

Operaattorien verkottamistuotteiden viankorjausprosessin priorisointi palvelutasosopimusten tukena

Feeliks Kilpi

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Amk-opinnäytetyö

2022

Tietojenkäsittelyn tutkinto

Tiivistelmä

Tekijä(t) Feeliks Kilpi
Tutkinto Tradenomi
Raportin/Opinnäytetyön nimi Operaattorien verkottamistuotteiden viankorjausprosessin priorisointi palvelutasosopimusten tukena
Sivu- ja liitesivumäärä 32 + 5
<p>Teleoperaattorien välinen liiketoiminta on mm. verkottamisratkaisuiden ja vuokrajohtojen myyntiä operaattorien välillä. Teleoperaattoreita on kansainvälisiä ja kansallisia, ja usein kansainväliset operaattorit ostavatkin paikallisoperaattoreilta viimeisen osuuden saavuttaakseen asiakkaita eri maissa. Operaattoreille suunnatut verkottamistuotteet mahdollistavat operaattorien verkkojen yhteen liittämisen valokuituyhteydellä ja verkkojen välirajapinnalla. Verkkojen välisen rajapinnan ja loppuasiakkaiden välillä tarjotaan operaattoriasiakkaalle virtuaaliyhteys, jolla asiakasoperaattori saavuttaa loppuasiakkaita oman verkkonsa ulkopuolelta.</p> <p>Verkottamistuotteet ovat yhdistelmä fyysistä infrastruktuuria sekä virtuaalisia yhteyksiä palvelua myyvän operaattorin runkoverkossa. Tuotteilla on palvelutasosopimukset (SLA), jotka määrittävät tuotteille prioriteetit, joita noudattaen vikatilanteet käsitellään. Vikatilanteita käsitellään tietoliikenneasiantuntijoiden toimesta teknisessä asiakaspalvelussa. Opinnäytetyön tavoitteena on pohtia ja kehittää näiden verkottamisratkaisuiden viankorjausprosessia palvelua tarjoavan verkko-operaattorin näkökulmasta nojaten palvelutasosopimuksiin. Viankorjaus- ja priorisointiprosesseja on tarkoitus kehittää tulevaisuudessa automatisoidumpaan suuntaan, jossa tietojärjestelmät ohjaavat asiantuntijaa työssään. Toiminnallisen opinnäytetyön produktina toimeksiantajalle on vaatimusmäärittelydokumentti, joka antaa pohjan toimeksiantajalle tulevaan tietojärjestelmäkehitykseen.</p> <p>Tietoliikenteen käsitteet ja teknologiat, joita teoriaosuudessa käytetään ovat Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) ja Internet Engineering Task Force (IETF) järjestöjen toimesta standardisoituja. Voittoa tavoittelematon Metro Ethernet Forum (MEF) järjestö vuorostaan standardisoi operaattorin verkossa toteutettavia virtuaaliyhteyksiä. Työssä esitetään myös toimeksiantajan Telia Finlandin verkottamistuotetarjoama. Viankorjausprosessin kuvauksessa pohjataan Information Technology Infrastructure Library (ITIL) viitekehityksen vikatapaus -prosessiin. Toimeksiantajalla on myös muita prosesseja, joita nykytilanteessa käytetään viankorjausprosessissa.</p> <p>Vaatimusmäärittely muodostetaan opinnäytetyön tiedonkeruun ja oppimisen pohjalta tehtävistä kehitysehdotuksista. Kehitysehdotukset muodostavat vaatimusmäärittelyssä toiminnallisuudet, joita toimeksiantaja voi hyödyntää tietojärjestelmäkehityksessä. Toiminnallisuudet luokitellaan ja taulukoidaan vaatimusmäärittelydokumentissa.</p>
Asiasanat Teleoperaattori, tietoliikenne, järjestelmäkehitys, verkonhallinta

Sisällys

1	Johdanto ja projektin määrittely	1
1.1	Projektin tausta	2
1.2	Projektin rajaus	2
1.3	Projektin tavoite ja lopputulokset	3
1.4	Keskeiset käsitteet	3
2	Verkottamistuotteet	5
2.1	Teleoperaattorin verkon rakenne	6
2.2	Verkottamisratkaisut	8
2.2.1	Ethernet virtuaaliyhteytyypit	9
2.2.2	Nieluyhteys	11
2.2.3	Liikenneluokitus ja maksimi pakettiyksikön koko	11
2.3	Toimeksiantajan verkottamistuotetarjoama	12
2.3.1	Telia Ethernet ja Ethernet Nordic	12
2.3.2	DSL-verkottamistuote	13
2.3.3	Ethernet Backhaul	15
2.3.4	Muut verkottamistuotteet	15
3	Palvelutasosopimukset	17
3.1	SLA-sopimuksen sisältö	17
3.2	Verkottamistuotteiden palvelutasot	18
3.2.1	Ethernet ja Ethernet Nordic	18
3.2.2	DSL verkottamistuote	19
3.2.3	Ethernet Backhaul	19
3.3	Toimintavarmuus	20
4	Viankorjausprosessi	22
4.1	ITIL viitekehyksen Incident Management -viankorjausprosessi	22
4.2	Viankorjausprosessi toimeksiantajalla – nykytilanne	23
4.2.1	Vika-analyysi	24
4.2.2	Kenttätyö ja laitetilat	25
4.3	Verkonvalvonta osana palvelun laatua	25
4.4	Palvelutaso-sopimuksen ulkopuolelle jäävät selvitystyöt	26
5	Projektin lopputulos	27
5.1	Lopputuloksen laajuus	27
5.2	Lopputuloksen hyödynnettävyys	27
5.3	Vaatusmäärittelyn rakenne	28
5.4	Ehdotetut toiminnallisuudet	28
5.5	Ehdotetut näkymät	29
5.5.1	Yleisnäkymä	29
5.5.2	Valitun vikatapauksen näkymä	29

5.5.3	Ilmoituspaneelinäkymä.....	30
5.6	Tavoitteiden täytyminen ja loppusanat	30
	Lähteet	31

1 Johdanto ja projektin määrittely

Opinnäytetyön aihe syntyi opinnäytetyön tekijän työskennellessä toimeksiantajan Telia Finland Oyj:n operaattoriliiketoimintayksikössä verkkoviankorjaustehtävissä. Verkottamistuotteisiin ja niiden viankorjaustehtäviin kertynyt asiantuntemus ja kiinnostus perehtyä verkottamistuotteisiin lisää oli toimeksiantajalle tehtävän opinnäytetyöprojektin alku. Idea vaatimusmäärittelyyn ja järjestelmäkehitystyöhön liittyi ohjelmistoalan ja tietoliikennealan osaamisen yhdistämisestä. Opinnäytetyö on toiminnallinen ja produktina teen vaatimusmäärittelyn, jota toimeksiantaja voi hyödyntää tietojärjestelmäkehityksessä. Toimeksiantaja Telia Finland Oyj, on kuluttaja, yritys- sekä operaattorimarkkinassa toimiva teleoperaattori. Telia Company toimii Pohjois- ja Baltian maissa paikallisyhtiöillä sekä Telia International Carrier globaalissa verkottamistuotteiden markkinassa.

Operaattoriliiketoiminta terminä kattaa laajasti eri palveluita ja tuotteita. Teleoperaattorit tarjoavat toisille teleoperaattoreille eri tyyppisiä infrastruktuuri sekä verkottamispalveluita. Teleoperaattorin omistamaa infrastruktuuria on esimerkiksi: fyysinen tietoliikenneverkko, laitetilat ja datakeskukset, sekä mm. radiomastot. Infrastruktuurinsa päällä teleoperaattori voi tarjota verkossaan toteutettavia virtuaaliyhteyksiä, internet-palveluita ja verkon roaming eli puheluliikenne -palveluita. Tässä opinnäytetyössä keskityn erityisesti verkottamistuotteisiin, joita ovat edellä mainitut virtuaaliyhteydet sekä fyysiset vuokraohdot. Verkottamistuotteeseen kuuluu palvelutasosopimus, jonka palvelua ostava operaattori valitsee tilatessaan tuotteen.

Verkottamistuotteet ovat tietoliikennepalveluita, joissa teleoperaattorit myyvät tiedonsiirtoyhteyksiä toisille teleoperaattoreille oman runko, alue, ja liityntäverkkonsa rajapintojen kautta. Palvelua ostava teleoperaattori on paikallinen palveluoperaattori, joka tarjoaa tietoliikenneyhteyksiä loppuasiakkaille. Verkottamistuotteet ovat yhdistelmä fyysistä verkkoinfrastruktuuria ja virtuaalisesti määritettyjä yhteyksiä palvelua tarjoavan verkkooperaattorin runkoverkossa. Palveluoperaattori ostaa valokuituyhteydellä toteutettavan verkkojen liitántärajapinnan omaan verkkoonsa eli nielun ja siihen liitettäviä asiakasliittymiä tarpeensa mukaan. Virtuaaliyhteydet määritellään nielun ja asiakasliittymien välille, jolloin liikenne ohjataan loppuasiakkaalta palveluoperaattorin verkkoon. Virtuaaliyhteydet pohjautuvat vuonna 2001 perustetun Metro Ethernet Foundationin (MEF), Carrier Ethernet -sertifiointiin ja niihin liittyvät termit tulevat standardisoinnista. Teoriaosuus kattaa verkottamistuotteiden ja virtuaaliyhteyksien teknisen kuvauksen. Tuotteisiin liittyvä tietoliikennealan termistö pohjautuu alan standardeihin ja kirjallisuuteen. Tietoliikenteen protokollat ja tekniikat ovat standardisoituja Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), ja Internet Engineering Task Force (IETF) -tahojen toimesta. IEEE on kansainvälinen tekniikan

alan järjestö, joka tunnetaan parhaiten standardien määrittelystä. IETF on erityisesti Internet protokollien standardisoinnista vastaava järjestö.

Palvelutasosopimus, eli Service Level Agreement (SLA) määrittää reunaehdot palvelun laadulle. Palvelutasosopimusten ehdot määrittävät raamit viankorjausprosessille sekä viankorjaustyön priorisointiprosessille. Viankorjausprosessi sisältää teknistä analyysiä verkkolaitteiden etähallinnalla sekä kenttätyön koordinoitua vian korjaamiseksi. Vika voi olla fyysisessä verkossa, jolloin sen korjaaminen voi edellyttää varaosia, kuidun tai kytkentöjen korjausta. Vika verkkoon määritetyn virtuaaliyhteyden tasolla voidaan korjata verkkolaitteiden konfiguraatiota muuttamalla tai muilla etäkäytettävillä verkonhallintatyökaluilla. Verkonhallintatyökalut ja järjestelmät tukevat viankorjausprosessia ja palvelutaso on sidonnainen toimivaan verkon- ja vianhallintaan.

1.1 Projektin tausta

Toimeksiantajan kehitystarpeita käytiin läpi operaattoriliiketoimintayksikön viankorjaushenkilöstön ja esimiesten kanssa. Toimeksiantajan ja opinnäytetyön tekijän näkökulmasta löytyi selkeä kehitystarve tietojärjestelmiin, joita toimeksiantaja uudistaa ja kehittää lähitulevaisuudessa. Toimeksiantajan näkökulmasta priorisointi on avainsana viankorjausprosessin monimutkaisuudessa nykytilanteessa. Opinnäytetyön tekijä halusi yhdistää osaamistaan ohjelmistosuunnittelun ja tietoliikennetuntemuksen osalta projektissa. Konkreettinen tuotos, joka tukee tulevia järjestelmäkehityshankkeita päätettiin toteuttaa vaatimusmäärittelydokumenttina. Kun projektin tuotos, ja aihealue päätettiin, projekti aloitettiin aloituskokoouksessa.

Viankorjausprosessia ja priorisointiprosessia kehittävässä vaatimusmäärittelyssä keskeinen ajatus on verkonhallintatyökalujen ja priorisointityökalujen yhdistäminen palvelutason toteutumista tukevaksi työkaluksi, joka olisi teknisen asiantuntijan työnkuvassa käytössä. Toimeksiantajan näkökulmasta tulevaisuuden ideaalissa tietojärjestelmässä, tarkoitus olisi automatisoida priorisointityötä sekä tuoda tarpeellinen informaatio monesta lähteestä teknisen asiantuntijan nähtäväksi.

1.2 Projektin rajaus

Projektissa laaditaan toimeksiantajalle vaatimusmäärittely verkonhallinta- ja viankorjaus toimintojen kehittämisen tueksi, erityisesti priorisoinnin näkökulmasta. Vaatimusmäärittely on dokumentti, joka kokoaa- ja luokittelee toiminnallisuudet joita ohjelmistokehittäjät käyttävät ohjelmiston kehitysjonona. Kyseessä on siis listausta niistä toiminnoista, joita tilattuun ohjelmistoon vaaditaan. Vaatimusmäärittely ei kata ohjelmiston tuotantoa, vaan luosunnitelman ohjelmistokehittäjiä varten. Vaatimusmäärittelyssä numeroidaan,

taulukoidaan sekä hahmotellaan toiminnot eli vaatimukset. Joskus vaatimusmäärittelyssä hahmotellaan käyttöliittymänäkymiä. Sanonta: ”kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa”, pitää mielestäni paikkansa, joten tarkoituksenani on myös laatia käyttöliittymäluonnoksia.

Vaatimusmäärittely laaditaan opinnäytetyön tekijän havaintojen näkökulmasta, ja sen laajuus on opinnäytetyöprojektin tekoaika, ja tilanteen mukaisesti työaikaa. Toimeksiantaja lupasi mahdollisuuden projektin työstämiseen työaikana rajallisesti. Tilanne on muuttuva ja projektin ajankäyttöä eikä päivämääriä pystytäkään takaamaan. Projektilla ei kuitenkaan ole tiukkaa tavoite valmistumisaikaa.

1.3 Projektin tavoite ja lopputulokset

Tavoitteena on koostaa vaatimusmäärittelyyn havaintoja viankorjausprosessin, priorisointiprosessin ja aihealueen teorian osalta. Hyvä vaatimusmäärittely syntyy kun syvä ymmärrys kokonaiskuvaan on kattava. On siis tärkeää hahmottaa koko operaattoriliiketoiminnan ydin ja erityisesti viankorjattavien verkottamistuotteiden palvelukokonaisuus. Ensimmäinen tavoite on siis perehtyä verkottamistuotteisiin ja niiden viankorjausprosessiin kokonaisvaltaisesti.

Toimeksiantajan nykytilannetta tarkastellessa on monia tavoitteita, jotka sisällytetään vaatimusmäärittelyyn. Yhtenä tällaisena keskeisenä tavoitteena on yhtenäistää useita verkohallintaan liittyviä järjestelmiä yhteen tietojärjestelmään. Tarkoituksena on, että tekninen asiantuntija saa viikatapauksesta kokonaiskuvan kerralla. Palvelutason tuominen näkyvämpään rooliin tietojärjestelmässä on myös keskeinen tarve, jotta priorisointi toimii järjestelmän ja teknisen asiantuntijan tekemien päätösten tasolla.

Projektin tulosta pyritään hyödyntämään mahdollisimman monessa tietojärjestelmäkehityshankkeessa. Toimeksiantaja vastaanottaa lopullisen vaatimusmäärittelydokumentin. Vaatimusmäärittely ja opinnäytetyö esitetään toimeksiantajalla oman yksikön henkilöstölle ja pidetään kysymys- ja palautetilaisuus.

1.4 Keskeiset käsitteet

SLA-sopimus = Service Level Agreement, palvelutasosopimus. Hankintasopimuksen liite, jossa ICT-palvelulle määritetään palvelun laadun reunaehdot ja kompensatiot. (Desai, J. 2010, luku 1)

OSI-malli = Open Systems Interconnection Reference Model. Malli, jolla kuvataan tietoliikenteen toimintaa jakamalla tietoliikenne kerroksiin fyysisestä verkosta aina sovellustasolle asti. (Davis G 2019, luku 9)

MPLS = Multiprotocol Label Switching, Runkoverkkotekniikka, jossa paketit liikennöivät IP:lla hallittavassa runkoverkossa runkolaitteiden välillä ilman reititysprotokollia pakettien header-tiedon avulla. (IETF, RFC 3031)

POP = Point of presence, fyysinen sijainti, jossa teleoperaattorilla on verkkolaitteistoa. Sijainti voi olla esimerkiksi datakeskus.

PE = Carrier Ethernet standardisoitujen palveluiden termi palveluntarjoajan verkon reunapisteelle. Provider edge. (MEF 10.4)

CE = Carrier Ethernet standardisoitujen palveluiden termi asiakkaan verkon reunapisteelle. Customer edge. (MEF 10.4)

LAG = link aggregation layer, useampien fyysisten linkkien yhdistäminen yhdeksi suuremman kapasiteetin linkiksi (IEEE 802.3)

Metro Ethernet verkko = Teleoperaattorin runkoverkko jaettuna maantieteellisiin alueisiin, jossa tarjotaan ethernet liityntärajapinnan palveluita. (MEF 10.4)

ENNI / Nielu = Ethernet network to network interface, rajapinta kahden teleoperaattorin verkkojen välillä. (MEF 26.2)

AS = Autonomous system, teleoperaattorien verkot ovat jokainen omia autonomisia systeemejään ja niillä on AS-tunnukset. Internet Assigned Numbers Authority (IANA) ylläpitää rekisteriä autonomisista systeemeistä. (IETF RFC 1930)

VLAN = Virtual LAN, virtuaalinen rajapinta lähiverkkoon, jolle voidaan määrittää loogiselle kerrokselle IP-osoite. (IEEE 802.1Q)

VLAN tagging = tekniikka, jossa ethernet kehykseen merkitään erillinen osio kyseisen liikenteen tunnistamiselle ja luokittelulle (IEEE 802.1Q)

QoS = Quality of Service, tietoliikennepalvelun liikenteen laatu (IEEE 802.1p)

CoS = Class of Service, tietoliikennepalvelun liikenteen luokitus (IEEE 802.1p)

CPE / UNI = Customer Premises Equipment tai User Network Interface loppuasiakkaan tiloihin toimitettava verkon päätelaite, kuten modeemi tai reititin. Laite tai liityntäpiste, josta loppuasiakas liittyy verkko-operaattorin verkkoon. (MEF 10.4)

DSL = Digital Subscriber line, laajakaistayhteys toteutettuna perinteisessä kupari langapuhelinverkossa. (Davies G. luku 8)

EVC = Ethernet Virtual Connection, Carrier Ethernet -sertifiodussa verkossa määriteltävä virtuaaliyhteys. (MEF 10.4)

MTU = Maximum transmission unit, Ethernet kehyksen payload- eli kehyksen sisältämän siirrettävän datayksikön osuuden koko (IEEE 802.3)

NMS = Network Management System, Yleinen termi verkonhallintatyökaluille.

MAC = Medium Access Control, tietoverkon laitteen verkkokortin identifioiva tunnus- Ethernet kehyksellä on lähde- ja kohde MAC-osoitteet. (IEEE 802.3)

2 Verkottamistuotteet

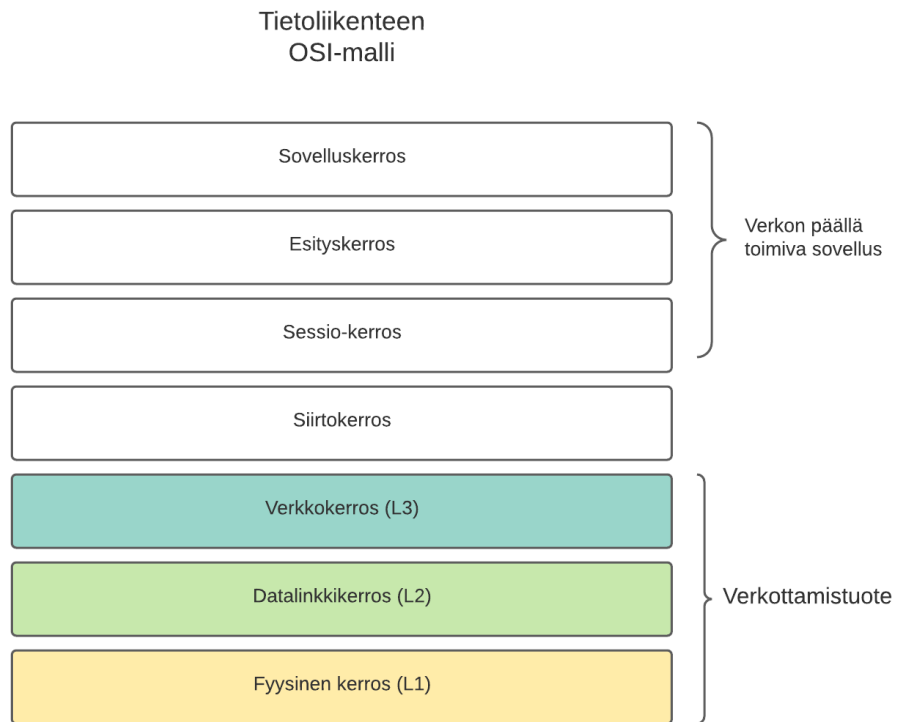
Operaattoriliiketoiminta perustuu palvelua tarjoavan verkko-operaattorin verkkoinfrastruktuurin hyödyntämiseen verkottamisratkaisuisissa palveluoperaattoreille. Näin palveluoperaattori voi tarjota liittymiä omaan verkkoonsa siellä, missä oma verkon kattavuus ei riitä. Käytän opinnäytetyössä verkottamistuotteita tarjoavasta teleoperaattorista termiä verkko-operaattori ja tuotteita ostavasta teleoperaattorista termiä palveluoperaattori. Loppuasiakkaalla tarkoitetaan palveluoperaattorin asiakasta, joka voi olla yritys, viranomainen tai kuluttaja. Operaattoreille suunnattu verkottamistuote on ikään kuin ”bittiputki” loppuasiakkaan ja internet palveluntarjoajan välillä.

Operaattorien tarjoamat verkottamistuotteet ja niiden standardisointi on toteutettu vuonna 2001 muodostetun Metro Ethernet Forumin toimesta. Carrier Ethernet -sertifiointi viittaa ethernet protokollalla toteutettuihin runkoverkon virtuaaliyhteyksiin, joita teleoperaattorit tarjoavat metro-ethernet runkoverkossaan. Carrier Ethernet verkossa voidaan luoda virtuaaliyhteyksiä, joilla voidaan rakentaa verkottamisratkaisuja operaattoreille. (Kangovi S 2016, luku 4)

Tietoliikennettä voidaan kuvata erilaisilla konsepteilla, joista tunnetuin on Open Systems Interconnection Reference Model (OSI) -malli, jota kehitettiin jo 1970-luvulla kansainvälisen standardisointiorganisaation toimesta. OSI-malli kuvaa tietoliikenteen perustoimintaa jakamalla tietoliikenteen kerroksiin fyysisestä kerroksesta sovelluskerrokseen. (Davis G 2019, luku 9) Verkottamistuotteet ovat alimpien kerrosten protokollia hyödyntäviä ratkaisuja. Kuvassa 1 nähdään OSI-mallin kerrokset. Verkottamistuote voitaisiin rajata kahden tai kolmen alimman kerroksen tasoille, eli fyysisen verkkoinfrastruktuurin, datalinkki- ja verkkokerroksen tasoille. Ylemmät kerroksen liittyvät vahvasti verkkopalvelun päällä toimiviin sovelluksiin, jotka jäävät tämän aiheen verkottamistuotteiden ulkopuolelle. Verkottamistuotteet ovat palvelu, jonka päälle loppuasiakkaat tuottavat ylemmän tason verkkopalveluita.

Alin kerros, eli fyysinen kerros kontrolloi bittien kulkemisen siirtomediassa, kuten kupari- tai kuitukaapelissa tai langattomasti radiotaajuuksia. 2. kerros, eli datalinkki -kerros muodostaa linkin kahden verkkolaitteen välillä. Verkkolaitteilla on medium access control (MAC) -osoitteet, jotka identifioivat laitteen, kuten kytkimen, reitittimen tai minkä tahansa verkkolaitteen, jossa on verkkokortti. MAC on linkkikerroksen protokolla, joka luo kehyyksen verkkolaitteiden välille. 3. kerros, eli verkkokerros eroaa alemmista kerroksista siten, että se ei muodosta fyysisiä linkkejä vaan on looginen kerros, jossa kahden pisteen välillä liikenne tapahtuu IP-osoitteiden avulla lähtöosoitteesta kohdeosoitteeseen. Ylemmät kerrokset ovat: 4. Tiedonsiirtoa osiin pilkkova liikenteen kontrollointikerros, 5. kahden verkon

laitteen välillä muodostava sessio -kerros, 6. Datan formaatin muodostava esityskerros sekä 7. Sovelluskerros, joka hoitaa verkkosovellusten, kuten pikaviestisovellusten toimintaa. (Davis G 2019, luku 9) Seuraavassa kappaleessa esitellään kuinka teleoperaattorien runkoverkkojen tyypillinen rakenne yhdistää fyysistä, datalinkki- ja verkko kerrosta.



Kuva 1. OSI-mallin kerrokset (mukaillen Davis G 2019, luku 9)

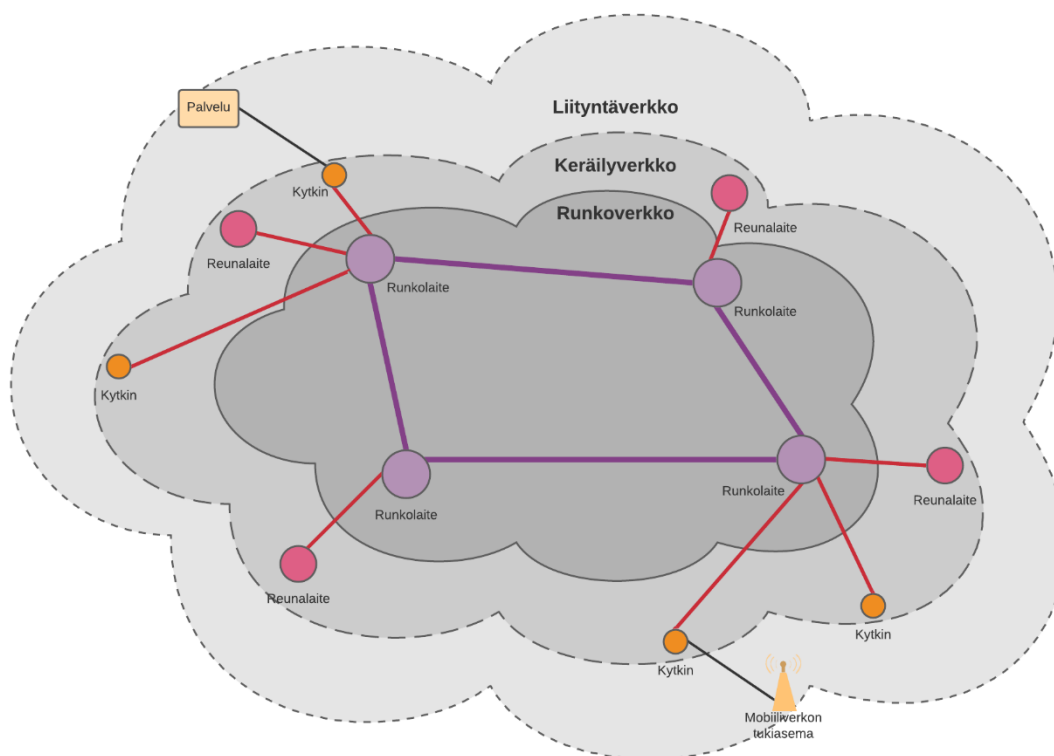
2.1 Teleoperaattorin verkon rakenne

Teleoperaattorien verkot ovat useamman OSI-mallin kerroksen protokollia, reitityksen ja kytkennän yhdistäviä Multiprotocol Label Switching (MPLS) -tekniikalla toteutettuja verkkoja. MPLS on yleisin nykyaikaisista laaja-alueisten verkkojen (wide area network, WAN) teknologioista ja on Internet Engineering Task Forcen standardin (IETF RFC 3031) kuvaava tekniikka, joka toimii OSI-mallin kuvassa 1. Data-link ja Network -kerrosten tasoilla. Tämä reititys- ja kytkentä -tekniikka tarjoaa tehokkaan merkittyjen pakettien reitityksen ennalta määritettyjen verkon tulo ja lähtöpisteiden avulla. MPLS-verkosta puhutaan hybridi 2.5 kerroksena, sillä se yhdistää useamman kerroksen protokollia. (IETF, RFC 3031)

MPLS runkoverkossa liikkuvalla datapaketiilla on ennalta määritetty label-merkintä ja Class of Service (CoS) -liikenneluokitus. Paketin merkintä sisältää arvot paketin päätöspisteestä, liikenneluokasta ja tiedon onko sen hetkinen runkolaite ns. "last leg" eli MPLS verkosta ulospäin ohjaava laite ja mikä on paketin hyppyjen määrä ennen kuin se hylätään? CoS luokka jolla paketti merkitään kertoo runkolaitteelle onko liikenne esimerkiksi reaaliaikaisuutta vaativaa, kuten puhelu tai video vai esimerkiksi internet liikennettä.

Reaaliaikainen liikenne saa runkoverkon sisällä nopeimmat lyhyen latenssin reitit. (Weinberg & Johnson 10.9.2021)

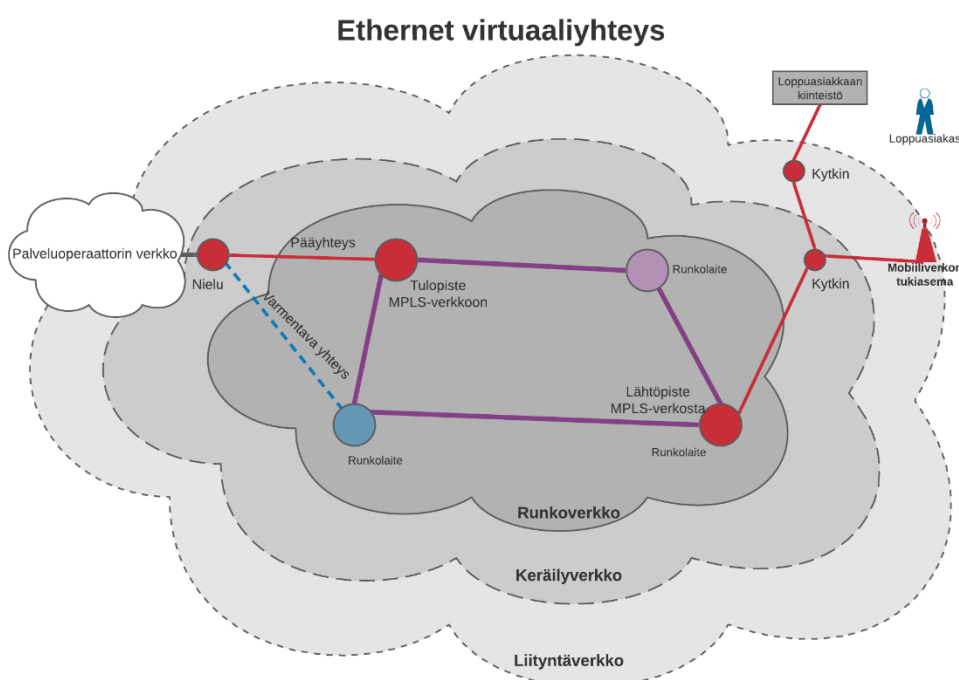
Teleoperaattorin verkko voidaan ajatella kerrosmaisesti. Kuva 2 kuvaa tyypillistä teleoperaattorin verkon rakennetta. Verkon ydin eli runkoyhteydet ja runkopisteet muodostavat sisimmän kerroksen. Sisimmässä kerroksessa runkolaitteet ja suuren kapasiteetin valokuitulinkit liikennöivät MPLS-verkoon merkityt paketit verkon sisällä ja sieltä ulos. Runkopisteet ovat teleoperaattorin keskeisimpiä sijainteja, joista käytetään termiä PoP, eli point of presence. Näitä ovat mm. datakeskukset ja suuret konesalit, joissa on paljon verkkolaitteistoa. (Kvasov 3.10.2020) Keskimäinen kerros eli keräilyverkko toimii rajapintana muiden operaattorien verkkoihin. Keräilyverkossa toimivat reunareititimet (Edge Router) pitävät yllä tietoa naapuriverkoista ja ohjaavat liikenteen ulkoverkkoon ja jälleen globaaliin internetiin. Keräilyverkossa ovat myös Network to Network rajapinnat (NNI), jotka ovat keskeinen osa operaattoreille tarkoitetuissa verkottamistuotteissa. Liityntäverkko on uloin kerros, joka toimii rajapintana verkkoon liitettäviin asiakkaisiin. Se miten loppuasiakas käyttää liityntäyhteyttä, voi olla esimerkiksi, modeemi yrityksen toimistossa, mobiiliverkon tukiasema tai kuluttaja-asiakkaiden kerrostalon jakamo.



Kuva 2. Teleoperaattorin verkon rakenne (mukaiillen, Telia)

2.2 Verkottamisratkaisut

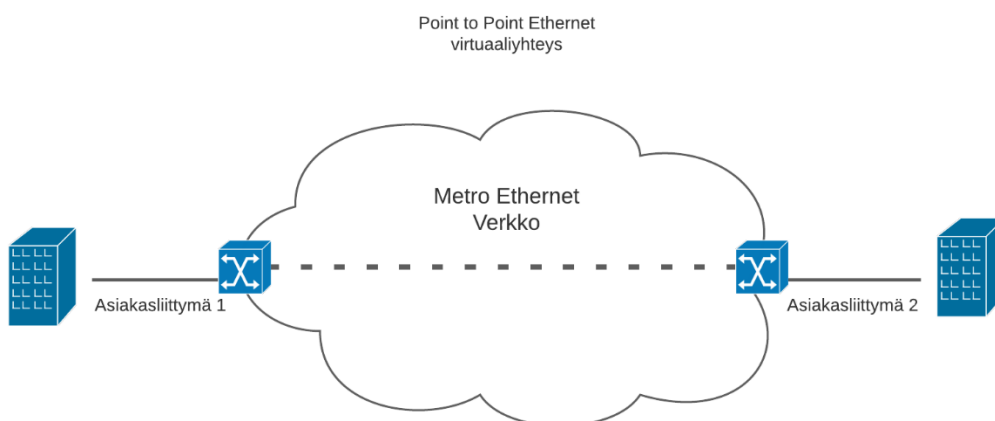
Opinnäytetyössä käytetään termejä verkko-operaattori sekä palveluoperaattori palvelua tarjoavan ja palvelua ostavan teleoperaattorin erittelemiseen. Verkottamistuote on verkko-operaattorin verkossa toteutettava kahden pisteen tai useamman pisteen välinen virtuaaliyhteys palveluoperaattorin oman verkon nielun sekä palveluoperaattorin loppuasiakkaiden välillä. Liitäntä palveluoperaattorin ja verkko-operaattorin verkkojen välillä on Ethernet Network to Network Interface, eli ENNI, josta käytetään myös suomeksi termiä nielu. Nielu on käytännössä palveluoperaattorin verkkolaitteen ja verkko-operaattorin runkolaitteen välinen valokuituyhteys. Nielu voidaan toteuttaa myös valokuitutelineenä, johon palveluoperaattori on itse vastuussa kytkeä omat laitteensa verkko-operaattorin ilmoittamaan luovutuspiisteeseen (Demarcation point). Metro Ethernet Foundation on vuonna 2001 perustettu voittoa tavoittelematon järjestö, joka standardisoi metropolialueiden verkoissa toteutettavia palveluita. Metro Ethernet Foundationin määritelmän mukaan koko palvelukokonaisuutta kutsutaan termillä Carrier Ethernet Service. Carrier Ethernet -termistön mukaan Metro ethernet verkossa toteutettava virtuaaliyhteys on Ethernet Virtual Connection eli EVC. Useimmat verkottamistuotteet, joita käsittelemme opinnäytetyössä ovat pohjimmiltaan vastaavia virtuaaliyhteyksiä. (Kangovi S 2016, luku 4.1) Kuvassa 3. On hahmoteltu virtuaaliyhteys palveluoperaattorin nielusta kahteen loppuasiakkaaseen. Kuvan yhteydessä on siis kolme liityntäpistettä: nieluyhteys ja asiakasliittymät. Kuvassa on myös hahmoteltu sinisellä katkoviivalla varmentava yhteys. Varmennuksista ja toimintavarmuudesta käsitellään enemmän luvussa 3.5.



Kuva 3. Ethernet virtuaaliyhteys teleoperaattorin verkossa. (mukaillen, Telia)

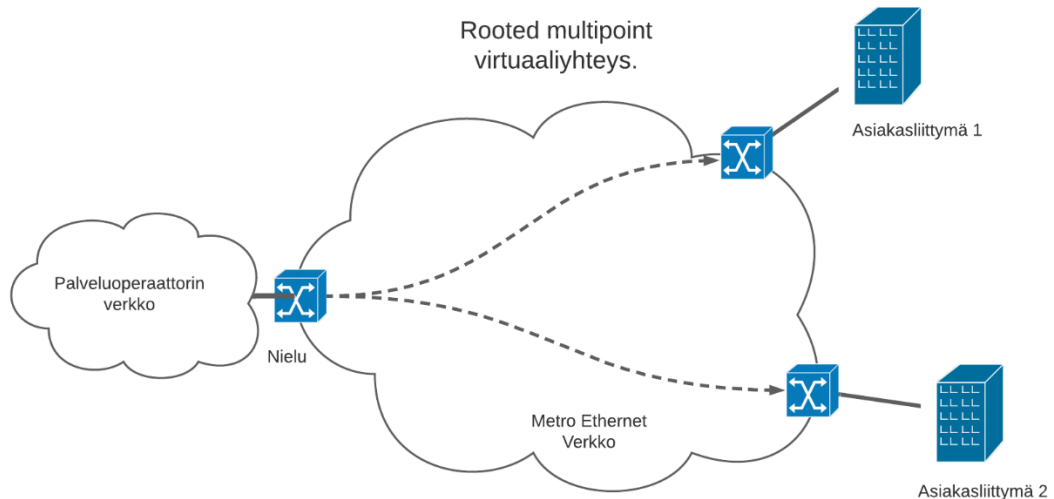
2.2.1 Ethernet virtuaaliyhteystyypit

Kahden pisteen välinen ethernet virtuaaliyhteys eli Point-to-Point yhteys on kapasiteetti-tuote, käytännössä kahden asiakasliittymän välinen yhteys. Kapasiteettituotteessa ei ole nielua palveluoperaattorin verkkoon. Useamman pisteen yhteen nieluun yhdistävä yhteys eli Point-to-Multipoint yhteys on palveluoperaattorin oman verkon solmun ja useamman loppuasiakkaan välinen ethernet virtuaaliyhteys. Nieluyhteys on kuituyhteys verkko-ope- raattorin runkoverkkoon palveluoperaattorin runkoverkosta. Ethernet virtuaaliyhteydellä on aina tulopiste, sekä lähtöpiste operaattorin MPLS-runkoverkkoon ja verkosta. (Kangovi S 2016, luku 4.1) Kuvassa 3 Ethernet virtuaaliyhteys, kapasiteetti-yhteys kahden asiakasliit- tymän välillä.



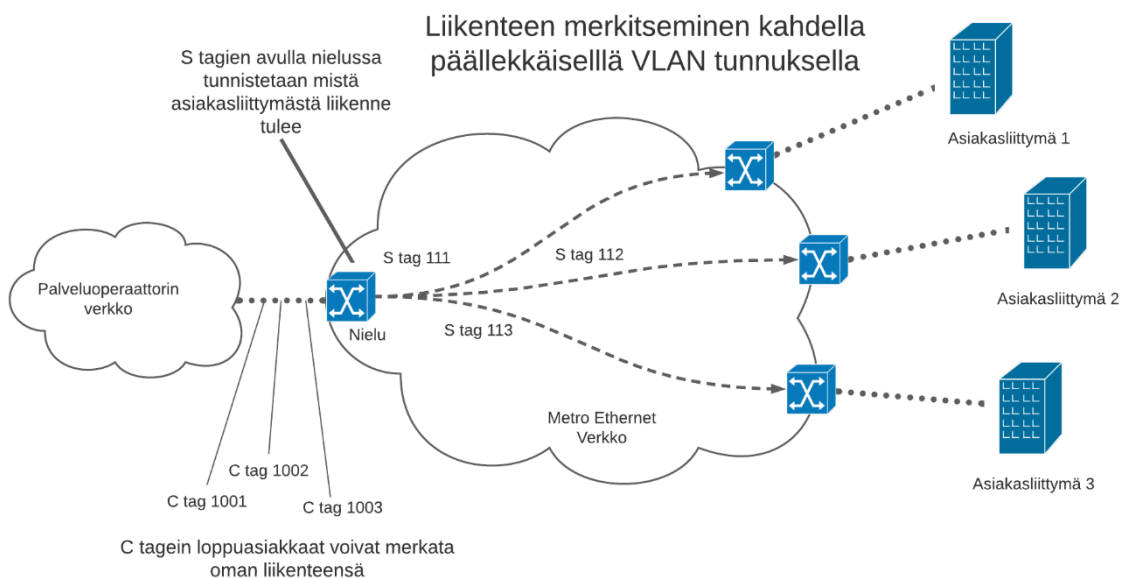
Kuva 3. Ethernet point-to-point virtuaaliyhteys. (mukaien Kangovi S 2016, luku 4.1)

Virtual LAN (VLAN) tarkoittaa virtuaalista merkintää verkossa oleville laitteille. Käytän- nössä vlan merkinnällä identifiointia käytetään liikenteen ohjaamiseen niille laitteille, joilla on lähetettävää liikennettä vastaavat vlan-tunnukset. (Davies G 2019, luku 2) VLAN mer- kintä mahdollistaa liikenteen merkitsemisen ja luokittelun, jolloin ethernet kehukseen mer- kitään liikenteen tunnus ja liikenneluokka. Nieluyhteys toimii juurena johon ohjataan use- ampia asiakasliittymiä. Nieluyhteyksissä käytetään QinQ (IEEE 802.1ad) tekniikkaa, jossa yhteydellä on kaksi VLAN tunnusta, joilla liikenne merkitään. Ylempää S-tag tunnusta käy- tetään liikenteen tunnistamiseen eri asiakasliittymistä ja alempi C-tag tunnus on osa lop- puasiakkaiden liikennettä. (Kangovi S 2016, luku 4.2) Liityntäyhteyksiä eli loppuasiakkaita voi olla samaan nieluun terminoituna useita. Tuotteesta riippuen, liityntäosuus voi olla to- teutettu kuparitoteutuksella, kuidulla tai mobiiliverkon kautta. Eri tuotetyypit esitetään kap- paleesta 2.5 eteenpäin. Alla olevassa kuvassa 4. Rooted multipoint ratkaisu, jossa nielu on juuri ja kaksi asiakkaan liittymää ovat lehtiä.



Kuva 4. Rooted multipoint ratkaisu (mukaillen Kangovi S 2016, luku 4.3)

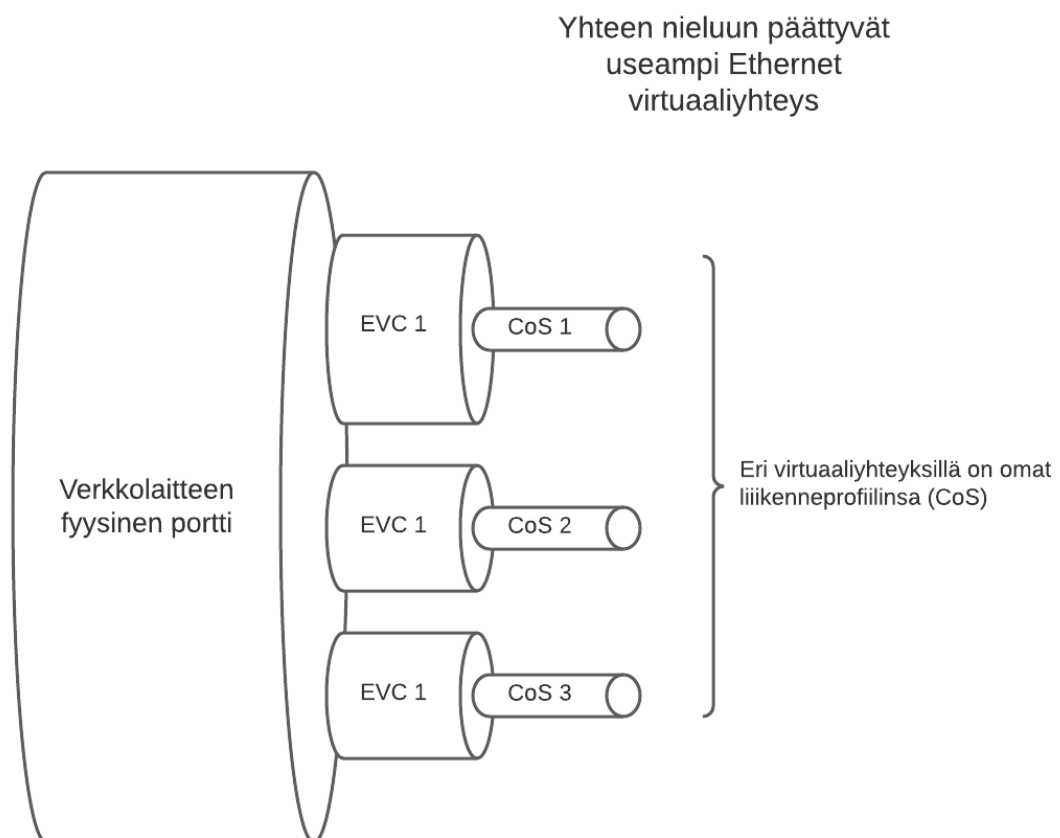
Muita Carrier Ethernet standardin mukaisia ethernet virtuaaliyhteyden rakenteita ovat myös Multipoint-to-Multipoint sekä ns. "tree" malli. Multipoint-to-Multipoint ratkaisussa jokainen asiakasliittymä voi viestiä keskenään niin, että eri toimipaikkojen liikenteet on merkitty C tagein ja tagien on oltava samat. (Kangovi S 2016, luku 4.3) EP-tree mallissa käytötarkoitus on yhden päätoimipisteen kautta useamman toimipisteen viestintä. Tässä mallissa taas eri toimipisteet eivät voi suoraan viestiä keskenään.



Kuva 5 Liikenteen merkitseminen kahdella VLAN-tunnuksella (mukaillen Kangovi S 2016, luku 4.3)

2.2.2 Nieluyhteys

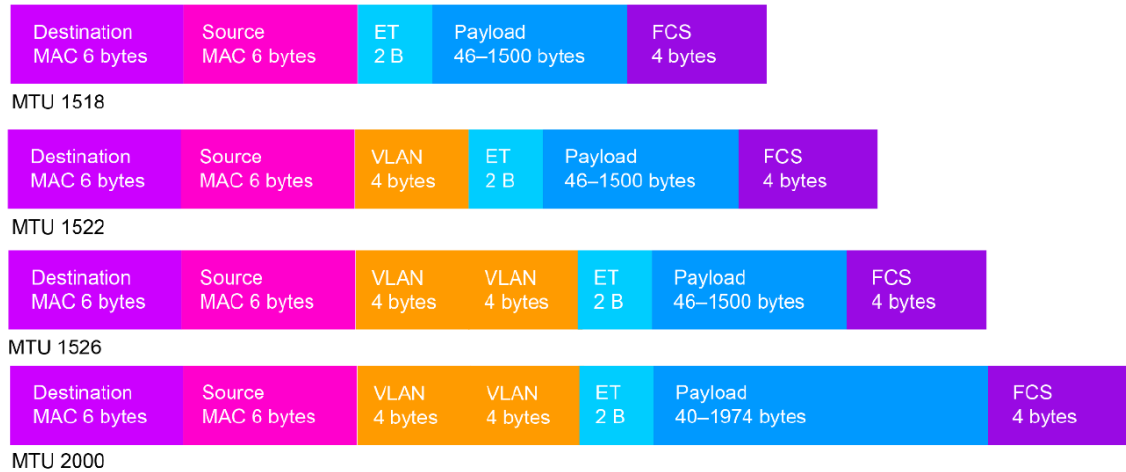
Palveluoperaattori tilaa nieluyhteyden erillisellä tilauksella tilaamalla nieluliittymän, sekä sen jälkeen siihen asiakasliittymiä. Tilatessa valitaan palvelutaso, liityntäteknikat ja lisäpalvelut. (Telia 2020) Nieluyhteys on teleoperaattorin runkoverkon laitteen fyysinen portti tai useampi yhdeksi ryhmäksi yhdistetty portti IEEE 802.3 standardin mukaisesti. Portteja yhdistävä tekniikka, link aggregation layer (LAG), yhdistää useamman portin yhdeksi linkiksi, jolloin saavutetaan suurempi kapasiteetti eli enemmän kaistaa. Kuvassa 6 havainnollistetaan verkkolaitteen porttia, johon samaan nieluun yhdistyvät useampi ethernet virtuaaliyhteys. Jokaisella Ethernet virtuaaliyhteydellä on omat liikenneluokkansa.



Kuva 6. Nieluun päättyvät virtuaaliyhteydet ja niiden liikenneluokat. (mukaillen Kangovi S 2016, luku 4)

2.2.3 Liikenneluokitus ja maksimi pakettiyksikön koko

Ethernet virtuaaliyhteyksillä on palvelua tilatessa valittu liikenneluokka, sekä Maximum Transmission Unit (MTU) arvo, joka tarkoittaa ethernet kehyksen suurinta sallittua tavumäärää. Telia Finlandin verkottamistuotteissa ethernet kehyksen payload osio on valittavissa MTU-asetuksella. (Telia, 2020) Muut Ethernet kehyksen kentät säilyvät saman bittimäärän kokoisina. Kuvassa 7 havainnollistetaan, miten ethernet kehyksen koko kasvaa MTU-arvon mukaan.



Kuva 7. Telia Ethernet palvelukuvaus, MTU. (Telia, 2020)

Ethernet virtuaaliyhteyteen kuuluvat myös liikenneluokitukset. Classification of Service (CoS) profiilit määrittävät miten liikenteen kapasiteetti jaetaan eri liikennetyyppeihin. Ope- raattoriasiakas valitsee tilauksen yhteydessä jonkin liikenneluokkaprofiileista. Liikenteen merkintä tehdään IEEE standardin mukaisesti VLAN tunnuksen 802.1p kenttään p-bit ar- volla. Liikenteen merkintä tapahtuu asiakkaan laitteissa ja se tunneloidaan liikenneluok- kien mukaan verkko-operaattorin verkosta palveluoperaattorin verkkoon. Oletusliikenne- luokka on best effort, jolloin kaikki liikenne siirretään samassa luokassa. Muita liikenne- luokkia on mm. BC, business critical ja RT, realtime. Business Critical liikenne siirretään sille varatussa prioriteettiluokassa. Realtime liikenne on tarkoitettu pienen viiveen ja luot- tettavuuden sovelluksille, kuten puhe ja videopuhelu -liikenteelle. (Telia 2020)

LIKENNELUOKKA	PÄÄSTÄ PÄÄHÄN VIIVE	VIIVEEN VAIHTELU	PAKETTIHÄVIKKI
Real Time	<10 ms	< 2 ms	0,002 %
Business Critical	< 10 ms	< 5 ms	0,002 %
Best Effort	< 20 ms	NA	< 1 %

Taulukko 1. Liikenneluokkien laatuparametrien tyypilliset arvot kuituliittymille (Telia 2020)

2.3 Toimeksiantajan verkottamistuotetarjoama

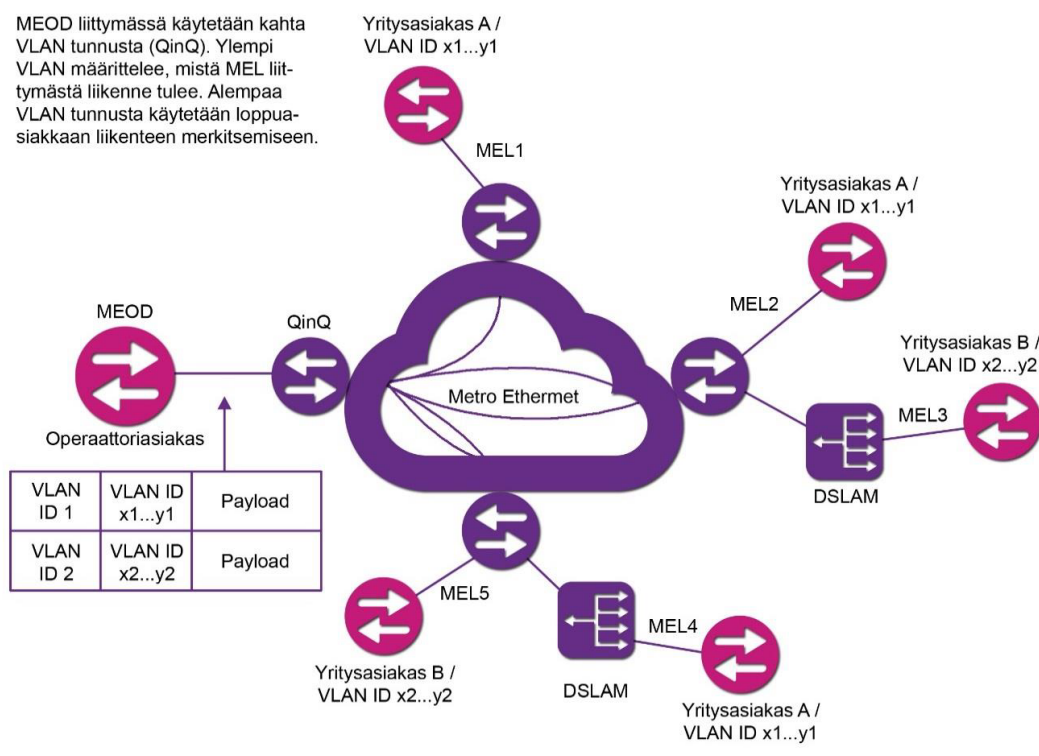
Tässä osiossa esitetään aineistona toimeksiantajan Telia Finland Oyj:n operaattoreille tar- jottavien verkottamistuotteiden tarjoama. Aliluvuissa esitetään tuotteiden tekniset ratkaisut ja kuvataan miten ne vastaavat Carrier Ethernet standardin mukaisia ethernet virtuaaliyh- teyksiä. Kappaleessa esitetään myös muut, kuin ethernet virtuaaliyhteyksinä toteutetut verkottamistuotteet.

2.3.1 Telia Ethernet ja Ethernet Nordic

Telian Ethernet ja Ethernet Nordic -tuotteet vastaavat Carrier Ethernet ratkaisuja. Tarjolla on point-to-point kapasiteettiyhteys kahden toimipisteen välille tai nieluliittymä ja siihen

mahdollisuus liittää useampia asiakasliittymiä. Point to Multipoint ratkaisussa on IEEE 802.1ad standardin mukainen päällekkäisten VLAN tunnusten - S ja C tagien, käyttäminen nielussa asiakasliittymien liikenteiden tunnistamiseen ja loppuasiakkaan omaan käyttöön liikenteen tunnistamiseen. Nieluyhteys on tilattavissa 1Gbps tai 10 Gbps nopeudella. Asiakasliittymissä nopeusvaihtoehtoja on useampia tilauksen mukaisesti. Ethernet Nordic -ratkaisussa nieluliittymä ja asiakasliittymät voivat olla missä tahansa Pohjois- ja Baltian maista, joissa Teliällä on paikallista toimintaa. Asiakas- ja nieluliittymiin on mahdollista tilata verkko-operaattorin hallinnoima päätelaite. Päätelaite sijoitetaan loppuasiakkaan tiloihin. Myös nieluliittymään on mahdollista tilata hallinnoitu päätelaite, jolloin se tulee palveluoperaattorin tiloihin. (Telia 2020)

Tuotetta tilatessa palveluoperaattori valitsee MTU arvon, liikenneluokkaprofiiliin sekä jos tilaa uutta asiakasliittymää, millä S-tagillä se merkitään. Nopeusvaihtoehtoja asiakasliittymiin on 2 Mbit/s ja 10 Gbit/s väliltä. Tilatessa valitaan myös palvelutasosopimus liittymälle, eli Service Level Agreement, SLA-taso. Kuvassa 9 Telian havainnollistus Ethernet operaattorituotteesta nielu ja asiakasliittymillä. (Telia 2020)



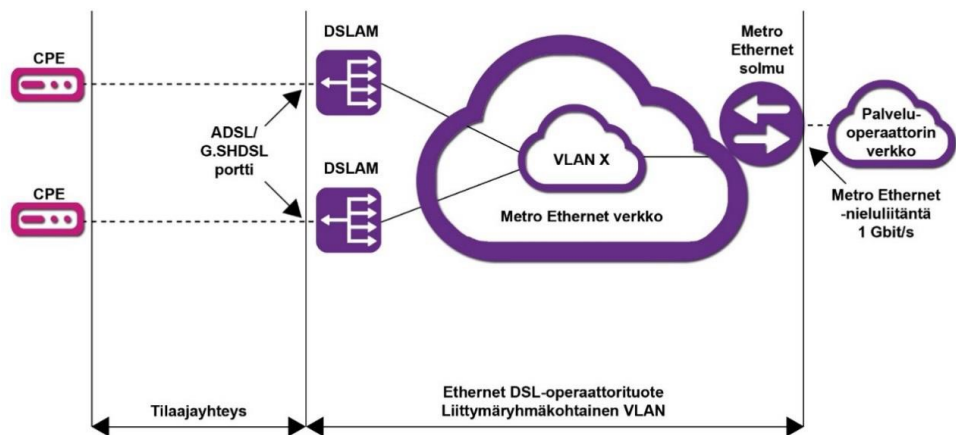
Kuva 9. Telia Ethernet nielu ja asiakasliittymät -toteutus (Telia 2020)

2.3.2 DSL-verkottamistuote

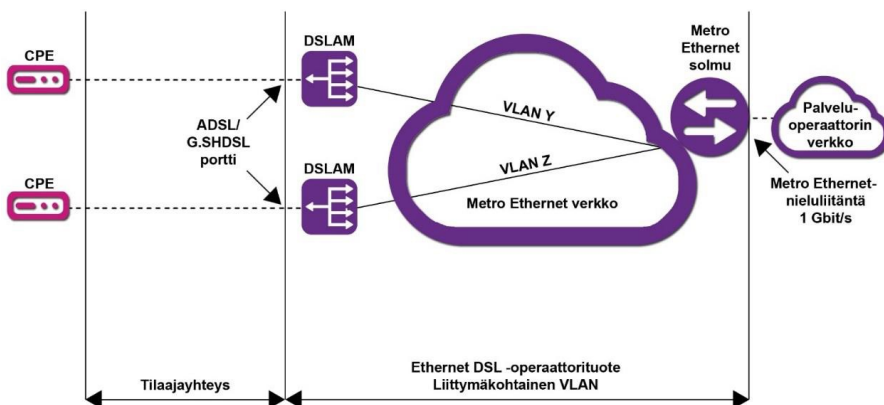
Ethernet tuotteeseen voi valita liittytävän teknologiseksi asiakasliittymään kiudun sijasta kuparikaapelin. Digital Subscriber Line (DSL) tarkoittaa perinteisen

lankapuhelinverkon kuparikaapeleissa liikennöitävää laajakaistaliikennettä. Nieluyhteys metro ethernet verkkoon toteutetaan aina kuidulla. Eli nieluuyhteydet ovat samoja kuin ethernet tuotteessa. Asiakasi liittymät tilataan nopeusprofiililla, jotka riippuvat halutaanko asymmetriset lataus ja lähetysnopeudet (ADSL), symmetriset lataus ja lähetysnopeudet (SHDSL). Liittymien erottelu toteutetaan samalla tavalla päällekkäisillä VLAN tunnuksilla nielulle. (Telia 2020)

Liityntäverkossa DSL-yhteydet toteutetaan kupariverkon kytkimillä (DSLAM). Mahdollisena on valita customer premises equipment (CPE) -laite loppuasiakkaan kiinteistöön tai kytkentä suoraan loppuasiakkaan kiinteistön sisäverkkoon. Loppuasiakkaalla voi olla oma tai palveluoperaattorilta saatu modeemi. VLAN tunnuksilla voidaan erotella joko liittymäryhmä tai liittymä. Alla kuvassa 10 liittymäkohtainen vlan-ratkaisu ja kuvassa 11 liittymäryhmäkohtainen vlan ratkaisu. Liittymäryhmä tarkoittaa, että useamman loppuasiakkaan liikenne tulkitaan samasta lähteestä tulevaksi. Kun kyseessä on liittymäryhmäkohtainen ratkaisu DSLAM:n portille on rajattu maksimissaan 10 MAC-osoitteen, eli 10 laitteen raja.



Kuva 10. DSL liittymäryhmäkohtainen vlan ratkaisu. (Telia 2020)

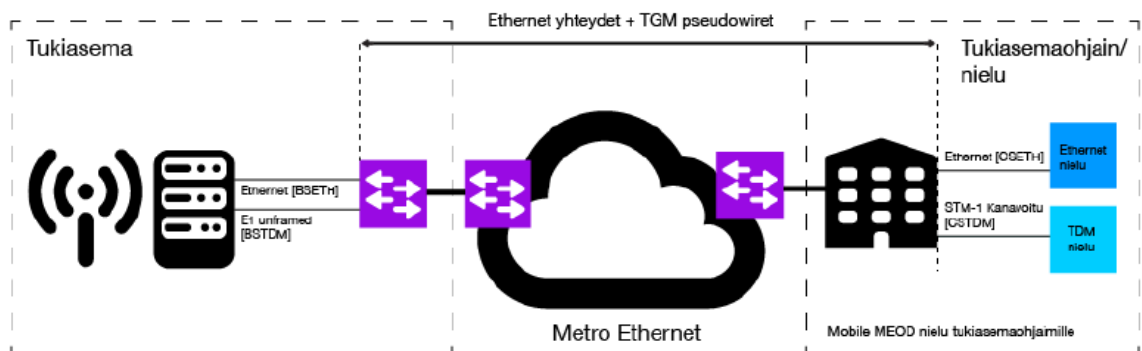


Kuva 11. DSL liittymäkohtainen vlan ratkaisu. (Telia 2020)

2.3.3 Ethernet Backhaul

Ethernet backhaul on verkottamistuote, jossa tarjotaan kuidulla toteutettu siirtoyhteys mobiiliverkon tukiaseman ja tukiasemaohjaimen tai Ethernet nielun välillä. Tukiasemaohjain on tavallaan nielu itsessään, sitä käytetään useamman tukiasemakohteen keskitettyyn hallintaan. Pohjimmiltaan tukiasemayhteys on myös samanlainen ethernet virtuaaliyhteys kuin edellisissäkin tuotteissa. Vanhojen GSM (2g) tukiasemien liitäntärajapinta tapahtuu Time Division Multiplexin (TDM) -teknologialla ja uudemmat 3g, 4g, 5g tukiasemat ovat suoraan metro ethernet verkkoon yhteensopivia. Tukiasemalle liityntäverkon yhteys on aina valokuidulla toteutettu. Nieluihin ja liikenteen merkitsemiseen pätevät samat ethernet virtuaaliyhteyksien piirteet. (Telia 2019)

Aikaväliyhteys, eli TDM oli teknologia, jota käytettiin ennen operaattorien verkoissa enemmän, nykyään se saadaan yhä yhteen sovitettua moderniin teleoperaattorin runkoverkkoon. Aikavälitiedonsiirrossa useamman lähettäjän tiedonsiirtosignaali pilkotaan kiinteisiin aikaväleihin (time slots), joissa lähettäjillä on omat osionsa. Kaikkien lähettäjien osiot koottaan kehykseksi ja kehys lähetetään kun jokaisen lähettäjän datayksikkö on koottu kehykseen. TDMoP on termi, jota Telialla mainitaan käytettävän TDM toteutetun yhteyden yhteensovittamista modernimpaan pakettiliikennöityyn IP/MPLS verkkoon. GSM tukiasemayhteyksissä TDMoP laite on liityntäverkon välikappale tukiaseman ja metro ethernet verkon välillä. Pseudowire on virtuaalinen yhteys tukiaseman ja palveluoperaattorin tukiasemaohjaimen välillä. TDM signaaleja emuloidaan pseudowiressä pakettiverkon ylitse, jolloin ne näyttävät kuin ethernet virtuaaliyhteyksinä. Tukiasemien hallinnointi on palveluoperaattorin omalla vastuulla, Ethernet Backhaul -tuote tarjoaa vain siirtoyhteyden tukiasemalle. (Telia 2019). Kuvassa 12 Telian havainnollistama kuvaus tukiasemayhteydestä.



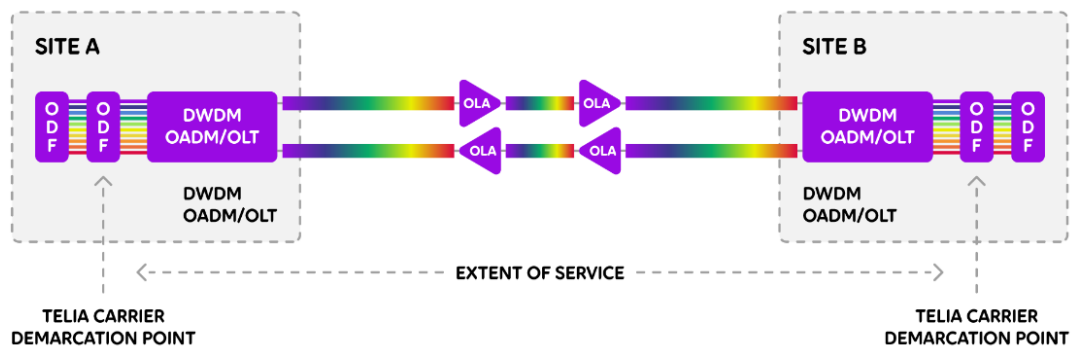
Kuva 12. Ethernet tukiasemayhteys (Telia 2019)

2.3.4 Muut verkottamistuotteet

Pelkkänä fyysisenä verkottamistuotteena ovat valokuidulla toteutettavat vuokraohdot, eli kuituyhteydet, joissa verkko-operaattori tarjoaa vain fyysisen kaapelin luovutus eli

demarkaatiopisteineen. Operaattori valokuitu -tuotteessa palveluoperaattori voi yhdistää esimerkiksi kaksi loppuasiakastaan keskenään tai loppuasiakkaan omaan verkkoonsa vuokrajohdolla. Palveluoperaattori hoitaa liikenteen merkitsemisen ja verkkolaitteiden konfiguraatiot itse. Vikaantuminen tutkitaan verkko-operaattorilla vain kun on kyse kuituviasta, kuten kuitukatkoksisista, vaimennuksesta valokuidussa tai liittämissä. (Telian Intranet)

Metro Ethernet verkosta irrallaan oleva verkottamistuote on Aallonpituus -tuote. Aallonpituus -verkottamistuotteessa käytetään Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) teknologiaa, jolla yhdellä valokuidulla voidaan useita eri aallonpituuksilla kulkevia signaaleja. Aallonpituuksista puhutaan usein myös eri valon "väreinä". Aallonpituus mahdollistaa yksityisen häiriöttömän kaistan asiakkaalle. Aallonpituus yhteydellä verkon resurssit ovat erillään muista palveluista, kaikki kapasiteetti on käytettävissä riippumatta muusta liikenteestä. Kapasiteetti on tilattavissa aina 1 Gbps, 400 Gbps asti. Yleensä aallonpituus yhteyksillä yhdistetään datakeskuksia muihin toimipisteisiin niiden suuren kapasiteetin vuoksi. Aallonpituustuotteessa verkko-operaattorin vastuulla on signaalin vahvistinlaitteisto ja aallonpituus jaottimet. (Telian Carrier 2021) Kuvassa 9 toimipisteet A ja B. Kummassakin on Optinen jaotin ja värit kuvaavat eri aallonpituuksia.



Kuva 8. Aallonpituustuote (Telian Carrier 2021)

3 Palvelutasosopimukset

Palvelutasosopimus eli Service Level Agreement (SLA) on ICT-palveluntarjoajan ja asiakastahon välinen ict-palvelun hankintasopimuksen osa tai liite. Hankintasopimus määrittää esimerkiksi hinnoittelut, tuotteen itsessään ja sopimuksen keston. SLA-sopimus määrittää erityisesti ostettavan tuotteen käyttövaiheen vaatimuksia ja puitteita. SLA-sopimus sovi- taan yleensä palveluille, jotka ovat: pitkäkestoisia, arvokkaita, monimutkaisia tai liiketoi- minnallisesti kriittisiä. (Desai, J. 2010, luku 1)

Verkottamistuotteilla on tuotekohtaiset, tilauksessa valittavissa olevat SLA-tasot. Viankor- jausprosessin näkökulmasta SLA-taso määrittää operaattorituotteelle mm. vikailmoituksen vastaanottoajan, palveluajat, raportoinnin ja maksimi korjausajan. Nämä tekijät muodosta- vat palvelutason, jolla vikaantumiseen reagoidaan ja vikatilannetta käsitellään. Palveluta- son toteutumista seurataan raportoinnilla. Sopimuksissa voidaan määritellä kompensaa- tio, jolloin teleoperaattori maksaa tai lyhentää palvelun maksusta palvelutason alitukset. SLA-taso siis toimii runkona viankorjaustoiminnan priorisoinnissa. Verkko-operaattori kompensoi SLA-ehtojen alitukset joko rahallisesti tai tarjoamalla palvelua veloituksetta määritellyn ajan. (Desai J 2010, luku 1.4)

Quality of Service (QoS) on laaja tietoliikenteessä käytetty käsite kuvaamaan palvelun laatua. SLA-tasot määrittävät rajoja, jotta palvelun laatu pysyy riittävän hyvänä. Esimer- kiksi viive, tiedonsiirtonopeus ja pakettihävikki ovat tekijöitä, jotka määrittävät palvelun laa- tua. Palvelun vikaantuessa SLA-sopimuksen ehdot heijastuvat palvelun laatuun. (Evans, J. & Filsfils, C. 2007, luku 2.1)

3.1 SLA-sopimuksen sisältö

SLA-sopimus määrittää rajat palvelutason alitukselle, jolloin sopijaosapuolet ymmärtävät miten toimitaan vikatilanteissa. Millä palvelutasoa mitataan? Usein sen mittaamiseen käy- tetään prosentuaalista palvelun käytettävyyttä, eli kuinka paljon palvelun ollessa tuo- tannossa sen on vähintään oltava toiminnassa. Tätä lukemaa, joka voisi olla esimerkiksi 99,2%, kuvataan palvelutason tähtäimenä, (service level target). Sopimus määrittelee myös ennalta kompensatiot (service level credit) ja rajat niille, jolloin palveluntarjoajan tulee korvata rahallisesti menetys asiakkaalle. SLA-sopimus luo selkeät säännöt palvelun- tarjoajan ja palvelua ostavan asiakkaan välille. Hankintasopimus on kehysopimus, joka kuvaa itse ostettavan palvelun, SLA-sopimus on hankintasopimuksen liite ja kuvaa palve- lun tuotantovaiheen ehtoja. Sopimus on siis melko vapain ehdoin määriteltävissä sopija- osapuolten kesken. (Desai J 2010, luvut 1.4 ja 1.7)

SLA-sopimuksen yläpuolelle, eli hankintasopimukseen määriteltäväksi jää tiettyjen suurten organisaatiolle estettä aiheuttavien palvelukatkosten määritelmät. Esimerkiksi, jos SLA-sopimus määrittää, että verkko-operaattorin asentajan on 4:ssä tunnissa saavuttava loppuasiakkaan tiloihin ja korjattava verkkoyhteyden vika kompensatiota tulee kustannettavaksi jokaiselta tunnilta. Jos verkko-operaattorin IT-järjestelmä tai alihankkijan järjestelmä vioittuu eikä korjausta pystytä organisoimaan ajallaan, tällaisiin tapauksiin voidaan olla ennalta sovittu erityisehtoja, jotta verkko-operaattori ei saa valtavia taloudellisia menetyksiä. (Desai J 2010, luku 1.6)

3.2 Verkottamistuotteiden palvelutasot

Palvelutasot ovat Telia Finlandin tuotekohtaisista palvelukuvauksista. Aliluvuissa eritellään aiemmin luvussa 2 esitellyt verkottamistuotteet lukuun ottamatta ”Muut verkottamistuotteet” kappaleen tuotteita. Palvelutasot esitetään taulukoissa, joissa sarakkeissa on SLA-tasot ja rivit ovat eri sopimuksen ominaisuuksia. Käytettävyys palveluaikana tarkoittaa koko palvelun käyttöajasta sitä prosentuaalista aikaa, jonka palvelun tulee olla toiminnassa. Vikailmoituksen vastaanottoaika -sarake kertoo, mihin vuorokauden aikaan vikailmoitus otetaan vastaan. Palveluaika kertoo, mihin kellonaikoihin viankorjausta edistetään. Viive palveluaikana tarkoittaa kuinka pian vikailmoituksen vastaanoton jälkeen vikaa aletaan selvittää. Korjausaika palveluaikana, tarkoittaa kuinka kauan korjaukseen maksimissaan saa kulua aikaa. Tämä määrittää esimerkiksi kuinka suurella prioriteetilla asentaja lähetetään tutkimaan vikaa. Jos verkottamistuotteeseen on ostettu varmennus, lasketaan korjausaika taulukon mukaan vain, jos sekä pää- että varayhteydet ovat poikki samaan aikaan. Viankorjauksen raportointi sarake määrittää kuinka tiheään operaattoriasiakkaalle informoidaan tilanteen etenemisestä. (Telia 2020)

3.2.1 Ethernet ja Ethernet Nordic

Taulukossa 1 Ethernet ja Ethernet Nordic tuotteisiin liittyvät SLA-tasot. Ethernet Nordic ratkaisuihin SLA-taso on aina BASIC, koska viankorjaus jakautuu eri maiden paikallisen verkon viankorjaustiimeille, tätä prosessia avataan tarkemmin kappaleessa viankorjausprosessi. Ethernet tuotteissa vikailmoitus otetaan vastaan ympäri vuorokauden, mutta viankorjauksen aloittaminen riippuu SLA-tasosta.

Ominaisuus	BASIC	STANDARD	GOLD	PLATINUM	DIAMOND
Käytettävyys palveluaikana	-	99.20 %	99.60 %	99.80%	99.98 %
Vikailmoituksen vastaanottoaika	24/7	24/7	24/7	24/7	24/7
Palveluaika	Ma-Pe 7.30–18.00 (ei arkipyhinä)	Ma-Pe 7.30–18.00 (ei arkipyhinä)	24/7	24/7	24/7

Viankorjaus aloitetaan viimeistään (viive palveluaikana)	Seuraavana työpäivänä	4 h	Heti vikailmoituksen vastaanotosta	Heti vikailmoituksen vastaanotosta	Heti vikailmoituksen vastaanotosta
Korjausaika palveluaikana	12 h	8 h	8 h	4 h	15 min
Viankorjauksen raportointi	Ei	Kun vika on korjattu	Kun ongelman tila muuttuu	Kun ongelman tila muuttuu	Kun ongelman tila muuttuu

Taulukko 1, Telia Ethernet SLA-tasot. (Telia 2020)

3.2.2 DSL verkottamistuote

Taulukossa 2 operaattori DSL tuotteen SLA-tasot. Kuparilla toteutetut liityntäverkon yhteydet ovat herkkiä vikaantumiselle, mutta eivät ole käytössä kovin kriittisissä käyttötarkoituksissa. Korjausaikaan on mahdutettava kuparilinjan korjaus kenttätyönä. Viankorjauksesta raportoidaan operaattoriasiakkaalle palveluluokan mukaan. Vikailmoitus otetaan vastaan ympäri vuorokauden.

Ominaisuus	Minimi ylläpito	Standard	Gold
Käytettävyys palveluaikana		99,20%	99,60%
Vikailmoituksen vastaanottoaika	24/7	24/7	24/7
Vian korjaus aloitetaan viimeistään (viive palveluaikana)		4h	Heti vikailmoitukset vastaanotosta
Korjausaika palveluaikana	48h	8h	4h
Viankorjauksen raportointi	Ei	Kun vika on korjattu	Kun vian tila muuttuu

Taulukko 2, Telia Operaattori DSL SLA-tasot. (Telia 2020)

3.2.3 Ethernet Backhaul

Tukiasemalla on kuitumuunnin, masto tai pylväs sekä tukiasemalaitteistot eli radiot. Mobile Backhaul tuote kattaa vain siirtotien tukiasemalle kuidulla metro ethernet verkosta. Vika siirtotiessä saa tukiaseman alas ja tämä vaikuttaa kyseisen alueen mobiiliverkon kattavuuteen tai erilliseen viranomaisverkon kattavuuteen. Taulukosta 3 näkyy, että tukiasemayhteydet ovat palveluajaltaan 24/7, jolloin niiden vikailmoituksiin reagoidaan ympäri vuorokauden heti vikailmoituksen saapuessa. Korjausaikaan on mahdutettava mahdollinen siirtotien kuidun korjaus.

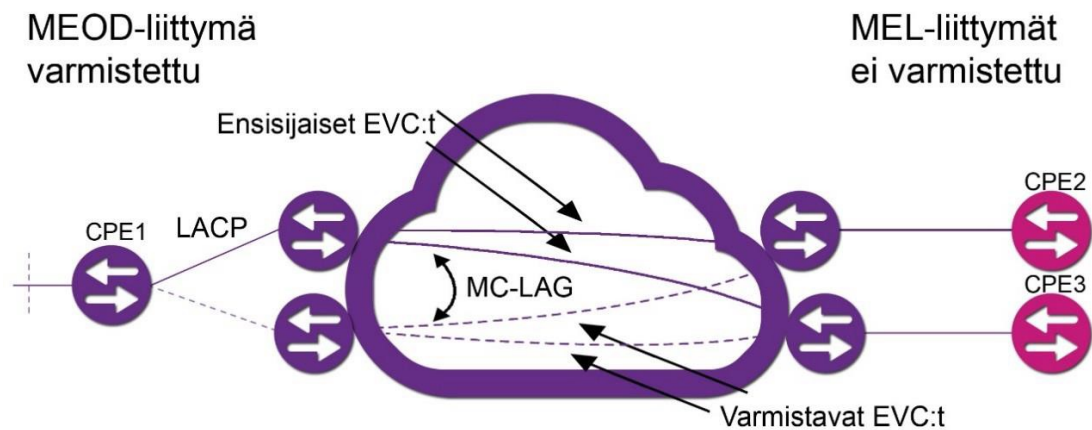
Palvelutaso	Gold	Platinum
Käytettävyys palveluaikana	99,60%	99,80%
Vikailmoituksen vastaanottoaika	24/7	24/7
Palveluaika	24/7	24/7

Tavoitteellinen korjaus- aika palveluaikana	8 h	4 h
--	-----	-----

Taulukko 3. Telia Mobile Backhaul SLA-tasot (Telia 2019)

3.3 Toimintavarmuus

Verkottamistuotteiden toimintavarmuus on useamman asian summa. Toimintavarmuus, palvelun laatu (QoS) ja palvelutaso (SLA) ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa. Toimintavarmuutta voidaan parantaa lisäpalveluilla verkottamistuotteen tilauksen yhteydessä valitsemalla korkeampi SLA-taso sekä varmennettu nieluyhteys. Fyysisesti varmennetussa yhteydessä nieluyhteyksiä on kaksi ja kuitukaapelit kulkevat fyysisesti eri reittejä. Varmennus voidaan toteuttaa myös link aggregation control protocol (LACP) -protokollalla. Link aggregation tarkoittaa useamman fyysisen portin yhteen liittämistä yhdeksi linkkiryhmäksi (LAG, Link aggregation group). Toimeksiantajani Ethernet tuotteen operaattoriliittymän nieluyhteyden varmistaminen voidaan toteuttaa Hub-and-spoke tekniikalla, jolloin palvelu on kahdennettu, eli verkkoon on luotu kaksi identtistä palvelua. Korkeimmalla SLA-luokalla varmistava kuitureitti toteutetaan erillisessä kuitukaapelissa erillistä reittiä verkko-operaattorin runkopisteelle. Mahdollisessa vikatapauksessa aktiivisten yhteyksien uudelleenreititys tapahtuu viiden sekunnin sisällä. (Telia 2020) Alla kuvassa 10 Telian hahmottelema kuva varmennetusta nieluyhteydestä.



Kuva 10. MEOD liittymän varmennu yhdellä liittymäraajapinnalla Telian toimittamalla CPE-laitteella. (Telia 2020)

Suuria riskejä toimintavarmuuden osalta ovat kaikki fyysisen verkon vikaantumiset, kuten kaivuutyöt, työmaat sekä verkko-operaattorin itse tekemät muutostyöt verkossa. Muutostyö voi olla fyysisen verkkoinfrastruktuurin muutosta, laitteiden vaihtoa tai päivitystä, tai virtuaaliyhteyksien tasolla palveluiden yliheittoja laitteelta toiselle metro ethernet verkossa. Teleoperaattorit tekevät jatkuvasti muutostöitä verkoissaan, sillä verkon kasvaessa ja kehittyessä sekä fyysisten sijaintien vaihtuessa muutoksille on tarvetta. Laitteiden huollot,

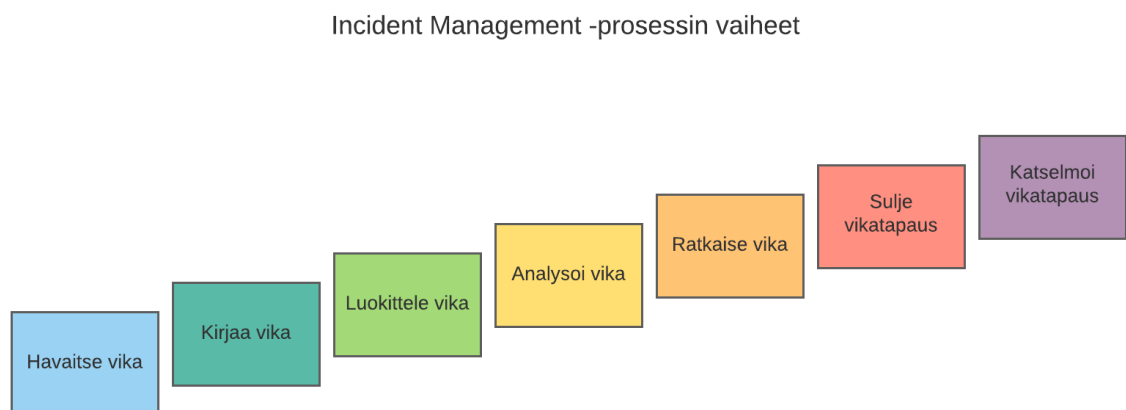
laittilojen huollot sekä esimerkiksi radiomastojen huollot voivat aiheuttaa katkosta useammille asiakkaille. Palvelukuvauksissa ja sopimuksissa pidetään oikeus toteuttaa välttämättömiä muutostöitä teleoperaattorin verkossa. Töistä tiedotetaan asiakkaille etukäteen ja niille pyritään sopimaan aikaikkunat hiljaisiin vuorokauden aikoihin. Muutostyöt ovat kuitenkin potentiaalinen vikojen aiheuttaja.

Verkkolaitteet itsessään ovat laitetiloihin, joita on mm. kiinteistöissä ja laitesuoja tyypissä kopeissa. Laittilojen ongelmat ovat yksi riskitekijä toimintavarmuudelle. Valtakunnan sähköverkosta vastaavat paikalliset sähköyhtiöt, mutta laitetiloissa itsessään on sähkönsyöttöön liittyvää laitteistoa. Ympäristölliset tekijät, kuten myrskyt ja puiden kaatumiset ovat myös uhka verkkolaitteille ja verkolle.

4 Viankorjausprosessi

4.1 ITIL viitekehyksen Incident Management -viankorjausprosessi

Information Technology Infrastructure Library (ITIL) on viitekehys ICT-palveluiden hallintaan. ITIL on laaja kokonaisuus, joka kattaa ICT-palvelun koko elinkaaren suunnittelusta tuotantoon. ITIL määrittää myös ongelmien hallintaa (incident management) koskevia toimintamalleja, joita sovelletaan tikettipohjaisessa asioiden käsittelyssä. ITIL Incident management liittyy vahvasti SLA-sopimukseen, sillä keinot joilla SLA sopimuksia laaditaan ja noudatetaan, tulevat viitekehyksen malleista. (BMC Software 2020) Viankorjaus toimeksiantajallani noudattaa ITIL-viitekehyksen Incident Management prosessia. Incident management prosessi kuvaa viankorjauksen kolmella tasolla, ensimmäinen (first line), toinen (second line) ja kolmas (third line). Nämä tasot kuvaavat palvelun tasoa ikään kuin asiakaspalvelusta erityisasiantuntijoihin. (BMC Software 2020)



Kuva 13. Incident management prosessin vaiheet (mukaillen BMC Software 2020)

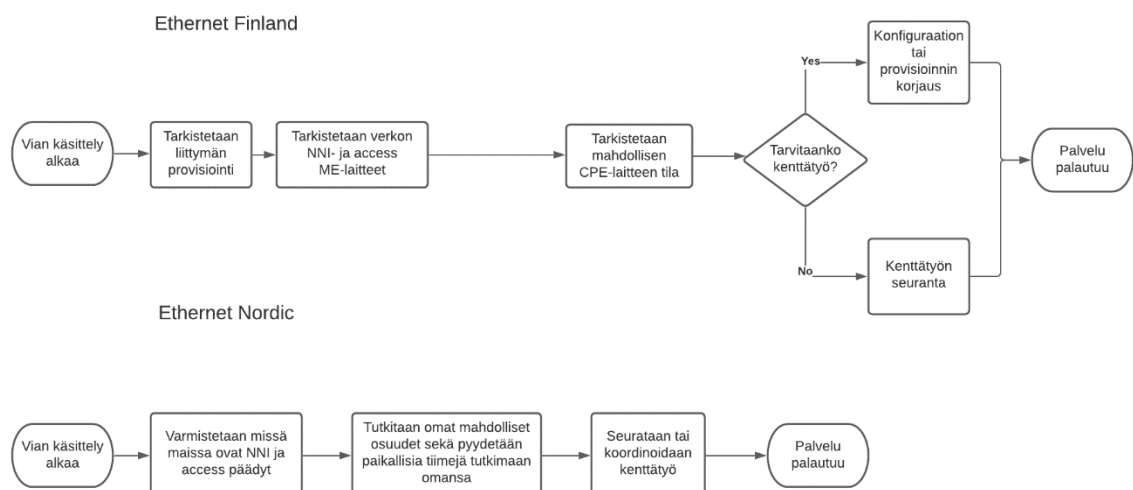
Incident management prosessi on myös jaettu seitsemään vaiheeseen, jotka näkyvät kuvassa 13. Vian havaitsemisvaiheessa vika otetaan vastaan joko proaktiivisesti, esimerkiksi verkonhallintajärjestelmien havaitsemana tai reaktiivisesti asiakkaan ilmoittamana. Seuraavassa vaiheessa vika kirjataan eli käytännössä avataan tiketti tietojärjestelmään vian käsittelyä varten. Luokitteluvaiheessa vika luokitellaan tai se luokituu automatisoidusti järjestelmässä palvelutason ja asiakkaan mukaan. Tässä vaiheessa tapahtuu jo priorisointia, sillä tuotteen palvelutasosopimus määrittää vialle korjausajan. Luokittelu myös kertoo onko vika vain häiritsevä vai katkon palveluun aiheuttava. Tyypillisesti nämä vaiheet ovat ensimmäisen viankorjaustason, eli yleensä asiakaspalvelun työvaiheita. (BMC Software 2020)

Viankorjauksen toinen taso - asiantuntijataso, selvittää vikoja teknisellä tasolla. Verkottamistuotteiden osalta tällaisia työtehtäviä ovat mm. ethernet virtuaaliyhteyksien tarkastelu ja verkkolaitteiden porttien sekä vlan määritysten tarkastelu. Toisen ja kolmannen asiantuntijataso rajat ovat häilyvämpiä, mutta yleensä kolmas taso tarkoittaa erityisasiantuntijoita esimerkiksi spesifien teknologioiden osalta kuten, radioverkon, aallonpituus -laitteiston, tai tietyn tyyppisten laitteiden osajia. Viankorjauksen toisen ja kolmannen. tasojen vaiheita ovat siis vian analysointi, vian ratkaisu ja vian sulkeminen. Näihin vaiheisiin kuuluu myös informointia tilanteesta asiakkaalle.

Vikatapauksilla on palvelutason mukaan määrittyvä prioriteettiluokka asteikolla matala, keskitaso, korkea. Matalan prioriteettitason vikatapaukset eivät aiheuta käyttökatkoa palveluun vaan esiintyvät häiriöinä. Keskitason vikatapaukset vaikuttavat osittain ja osaan käyttäjistä, ja/tai palvelu on käytettävissä esim. varmennetulla yhteydellä. Korkeimman prioriteettitason vika tarkoittaa tilannetta, jossa suuri osa asiakkaista ja/tai koko tuotanto on alhaalla. Taloudelliset haitat ovat suuret. (BMC Software, 2020) Esimerkiksi nieluuyhteydet tai datakeskusten väliset kuituyhteydet vikaantuessaan ovat esimerkkejä korkean palvelutason ja korkean prioriteettitason vioista.

4.2 Viankorjausprosessi toimeksiantajalla – nykytilanne

Viankorjausprosessi toimeksiantajalla etenee samoin kuin edellisen luvun incident management prosessissa. Vika havaitaan, kirjataan ja otetaan käsittelyyn. Käsitellessä suoritetaan laaja vika-analyysi, jonka havainnot kirjataan ylös. Tarvittaessa konsultoidaan erityisasiantuntijatiimejä. Jos tarvitaan kenttätyötä, eli vika vaikuttaa olevan fyysisellä tasolla, tilataan kenttätyö. Luvussa 4.2.1 kuvataan mitä vika-analyysi kattaa. Luvussa 4.4 kuvataan kenttätyö. Esimerkkinä viankorjausprosessista pääpiirteittäin toimeksiantajalla Ethernet ja Ethernet Nordic -tuotteiden viankorjausprosessit kuvassa 14.



Kuva 14. Ethernet operaattorituotteiden viankorjausprosessit mukailien Telian prosessia

4.2.1 Vika-analyysi

Viankorjausprosessiin kuuluu vika-analyysin tekeminen. Vika-analyysi sisältää ethernet virtuaaliyhteyden (EVC) tarkistamisen sekä verkkolaitteiden tutkinnan. Ethernet virtuaaliyhteyden identifioidaan EVC tunnuksilla, jotka ovat asiakkaalle tilauksen yhteydessä ilmoitettuja yhteystunnuksia. Myös nielulla itsellään on oma identifioiva tunnus. Tunnukset vaaditaan kun vikaprosessi alkaa, jotta identifioidaan oikea yhteys. (Kangovi S 2016, luku 4) Ethernet virtuaaliyhteyksillä on aina tulopiste verkko-operaattorin MPLS-verkkoon ja lähtöpiste MPLS-verkosta. Nämä ovat verkko-operaattorin runkoverkon laitteiden portteja. EVC:n osalta verkosta tarkistetaan palveluoperaattorin verkon nielun suuntaan oleva metrolaitteen portti sekä loppuasiakkaan suuntaan olevan metroaitteen portti metro ethernet verkosta. Näiden kahden runkopisteen välillä oleva osuus voidaan testata eri tavoilla. Tarkastelemalla liikennettä laitteiden välillä, tekemällä ping testi, jossa lähetetään paketteja laitteelta toiselle tai asettamalla MAC-osoitteen perusteella MAC swap loop nielulle. Tämä tapahtuu medium Kun MAC swap loop on asetettu ja lähetetään testiliikennettä loppuasiakkaan suunnalta palveluoperaattorin verkkoon päin, MAC-osoite nähdään sellaisena, että se peilaa kaiken liikenteen takaisin lähettäjälle. Mikäli testin hävikki on 0%, se tarkoittaa, että liikenne asiakasliittymän ja palveluoperaattorin verkon välillä on kunnossa ja todistaa, että vika ei ole verkottamistuotteessa.

Fyysisen valokuituyhteyden vika-analyysi tehdään tarkistamalla kuidun lähettimien, eli SFP-moduulien tilanteet. transmit (TX) ja receive (RX) arvot ja viitearvot kertovat tuleeko portille riittävä valoteho ja lähteekö portilta riittävästi tehoa. Heikko valoteho viittaa johonkin vaimentumaa aiheuttavaan syyhyn kuidulla. Se tutkitaan kenttätyönä asentajan toimesta. Kuparikaapelia menevän yhteyden tilanne tutkitaan liityntäverkon DSLAM -kytkimeltä. DSL yhteyksiin on omat viitearvonsa vaimennuksen, kohinasuhteen sekä linjan pituuden ja nopeusprofiilin osalta. Kuparikaapelissa linjan pituus vaikuttaa signaalin vaimentumiseen ja yhteyden korkeampi tiedonsiirtonopeus rajoittaa linjan maksimipituutta. Yhteyden virheily kasvaa kun kohina ja vaimennus ovat viitearvojen ulkopuolella. Asentajat tutkivat kentällä kaapeleita tasomittareilla, joilla he voivat mitata vaimennusta ja testata linjan päästä päähän.

Häiriöt liikenteessä voivat ilmetä esimerkiksi pakettihukkana tai virheellisinä paketteina. Mikäli tuotteessa on verkko-operaattorin hallinnoima CPE-laite, tarkistetaan sen tila verkossa. CPE-laite on valokuitu tai kuparimodeemi, jossa on portti verkkoon päin (WAN) ja portteja loppuasiakkaan sisäverkkoon (LAN). Mikäli laitteelle päästään yhdistämään, tarkistetaan laitteen porteista onko loppuasiakas kytkenyt laitteensa oikeaan loppuasiakkaalle määritettyyn LAN porttiin ja samalla nähdään asiakasportin konfiguraatio. CPE laitteelta nähdään onko loppuasiakkaan oman laitteen MAC-osoite näkyvissä.

SLA-taso määrittää miten paljon verkko-operaattorin on tiedotettava palveluoperaattoria viankorjauksen tilanteesta. Palveluoperaattori on vastuussa loppuasiakkaan tiedottamisesta. Aloitustiedotuksen merkitys on ilmoittaa että vikailmoitus on huomioitu, ja sen tutkinta on aloitettu. Tilanteesta on hyvä päivittää asiakkaalle tietoa, miten vikaa on analysoitu ja mitä on havaittu. Kenttätyöstä kerrotaan mahdollisimman hyvät aika-arviot. Mikäli tapaus liittyy laajempaan verkkovikaan tai tehtyyn muutostyöhön on se tärkeää ilmoittaa asiakkaalle. Kun vika on korjattu, kerrotaan mikä oli vialla, oliko vika verkko-operaattorin verkossa vai rajautuiko vika palveluoperaattorin tai loppuasiakkaan verkkoon. Jos kenttätyö rajaa vian verkko-operaattorin ulkopuolelle, menevät kustannukset korjauksesta palveluoperaattorin maksettavaksi.

4.2.2 Kenttätyö ja laitetilat

Kenttätyön tilaus tehdään palvelutason mukaisella kiireellisyydellä. Täytyy toimia riittävän nopeasti, että kenttätyö saadaan tilattua ja vikatilanne kartoitettua sekä korjattua palvelutason mukaan, ettei katkosaika ylitä. Asentaja selvittää vikaa saamallaan kytkentä ja kaapelin reittitiedoilla. Asentaja pystyy tutkaamaan kuitua tai kuparikaapelia mittareilla ja paikantamaan vikakohdan. Mikäli verkkolaitte on ulkoisen tahon kiinteistössä asentajalle tarvitsee hankkia pääsyoikeus tai paikallinen yhteyshenkilö, joka päästää asentajan kone-saleihin.

Verkkolaitteet sijaitsevat fyysisesti laiteloissa, esimerkiksi operaattorin omistamissa keskuksissa tai linkkiasemilla, jotka ovat tiloja tukiasemien ja linkkimastojen juurella. Keskus on se piste, jossa olevasta verkkolaitteesta kaapeli lähtee kohti loppuasiakkaan kiinteistöä. Laitetilat rakennetaan kestävämmän mahdollisimman hyvin säätiloja. Laiteloissa on akustoa ja sensoreita, mm. sähkökatkosten ja lämpötilojen seurantaan. Laittilojen valvontaan on omat tietojärjestelmänsä. Laittiloista saatava tieto on hyödyllistä myös verkoyhteyksiin liittyvien vikojen selvityksessä. Jos verkottamistuotetta tarkastellaan fyysisellä tasolla, on siinä kaksi verkko-operaattorin keskusta: Keskus josta yhteys lähtee kohti nielua eli palveluoperaattorin laitetta ja keskus, josta yhteys lähtee kohti loppuasiakasta. Välissä voi olla myös useampia keskuksia riippuen fyysisistä etäisyyksistä ja kaapelin reitistä.

4.3 Verkonvalvonta osana palvelun laatua

Luvussa 3.1 kuvattiin termi Quality of service (QoS). Luvussa tuli myös ilmi, että palvelun laatu (QoS) ja palvelutasosopimus (SLA) ovat vahvasti sidonnaisia keskenään. Verkonvalvonta teleoperaattorilla on ympärivuorokautista toimintaa, jossa asiantuntijat ovat valmiudessa korjaustoimiin, jos teleoperaattorin verkko vikaantuu. Verkonvalvonta on tärkeää,

jotta erityisesti runkoverkon viat korjataan organisoidusti ja palvelutasosta pystytään pitämään kiinni. Teleoperaattorien MPLS runkoverkkoja valvotaan verkonvalvontatyökaluilla. Usein verkonvalvonta toimii jonkin NMS (network monitoring system) työkalun avulla. Yksinkertaisin niistä SNMP (Simple Network Management Protocol), joka on vanhin verkonvalvontaprotokolla – se on kehitetty jo vuonna 1988. Teleoperaattorin verkonvalvontaa hoitaa organisaatiossa siihen määritetty ryhmä tietoverkkoasiantuntijoita. Verkonvalvonta voi olla joko passiivista tai aktiivista. (Farrel A 2011, luvut 5.1-5.4)

Passiivisessa verkonvalvonnassa verkkolaitteet keräävät statistiikkoja linkeistä, eli laitteiden välisistä yhteyksistä ja verkkolaitteilta. Tätä varten linkeille on määritelty QoS säätimiä (QoS policer), jotka valvovat, että liikenne kulkee oikeissa luokissa (CoS) Class of Service. Käytännössä verkkolaitteille lähetetään kyselyitä (poll) halutun määräajan välein. Tieto, mikä kyselyistä saadaan, kertoo mm. liikenteen laadusta – onko hävikkiä tai kulkeeko esim. reaaliaikainen puheliikenne oikean QoS-säätimen mukaisesti. Aktiivisessa verkonvalvonnassa verkkoon ajetaan koeliikennettä verkon tehokkuuden testaamiseksi eri tekijöiden pohjalta. Testiliikenteestä mitataan tekijöitä kuten: viive (delay), häiriö (jitter), tai hävikki (loss). (Farrel A 2011, luvut 5.1-5.4) Teleoperaattorien verkottamistuotteiden yhteydessä puhutaan usein myös proaktiivisesta verkonvalvonnasta, jossa mainittujen verkonvalvontajärjestelmien avulla havaitaan verkkolaitteiden vikaantumiset reaaliajassa. Proaktiivisen verkonvalvonnan kehittäminen tukee operaattoripalveluiden viankorjauksen tehokkuutta, ja on erityisesti korkean SLA-tason tuotteille hyödyksi.

4.4 Palvelutaso-sopimuksen ulkopuolelle jäävät selvitystyöt

Jos yhteydellä on vain häiriöitä, sitä ei käsitellä palvelutason mukaan, sillä palvelutaso on käytössä vain jos palvelussa on katko. Häiriötilanteiden käsittelyaika on useampia työpäiviä ja selvityksen laajuudesta riippuen ne venyvät pitkiksi. Selvitystyön muoto voi olla myös aiemmin tapahtuneen katkoksen selvittäminen. Silloin operaattoriasiakkaalle laaditaan Root Cause Analysis (RCA) raportti. Operaattoriasiakas saattaa pyytää tällaista raporttia jos yhteys on kärsinyt SLA:n ylityksen tai viankorjauksen raportointi ei ole asiakkaan mielestä sujunut kohtuullisesti. Raportissa pyydetään juurisyy katkokselle, kuvaus viankorjaustoimenpiteistä sekä tavoitetila, jossa vastaava katkos ei toistu.

Laskutettava asiantuntijapalvelu on operaattoriasiakkaan pyytämää ylimääräistä tukipalvelua erillismaksua vastaan. Tukipalvelua saatetaan pyytää palveluoperaattorin tekemiin muutostöihin omassa verkossaan jos koetaan riskin yhteyden katkeamiselle verkkooperaattorin verkkoon olevan suuri. Työ laskutetaan tuntihinnoittelulla ja sen saatavuus riippuu resurssitilanteesta.

5 Projektin lopputulos

Projektin aikana syntyi suunnitelman mukaisesti vaatimusmäärittelydokumentti. Vaatimusmäärittelyssä otettiin huomioon viankorjausprosessista nousseet kehitysehdotukset, jotka listataan luvussa 5.4. Kehitysehdotusten taustalla on teoriaosuuden sisällöt, sekä toimeksiantajan viankorjausprosessin nykytilanne. Kehitysehdotukset koskevat toimeksiantajan tietojärjestelmiä ja niiden välisiä rajapintoja. Taulukossa 4 on jaettu nelikenttään esimerkiksi verkonhallinnassa käytettävät eri järjestelmät. Verkonvalvonta (luku 4.3), laittilojen valvonta (luku 4.2.2), itse vikatapausten käsittely (luku 4.1) ja asiakasportaalit, jotka ovat verkkokäyttöliittymiä operaattoriasiakkaiden vikailmoitusten tekemiseen. Ehdotetut toiminnallisuudet sisältävät rajapintoja näiden nelikentän järjestelmien välillä.

Verkonvalvonta	Laittilojen valvonta
Tikettien käsittely	Asiakasportaalit

Taulukko 4. Tietojärjestelmät ja niiden rajapinnat nelikenttä

5.1 Lopputuloksen laajuus

Kokonaisuudessaan vaatimusmäärittelyyn saatiin laadittua hyvät ja perustellut vaatimukset. Vaatimusmäärittelydokumentti jäi laajuudeltaan pieneksi projektille jääneen työajan vähyydestä johtuen. Tästä huolimatta sisällöltään vaatimusmäärittely vastasi toimeksiantajan odotuksia ja ne havainnot, joita viankorjausprosessista tehtiin koettiin toimeksiantajalla hyväksi kehityskohteiksi. Lopputulos ja opinnäytetyöraportti esitettiin kokouksessa opinnäytetyön tekijän kollegoille. Vaatimusmäärittelydokumentin pituudeksi tuli 5 sivua.

5.2 Lopputuloksen hyödynnettävyys

Toimeksiantajan näkökulmasta vaatimusmäärittely vastaa toivottua ja on nyt hyödynnettävissä ohjelmistohankkeissa. Työtulosta on tarkoitus ottaa esille kun viankorjausprosessiin vaikuttavia tietojärjestelmähankkeita aloitetaan. Vaatimusmäärittelyn formaatti, mm. taulukot ja kuvat ovat helposti hyödynnettävissä sovelluskehittäjien työjonoissa eli product backlogeissa. Mahdollisuudet hyödyntämiselle ovat tarjolla, lopullinen hyödyntäminen riippuu toimeksiantajasta.

5.3 Vaatimusmäärittelyn rakenne

Toiminnallisuudet vaatimusmäärittelydokumentissa on luokiteltu kolmen eri käyttöliittymänäkymän ympärille. Yleisnäkyä kuvaa vikatapauksen listausta ehdotetusti prioriteettijonomaisesti. Valitun vikatapauksen näkyä kuvaa yhtä vikatapausta. Ilmoituspaneelinäkyä kuvaa nykyaikaisista käyttöliittymätrendeistä tuttua ilmoitus-saraketta.

Sen lisäksi, että toiminnallisuudet on luokiteltu näkyihin, ne on myös taulukoitu Use Case, eli käyttötapaus -tyyppisesti. Käyttötapauksella on kolme ominaisuutta. Käyttäjä, tavoite ja tarkoitus. (Who, What, Why) Näkymistä on laadittu kuvat, ja kuvateksteissä havainnollistetaan mitä käyttötapauksia käyttöliittymän rakenne merkitsee. Vaatimusmäärittelydokumentti on opinnäytetyön liitteenä raportin lopussa. Seuraavassa luvussa listaan yhteen listaukseen keskeisimmät ehdottamani toiminnallisuudet. Nämä ovat tarkemmin eriteltynä vaatimusmäärittelydokumentissa.

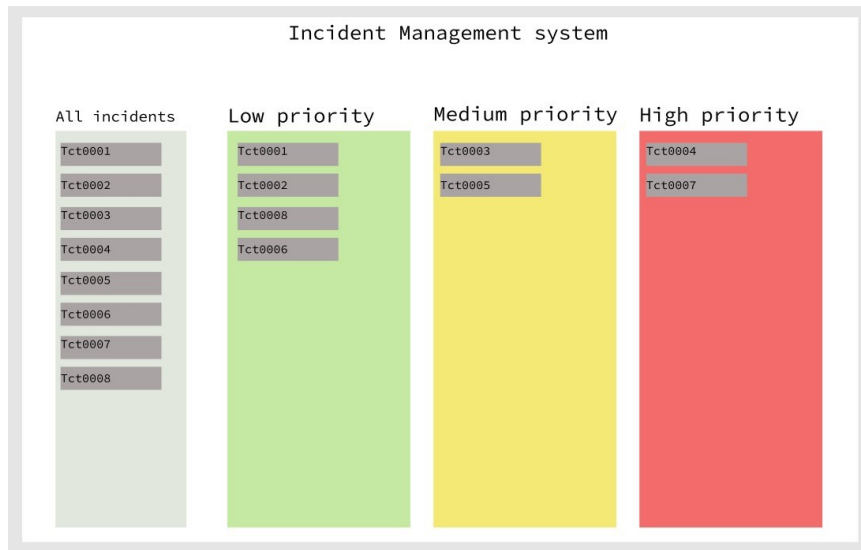
5.4 Ehdotetut toiminnallisuudet

1. Vikatapauksen prioriteettiluokittelu käyttöliittymässä prioriteettijonoihin.
2. Valitun vikatapauksen näkymään tietoa API-rajapintojen avulla verkonvalvonnasta ja laitetilojenvalvonnasta
3. Asiakasilmoitusten säännöllisyydestä käyttäjän muistuttaminen
4. Muistutus käyttäjälle SLA-tason korjausajan lähestymisestä
5. Ilmoitus, kun uusi vikatapaus avautuu sähköpostin tai asiakasportaalin kautta avatuna

Erityisesti useiden järjestelmien yhtenäistäminen – eli mahdollisimman monen tietolähteen tuominen yhden järjestelmän alle näkyy kehitysehdotuksissa. Tästä esimerkkiä seuraavan luvun 5.2.2 kuvassa 16 "Alerts" laatikko antaa käyttäjälle tiedon, että verkossa on meillä muutostyö, kuitukaapelien siirto, jonka aiheuttama katkoksen kesto on 2 tuntia. Tämä on vain esimerkki siitä, mitä tietoa vikatapausnäkyyn voitaisiin saada. Kyseessä voisi olla myös hälytys sähköviasta tai kaapelikatosta. Nämä ovat sellaista informaatiota, joka vaatii erillisiin järjestelmiin API-rajapintoja toimiakseen. Samassa kuvassa nähdään myös yhteyden ja varayhteyden tilat suoraan "Primary EVC" eli pääyhteys ja "Redundant EVC" eli varayhteys. Alhaalla nähdään status operaattoriasiakkaan informoinnista. Tuo voisi tarkoittaa, että nyt on aika informoida viankorjauksen tilanne tai eteneminen. Seuraavassa luvussa on kuvat ehdotetuista toiminnoista näkymien muodossa. Ehdotettuja näkymiä olivat: yleisnäkyä, valitun vikatapauksen näkyä ja ilmoituspaneelinäkyä.

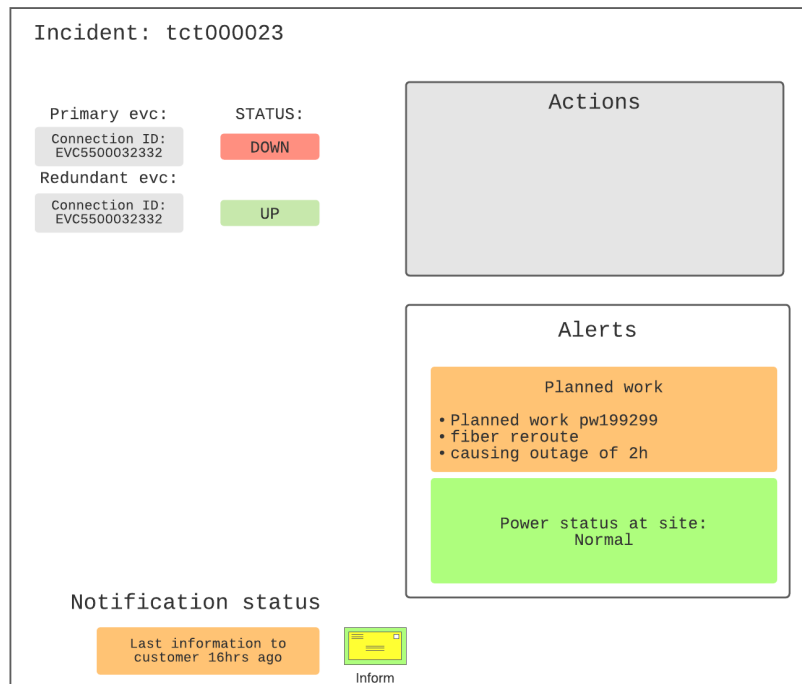
5.5 Ehdotetut näkymät

5.5.1 Yleisnäkymä



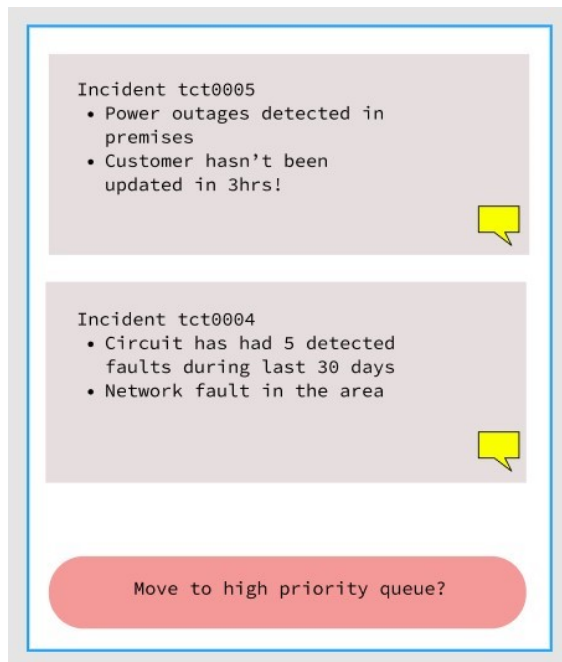
Kuva 15. Yleisnäkymä. (Vaatusmäärittely)

5.5.2 Valitun vikatapauksen näkymä



Kuva 16. Valitun vikatapauksen näkymä (Vaatusmäärittely)

5.5.3 Ilmoituspaneelinäkymä



Kuva 17. Ilmoituspaneelinäkymä (Vaatusmäärittely)

5.6 Tavoitteiden täyttyminen ja loppusanat

Projektin tavoitteissa oli mainittu:

”Yhtenäistää useita verkonhallintaan liittyviä järjestelmiä yhteen tietojärjestelmään.” Tämä toteutuu vaatimusmäärittelyssä. Toisena tavoitteena oli mainittu ”Tekninen asiantuntija saa vikatapauksesta kokonaiskuvan kerralla.” Tämä on otettu huomioon vaatimusmäärittelyssä valitun vikatapauksen näkymässä ja järjestelmärajapintojen avulla. Kolmas tavoite oli: ”Palvelutason tuominen näkyvämpään rooliin tietojärjestelmässä”. Tämäkin on ratkaistu tuomalla vaatimusmäärittelyyn yleisnäkyä, jossa vikatapaukset listataan palvelutasoittain. Palvelutasosopimukset on otettu huomioon priorisoinnin perustana. Tavoitteet ovat mielestäni täyttyneet, laajuus olisi omasta näkökulmastani voinut olla suurempi.

Opinnäytetyön tekijän oman osaamisen näkökulmasta, tietotaito on kasvanut jokaisen aihealueen saralla. Verkonhallinta, palvelutasosopimukset, vianhallintaprosessit ovat kaikki tuoneet uutta tietoa myös työssä kokeneelle. Myös vaatimusmäärittelyn ja ohjelmiston suunnittelun monimutkaisuus on avautunut uudella tavalla. Vaatimusmäärittelyn laajuudella olisi potentiaalia mennä todella tarkkoihinkin yksityiskohtiin, mutta projektien venymisen ja laajuuden realiteetit rajaavat. Toimeksiantajalta ja kollegoilta saadun palautteen mukaan työn teoriaosuus on myös hyvää kertausta verkottamistuotteista kokeneemmallekin henkilöstölle.

Lähteet

IEEE 802 Institute of Electrical and Electronics Engineers standards for local area networks and metropolitan area networks. Alempien tietoliikenteen OSI referenssimallin kerrosten protokollien standardisointi.

IETF RFC 3031 Internet Engineering Task Force standard for multiprotocol label switching network architecture. MPLS reititystekniikan standardisointi. 2001.

MEF 10.4 Ethernet Services Attributes. Metro Ethernet Forumin standardisointi ethernet palveluiden termeille.

MEF 26.2 External Network Interfaces and Operator Service Attributes. Metro Ethernet Foundationin standardisointi Operaattorien verkkojen välisiin palveluihin. 2016

Desai, J. 2010. Service Level Agreements: A Legal and Practical Guide. IT Governance Publishing.

Evans, J. & Filsfils, C. 2007. Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks. Morgan Kaufman.

Farrel, A. 2011. Network Management Know It All. Morgan Kaufman.

Greene B & Smith, P. 2002. Cisco ISP essentials. Cisco Press.

Davies G. 2019. Networking Fundamentals. Packt Publishing.

Kangovi S. 2016. Peering Carrier Ethernet Networks. Morgan Kaufman.

Telia 2021, Liityntäverkon tuotteet. Helsinki. luettavissa:

https://www.telia.fi/dam/jcr:676897e1-4b2a-4c3c-8b28-e6afe9d31a0f/Liitynt%C3%A4verkon%20tuotteet%20Palvelukuvaus_2021.pdf. Luettu: 6.10.2021

Telia 2020, Operaattorilaajakaistapalvelut. Helsinki. luettavissa:

https://www.telia.fi/dam/jcr:2b5611ad-594b-4ae6-bbac-8e6706df86fc/Operaattori%20laajakaistapalvelut_04_20.pdf. Luettu: 6.10.2021

Telia 2019, Operaattori Ethernet tuotteet. Helsinki. luettavissa:

https://www.telia.fi/dam/jcr:9769b3ae-3f8a-4039-ae4b-87dde3692aee/ethernet_palvelukuvaus.pdf. Luettu: 6.10.2021

Telia 2019, Ethernet Backhaul. Helsinki. luettavissa:

<https://www.telia.fi/dam/jcr:5242d69a-e5d9-4b29-990b-eef5eee05296/Telia%20Ethernet%20Backhaul%20palvelukuvaus%20190404.pdf>. Luettu: 6.10.2021

Telia Carrier 2021, Wavelength product sheet. Tukholma. Luettavissa:

<https://www2.teliacarrier.com/product-sheet-wavelengths>. Luettu: 30.10.2021

BMC Software 2020, ITIL V3 Guide, ITIL Incident management. Houston. Luettavissa:

<https://blogs.bmc.com/itil-v3-incident-management/?print=pdf>. Luettu: 1.10.2021