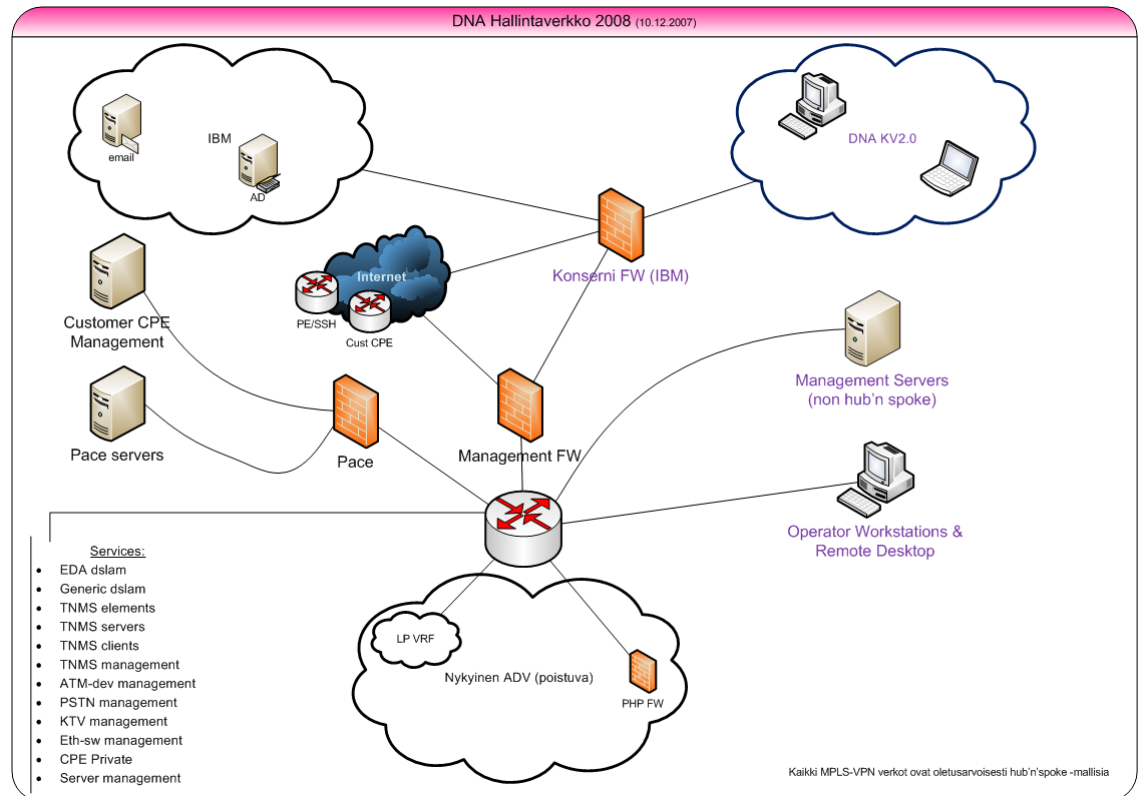
Yhdistäminen aloitettiin hankkimalla oikeudet eri alueiden käytössä oleviin hallintapalvelimiin ja tutustumalla eri alueiden infrastruktuureihin. Dokumentointi eri alueilta oli jälleen hyvin vaihtelevaa, ja asiat oli toteutettu toimipaikoittain hyvinkin erilaisilla.

Eri käyttökohteista ja -tarkoituksista oli pakko tehdä suunnittelua aluksi, jolloin pystyttiin määrittelemään uuden hallintaverkon infrastruktuuria. Käyttötarkoitus uudelle verkolle olisi siis luonnollisesti eri objektien hallinta, muun muassa operointiyhteyksien toteuttaminen, elementtien seuranta sekä hälytietojen siirto. Käyttökohteina uudelle hallintaverkolle tulisi olemaan uuden migratoidun verkon reitittimet, palomuurit, kytkimet, VPN-keskittimet, palvelimet, puhelinkeskukset sekä yleiset tukilaitteet. Luonnollisesti myös liitettävyydeltään uuden verkon tulisi olla kykenevä liikennöimään sekä vanhoihin järjestelmiin että uusiin verkon objekteihin, ja varsinkin tässä suhteessa suunnittelua tarvittiin, koska järjestelmää suunniteltiin vanhojen verkkojen päälle, jotka tulisivat kohta integroitumaan yhdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi.

Uuden keskitetyn hallintaverkon rakentaminen aloitettiin ensin suunnittelemalla tarvittavat palvelut hallintaverkkoon. Palvelut haluttiin kahdentaa kahdelle eri paikkakunnalle lisäämään palveluiden vikasietoisuutta. Osa palveluista tulisi synkronoida, kun taas toisilla palveluilla tähän ei ole tarvetta. Palvelimien rooleiksi kaavailtiin seuraavaa:

- autentikointi- sekä aikapalvelin (synkronointi paikkakuntien välillä)
- nimi- ja shellpalvelin sekä konfiguraatioiden varmuuskopiointipalvelin (synkronointi osittain paikkakuntien välillä)
- loki-palvelin (ei synkronointia)
- tiketöinti-palvelin (ei synkronointia)
- valvontapalvelin (ei synkronointia)
- dokumentointipalvelin (ei synkronointia).

Lisäksi havaittiin tarve terminaaliyhteyksien luontiin sekä ohjelmiston jakeluun ja tallentamiseen. Tämän takia myös terminaalipalvelin sekä ohjelmistonlatauspalvelin pystytettiin hallintaverkkoon.



KUVIO 12. DNA Hallintaverkko 2008

4.5.2 Verkon yhdenmukaistaminen ja QoS

Verkon yhdenmukaistamisen osa-alueet ovat sisäisen sekä ulkoisen reititysprotokollan yhdenmukaistaminen, nimeämisen yhdenmukaistaminen, verkon aktiivilaitteiden hallinnan yhdenmukaistaminen sekä tämän kaiken dokumentointi. Tärkeä tehtävä oli myös dokumentoinnista päättäminen ja sen kehittäminen.

AS-migraatiossa päädyttiin yhtenäistämään kaikkien alueiden AS-alueet. Tärkeimpinä syinä olivat taloudelliset syyt sekä verkon topologian yksinkertaistaminen. Palveluntarjoajan oman verkon yhdenmukaisuus palvelee sekä asiakkaiden että palveluntarjoajan itsensä parasta.

LIR-migraatiossa (local Internet registry) oli tarkoitus kehittää DNA:n sisäistä LIR-toimintaa yhteen suuntaan. Tärkeänä kohteena oli DNA-konsernin omassa

käytössä olevien toimistoverkon IP-osoiteavaruuksien yhdenmukaistaminen. Tämä oli myös RIR:n (Regional Internet Registry) tahtotila.

RIPE:lle (Réseaux IP Européens) DNA ilmoitti toimivansa tästä lähin yhtenä LIR:nä, usean entisen sijasta. LIR-toiminnetta hoitaa DNA itse.

Tahtotilana oli uuden verkon osalta ottaa käyttöön reitittimissä myös QoS-toiminne. Näin Dna voisi tarjota entistä monipuolisempia tuotteita asiakkailleensa ja kehittää omaa sisäistä palveluansa.

4.6 Teknologiahankinnat

Uutta verkkoa suunniteltaessa tuli ottaa erittäin tarkkaan huomioon verkolle asetetut tavoitteet ja päämäärät. Runkoreititinlaitteet ovat kalliita, joten laitteiden osalta tuli tarkasti myös evaluoida ja tutkia eri valmistajien mallistot ja verrata niitä toisiinsa.

Runkoreitittimien osalta otettiin evaluoitavaksi kolmen suuren valmistajan laitteet. Laitteet saatiin käyttöön muutamaksi viikoksi ja laitteiden osalta ajettiin erilaisia testejä, kuten QoS-, skaalautuvuus- sekä yhteensopivuustestejä.

QoS-testauksessa pyrittiin evaluoimaan laitevalmistajien tapoja ja mahdollisuuksia toteuttaa QoS:ä. Nämä erosivatkin melko tavalla toisistaan, sillä ainakaan testausaikalla eivät tämän tason laitteet olleet vielä täysin kypsiä QoS-toimintojen osalta.

Valinta suoritettiin tehtyjen testien ja taloudellisten näkökulmien perusteella. Valinta kolmen suuren valmistajan välillä olikin melko yksinkertainen, sillä haluttuja toimintoja ei saatu kaikkien valmistajien laitteilla toteutettua niille asetettujen kriteerien mukaisesti.

4.7 Integraatioprojektin toteutus

Integraatioprojektia oli toteuttamassa joukko DNA:n asiantuntijoita eri osastoilta. Toteutettu verkkointegraatioprojekti oli vain osa isompaa 1DNA-projektia, jossa integroitiin paikallisista puhelinyhtiöistä yksi valtakunnallinen ja yhtenäinen tietoliikennetalo.

Verkon lisäksi muita integroituja osa-alueita olivat muun muassa toimistoverkon työasemat, asiakkaitten liityntäverkkotekniikat, konsernin organisaatio, henkilökuntaedut, toimipisteet ja niin edelleen. Tämän integraatiotyön tuli olla valmis vuoden 2009 loppuun mennessä.

Palvelimet toteuttiin DNA:n omalla konesalituotteella, jonne asennettiin itse tai yhteistyökumppanin toimesta seuraavat tarvittavat tukipalvelut: autentikointi- sekä aikapalvelin, nimi- ja shellpalvelin, sekä konfiguraatioiden varmuuskopiointipalvelin, loki-palvelin, tiketöinti-palvelin, dokumentointipalvelin sekä valvontapalvelin. Palvelimet sijoitettiin DNA:n konesaleihin..

5 TULOKSET

5.1 Teknisten toiminnallisuuden migratointi

Tehty työ saavutti lähes kaikki tekniset tavoitteet. Uusien runkoreitittimien ominaisuudet saatiin käyttöön lähes kaikkien haluttujen ominaisuuksien osalta. Reitittimiä on vaihdettu uusiin lähinnä tarve perustaisesti, ei minkään aikataulun pohjalta. Saavutettuina etuina verkon yhdenmukaistumisen sekä laitteiden uusimisen myötä on tunnistettu verkon luotettavuuden paraneminen, laadukkuus sekä skaalautuvuus.

Tätä nykyä DNA pystyy tarjoamaan asiakkailleen täyden palvelun QoS-palvelua kahden pisteen välille. Palvelua tarjotaan niin yksityis- kuin yritysasiakkaillekin.

AS- ja LIR-migraatio helpotti monimutkaisen verkkorakenteen käsittelyä ja uuden toimistoverkon rakentamista. Tunnistetut hyödyt ovat lähinnä ylläpidollisten tehtävien helpottuminen sekä uusien toiminnallisuuden suunnittelun helppous verrattuna aiempaan. Toimistoverkon osalta on integraatiotyö myös saatu valmiiksi.

5.2 Toimintatapojen migratointi

Suurimpia hyötyjä toi yhtenäistetyn dokumentoinnin ja toimintatapojen tuomat edut. Suuren verkon ylläpitoon vaaditaan aina tiukkaa yhdenmukaisuutta, jotta kokonaisuus pysyisi yksinkertaisena ja täten suorituskykyisenä ja laadukkaana.

Dokumentoinnin osalta rakennettu dokumentointipalvelin on todistanut olevansa oikea tapa toimia. Kaikki sovitut laitteiden konfiguraatiot tallennetaan nykyään keskitettyyn paikkaan, josta sekä sidosryhmien että yhteistyökumppanien on helppo etsiä ja tarkistaa oikea konfiguraatiomalli ja siihen tehdyt muutokset.

Kaikki vakiodut laitemallit on dokumentoitu ja ostamisen helpottamiseksi on perustettu valmiita tuoteryhmiä ostojärjestelmään. Laitteiden ostamisen hoitaa keskitetty hankintaosasto. Näin alennukset sekä oikeat optiot, kuten takuulaajennukset, tulee aina otettua huomioon laitteita ostettaessa.

6 ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Seitsemän liiketoiminnan niputtaminen yhdeksi on erittäin "väkivaltainen" tapahtuma. Erilaisten migratointien ja integrointien määrä on huima ja etukäteistä suunnittelua on tehtävä suuri määrä. Tämän kokoluokan integrointi vei DNA:lta jälkikäteen tarkasteltuna noin kaksi ja puoli vuotta. Toki jonkinlainen yhteinen malli pystyttiin toteuttamaan puolessa vuodessa, mutta esimerkiksi työtapojen muuttuminen tapahtuu hitaasti, kaikkien henkilöiden osalta ei välttämättä koskaan. Teknisten migratointien osalta työ on helppoa verrattuna yrityskulttuurin rakentamiseen.

Yrityskulttuurin rakentaminen lähtee yhtenäisistä tavoista toimia. Tätä edesauttaa tiukka vakiointi, niin laitteistojen kuin tapojen toimia osalta. Tämän takia dokumentoinnin yhtenäistäminen nousi mielestäni erittäin tärkeään osaan toimivan kokonaisuuden osalta. On hieno huomata, kuinka yhteinen ongelmakin yhdistää ihmisiä yhdeksi työryhmäksi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä migraatio verkolle sekä keskeisimpien palveluiden integrointi. Tarvittava migraatiotyö IP/MPLS-verkon osalta saatiin tehtyä lähes kaikkien osakokonaisuuksille aikataulussa. Yhteinen runkoverkko on perusta tietoliikennetalon toiminnalle, yksi sen kantavista voimista. Ilman toimivaa runkoverkkoa ei yksikään tukiasema toimi eikä työntekijä pääse tekemään päivittäistä työtään toimistoverkon työasemalla. Asian tärkeyttä voisi verrata palomieheen ja veteen, ilman tarvittavia välineitä työtä ei ole.

Näin vuoden 2010 lopulla voisi todeta konsernitason integroinnin onnistuneen, sillä DNA Oy on erittäin homogeeninen yritys ympäristö tätä nykyä. Monet asiat, laitteet ja tavat toimia, runkoverkko mukaan lukien, on tarkkaan määriteltäviä määrittelydokumenteissa, ja tätä noudatetaan hienosti ympäri Suomea. Saavutettu kokonaisuus on tyylikäs ja homogeeninen, suoralinjainen yksi DNA.

7 TULEVAISUUS

Tulevaisuudessa tehtävä toimialojen integrointityö helpottuu huomattavasti, kun DNA:lla on käytössään osaamista erittäin monimutkaisesta integraatioprojektista. Nämä tiedot tulivatkin tarpeeseen kesällä 2010, kun DNA osti pääkaupunkiseudun johtavan kaapeli-tv- sekä internet-toimijan, Welhon. Kaikkien osa-alueiden osalta oli erittäin paljon helpompaa lähteä integroimaan jälleen niinkin suurta kokonaisuutta osaksi DNA:ta.

Runkoverkon osalta laitteiden uusinta jatkuu tulevaisuuteen ja laitteet tullaan valitsemaan ja konfiguroimaan vuoden 2008 tehdyn työn perusteella. Tekninen kehitys on pysäyttämätöntä, ja erilaisten evaluointiprojektien perusteella tehdään jatkossakin päätöksiä parhaimmista saatavilla olevista teknisistä tarkaisuuksista ja toimintamalleista DNA:lle.

QoS-toiminne tulee olemaan tärkeä osa kehittyneiden IP-verkkojen palveluvalikoimaa. QoS-toiminteen osalta DNA:lla QoS:n tutkiminen ja käyttöönotto jatkuu laitteiden kehittyessä. Tavoitteena olisi pystyä tarjoamaan QoS-toiminteita tarvittaessa kaikille DNA:n asiakkaille. Haasteita tähän luo tarve huomioida QoS-tuki koko yhteysvälille, kaikkien tietoliikennelaitteiden verkkoreitin varrella on tuettava tätä.

Dokumentoinnin osalta työ jatkuu linjatyönä: muutokset konfiguraatioihin kirjataan projektin yhteydessä luotuun keskitetylle dokumentointipalvelimelle. Näin tieto pysyy myös tulevaisuudessa ajan tasalla, eikä tieto jää yksittäisen henkilön taakse.

Yritysten erilaisten integraatioiden tekeminen luo synergiaetuja, ja luo säästöjä. Tehty työ toi DNA:lle yhtenäisen runkoverkon lisäksi aidon yhtenäisen yrityskulttuurin, jonka avulla voidaan luoda yhä aktiivisempi ja toimivampi

työyhteisö. Toimivan organisaation hyötyjä yrityksellä ei voi mittarein tai numeroin mitata.

LÄHTEET

Chappell, L. 1999. Cisco Reitittimet. Helsinki: IT Press.

Cisco 2007. IP basics. [viitattu 8.2.2008]. Saatavilla:

http://www.cisco.com/warp/public/105/pmtud_ipfrag_01.gif

Ginsburg, D. 2000. ADSL. Helsinki IT Press Edita 2000.

Gough, C. 2004. Cisco CCNP BSCI, CCNP Self-Study: Exam Certification Guide, Indianapolis, USA: Cisco Press.

Hucaby, D. 2004. Cisco CCNP BCMSN, CCNP Self-Study: Exam Certification Guide, Indianapolis, USA: Cisco Press.

Internet Society 2007. MPLS. [viitattu 8.2.2008]. Saatavilla:

<http://www.isoc.org/pubs/int/cisco-1-5.html>

Pepelnjek, I.&Guichard J. 2001. MPLS and VPN Architectures, Volume 1, Indianapolis, USA: Cisco Press.

Pepelnjek, I.,Guichard J.&Apcar J. 2003. MPLS and VPN Architectures, Volume 2, Indianapolis, USA: Cisco Press.

Päivälehdien arkistosäätiö 2008. Ethernet. [viitattu 1.8.2008]. Saatavilla:

<http://www.paivalehdenarkistosaatio.fi/arkisto/artikkelit/2000-10/ETHERNET.HTM>

Shields 2004. TCP-model. [viitattu 29.1.2008]. Saatavilla:

<http://www.garmana.com/tutorials/layers/images/tcpmodel.jpg>

Smith, P. 2008. ASN to name. [viitattu 28.2.2008]. Saatavilla:

<http://thyme.apnic.net/current/data-used-autnums>

Wikipedia 2007a. OSI-model. [viitattu 1.2.2008]. Saatavilla:

http://en.wikipedia.org/wiki/Osi_model

Wikipedia 2007b. Autonominen järjestelmä. [viitattu 1.2.2008]. Saatavilla:

http://fi.wikipedia.org/wiki/Autonominen_j%C3%A4rjestelm%C3%A4

Wikipedia 2007c. Multiprotocol Label Switching. [viitattu 5.2.2008]. Saatavilla:

http://en.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol_Label_Switching

Wikipedia 2010. Integraatio. [viitattu 30.11.2010]. Saatavilla:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Integraatio>