

Aki Timonen

# CISCO-VERKOT JA 3. KERROKSEN KYTKIMET

Opinnäytetyö  
Tietotekniikka


Toukokuu 2012




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  18.5.2012
<b>Tekijä(t)</b> Timonen Aki Juhani		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Tietotekniikan koulutusohjelma</b>
<b>Nimeke</b> Cisco-verkot ja 3. kerroksen kytkimet		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä Cisco CCNA kursseilla opittuun Cisco-verkkojen rakentamiseen, sekä syventää osaamista käyttämällä kolmannen kerroksen kytkimiä. Opinnäytetyön teoriaosuus on tehty yhteistyössä Jesse Tuunasen kanssa. Työn soveltavassa käytännön osuudessa vastuualueenani olivat Cisco kytkimet Jessen hoitaessa reitittimet.</p> <p>Työn teoriaosuudessa on käsitelty yleistä lähiverkkoteoriaa käyden läpi OSI-mallin kerrokset sekä TCP/IP-malli ja siihen liittyvät keskeisimmät protokollat TCP, UDP, IP sekä DHCP. Tämän lisäksi on käyty IPv6 teoriaa, vaikkakin työn käytännön osuus on toteutettu käyttäen IPv4 osoitteita. Teorian lähteenä on käytetty pääasiassa alan kirjallisuutta ja lisäksi muutamaa Internet dokumenttia.</p> <p>Esimerkkiverkko käytännön osuutta varten rakennettiin Mikkelin Ammattikorkeakoulun Cisco luokassa käyttäen fyysisiä laitteita. Lisäksi käytimme Cisco Packet Tracer ohjelmaa verkon kuvan piirtämistä varten. Reitittiminä toimivat Cisco 2811 sarjan reitittimet, kolmannen kerroksen kytkiminä olivat kaksi kappaletta Cisco Catalyst 3650 v2 kytkintä. Toisen kerroksen kytkiminä olivat seitsemän kappaletta Cisco Catalyst 2960 kytkintä ja kolme kappaletta Cisco Catalyst 2950 kytkintä. Verkon rakentamisessa ja konfiguroinnissa ei ilmennyt ongelmia ja verkon kaikki ominaisuudet toimivat halutulla tavalla.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Cisco, 3. kerroksen kytkimet, TCP/IP		
<b>Sivumäärä</b> 36	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b> Liitteenä kaikki kytkinkonfiguraatiot		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Matti Juutilainen		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  May 18 <sup>th</sup> , 2012	
<b>Author(s)</b> Timonen Aki Juhani		<b>Degree programme and option</b> Information technology	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Cisco networks and layer 3 switches			
<b>Abstract</b>  The goal of this bachelor's thesis was to examine the construction of Cisco networks previously learned in Cisco CCNA courses and to expand my knowledge by using layer 3 switches. The theory part of the thesis was done in collaboration with Jesse Tuunanen. In the practical implementation of the example network my responsibilities were the switches in the network while Jesse's responsibilities were the routers.  The theory section of the thesis focuses on general local area network theory by explaining the OSI-model, TCP/IP-model and the most important protocols TCP, UDP, IP and DHCP. In addition to the previously mentioned protocols IPv6 is also covered, even though the practical implementation of the network has been done by using IPv4 addresses. The sources for the theory were mainly from literature related on the matter with the addition of a few Internet documents.  The example network was built in the Cisco class of Mikkeli University of Applied Sciences using physical devices. Cisco Packet Tracer software was also used to draw the picture of the example network. The routers used in the network were Cisco 2811 series routers. The two layer 3 switches used were Cisco Catalyst 3650 v2 switches and the layer 2 switches used were seven Cisco Catalyst 2960 switches and three Cisco Catalyst 2950 switches. No problems occurred when building and configuring the network and all features of the network were working as intended.			
<b>Subject headings, (keywords)</b> Cisco, Layer 3 switches, TCP/IP			
<b>Pages</b> 36	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b> All switch configurations as appendices			
<b>Tutor</b> Matti Juutilainen		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

## SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO .....	1
2.	TIETOLIIKENNEVERKKOJEN RAKENNE .....	2
2.1	OSI-malli .....	2
2.2	TCP/IP .....	4
2.3	TCP .....	5
2.4	UDP .....	8
2.5	IP .....	10
2.6	IPv6 .....	13
2.7	Ethernet .....	14
3.	LÄHIVERKKOTEKNIIKAN LAITTEISTO .....	16
3.1	Fyysisen kerroksen laitteet .....	16
3.2	Siirtoyhteyskerroksen laitteet .....	17
3.3	Verkkokerroksen laitteet .....	18
4.	CISCO KYTKIMET .....	18
4.1	Virtuaaliset lähiverkot .....	19
4.2	Kolmannen kerroksen kytkimet .....	22
5.	ESIMERKKIVERKON RAKENTAMINEN .....	23
5.1	Kytinten konfigurointi .....	26
5.2	Testaus .....	31
6.	YHTEENVETO .....	34
	LÄHTEET .....	35

## LIITTEET

1	Kytikimen 3650_yla konfiguraatiot
2	Kytikimen 3650_ala konfiguraatiot
3	Kytikimen S1.1 konfiguraatiot
4	Kytikimen S1.2 konfiguraatiot
5	Kytikimen S3.1 konfiguraatiot
6	Kytikimen S3.2 konfiguraatiot
7	Kytikimen S3.3 konfiguraatiot
8	Kytikimen S2.1 konfiguraatiot
9	Kytikimen S2.2 konfiguraatiot
10	Kytikimen S2.3 konfiguraatiot
11	Kytikimen S6.1 konfiguraatiot
12	Kytikimen S6.2 konfiguraatiot

## 1. JOHDANTO

Tietoliikenneverkot ovat nykyään arkipäivää. Niitä hyödynnetään jokaisella tekniikan osa-alueella. Lähes kaikki nykyaikana itsestään selvänä pitämämme arkipäiväiset asiatkin perustuvat tiedonsiirtoon Internetin avustuksella. Myös yritysmaailmassa kaikista pienimmillään yrityksillä on nykyään yrityksen sisäiset verkot, jotka usein perustuvat tässä työssä käsiteltyihin tietoliikenneverkkotekniikan ratkaisuihin.

Tämä opinnäytetyö keskittyy kuvitteellisen yrityksen kahden toimipisteen tietoliikenneverkkoratkaisuihin sekä toimipisteiden verkkojen yhdistämiseen. Työssä rakennettu verkko koostuu kahdesta osasta jotka voisivat kuvata mahdollista ratkaisua kahden rakennuksen tai jopa paikkakuntien välisten toimipisteiden yhteen liittämistä sekä verkon rakennetta kummassakin toimipisteessä.

Opinnäytetyön alkuosa koostuu tietoliikenneverkkojen hierarkkisiin malleihin sekä verkon eri osa-alueiden että laitteiden tehtäviin liittyvästä teoriasta. Teorian ensimmäinen osuus käsittelee OSI- sekä TCP/IP-mallien rakenteen sekä tärkeimmät protokollat. Lisäksi on selitetty millaisista laitteista verkko koostuu ja millaisia tehtäviä milläkin laitteella on. Teoriaosa on tehty yhteistyössä Jesse Tuunasan kanssa.

Työn viimeinen osuus sisältää käytännön toteutuksen kuvitteelliselle verkolle käyttäen hyväksi Cisco Packet Tracer ohjelmaa sekä Mikkelin Ammattikorkeakoulun Cisco-laitteistoa. Käytännön osuudessa vastualueenani oli kytkinten sekä työasemien verkkoon liittäminen sekä kytkinten konfigurointi. Jesse Tuunanen konfiguroi verkossa käytettävät reitittimet.

## **2. TIETOLIIKENNEVERKKOJEN RAKENNE**

Tietoliikenneverkkojen rakenteen mallina ovat pääasiallisesti toimineet OSI- sekä TCP/IP-malli. Tässä kappaleessa selitetäänkin OSI- sekä TCP/IP-mallin osat sekä niiden tehtävät. Sekä käydään läpi myös mallien rakennetta ja rakenteen osien tehtävää verkon reitityksen osalta. TCP/IP-mallissa käydään läpi myös siihen kuuluvat protokollat sekä niiden tehtävät alueittain. Lisäksi käydään läpi lähiverkkotekniikan fyysistä laitteistoa sekä sen laitteiston sijaintia malleissa.

### **2.1 OSI-malli**

OSI-malli (Open Systems Interconnection) on ISO:n (International Organization for Standardization), kansainvälisen standardointiorganisaation 80-luvun alussa kehittämä malli. Mallin perusajatus oli että siitä tulisi ratkaisu lähi- ja muiden verkkotekniikoiden yhteensopivuusongelmiin sekä sillä tultaisiin tulevaisuudessa yhdistämään kaikki maailman laitteet toisiinsa. Kuitenkaan malli ei saanut tavoiteltua levinneisyyttä, mutta sitä usein käytetään referenssinä helpottamaan verkkojen toiminnan ymmärtämistä. Useimmiten verkkojen rakentamisessa käytetään TCP/IP-mallia, johon tässä työssä tullaan enimmäkseen keskittymään. [1, s. 30-31]

OSI-malli koostuu seitsemästä kerroksesta, jotka on suunniteltu siten, että jokainen kerros pystytään myös toteuttamaan omana kokonaisuutenaan. Suunnitellun kerrosmallin etuina ovat ymmärtämisen, suunnittelun ja kehitystyön helppous. Sekä ylemmät että alemmat kerrokset kommunikoivat keskenään niiden välille rakennettujen rajapintojen avulla. Tämä mahdollistaa yksittäisen kerroksen kehittämisen ja päivittämisen ilman että se vaikuttaa muihin kerroksiin. [1, s. 31-32]



Kuva 1. OSI-mallin kerrokset [6]

OSI-mallin ylimpänä kerroksena toimii *sovelluskerros* (Application Layer), joka on suorassa vuorovaikutuksessa sovelluksen kanssa tarjoten sille verkkopalveluja, esimerkiksi verkkoyhteys sähköpostiohjelmalle. *esitystapakerros* (Presentation Layer) kertoo missä muodossa data esitetään. [1, s. 32-33]

*Istuntokerros* tai *yhteysjaksokerros* (Session Layer) koordinoi sovellusten toimintoja eri laitteiden välillä, esimerkiksi lähetyksen käynnistäminen ja pysäyttäminen. Istuntokerros myös huolehtii datanvälitysjärjestyksestä. *Kuljetuskerros* (Transport Layer) huolehtii ylemmiltä kerroksilta saadun datan pilkkomisesta ja sen välittämisestä alempiin kerroksiin. Välitys voi tapahtua joko yhteydellisenä, jolloin yhteys muodostetaan kohteeseen ennen datan lähetystä, tai yhteydettömänä, jolloin yhteyttä kohteeseen ei muodosteta ennen datan lähettämistä vaan sen oletetaan menevän määränpäähän. Kuljetuskerroksen tunnetuimpia protokollia ovat TCP (Transmission Control Protocol) sekä UDP (User Datagram Protocol). [1, s. 33-34]

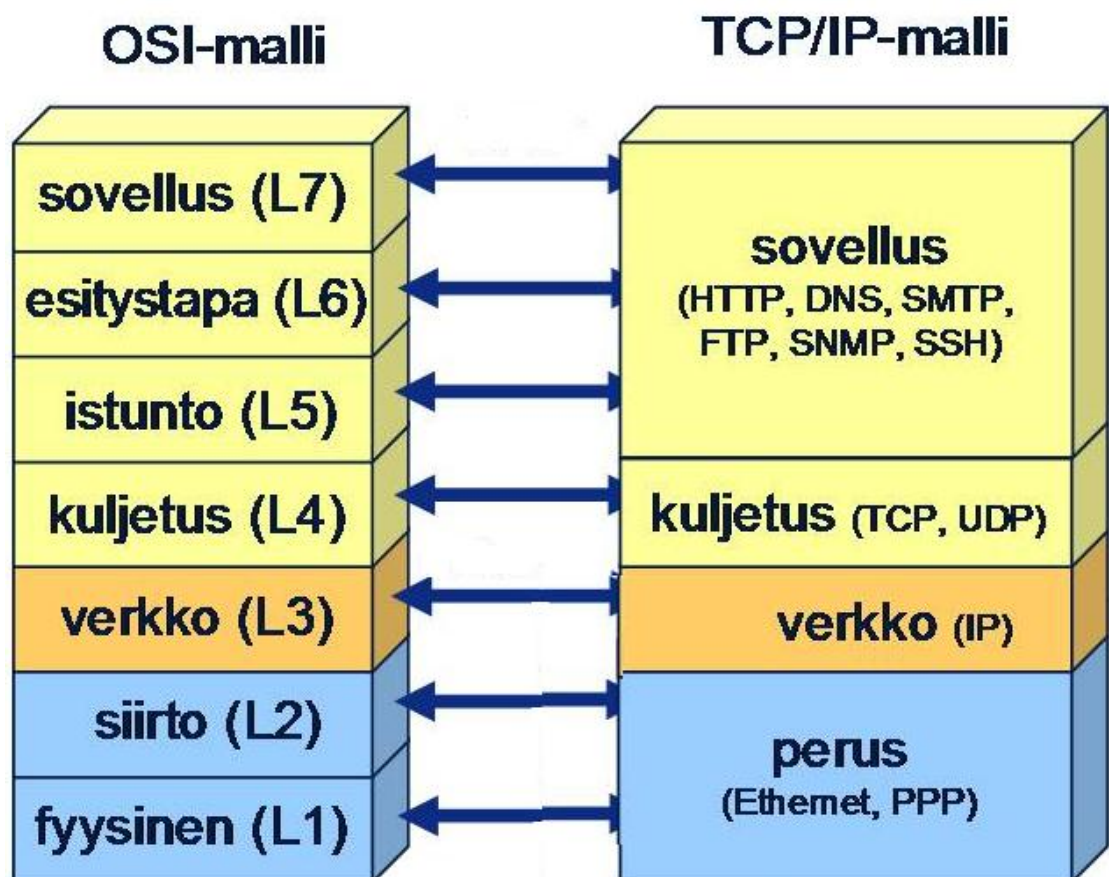
*Verkkokerros* (Network Layer) pakkaa kuljetuskerrokselta saadun datan paketteihin ja välittää datan verkkokerroksessa sijaitsevaan osoitteeseen. Tämä prosessi tunnetaan nimellä reititys, joka on riippumaton alempien kerrosten tekniikoista. Verkkokerroksella toimivia protokolla ovat esimerkiksi IP (Internet Protocol) sekä IPX (Internet-work Packet Exchange). *Siirtoyhteyserros* (Data Link Layer) rakentaa kehyksen, jonka sisälle pakataan verkkokerrokselta saatu data. Siirtoyhteyserros myös lisää

kehykseen otsikot, jotka sisältävät lähettäjän sekä vastaanottajan siirtoyhteyskerroksen osoitteen. Kehystystapoina kerroksessa toimivat esimerkiksi MAC (Media Access Control), LLC (Logical Link Control) sekä HDLC (High-Level Data Link Control). Siirtoyhteyskerros on riippuvainen fyysisestä kerroksesta. *Fyysinen kerros* (Physical Layer) on alin kerros OSI-mallissa, joka määrittelee kaikki fyysiset ominaisuudet sekä käytettävät koodausmenetelmät bittien välitykseen liittyen. [1, s. 34]

## 2.2 TCP/IP

Toinen yleisesti käytössä oleva kerrosmalli on TCP/IP. Tämä malli koostuu neljästä kerroksesta, joiden suhde OSI-mallin kerroksiin näkyy alla olevassa kuvassa. TCP/IP-mallin nimi tulee sen kahden tärkeimmän protokollan TCP:n ja IP:n lyhenteistä.

TCP/IP-mallin esitteli IETF (Internet Engineering Task Force) vuonna 1982 ja sitä alettiin käyttää 1.1.1983. [1, s. 14]



Kuva 2. TCP/IP- ja OSI-mallin vertailu [7]



*Sovelluskerros* (Application Layer) on TCP/IP-mallin ylin kerros, joka sisältää OSI-mallin kolme ylintä kerrosta. Kerroksen tehtävänä on lähettää sekä vastaanottaa dataa jollakin kuljetuskerroksen protokollista. [2, s. 184]

*Kuljetuskerros* (Transport Layer) siirtää sovelluskerroksen dataa kahden eri sovelluksen välillä. Kuljetuskerroksella lähetettävä tietovirta jaetaan pieniksi paloiksi, joihin lisätään sekä vastaanottavan että lähettävän sovelluksen portin numero. Porttinumerolla määrätään mille sovellukselle paketti ohjautuu. Näiden toimenpiteiden jälkeen kuljetuskerros siirtää paketin seuraavalle kerrokselle. [2, s. 184][1, s. 136]

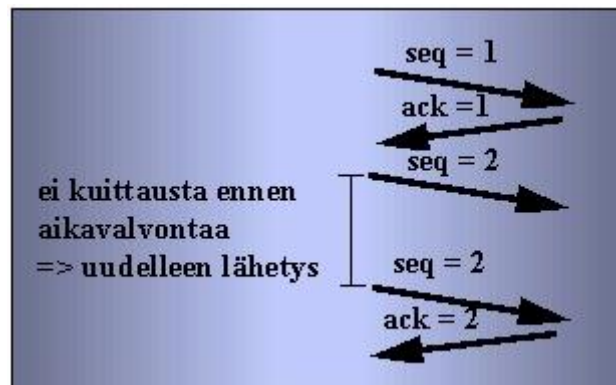
*Verkkokerros* (Internet Layer) hoitaa laitteiden välisen kommunikoinnin, joka on päästä-päähän (end-to-end) tyyppistä. Kuljetuskerroksesta saapuva paketin lähetyspyyntö vastaanotetaan internet-kerroksessa, jossa pakettiin lisätään IP-otsikkotiedot. Tämän jälkeen internet-kerros määrittää reititys algoritmilla minne paketti lähetetään. Riippuen paketin määränpäästä se ohjataan joko reitittimelle tai suoraan verkossa olevalle päätelaitteelle. Jos paketin määränpää on paikallisessa verkossa, niin internet-kerros poistaa paketista IP-otsikkotiedot ja lähettää sen kuljetuskerrokselle.. [2, s. 185]

*Peruskerros* (Network Access Layer) on TCP/IP-mallin alin kerros, joka vastaanottaa IP-kehyksen ja siirtää sen oikeaan verkkoliitännään sekä myös lähettää IP-kehyksen verkkoliitännältä Internet-kerrokselle. Verkkokerroksella tapahtuva tiedonsiirto on paikallista, eli se tapahtuu kahden laitteen välillä, toisin kuin Internet-kerroksella jossa tiedonsiirto tapahtuu päästä-päähän. Yksi tärkeimmistä verkkokerroksen protokollista on Ethernet. Verkkokerros käsittää myös kaikki fyysiset laitteet eli esimerkiksi reitittimet, kytkimet ja päätelaitteet. [2, s. 185]

### 2.3 TCP

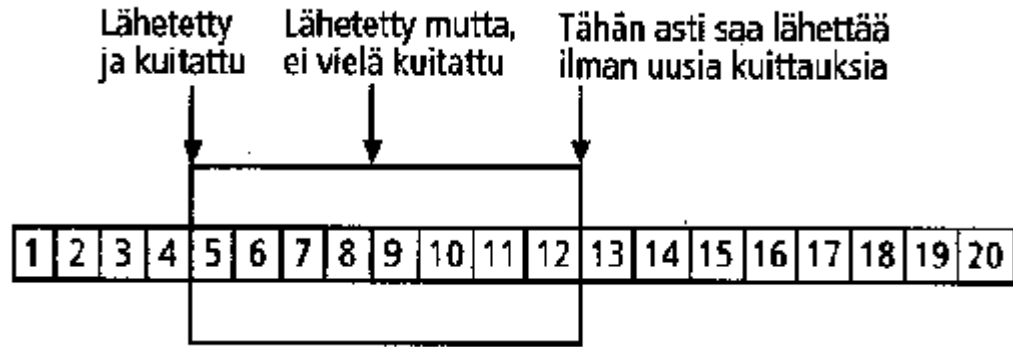
TCP (Transmission Control Protocol) on itsenäinen kuljetusprotokolla, jota on sovellettu luotettavuutensa vuoksi myös muihin kuljetusjärjestelmiin kuten ISO:n TP-4:ään (Transport Protocol Class 4). TCP on yhteydellinen protokolla jossa yhteys muodostetaan päätepisteiden välille ennen tiedonsiirron aloittamista. TCP:n oma luotettava paketiinsiirtomenetelmä perustuu yksinkertaiseen kuittausmenetelmään, jossa lähettäjä odottaa paketin lähetyksen jälkeen kuittausta (*acknowledgement*, *ACK*) vastaanottajal-

ta ennen kuin lähettää uutta pakettia kohteeseen. Paketin lähetyksen lisäksi lähettäjä käynnistää ajastimen paketin lähdettyä ja lähettää saman paketin uudelleen jos aikakatkaisu tapahtuu ennen kuin kuittaus on saapunut vastaanottajalta. Pakettiin liitetään lähetyksessä myös numero, joka saapuu kuittauksen mukana takaisin, jotta pystytään eliminoimaan mahdollisten duplikaattien syntyminen, kun sekä lähettäjä että vastaanottaja tietävät mitä pakettia kuittaus koskee. [2, s. 209-212] [5]



**Kuva 3. Yksinkertaista kuittausta käyttävä protokolla [9]**

TCP-protokolla käyttää apunaan myös käsitettä nimeltään *liukuva ikkuna*. Toisin kuin yksinkertaista kuittausta käyttävässä protokollassa, niin liukuvassa ikkunassa voi lähettäjä lähettää useamman paketin peräkkäin kuitenkin tarvitsematta odottaa kuittauksia paketeista. Liukuvan ikkunan koon ollessa esimerkiksi 8760, joka on Windows NT käyttöjärjestelmän oletuskoko Ethernet verkossa, voidaan lähettää 6 Ethernet kehystä ennen kuin se tarvitsee kuittauksen vastaanottajalta. Tämän mukaisesti ikkuna siirtyy liukuvasti paketti kerrallaan. Liukuvan ikkunan tehokkuuteen vaikuttaa kuitenkin koon lisäksi verkon nopeus eli kuinka nopeasti verkko pystyy paketteja vastaanottamaan. Jokaisella TCP yhteydellä on olemassa neljä kappaletta ikkunoita. Molemmilla osapuolilla on lähetys- sekä vastaanottoikkuna. Näiden kokoa voidaan säätää erikseen siten että toisen laitteen lähetysikkunan koko on sama kuin toisen laitteen vastaanottavan ikkunan koko.[2, s. 213-214] [1, s. 149-150]

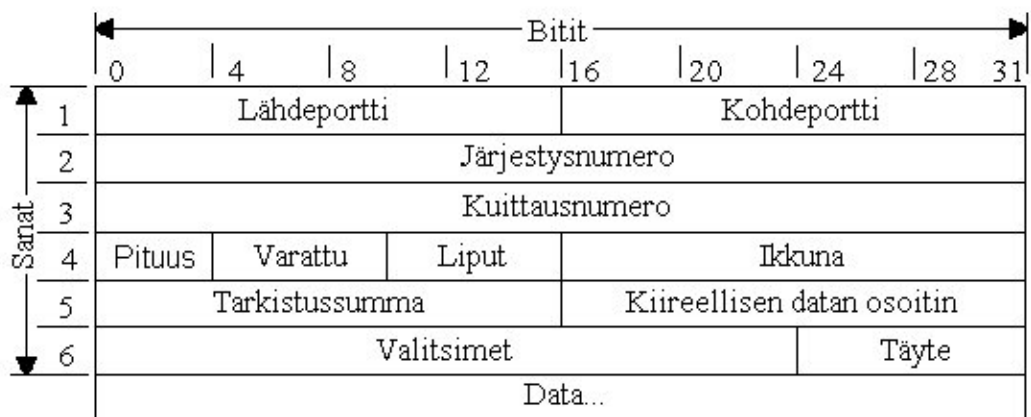


Kuva 4. Liukuva ikkuna. [1, s. 149]

Liukuva ikkuna myös muistaa paketit ja niiden saapuvat kuittaukset. Kuittauksia varten tämä menetelmä pitääkin jokaisella erillisellä paketilla omaa ajastinta aikakatkaisua varten. Jos aikakatkaisu tapahtuu ja paketti lähetetään uudelleen, niin ikkuna siirtyy kaikkien kuitattujen pakettien ohi ja myös vastaanottavassa päässä on samanlainen ikkuna, joka pitää yllä pakettilistaa ja lähettää kuittauksia lähettäjän suuntaan. Eli näin ollen ikkunassa on kolme osaa:

- Ikkunan vasen puoli: Vastaanotetut paketit, jotka on lähetetty, vastaanotettu ja kuitattu.
- Ikkuna: Paketit, joita ollaan siirtämässä.
- Ikkunan oikea puoli: Paketit, joita ei ole vielä siirretty. [2, s. 214-215]

### TCP-paketin eli segmentin rakenne



Kuva 5. TCP-segmentti [8.]

TCP-segmentti sisältää kaksi pääosaa eli otsikon ja data-osion. Näistä pääosista otsikko sisältää seuraavat kentät: *Lähde- ja kohdeportti* – kentät, jotka sisältävät sovellusohjelmien porttiosoitteet. *Järjestysnumero*-kenttä, joka sisältää paketin järjestysnumeron datavirrassa. *Kuittausnumero*-kenttä sisältää kuittausnumeron, jota lähettäjä odottaa vastaanottajalta. *Pituus*-kenttä sisältää segmentin otsikon pituuden kertovan luvun sekä tämä kenttä myös vaihtelee *Valitsimet*-kentän pituuden mukaan. *Varattu*-kenttä on sisältää 6-bittiä tulevaa varattua käyttöä varten. 6-bittisen *Liput* eli *koodibitit*-kentän mukaan määritellään segmentin tarkoitus ja sisältö. Nämä bitit määrittävät kuinka otsikko-osan muut kentät tulkitaan. Bitit sekä niiden merkitykset on selitetty taulukossa 1. [2, s. 221-222]

**Taulukko 1. TCP-otsikon Liput- eli koodibitit-kentän bitit.**

Bitti (vasemmalta oikealle)	Bitin merkitys, jos bitti on 1
URG	Kiireellinen datan osoitin-kenttä käytössä
ACK	Kuittausnumerokenttä käytössä
PSH	Datan välittäminen sovellukselle ilman puskurointia
RST	Yhteyden nollaus
SYN	Järjestysnumeroiden tahdistaminen
FIN	Lähettäjä on tullut tavuvirran loppuun

*Ikkuna*-kentän arvo kertoo kuinka paljon dataa lähettäjä saa lähettää edellisen kuittausnumeron jälkeen. *Kiireellinen datan osoitin*-kenttä ilmaisee jos URG-bitti on asetettu *liput*-kenttään ja myös määrittää näin kiireellisen datan sekä tämän kiireellisen datan sijainnin segmentissä. *Tarkistussumma*-kenttä on 16-bittinen kenttä, jossa sijaitsee kokonaisluku jonka avulla voidaan tarkistaa segmentin eheys. [2, s. 222-224]

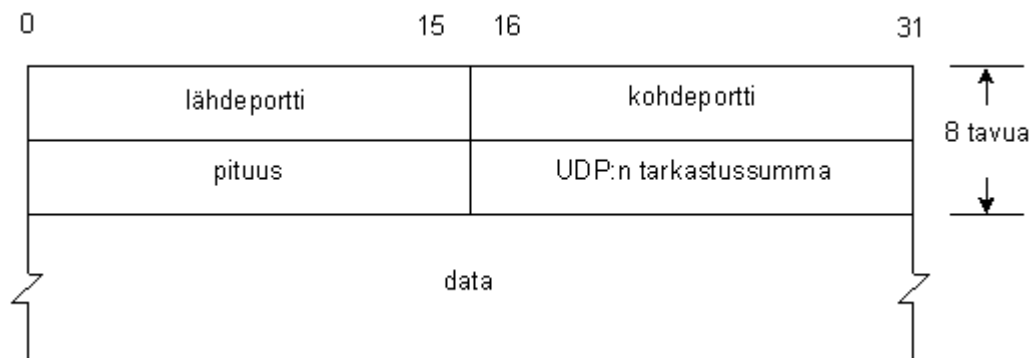
## 2.4 UDP

UDP (User Datagram Protocol) on TCP:n rinnalla toimiva kuljetuskerroksen protokolla. UDP:llä ja TCP:llä on sama päätehtävä, datan kuljettaminen. Tästä huolimatta protokollat ovat hyvin erilaisia toisiinsa verrattuna. TCP:n ominaisuuksiin kuuluu muun muassa yhteydessisyys, luotettavuus, virheenkorjaus ja kuittaus, mutta kaikki edellä mainitut ominaisuudet puuttuvat UDP:stä täysin. Multipleksaus on ainut ominaisuus datan välityksen lisäksi johon UDP pystyy. Tämä tarkoittaa sitä että yhdellä fyysisellä

yhteydellä voi olla monta samanaikaista sessiota eri sovellusten kesken. Edellä mainittujen puutteiden vuoksi UDP:tä käytetäänkin sellaisissa tilanteissa joissa ei ole niin kriittistä jos osa tiedosta häviää matkan varrella. Yleisimpänä UDP:n käyttökohteena on nykyään DNS (Domain Name System). Suurimpana etuna UDP:n yksinkertaisuudessa ja ominaisuuksien puutteissa on otsikkokenttien ja muun ylimääräisen datan pieni määrä suhteessa siirrettyyn dataan. Tämän takia lähiaikoina UDP:tä on myös alettu käyttää multimediasovellusten kanssa, koska sen kevyt rakenne mahdollistaa korkean datansiirtokapasiteetin. Lisäksi multimediakäytössä ei ole niin kriittistä jos esimerkiksi äänessä tapahtuu muutaman millisekunnin katkos, sekä esimerkiksi TCP:n käytöstä ei olisi hyötyä koska uudelleenlähetykset aiheuttaisi liian suuren viiveen tehden saapuneesta datasta käyttökelvotonta. [2, s. 198-199] [1, s. 167-168]

### UDP-sanoman rakenne

UDP-sanoma sisältää kaksi osaa eli otsikon ja data-alueen. Otsikossa on neljä kenttää: lähdeportti, kohdeportti, sanoman pituus ja tarkistussumma. Jokainen näistä otsikko-osan kentistä on 16-bittisiä. [2, s. 199]



**Kuva 6. UDP-Sanoman rakenne[10]**

*Lähde- ja kohdeportti* kentät sisältävät sovelluksen prosessia koskevan porttinumeron, jonka avulla protokolla pystyy määrittämään, mikä sanoma millekin sovellukselle lähetetään sekä mistä sovelluksesta sanoma on lähetetty.

*Sanoman pituus* -kentässä oleva arvo ilmoittaa kuinka monta tavua tai oktettia sanoma sisältää kaiken kaikkiaan eli otsikko ja data-alue yhteensä, ja koska otsikon pienin arvo on kahdeksan, niin teoriassa se on myös pienin mahdollinen sanoman pituuden arvo, joka tarkoittaisi sitä että data kentän pituus olisi nolla tavua, ja sanoma sisältäisi

ainoastaan otsikkotiedot. Suurin mahdollinen arvo sanoman pituudelle on 65535 tavua. *Tarkistussumma* -kentän arvolla tarkistetaan onko tietojen siirto tapahtunut virheettömästi ja onko sanoma saapunut oikeaan kohteeseen. Jos tarkistuksessa havaitaan virhe, sanoma hylätään. Tarkistussumma on sanomassa suunniteltu valinnaiseksi, jotta käsittelyssä kuluva aika saataisiin minimoitua ja näin nopeutettua sanomien välitystä. [2, s. 199-200] [1, s. 169-170]

## 2.5 IP

*Internet Protocol* eli IP on yksi tärkeimmistä verkoissa käytetyistä protokollista. IP käsittää kolme verkoille tärkeää asiaa. Tärkeimpänä niistä on IP-osoite jonka avulla paketit välitetään oikeaan määränpäähän. Toiseksi IP-protokolla suorittaa reitityksen, eli valitsee tiedolle reitin jota pitkin tieto välitetään. Ja kolmanneksi IP-protokolla sisältää säännöt joiden perusteella tiedon kuljetus tapahtuu ja kuinka eri laitteet tietoa käsittelevät. [2, s. 97-98]

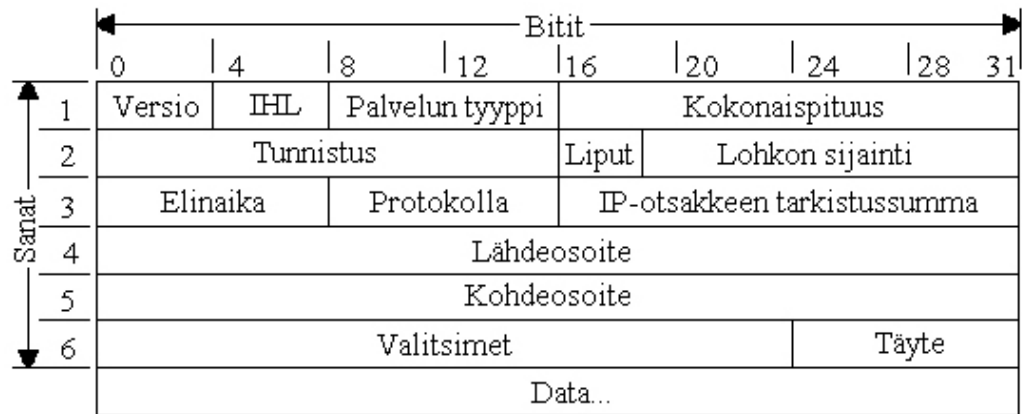
IP-protokollasta on tällä hetkellä käytössä kaksi versiota, IPv4 sekä IPv6. Vielä toiseksi lähes kaikkialla käytetään IPv4 versiota mutta IPv6:n osuus kasvaa jatkuvasti koska IPv4 osoitteita ei ole riittävästi, joten siirtyminen IPv6 maailmaan on välttämätöntä.

*IPv4* on protokolla jonka tehtävä on välittää paketteja yhteen kytkettyjen verkkojen eri osien välillä. IPv4 on yhteydetön protokolla, joka tarkoittaa sitä, että se ei pidä kirjaa olemassa olevista yhteyksistä, vaan se hoidetaan ylemmillä kerroksilla joko TCP:llä tai sovelluskerroksen protokollilla. IPv4:stä myös puuttuu täysin mahdollisuus hallita liikenteen määrää verkossa suorittamalla vuonohjausta sekä suorittaa virheenkorjausta. Tämä johtuu pääasiassa suorituskvyyllisistä seikoista, koska on turhaa suorittaa samoja tehtäviä monen eri protokollan toimesta. [3, s. 113-114]

IP-liikenne on pakettiliikennettä, ja IP-protokollan tehtäviin kuuluu pakettien käsittely. Näihin kuuluvat muun muassa pakettien osoiminen tarpeen vaatiessa, liikenteen reititys IP-osoitteen perusteella sekä paketin koon määrittäminen. Liikenteen pakettiluontoisuus tarkoittaa sitä että kaikki paketit välitetään erikseen, riippumatta siitä mitä

edelliselle paketille on tapahtunut. Kuten myös vastauspaketit välitetään riippumatta siitä mitä kautta alkuperäinen paketti on saapunut. [3, s. 114-115]

### IP-Sanomien rakenne



**Kuva 7. IP-Sanomien rakenne[6]**

Kuvassa 2 on mallinnettu IPv4 paketin otsikkokenttien rakenne. Paketti sisältää maksimissaan 14 kenttää joista 12 on vakiomittaisia ja kaksi määrittelemättömän kokoista kenttää; Valitsimet ja Täyte. *Versio* on 4 bittiä ja se kertoo käytettävän IP-protokollan versionumeron, eli onko kyseessä IPv4 vai IPv6. *IHL (Internet Header Length)* eli otsikon pituus on myös 4 bittiä ja se ilmaisee IP-paketin otsikkokentän pituuden kertomalla kuinka monta 32 bitin jaksoa otsikko sisältää. *Palvelun tyyppi* on 8 bittiä ja sen avulla ylemmän tason protokollat viestivät verkon laitteille minkä tyyppistä palvelua he haluavat verkolta. Tämä tapahtuu lisäämällä pakettiin TOS (Type Of Service) parametrit, joilla voidaan määrittää esimerkiksi että halutaan tieto siirrettäväksi mahdollisimman pienellä viiveellä. *Kokonaispituus* on 16 bittiä ja se kertoo IP-paketin koon oktetteina eli kahdeksan bitin ryhminä. Kentän maksimiarvo, joka on myös maksimikoko IP-paketille, on  $2^{16}$  eli 65535 oktettia. Useimmiten kuitenkin käytetään pienempää arvoa, ja IPv4 standardissa määritelläänkin että laitteiden täytyy kyetä vastaanottamaan ainoastaan 576 oktetin pituisia paketteja. [1, s. 115-117, 123-124] [2, s. 99]

*Tunnistus* on 16 bitin mittainen ja se toimii paketin ID-numerona. Sitä tarvitaan esimerkiksi pakettien osioinnissa, jotta voidaan tunnistaa mitkä osiot kuuluvat mihinkin pakettiin. *Liput* eli osioimisen määrittely on 3 bittiä ja sillä määrätään voiko paketin

osioita, sekä ilmoitetaan mahdollisista tulevista osioista. *Lohkon sijainti* on 13 bitin mittainen ja ilmoittaa nimensä mukaisesti lohkojen tai osioiden sijainnin paketissa. *Elinaika* on 8 bitin suuruinen ja määrää paketille arvon joka vähenee yhdellä jokaisessa matkan varrella olevassa reitittimessä. Tämä estää pakettien loputtoman kiertämisen ympäri verkkoa koska kun elinaika menee nolnaan, tuhoaa reititin paketin ja lähettää siitä ilmoituksen paketin lähettäneelle koneelle. Elinaika yleensä ilmoitetaan lyhenteellä TTL (Time To Live) ja voi olla arvoltaan maksimissaan 255. [1, s. 117-118]

*Protokolla* on 8 bittiä ja se ilmaisee paketin ylemmän kerroksen protokollan numeron, esimerkiksi numero kuusi ilmaisee että käytettävä protokolla on TCP. *IP-otsikon tarkistussumma* on 16 bitin mittainen ja sillä varmistetaan otsikkokenttien sisältämien tietojen oikeellisuus. Tarkistussumma koskee ainoastaan IP-otsikon sisältäviä tietoja eikä siirrettävää dataa. Jos tarkistussumma ei täsmää lähetettävän datan kanssa, niin paketti hylätään. *Lähdeosoite* on 32 bittiä ja sillä ilmoitetaan lähettäjän IP-osoite. *Kohdeosoite* on myös 32 bittiä ja se kertoo vastaanottavan laitteen IP-osoitteen. *Valittimet* ja *Täyte* kenttiin voidaan määrittellä esimerkiksi turvallisuuteen liittyviä lisäasetuksia. Kenttien yhteenlaskettu maksimikoko on määritelty standardissa 40 oktettiin eli 320 bittiin. Kenttien yhteispituus täytyy myös olla aina jaollinen 32:lla, joten *Täyte* kentän avulla lisätään tarvittava määrä nolla-bittejä, jotta lopullinen pituus on jaollinen 32:lla. [1, s. 119-121] [4, s.2]

## **DHCP**

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) protokollan avulla voidaan määrittää laitteille IP-osoitteet automaattisesti. Kun tietokone liitetään verkkoon, verkossa toimiva DHCP-palvelin antaa tietokoneelle IP-osoitteen, aliverkon peitteen (subnet mask), oletusyhdyskäytävän (default gateway) sekä nimipalvelimen eli DNS-palvelimen (Domain Name System) osoitteet. [2, s. 450-451]

Aliverkon peite tai aliverkkomaski määrittelee IP-osoitteesta mitkä bitit kuuluvat verkkokenttään ja mitkä isäntäkenttään. Esimerkiksi aliverkon peite 255.255.255.0 tarkoittaa sitä että 3 ensimmäistä oktetia kuuluvat verkkokenttään ja viimeinen oktetti kuuluu isäntäkenttään. Aliverkon peite 255.255.255.0 voidaan myös ilmaista merkinällä /24 koska se käsittää 24 ensimmäistä bittiä. DNS-palvelin taas vastaa internet



osoitteiden kääntämisestä bittimuotoon. Kun halutaan saada selville esimerkiksi osoitteen <http://www.mamk.fi> ip osoite, otetaan yhteys DNS-palvelimeen. [15, s. 401-403] [3, s. 226-227]

## 2.6 IPv6

Kuten jo aikaisemmin mainittuna, niin IPv6-verkkoon siirtyminen on välttämätöntä IPv4-osoitteiden loppumisen vuoksi. Tästä syystä IPv6 sekä IPv4 verkoilla onkin muutamia tärkeitä eroja keskenään. Eli toisin kuin IPv4-osoitteessa niin IPv6-osoitteessa on osoitteen pituus 128 bittiä sekä siinä yhdistyvät looginen että fyysinen osoite. Näin ollen jos IPv4:n 32 bittisillä osoitteilla maksimimäärä on vähän yli neljä miljardia osoitetta, niin IPv6-osoitteita voi olla virallisen laskelman mukaan  $8 \times 10^{17} - 2 \times 10^{33}$  laitteella jokaista neliometriä kohden maapallolla. [3, s. 215-216]

IPv6-osoitteen muoto eroaa myös merkittävästi jo tutuksi tulleesta IPv4-osoitteesta. IPv6-osoitetta ei enää esitetä desimaalilukuina vaan osoitejärjestelmässä on otettu käyttöön heksadesimaalimuoto ja erotinmerkinä IPV4-osoitejärjestelmän pisteen sijaan IPv6-osoitejärjestelmässä käytetään kaksoispistettä eli esimerkiksi 68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:96A:FFFF on IPv6-osoite. On myös tehty tiettyjä sääntöjä IPv6-osoitteen lukemisen helpottamiseksi eli jos esimerkiksi IPv6-osoite on muotoa FF05:0:0:0:0:0:0:B3, niin tästä osoitteesta voidaan suoraan korvata nollat kaksoispisteellä muotoon FF05::B3. [3, s. 217]

### Taulukko 2. IPv6-otsikon rakenne.

Versio (4 bit)	Liikenneluokka (8 bit)	Vuo (20 bit)		
Datan pituus (16 bit)		Seuraava ots. (8 bit)	Etappiraja (8 bit)	
Lähdeosoite (128 bit)				
Kohdeosoite (128 bit)				

Sekä myös kuten yllä olevasta kuvasta huomataan, niin otsikon rakenne eroaa olennaisesti IPv4-otsikon rakenteesta. IPv6:n rakenne ei sisälläkään IPv4-rakenteen mukaisia kenttiä vaan nämä kentät ovat IPv6:n rakenteessa sijoitettu *laajennusotsikoihin*. Laajennusotsikot toimivatkin tässä tapauksessa IPv4-rakenteen täyte-kentän mukaisesti eli lähettäjä valitsee mitä laajennusotsikoita käytetään.

Itse IPv6-otsikon rakenne sisältää kuvan mukaiset kentät. *Versio*-kenttä, joka määrittelee protokollan version. *Liikenneluokka*-kenttä, joka toimii IPv4-rakenteen palvelu tyyppi-kentän mukaisesti eli määrittelee mitä palvelua paketti haluaa verkolta. *Vuokenttä*, joka sisältää tiedot joiden avulla reititys sovellusten välillä tapahtuu eli toisin sanottuna polku sovellusten välillä, jossa on määritelty tapahtuvat viiveet sekä kais-tanleveys. *Datan pituus*-kenttä, joka määrittelee paljonko dataa otsikon lisäksi pake-tissa on. *Seuraava otsikko*-kentän tietoja tarvitaan reitittimissä ja kohteessa toimivissa ohjelmissa, koska tämä kenttä kertoo seuraavan otsikon tyyppin. *Etappiraja*-kenttä si-sältää arvon, joka vastaa etappien määrää minkä paketti kulkee. Näiden kenttien lisäk-si rakenne sisältää myös *lähde*- ja *kohdeosoite* – kentät, jotka nimensä mukaisesti määrittävät lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet. [2, s. 603-606]

## 2.7 Ethernet

Ethernet on ylivoimaisesti suosituin lähiverkoissa käytetty tekniikka. Yleisesti Ether-netin keksimisestä kunnia annetaan Xeroxille joka kehitti sen 1970-luvun alussa, idea kuitenkin perustui ALOHA-nimiseen hankkeeseen joka kehitettiin Havaijin yliopistol-la 1960-luvun lopulla. Vuonna 1980 Ethernetistä julkaistiin 1.0 versio joka syntyi Di-gitalin, Intelin sekä Xeroxin yhteistyön tuloksena. Alun perin tekniikan nopeus oli 20 megabittiä sekunnissa, mutta se laskettiin myöhemmin 10 megabittiin sekunnissa. Tämä 10 megabitin Ethernet, joka tunnetaan myös nimellä 10Base5, oli tekniikan en-simmäinen laajasti levinnyt versio. IEEE standardoi 10Base5 Ethernetin vuonna 1983 standardi numerolla 802.3. Ethernet on sittemmin yli 30 vuoden aikana kehittynyt uusiin ja nopeampiin versioihin jotka yltyvät jopa 100 gigabitin nopeuksiin uuden IEEE 802.3ab standardin myötä. Nykyiset uudet Ethernet standardit ovatkin jo tekno-logialtaan täysin uudenlaisia ja niissä on vanhoihin enää yhteistä ainoastaan nimi sekä kehysrakenne. [2, s. 20] [1, s. 48-49] [12]

## Ethernetin kehysrakenne

<b>Tahdistus</b> 64 bittiä	<b>Kohdeos.</b> 48 bittiä	<b>Lähettäjäos</b> 48 bittiä	<b>Tyyppi</b> 16 bittiä	<b>Data</b> 368-12000 bittiä	<b>CRC</b> 32 bittiä
-------------------------------	------------------------------	---------------------------------	----------------------------	---------------------------------	-------------------------

**Kuva 8. Ethernet-kehäksen rakenne. [13]**

Ethernet-kehys sisältää 6 pääosaa: Tahdistusosa, kohdeosoite, lähdeosoite, tyyppi, data sekä tarkistussumman eli CRC (Cyclic Redundancy Check). Tahdistusosan avulla verkkokortti tunnistaa kehäksen alun ja se on pituudeltaan 64 bittiä muodostuen vuorottelevista 1- ja 0-biteistä. Kohde- ja lähdeosoite kentät ovat molemmat 48 bittisiä kooltaan ja sisältävät fyysisen MAC-osoitteen. Tyyppikenttä on kooltaan 16 bittiä ja se sisältää kokonaisluvun, jonka avulla saadaan selville minkä ylemmän tason protokollalle kehäksen data ohjataan eli esimerkiksi jos kentässä on heksadesimaaliluku arvoltaan alle 0600, niin kyseessä on IEEE 802.3 mukainen Ethernet-kehys. Datakenttä sisältää varsinaisen datan ja voi olla kooltaan minimissään 368 bittiä ja enimmiltään 12000 bittiä. Viimeisenä kehäksessä on CRC-kenttä eli tarkistussumma. Tarkistussumma on kooltaan 32 bittiä ja sen avulla voidaan havaita mahdolliset siirtovirheet. Tarkistussumma-kentän luvun laskee lähettäjä kehäksen tietojen mukaan ja vastaanottaja laskee sen taas tarkistaakseen, että tiedot täsmäävät. [2, s. 30-31][3, s. 144-145]

## Ethernetin kehitys sekä ominaisuudet

Alun perin Ethernet toimi 10 megabitin nopeudella 10Base5 versiossa. Tästä Ethernet kehittyi muutaman välivaiheen kautta versioon 10BaseT, jossa nopeus säilyi samassa 10 megabitissä mutta kaapeleina käytettiin ensimmäistä kertaa parikaapelia. Kuitenkin Ethernetin 10 megabitin nopeus alkoi muodostua 1990-luvulla monessa verkossa pulonkaulaksi, joten kehitettiin 10 kertaa nopeampi 100 megabitin 100BaseT Ethernet, joka usein tunnetaan nimellä Fast Ethernet. Ja tästä seuraava versio 1000BaseT Ethernet taas kerran nosti nopeuden kymmenkertaiseksi jatkuvasti kasvavien verkkojen vaatimusten mukaisesti. 1000BaseT eli Gigabit Ethernet poikkeaa 10BaseT ja 100BaseT standardeista luonnollisesti nopeamman tiedonsiirtonopeutensa takia, mutta

myös siten että vanhoissa standardeissa käytetty kaapelointi ei käy 1000BaseT verkkoon. [2, s. 26-27]

Ethernet-tekniikassa käytetään CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) nimistä tekniikkaa estämään mahdollisia törmäyksiä tapahtumasta tiedonsiirrossa pisteestä toiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että laitteen pitäisi lähettää vasta, kun laite huomaa kaapelin olevan vapaa eli jos joku muu laite ei lähetä samassa segmentissä. Kuitenkin jos kaapeli on vapaa ja kaksi laitetta aloittaa lähetyksen täsmälleen samaan aikaan, niin siinä tapauksessa tarvitaan ns. törmäyksen havainnointia. Törmäyksen havainnointi perustuu siihen että jos kaksi laitetta lähettää samaan aikaan ja törmäys tapahtuu jossain kohtaa, niin molemmissa laitteissa havaitaan törmäyksen aiheuttama jännitetasojen muuttuminen. Tällöin laitteet lähettävät verkkoon ns. sotkua (*jam*), jolla segmentin laitteet saavat selville että törmäys on tapahtunut. Tämän jälkeen laitteet lopettavat lähetyksen ja aloittavat uudelleenlähetyksensä, joka laskee satunnaisen ajan mukaan milloin voi lähettää. Kun tämä aika on kulunut loppuun niin laite lähettää uudelleen jos kaapeli on vapaa. [1, s. 50-51] [2, s. 28]

### **3. LÄHIVERKKOTEKNIIKAN LAITTEISTO**

Lähiverkkotekniikassa käytetään tiedonsiirtoon monia erilaisia laitteistoja. Näistä laitteistoista tärkeimmät sijaitsevatkin mallien alimmaisissa kerroksissa eli fyysisessä, siirtoyhteys- sekä verkkokerroksessa.

#### **3.1 Fyysisen kerroksen laitteet**

Fyysisen kerroksen laitteiden tehtävänä on ainoastaan signaalien siirto paikasta toiseen. Tähän tiedonsiirtoon tarvitaan ensinnäkin kaapeleita tai antennia jos kyseessä on langaton tiedonsiirto, joita pitkin tieto välittyy eri laitteistoista toiseen. Kuitenkin jokaisella signaalilla mikä liikkuu joko kaapelissa tai langattomasti on maksimimatka minkä se kulkee ja jos tämä maksimimatka ylitetään, signaalissa voi tapahtua liikaa vaimennusta ja näin ollen vastaanottajana oleva laite ei pysty tulkitsemaan saapuvaa dataa. Vaimennuksen takia lähiverkkosegmenttien pituus onkin rajoitettu Ethernet-standardien mukaisesti esimerkiksi eri kaapelityypeittäin. Tähän lähiverkkosegmenttien pituus ongelmaan on kehitetty toistin eli laite, joka toistaa kaapelia pitkin tai lan-

gattomasti saapuneen datan sisääntulosta ja lähettää sen eteenpäin lähtöportista. On myös olemassa moniporttitoistin eli hubi. Hubin tehtävä on samanlainen kuin normaalillakin toistimella eli ottaa dataa vastaan yhteen porttiin ja lähettää data edelleen muihin liitännöihin. Ongelma toistimissa on se että paketteja ei tarkisteta millään tavalla, joten virheellisiä paketteja ei hylätä vaan ne lähetetään eteenpäin. Kaikki toistimeen liitetyt laitteet jakavat saman kapasiteetin, joten tarvitaan esimerkiksi Ethernetissä käytössä oleva CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) joka tarkkailee onko kaapeli vapaa lähetystä varten. [1, s. 38-41]

Samassa OSI-kerroksessa toistimen kanssa on myös verkkokortti, jonka tehtävänä on liittää laitteesta välittyvä dataliikenne verkkoon. Laitteiden kuitenkin tulee tunnistaa tämä liikenne omakseen ja tästä syystä jokaisella verkkokortilla onkin oma MAC-osoitteensa (Media Access Control). Verkkokortin MAC-osoitteet ovat yksilöllisiä 48-bittisiä osoitteita, joista ensimmäiset 24-bittiä ovat valmistajan tunnus ja seuraavat 24-bittiä valmistajan määrittelemiä yksilöllisiä bittejä. [1, s. 41-42]

### 3.2 Siirtoyhteyskerroksen laitteet

Toistimilla kun ei liikennettä pystynyt juuri hallitsemaan, niin tarvittiin kehittyneempi laite, jolla tämä tarvittava ominaisuus pystyttiin toteuttamaan. Tämä laite on nimeltään kytkin, joka toimii siirtoyhteyskerroksessa. Liikenteen hallinnan lisäksi tällä laitteella pystytään liittämään laitteita toisiinsa. Kytkein tutkii jokaisen sille saapuneen kehyksen erikseen ja tämän kehyksen avulla se määrittelee, että onko kehys oikea vai virheellinen sekä kannattaako sitä välittää eteenpäin. Kytkimessä jokainen portti on itsenäinen, joten kytkimeen liitetyt laitteet saavat verkon täyden kapasiteetin käyttöönsä. Kytkimissä käytetään monia erilaisia välitystapoja datansiirtoon esimerkiksi *Suora välitys* (Cut-Through), jossa kehys vain välitetään nimensä mukaisesti suoraan eteenpäin ja *Talleta-ja-välitä* (Store-and-Forward), jossa kehys otetaan vastaan ja tarkistuksen jälkeen lähetetään eteenpäin. [1, s. 43-47]

Kytkimen toimintatapana on kuunnella saapuvaa liikennettä sekä minkä portin takana on mitään MAC-osoitteita. Kytkein kerää näistä osoitteista taulukon, jonka perusteella se tekee päätöksen mihin osoitteeseen mitään dataa siirretään. [1, s. 44-45]

### 3.3 Verkkokerroksen laitteet

Siirtoyhteyskerrosten laitteet keskustelevatkin seuraavaksi hierarkiassa ylemmän laitteen kanssa ja tätä laitetta kutsutaan reitittimeksi. Reititin toimii verkkokerroksessa ja sen pääasiallinen tehtävä on datan reitittäminen sekä datan suodatus. Datan reitittäminen on ehkä olennaisin osa koko Internetin toiminnasta. Reititin reitittää dataa verkkokerroksen osoitteen avulla, mutta kuitenkin kaikilla protokollilla ei ole olemassa varsinaista osoitetta ja näitä protokollia kutsutaan ei-reititettäviksi protokolliksi eli esimerkiksi IP/IPX ovat reititettäviä, mutta NetBEUI eli NetBIOS (Network Basic Input/Output System) ei ole. Reititettävistä osoitteista löytyykin kaksi osaa, jonka avulla data reititetään. Nämä kaksi osaa ovat verkko- ja laiteosa, joista verkko-osalla välitetään data oikeaan verkkoon ja laiteosalla välitetään data lopulta oikealle laitteelle. Reititys perustuu reititystauluihin, jotka määrittävät kunkin reitittimen portin (interface) sekä verkkojen IP-osoitteet joihin portista pääsee. Yksi porteista toimii oletusyhdyntävänä (default gateway) johon data ohjataan jos reititystaulusta ei löydy kyseessä olevaa kohdetta. Reititystaulut voidaan määrittää joko manuaalisesti lisäämällä kaikki reitittimeen kytketyt portit ja aliverkot, tai dynaamisesti reititysprotokollan avulla. [1, s. 47-48] [3, s.200-202]

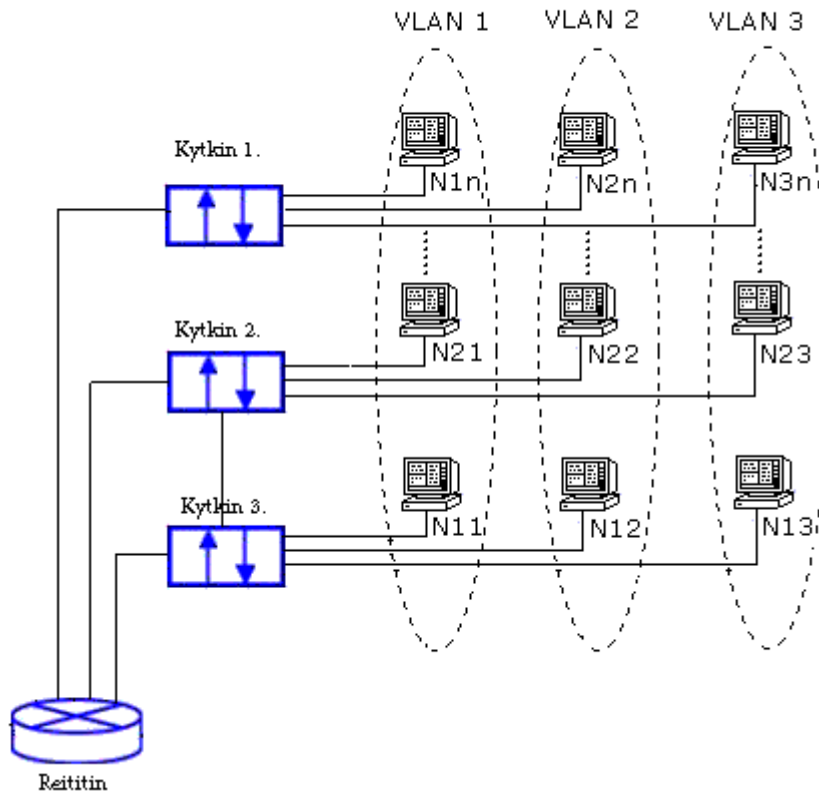
## 4. CISCO KYTKIMET

Kytkimillä on nykyajan verkoissa entistä tärkeämpi osa ja ne osaavat hoitaa entistä monimutkaisempia toimenpiteitä, näin helpottaen reitittimien työnsarkaa. Ethernet-kytkin tarjoaa monia etuja tietoliikenneverkoille. Ethernet-kytkimen avulla monet käyttäjät voivat kommunikoida yhtä aikaa käyttäen rinnakkaisia yhteyksiä, jotka kytketään porttien välille. Kytkinten avulla myös saadaan suuri tiedonsiirtonopeus koska ne lukevat ainoastaan kohteen MAC-osoitteen ja kehys voidaankin lähettää vastaanotettavaan porttiin jo ennen kuin koko kehys on saapunut perille. Tällaisen toiminnan avulla saadaan todella pienet viiveet tiedonsiirtoon kun kehykset lähetetään eteenpäin erittäin nopeasti. Poikkeuksena edellä mainittuihin asioihin ovat reitittävät kytkimet, eli OSI-mallin 3-tason kytkimet, joista lisää myöhemmin. [15, s. 96, 262-264]

## 4.1 Virtuaaliset lähiverkot

Virtuaaliset lähiverkot eli VLANit (Virtual Local Area Network) ovat yksi tärkeimmistä kytkimissä käytetyistä ominaisuuksista ja niillä pääsee helposti eroon monista lähiverkkoja vaivaavista ongelmista. Normaalissa lähiverkossa jossa ei ole käytössä virtuaalisia lähiverkkoja, kaikki samaan kytkimeen liitetyt laitteet muodostavat oman yleislähetysalueen eli *broadcast domainin*. Virtuaalisten lähiverkkojen avulla samaan kytkimeen liitetyt laitteet voidaan jaotella omiin aliverkkoihinsa, jolloin he ovat täysin erillään toisistaan ja tiedon täytyy kulkea reitittimen kautta virtuaalisesta lähiverkosta toiseen. Tällä voidaan rajoittaa esimerkiksi verkossa tapahtuvan liikenteen määrää koska koneet on jaoteltu pienempiin kokonaisuuksiin, jolloin yleislähetysten eli broadcastien määrä vähenee. Tämä taas lisää verkon suorituskykyä. Toinen merkittävä hyöty virtuaalisten lähiverkkojen käytöstä on se että työasemia voidaan liittää samaan virtuaaliseen lähiverkkoon riippumatta niiden sijainnista. Tämä helpottaa paljon verkosuunnittelua sekä muutostöitä esimerkiksi työntekijän siirtyessä eri paikkaan toimiston sisällä. Kuvassa 9. näkyy kuinka eri kytkimiin liitetyt ja mahdollisesti eri kerroksissa sijaitsevat koneet voivat sijaita samassa virtuaalisessa lähiverkossa. [3, s. 93-94] [16, s. 65-68]

Virtuaalisten lähiverkkojen käyttö lisää myös tietoturvaa. Esimerkiksi yrityksessä luottamuksellista tietoa käsittelevät henkilöt sekä palvelimet voidaan esimerkiksi erottaa muista käyttäjistä laittamalla ne omaan virtuaaliseen lähiverkkoon. Lisäksi virtuaalisten lähiverkkojen avulla voidaan myös säästää kustannuksissa, koska olemassa olevien laitteiden kapasiteetti käytetään tehokkaammin hyödyksi ja ei tarvitse ostaa uusia laitteita jakaakseen verkkoa pienempiin osiin. [17, s. 72]



**Kuva 9. Virtuaaliset lähiverkot [14]**

Käytettäessä virtuaalisia lähiverkkoja täytyy kytkin- sekä reititinportit konfiguroida tietyllä tapaa. Kuvan 9. tapauksessa kytkinportit joihin työasemat on liitetty, konfiguroidaan *access* tyypiseksi. Tämän lisäksi portille määritellään *access* tason VLAN, johon kyseiseen porttiin liitettävä työasema tulee kuulumaan. Kytkimiltä reitittimelle sekä kuvan tapauksessa kytkinten 2. ja 3. välinen yhteys ja niihin kuuluvat portit määritellään *trunk* tyypiseksi. *Trunk* portit kuljettavat kaikkien virtuaalisten lähiverkkojen dataa, kun taas *access* portit hoitavat ainoastaan niille määriteltyä virtuaalista lähiverkkoa. *Trunk* porttien avulla saadaan useasta virtuaalisesta lähiverkosta koostuva verkon segmentti kytkettyä yhden kaapelin avulla reitittimeen. *Trunk* yhteyksiä konfiguroidessa on hyvä huomioida että myös reitittimessä täytyy määritellä portti tukemaan *trunk* yhteyttä. Kytkimissä ja reitittimissä käytetään IEEE 802.1Q standardin mukaista enkapsulointia *trunk* yhteyksissä. Tämä standardi on kaikista yleisimmin käytössä oleva, mutta on olemassa myös muita valmistajakohtaisia ratkaisuja. [17, s. 70-87]

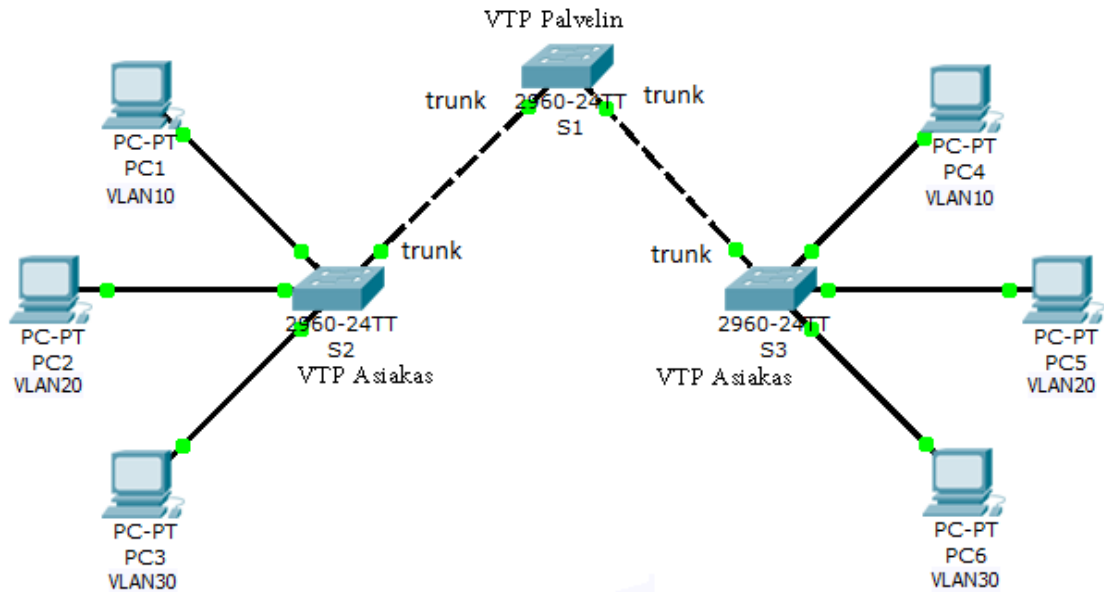


Erilaisia virtuaalilähiverkkojen toteutustapoja ovat porttiperusteinen VLAN (port based VLAN), MAC-osoitteeseen perustuva VLAN (MAC-based VLAN), verkkokerrokseen perustuva VLAN (layer 3 based VLAN) sekä policy-perusteinen VLAN (policy based VLAN). Porttiperusteisessa virtuaalilähiverkossa kytkinportit konfiguroidaan kuuluvan johonkin tiettyyn virtuaaliseen lähiverkkoon. MAC-osoitteeseen perustuva virtuaalinen lähiverkko on ratkaisu jossa virtuaalinen lähiverkko määräytyy koneen MAC-osoitteen perusteella, jolloin esimerkiksi siirtyminen kytkinportista toiseen ei aiheuta toimenpiteitä. MAC-osoitteen perusteella määräytyvä VLAN ei ole kuitenkaan tietoturvaa ajatellen paras ratkaisu, koska MAC-osoitteen voi ohjelmallisesti väärentää. Osoitteen väärennöksen avulla taas voisi päästä esimerkiksi verkon hallinnalle kuuluvaan VLANiin. Porttiperusteisissa virtuaalisissa lähiverkoissa esimerkiksi verkonhallinnan VLANiin pääsyä varten täytyisi päästä fyysisesti käsiksi kytkimeen, joten se hankaloittaa sitä huomattavasti. Lisäksi kytkimet ovat yleensä lukkojen takana. [3, s. 96-99]

Verkkokerrokseen perustuvat virtuaaliset lähiverkot ovat mahdollisia kytkimissä jotka kykenevät reititykseen. Tässä VLANit muodostuvat aliverkkojen perusteella. Policy määrittäisiin perustuvat VLANit voidaan määritellä hallintaohjelmalla, jolloin käyttäjän VLAN määräytyy hallintaohjelmaan tehtyjen määrittelyjen mukaan. Määrittelyinä voidaan esimerkiksi käyttää MAC-osoitetta, verkkokerroksen osoitetta tai protokollan tyyppiä. [3, s. 98-99]

## **VTP**

Suurissa tietoliikenneverkoissa usein on paljon virtuaalisia lähiverkkoja ja niiden ylläpitäminen voi olla haasteellista puuhaa. Helpottaakseen verkonhallintaa Cisco on kehittänyt VTP-protokollan (VLAN Trunking Protocol). Koska VTP on Ciscon kehittämä, sitä voidaan käyttää ainoastaan Cisco laitteissa. IEEE 802.1Q standardissa on myös oma MVRP (Multiple VLAN Registration Protocol) protokollansa jolla voi myös hoitaa virtuaalisten lähiverkkojen keskitetyn hallinnan.



**Kuva 10. VTP Palvelin-Asiakas suhde.**

VTP-protokollan avulla tarvittavat virtuaalilähiverkkojen määrittelyt voidaan tehdä keskitetysti yhteen kytkimeen, joka on määritelty VTP palvelimeksi (VTP server). Palvelimeen tehdyt määrittelyt sitten kopioituvat automaattisesti kaikkiin kytkimiin jotka on määritetty toimimaan VTP asiakkaina (VTP client) kyseisen yleislähetysalueen sisällä. Kytkimen voi myös määrittellä passiiviseen (transparent) tilaan, jolloin kytkin ainoastaan välittää VTP tiedon muille kytkimille mutta ei kopioi tehtyjä muutoksia omiin VLAN tietoihinsa. Kuvassa 10. on esimerkki jossa kytkin S1 on määritetty VTP palvelimeksi ja kytkimet S2 ja S3 ovat VTP asiakkaita. [17, s. 95-97]

## 4.2 Kolmannen kerroksen kytkimet

Suurissa verkoissa reitittimien työmäärä sekä pakettien kulkema matka kasvaa erittäin suureksi, ja siihen avuksi on kehitetty kytkimiä jotka pystyvät reititykseen ja näin vähentäen varsinaisten reitittimien työnsarkaa ja vähentäen pakettien matkaa verkon sisällä. 3. kerroksen kytkimet hoitavat 2. kerroksen työtehtävät edelleen samalla tavalla, mutta tämän lisäksi niillä on myös tieto mitä 3. kerroksen osoitteita, eli IP-osoitteita, siihen on kytketty. Tämän avulla kytkin voi välittää paketteja suoraan laitteille 3. kerroksen osoitteen perusteella, ilman että tieto kulkee reitittimen kautta. 3. kerroksen kytkimillä sekä reitittimillä on kuitenkin eroa, ja 3. kerroksen kytkimet eivät poista täysin reitittimien tarvetta tietoverkoissa. Esimerkiksi WAN- (Wide Area Network) eli laajaverkko yhteyksiä varten tarvitaan vielä reititin koska kytkimet eivät

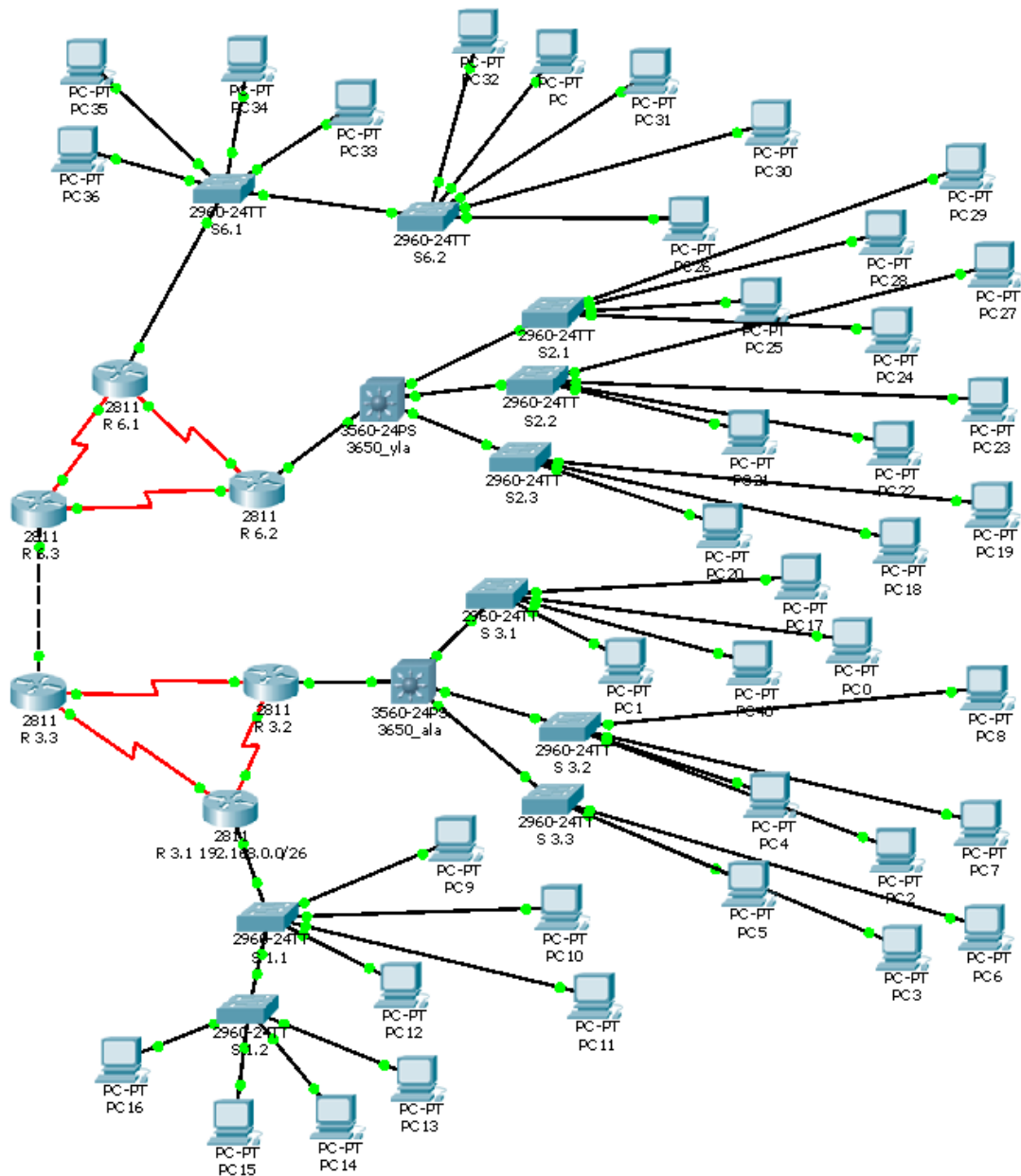
tue niiden käyttämiä protokollia. Kytkimien etuna reitittimiin nähden on suurempi porttimäärä, sekä se että jokainen portti toimii maksimi nopeudella. Tämä tarkoittaa sitä että 3. tason kytkin pystyy yleensä reitittämään paketin lähes yhtä nopeasti kuin siirtämään sen MAC-osoitteen perusteella. [17, s. 40-41] [18]

Kolmannen kerroksen reitittimissä käytetään usein RIP (Routing Information Protocol) tai OSPF (Open Shortest Path First) reititysprotokollia kommunikointiin muiden 3. kerroksen kytkimien tai reitittimien kanssa. Tämä johtuu siitä että usein kytkinten halvimmat mallit eivät tue kaikkia edistyneimpiä reititysprotokollia. Esimerkiksi Cisco Catalyst 3550:n pelkistetty SMI versio tukee ainoastaan staattista reititystä sekä RIP protokollan versioita 1 sekä 2, mutta laajennettu EMI tukee esimerkiksi OSPF, IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) ja EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) protokollia. [11] [18]

## **5. ESIMERKKIVERKON RAKENTAMINEN**

Rakennetun verkon käytännön osuus on tehty yhteistyössä Jesse Tuunasan kanssa Mikkelin Ammattikorkeakoulun Cisco-labrassa käyttäen fyysisiä laitteita, Cisco Packet Traceria käytimme ainoastaan piirtämään havainnollistavan kuvan verkon topologiasta. Jessen vastuualueena olivat reitittimet, joten niiden konfigurointiin tässä työssä ei keskitytä. Minun vastuualueenani olivat kytkimet. Kytkiminä työssä käytin kahta Cisco Catalyst 3650 v2 Series PoE-24 kytkintä, jotka pystyvät 3. Kerroksen reititykseen. 2. kerroksen kytkiminä toimivat seitsemän kappaletta Cisco Catalyst 2960-sarjan kytkintä sekä kolme kappaletta Cisco Catalyst 2950-sarjan kytkintä. Osassa kytkimistä olisi ollut käytettävissä GigabitEthernet portteja mutta niitä ei ole käytetty koska reitittimissä oli ainoastaan FastEthernet portit. Reititysprotokollana 3. tason kytkinten ja reitittimien välillä käytin IS-IS reititysprotokollaa, jota myös Jesse käytti reitittimissään. Kuvaan on piirretty enemmän työasemia kuin todellisuudessa käytimme, mutta verkossa olisi IP osoitteiden puolesta vielä tilaa useammillekin työasemille. IP-osoitteistuksessa käytimme kahta C-luokan aliverkkoa jotka on jaettu pienempiin aliverkkoihin käyttäen muuttuvanpituista aliverkonpeitettä, jolloin saatiin jokaiseen käyttötarkoitukseen sopivan kokoinen aliverkko. Todellisuudessa tämän kokoisessa verkossa olisi kapasiteettiä huomattavasti suurempaan työasemamäärään koska käytössä on kuusi reititintä sekä lisäksi kaksi kytkintä jotka kykenevät reitityk-

seen. Verkon IP-osoitteiden sekä työasemien pieni määrä johtuukin käytännön syistä, koska verkko on rakennettu puhtaasti demonstraatiota varten.



Kuva 11. Verkon topologia

**Taulukko 3. 192.168.0.0 aliverkon IP-taulu.**

<b>Reitittimien väliset verkot</b>	
R3.3-R3.2	192.168.0.240 /30
R3.2-R3.1	192.168.0.244 /30
R3.2-3650_ala	192.168.0.248 /30
R3.1-R3.3	192.168.0.252 /30
<b>R3.1 VLAN aliliitännät (VLAN 10, 20, 30)</b>	
FastEthernet 0/0.10	192.168.0.192 /28
FastEthernet 0/0.20	192.168.0.208 /28
FastEthernet 0/0.30	192.168.0.224 /28
<b>3650_ala VLAN-osoitteet</b>	
VLAN 10	192.168.0.0 /25
VLAN 20	192.168.0.128 /27
VLAN 30	192.168.0.160 /27

**Taulukko 4. 192.168.1.0 aliverkon IP-taulu.**

<b>Reitittimien väliset verkot</b>	
R6.3-R3.3	192.168.1.192 /30
R6.3-R6.2	192.168.1.196 /30
R6.2-R6.1	192.168.1.200 /30
R6.1-R6.3	192.168.1.204 /30
R6.2-3650_yla	192.168.1.208 /30
<b>R6.1 VLAN aliliitännät (VLAN 10, 20, 30)</b>	
FastEthernet 0/0.10	192.168.1.128 /27
FastEthernet 0/0.20	192.168.1.160 /28
FastEthernet 0/0.30	192.168.1.176 /28
<b>3650_yla VLAN-osoitteet</b>	
VLAN 10	192.168.1.0 /26
VLAN 20	192.168.1.64 /27
VLAN 30	192.168.1.96 /27

## 5.1 Kytkinten konfigurointi

Ciscon IOS-käyttöjärjestelmän konfigurointi tapahtuu syöttämällä komentoja CLI (Command Line Interface) komentorivi käyttöliittymän kautta. Konfigurointi voidaan tehdä kahdella eri tapaa, suoralla konsoliyhteydellä tai ottamalla etäyhteys verkon kautta joko Telnetillä tai SSH:lla (Secure Shell). Konsoliyhteydessä, jota käytin konfigurointiin, luodaan suora yhteys käytettävän tietokoneen sekä laitteen välille kytke-mällä konsolikaapeli laitteessa olevaan *console* porttiin. Tämän jälkeen tietokoneella avataan yhteys laitteeseen käyttäen jotain terminal emulator päätesovellusta. Tässä työssä käytin *Tera Term Web 3.1* sovellusta.

Avattaessa yhteyttä laitteeseen, laite kysyy aluksi salasanan yhteyden avaamista var-ten. Kun yhteys laitteeseen on saatu, voidaan alkaa syöttämään komentoja. Aluksi laite avautuu Käyttäjätilaan (User mode) jossa voi tarkistaa rajoitetusti laitteeseen liit-tyviä tietoja, tässä tilassa ei pääse muuttamaan laitteen konfiguraatioita. Laitteen kon-figuroimista sekä tarkempien tietojen tarkastelua varten täytyy siirtyä ensin Priviled-ged-tilaan (Privileged mode). Tämä tapahtuu syöttämällä komento *enable* jolloin laite kysyy salasanan, salasanojen määrityksestä lisää myöhemmin. Privileged tilassa voi esimerkiksi tarkistaa käytössä olevat konfiguraatiot komennolla *show running-config*, joka näyttää tällä hetkellä voimassa olevat asetukset. Komennolla *show star-tup-config* voidaan tarkastella asetukset jotka ladataan laitteen käynnistyessä. Tällä hetkellä ajossa olevat konfiguraatiot saa kopioitua laitteen käynnistyskonfiguraatioiksi komennolla *copy running-config startup-config*. Privileged tilaan siirtymisen jälkeen täytyy siirtyä global-konfigurointitilaan (Global configuration mode) komennolla *con-figure terminal*. Tässä tilassa syötetään kaikki konfiguraatiot laitteeseen. [15, s. 549, 550, 572-574, 622]

Usein laitteiden konfigurointi aloitetaan määrittelemällä salasanat. Kaikki seuraavat komennot syötetään global-konfigurointitilassa. Komentosarjalla 1. määritellään sala-sana ”cisco” konsoliyhteydelle.

```
1.      Hostname(config)# line console 0
        Hostname(config-line)# password cisco
        Hostname(config-line)# login
```

Seuraavilla komennoilla määritellään salasanat Telnet sekä SSH etäyhteyksille. Telnet salasana määritellään komentosarjalla 2. ja SSH:n salasana komentosarjalla 3.

```
2.      Hostname(config)# line vty 0 4
        Hostname(config-line)# password cisco
        Hostname(config-line)# login

3.      Hostname(config-line)# line vty 5 15
        Hostname(config-line)# password cisco
        Hostname(config-line)# login
```

Global konfiguraatiotilan salasanan voi määritellä kahdella eri tapaa. Joko syöttämällä komennon *enable password <salasana>* tai *enable secret <salasana>*. Ero näiden kahden välillä on se että jälkimmäisessä salasanassa käytetään MD5 salausprosessia sen merkkijonon muuntamiseksi. [15, s. 631]

Kun salasanat on saatu konfiguroitua, voidaan siirtyä varsinaisiin järjestelmän toimintaan liittyviin komentoihin. Kaikki seuraavat komennot on syötetty Komennolla 4. konfiguroidaan kytkimen *hostname*, minkä avulla pystytään helposti tunnistamaan, mikä kytkin on kyseessä. Komentosarjalla 5. konfiguroidaan kytkimeen 3. tason reititysominaisuudet päälle ja *default-gateway* eli oletusyhdyskäytävä. Lisäksi tässä vaiheessa on konfiguroitu IS-IS reititys ja siihen liittyvä alueen sekä yksilöllinen reitittimen, tai tässä tapauksessa kytkimen tunniste. Lisäksi määritellään että IS-IS toimii molemmilla tasoilla. Tämän lisäksi tarvitaan reititystä varten FastEthernet0/1 portti toimimaan 3. tasolla sekä sille IP-osoite. Nämä edellä mainitut asiat on tehty syöttämällä komentosarja 6.

```
4.      hostname 3650_yla

5.      ip routing
        ip default-gateway 192.168.0.249
        router isis
        net 49.0001.4444.4444.4444.00
        is-type level-1-2

6.      interface FastEthernet0/1
        no switchport
        ip address 192.168.0.250 255.255.255.252
        ip router isis
```

Seuraavaksi kytkimeen luodaan virtuaaliset lähiverkot ja määritellään niiden nimet komentosarjalla 7. Sen jälkeen määritellään virtuaalisille lähiverkoille verkko-osoitteet sekä liitetään ne IS-IS reititysprotokollaan komentosarjalla 8.

```

7.  vlan 10
    name staff
    vlan 20
    name management
    vlan 30
    name consultants

8.  interface Vlan10
    ip address 192.168.0.1 255.255.255.128
    ip router isis
    interface Vlan20
    ip address 192.168.0.129 255.255.255.224
    ip router isis
    interface Vlan30
    ip address 192.168.0.161 255.255.255.224
    ip router isis

```

Kytkin toimii myös DHCP-palvelimena (Dynamic Host Configuration Protocol), joten siihen täytyy määrittellä jokaiselle virtuaalilähiverkolle oma DHCP-pool josta jaetaan osoitteita työasemille. Lisäksi on määritelty poisluetut IP-osoitteet joita DHCP palvelin ei saa jakaa työasemille, nämä ovat virtuaalisten lähiverkkojen liitäntöjen osoitteet, jotka myös toimivat *default-router*, eli oletusyhteysosoitteena työasemille. Kaikkien kolmen virtuaalisen lähiverkon DHCP-palvelimet on määritelty komentosarjalla 9.

```

9.  ip dhcp excluded-address 192.168.0.1
    ip dhcp excluded-address 192.168.0.129
    ip dhcp excluded-address 192.168.0.161
    ip dhcp pool VLAN10
    network 192.168.0.0 255.255.255.128
    default-router 192.168.0.1
    ip dhcp pool VLAN20
    network 192.168.0.128 255.255.255.224
    default-router 192.168.0.129
    ip dhcp pool VLAN30
    network 192.168.0.160 255.255.255.224
    default-router 192.168.0.161

```



Seuraavaksi on määritelty loppujen kytkinporttien toiminta. Portit 2-4 ovat suoraan yhdistetty kytkimiin joten ne ovat konfiguroitu *trunk* tilaan käyttäen IEEE 801.1Q standardin mukaista enkapsulointia komentosarjalla 10. Loput kytkinportit eivät ole tässä verkossa käytössä joten ne on poistettu käytöstä komentosarjalla 11.

```
10. interface range FastEthernet0/2-4
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
```

```
11. interface range FastEthernet0/5-24
    shutdown
    interface range GigabitEthernet0/1-2
    shutdown
```

Kytkimissä oli myös käytössä VTP protokolla. Kytkimet 3650\_yla ja 3650\_ala toimivat VTP palvelimina (server), muut kytkimet asiakkaina (client). VTP konfigurointi tapahtui komentosarjalla 12.

```
12. vtp mode server
    vtp domain cisco
    vtp password testi
```

Kytkimen 3650\_ala konfigurointi on täysin vastaava, ainoastaan IP-osoitteet ovat erilaiset. Kytkimiin S1.2, S2.1, S2.2, S2.3, S3.1, S3.2, S3.3 ja S6.2 määriteltiin FastEthernet0/1 portti käyttämään IEEE802.1Q trunk protokollaa ja loput portit on jaettu virtuaalisiin lähiverkkoihin komentosarjalla 13. Kytkimet S1.1 ja S6.1 on muuten identtisesti konfiguroitu kuin edelliset, mutta FastEthernet0/1 porttien lisäksi myös FastEthernet0/2 portit käyttävät IEEE 802.1Q protokollaa, koska niiden takana on toiset kytkimet.

```
13. interface FastEthernet0/1
    switchport mode trunk
    interface range FastEthernet0/2-10
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
    interface range FastEthernet0/10-20
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
    interface range FastEthernet0/20-24
    switchport access vlan 30
    switchport mode access
```

Kytkimen 3650\_yla reititystaulu jossa näkyy kaikki kytkimeen suoraan, sekä reititysprotokollan avulla liitetyt aliverkot. Reititystaulun saa näkymään syöttämällä komennon *show ip route* kytkimen privileged-tilassa. Reititystaulussa C-symbolilla olevat verkot ovat suoraan kytkettynä kytkimeen ja i symbolilla merkityt verkot ovat IS-IS protokollan havaitsemia verkkoja.

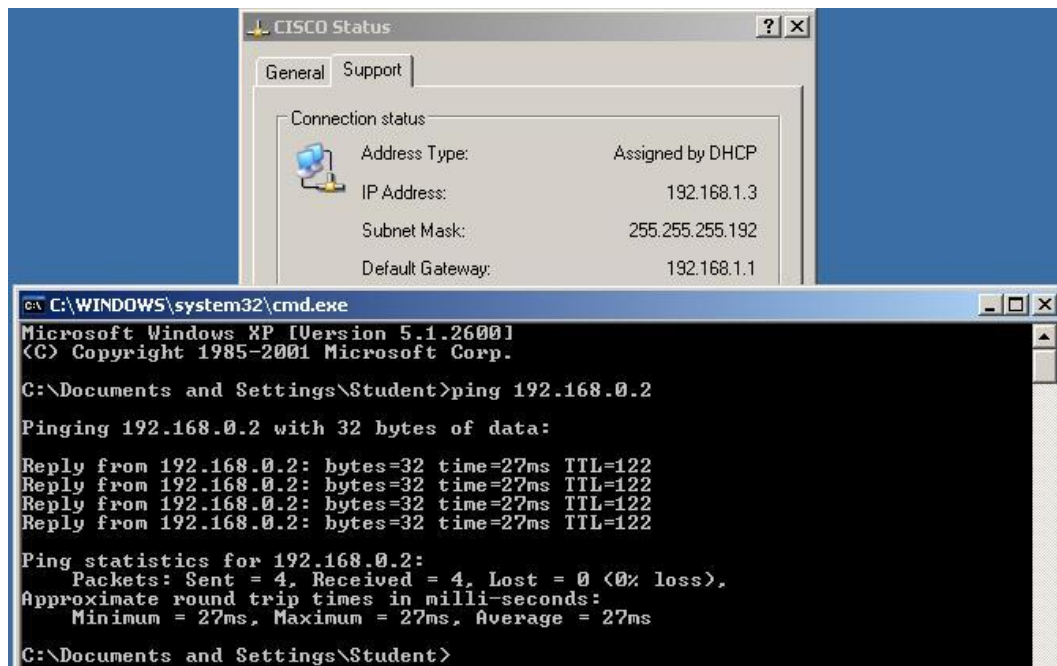
```

    192.168.0.0/24 is variably subnetted, 10 subnets, 4 masks
C       192.168.0.0/25 is directly connected, Vlan10
i L1    192.168.0.224/28 [115/30] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
C       192.168.0.248/30 is directly connected, FastEthernet0/1
i L1    192.168.0.252/30 [115/30] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.0.240/30 [115/20] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.0.244/30 [115/20] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.0.192/28 [115/30] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.0.208/28 [115/30] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
C       192.168.0.160/27 is directly connected, Vlan30
C       192.168.0.128/27 is directly connected, Vlan20
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 9 subnets, 4 masks
i L1    192.168.1.0/26 [115/60] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.200/30 [115/50] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.204/30 [115/40] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.192/30 [115/30] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.196/30 [115/40] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.208/30 [115/50] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.160/28 [115/50] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.176/28 [115/50] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1
i L1    192.168.1.128/27 [115/50] via 192.168.0.249, FastEthernet0/1

```

## 5.2 Testaus

Testasimme verkon toimivuutta testaamalla toimiiko työasemien välinen yhteys käyttämällä *ping* komentoa. Kuvassa 12. on testattu kahden koneen välistä yhteyttä. Toinen kone on kytketty kytkimen 3650\_ala takana olevaan kytkimeen, joten se saa IP-osoitteen kytkimen 3650\_ala DHCP-palvelimelta. Toinen kone on kytketty kytkimen 3650\_yla takana olevaan kytkimeen jolloin se saa osoitteen kytkimen 3650\_yla DHCP-palvelimelta.



Kuva 12.

Kuvassa 13. koneet on kytketty reitittimien R6.1 ja R3.1 takana oleviin kytkimiin.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Ethernet adapter Cisco:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address . . . . . : 192.168.1.131
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.224
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.129

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address . . . . . : fe80::ffff:ffff:fffdz4
    Default Gateway . . . . . : 

Tunnel adapter Automatic Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address . . . . . : fe80::5efe:192.168.1.131%2
    Default Gateway . . . . . : 

C:\Documents and Settings\Student>ping 192.168.0.195

Pinging 192.168.0.195 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=27ms TTL=124
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=27ms TTL=124
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=27ms TTL=124
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=27ms TTL=124

Ping statistics for 192.168.0.195:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 27ms, Maximum = 27ms, Average = 27ms

C:\Documents and Settings\Student>

```

Kuva 13.

Kuvassa 14. koneet on kytketty kytkimen 3650\_yla ja reitittimen R3.1 takana oleviin kytkimiin.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Windows IP Configuration

Ethernet adapter CISCO:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address . . . . . : 192.168.0.2
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.128
    Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address . . . . . : fe80::ffff:ffff:fffdz4
    Default Gateway . . . . . : 

Tunnel adapter Automatic Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address . . . . . : fe80::5efe:192.168.0.2%2
    Default Gateway . . . . . : 

C:\Documents and Settings\Student>ping 192.168.0.195

Pinging 192.168.0.195 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=18ms TTL=125
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=18ms TTL=125
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=18ms TTL=125
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=18ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.0.195:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 18ms, Maximum = 18ms, Average = 18ms

C:\Documents and Settings\Student>

```

Kuva 14.

Kuvassa 15. on suoritettu täysin sama *ping* komento kuin kuvassa 14. Tällä kertaa erona on se että reitittimien R3.1 ja R3.2 välinen yhteys on katkaistu, jolloin huomataan että viive kasvaa 18 millisekunnista 35 millisekuntiin sekä TTL arvo pienenee yhdellä. Tällä on testattu että reitittimet osaavat välittää paketin eri reittiä vaikka yksi yhteys onkin poikki.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Windows IP Configuration

Ethernet adapter CISCO:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address. . . . .               : 192.168.0.2
    Subnet Mask . . . . .             : 255.255.255.128
    Default Gateway . . . . .         : 192.168.0.1

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address. . . . .               : fe80::ffff:ffff:ffff%4
    Default Gateway . . . . .         : 

Tunnel adapter Automatic Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address. . . . .               : fe80::5efe:192.168.0.2%2
    Default Gateway . . . . .         : 

C:\Documents and Settings\Student>ping 192.168.0.195

Pinging 192.168.0.195 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=35ms TTL=124
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=35ms TTL=124
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=35ms TTL=124
Reply from 192.168.0.195: bytes=32 time=35ms TTL=124

Ping statistics for 192.168.0.195:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 35ms, Maximum = 35ms, Average = 35ms

C:\Documents and Settings\Student>

```

**Kuva 15.**

Kaikki suoritettut testit menivät läpi odotetusti ja verkko toimii kaikilla osa-alueilla. Jokainen työasema saa IP-osoitteen oikealta DHCP-palvelimelta ja on yhteydessä verkkoon reitittimien tai 3. kerroksen kytkinten kautta.

## 6. YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä läpikäyty teoria sekä käytäntö ovat erittäin keskeisiä asioita tietoverkkojen ymmärtämisen kannalta. OSI-mallin sekä TCP/IP:n sekä sen keskeisimpien protokollien osaaminen valmistaa hyvin esimerkiksi työelämään verkkotekniikan parissa. Opinnäytetyön teossa pystyi hyvin soveltamaan kaikkea tietoa jota on opiskelun aikana karttunut. Lisäksi työn tekemisen avuksi löytyy runsaasti kirjallisuutta ja Internet on pullollaan asiaan liittyviä sivustoja. Lähteitä tutkiessa täytyy vaan olla huolellinen että tieto on varmasti ajankohtaista koska informaatioteknologia kehittyy nopeaa tahtia ja muutamassa vuodessa asiat voivat muuttua paljonkin. Lisäksi Internetistä löytyy todella paljon ristiriitaista tietoa, joten pääasiallisesti tässä työssä käytetty teoria olikin kirjalähteistä.

Työn käytännön osuus sujui suhteellisen vaivattomasti, koska koulussa opitut asiat tulivat pienen alkukankeuden jälkeen hyvin takaisin mieleen. Tämä johtunee siitä että Cisco CCNA kurseilla työstä olikin puolet käytännön harjoituksia joten reitittimien sekä kytkinten käyttö ja konfigurointi oli hyvin tuttua hommaa. Kaiken kaikkiaan työ oli onnistunut ja aihevalinta oli hyvä. Työssä riitti haasteellisuutta ja uuden oppimista, mutta ollen samalla helposti lähestyttävä tuttujen ja turvallisten Cisco laitteiden parissa.

## LÄHTEET

1. Anttila, Aki 2000. TCP/IP-tekniikka. Helsinki: Helsinki Media
2. Comer, Douglas E. 2000. TCP/IP. Edita: IT Press
3. Hakala, Mika & Vainio, Mika 2005. Tietoverkon rakentaminen. Jyväskylä: Docendo Finland Oy
4. RFC 791: Internet Protocol. 1981. WWW-dokumentti.  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt> Päivitetty 16.10.1992 Luettu 18.5.2012
5. RFC 905: ISO Transport Protocol Specification. 1984. WWW-dokumentti.  
<http://tools.ietf.org/pdf/rfc905.pdf> Päivitetty 5.6.2007. Luettu 18.5.2012
6. OSI-Malli.jpg 2005. WWW-dokumentti.  
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/fi/4/4c/OSI-malli.jpg> Päivitetty 17.5.2005. Luettu 18.5.2012
7. OSI-mallin ja TCP/IP mallin vertailu. WWW-dokumentti.  
[https://www.vahtiohje.fi/image/image\\_gallery?uuid=14f8c5f5-83f1-44d0-8e86-87fa83c6d983&groupId=10128&t=1291719541517](https://www.vahtiohje.fi/image/image_gallery?uuid=14f8c5f5-83f1-44d0-8e86-87fa83c6d983&groupId=10128&t=1291719541517) Ei päivitystietoa. Luettu 18.5.2012
8. ip\_sahke.gif. WWW-dokumentti. [http://koti.mbnet.fi/mrin/kuvat/ip\\_sahke.gif](http://koti.mbnet.fi/mrin/kuvat/ip_sahke.gif)  
Ei päivitystietoa. Luettu 18.5.2012.
9. yks\_kuit.jpg. WWW-dokumentti.  
[http://oppimateriaalit.internetix.fi/fi/avoimet/6tekniikkatalous/verkko/kuvat/yks\\_kuit.jpg](http://oppimateriaalit.internetix.fi/fi/avoimet/6tekniikkatalous/verkko/kuvat/yks_kuit.jpg) Ei päivitystietoa. Luettu 18.5.2012.
10. tcp\_segm.gif. WWW-dokumentti. [http://koti.mbnet.fi/mrin/kuvat/tcp\\_segm.gif](http://koti.mbnet.fi/mrin/kuvat/tcp_segm.gif)  
Ei päivitystietoa. Luettu 18.5.2012.
11. Cisco: Cisco Catalyst 3550 Series Switches. 2012. WWW-dokumentti.  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps646/prod\\_qas09186a00800913d3.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps646/prod_qas09186a00800913d3.html) Päivitetty 18.5.2012. Luettu 18.5.2012.
12. Ganga, Ilango. 2010. IEEE 802.3ba 40 and 100 Gigabit Ethernet Architecture. WWW-dokumentti.  
[http://ewh.ieee.org/r6/scv/comsoc/Workshop\\_101310\\_StdArch.pdf](http://ewh.ieee.org/r6/scv/comsoc/Workshop_101310_StdArch.pdf) Päivitetty 12.10.2010. Luettu 18.5.2012.
13. eth\_keh.jpg. WWW-dokumentti.  
[http://internetix.fi/opinnot/opintojaksot/6tekniikkatalous/verkko/luku2/eth\\_keh.jpg](http://internetix.fi/opinnot/opintojaksot/6tekniikkatalous/verkko/luku2/eth_keh.jpg) Ei päivitystietoa. Luettu 18.5.2012.

14. vlan2.gif. WWW-dokumentti.  
<http://www.simulationexams.com/tutorials/netplus/network-implementation/images/vlan2.gif> Ei päivitystietoa. Luettu 18.5.2012.
15. Cisco Press. 2001. Cisco verkkoakatemia – 1. vuosi. Edita: IT Press
16. Cisco Press. 2001. Cisco verkkoakatemia – 2. vuosi. Edita: IT Press
17. Cisco Press. 2009. CCNA Exploration Course Booklet: LAN Switching and Wireless, Version 4.0. Indianapolis, USA: Cisco Press.
18. Thayumanavan, Sridhar. The Internet Protocol Journal – Volume 1, No 2: Layer 2 and Layer 3 Switch Evolution. WWW-dokumentti. Cisco.  
[http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived\\_issues/ipj\\_1-2/switch\\_evolution.html](http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_1-2/switch_evolution.html) Ei päivitystietoa. Luettu 10.5.2012



## Kytkimen 3650\_yla konfiguraatiot

```
3650_yla#show run
Building configuration...
Current configuration : 2308 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname 3650_yla
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$EPe1$kHEZwVG8pnsG.E.qfuXAz2.
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
ip routing
no ip dhcp use vrf connected
ip dhcp excluded-address 192.168.0.1
ip dhcp excluded-address 192.168.0.129
ip dhcp excluded-address 192.168.0.161
ip dhcp pool VLAN10
    network 192.168.0.0 255.255.255.128
    default-router 192.168.0.1
ip dhcp pool VLAN20
    network 192.168.0.128 255.255.255.224
    default-router 192.168.0.129
ip dhcp pool VLAN30
    network 192.168.0.160 255.255.255.224
    default-router 192.168.0.161
spanning-tree mode pvst
spanning-tree etherchannel guard misconfig
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
    no switchport
    ip address 192.168.0.250 255.255.255.252
    ip router isis
interface FastEthernet0/2
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/3
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/4
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/5
    shutdown
interface FastEthernet0/6
    shutdown
interface FastEthernet0/7
    shutdown
interface FastEthernet0/8
    shutdown
interface FastEthernet0/9
    shutdown
interface FastEthernet0/10
    shutdown
interface FastEthernet0/11
    shutdown
interface FastEthernet0/12
    shutdown
```

**Kytkimen 3650\_yla konfiguraatiot**

```
interface FastEthernet0/13
 shutdown
interface FastEthernet0/14
 shutdown
interface FastEthernet0/15
 shutdown
interface FastEthernet0/16
 shutdown
interface FastEthernet0/17
 shutdown
interface FastEthernet0/18
 shutdown
interface FastEthernet0/19
 shutdown
interface FastEthernet0/20
 shutdown
interface FastEthernet0/21
 shutdown
interface FastEthernet0/22
 shutdown
interface FastEthernet0/23
 shutdown
interface FastEthernet0/24
 shutdown
interface GigabitEthernet0/1
 shutdown
interface GigabitEthernet0/2
 shutdown
interface Vlan1
 no ip address
interface Vlan10
 ip address 192.168.0.1 255.255.255.128
 ip router isis
interface Vlan20
 ip address 192.168.0.129 255.255.255.224
 ip router isis
interface Vlan30
 ip address 192.168.0.161 255.255.255.224
 ip router isis
router isis
 net 49.0001.4444.4444.4444.00
 ip default-gateway 192.168.0.249
 ip classless
 control-plane
 line con 0
 password cisco
 login
 line vty 0 4
 password cisco
 login
 line vty 5 15
 password cisco
 login
End
```

## Kytkimen 3650\_ala konfiguraatiot

```
3650_ala#show run
Building configuration...
Current configuration : 2308 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname 3650_ala
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$EPe1$kHEZwVG8pnsGE.qfuXAz2.
enable password cisco
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
ip routing
no ip dhcp use vrf connected
ip dhcp excluded-address 192.168.1.1
ip dhcp excluded-address 192.168.1.65
ip dhcp excluded-address 192.168.1.97
ip dhcp pool VLAN10
    network 192.168.1.0 255.255.255.192
    default-router 192.168.1.1
ip dhcp pool VLAN20
    network 192.168.1.64 255.255.255.224
    default-router 192.168.1.65
ip dhcp pool VLAN30
    network 192.168.1.96 255.255.255.224
    default-router 192.168.1.97
spanning-tree mode pvst
spanning-tree etherchannel guard misconfig
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
    no switchport
    ip address 192.168.1.210 255.255.255.252
    ip router isis
interface FastEthernet0/2
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/3
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/4
    switchport trunk encapsulation dot1q
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/5
    shutdown
interface FastEthernet0/6
    shutdown
interface FastEthernet0/7
    shutdown
interface FastEthernet0/8
    shutdown
interface FastEthernet0/9
    shutdown
interface FastEthernet0/10
    shutdown
interface FastEthernet0/11
    shutdown
```

**Kytkimen 3650\_ala konfiguraatiot**

```
interface FastEthernet0/12
 shutdown
interface FastEthernet0/13
 shutdown
interface FastEthernet0/14
 shutdown
interface FastEthernet0/15
 shutdown
interface FastEthernet0/16
 shutdown
interface FastEthernet0/17
 shutdown
interface FastEthernet0/18
 shutdown
interface FastEthernet0/19
 shutdown
interface FastEthernet0/20
 shutdown
interface FastEthernet0/21
 shutdown
interface FastEthernet0/22
 shutdown
interface FastEthernet0/23
 shutdown
interface FastEthernet0/24
 shutdown
interface GigabitEthernet0/1
 shutdown
interface GigabitEthernet0/2
 shutdown
interface Vlan1
 no ip address
interface Vlan10
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.192
 ip router isis
interface Vlan20
 ip address 192.168.1.65 255.255.255.224
 ip router isis
interface Vlan30
 ip address 192.168.1.97 255.255.255.224
 ip router isis
router isis
 net 49.0001.8888.8888.8888.00
 ip default-gateway 192.168.1.209
 ip classless
 ip http server
 ip http secure-server
 control-plane
 line con 0
 password cisco
 login
 line vty 0 4
 password cisco
 login
 line vty 5 15
 login
end
```

## Kytkimen S1.1 konfiguraatiot

```
S1.1#show run
Building configuration...
Current configuration : 2432 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname S1.1
boot-start-marker
boot-end-marker
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/15
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/16
  switchport access vlan 20
```

**Kytkimen S1.1 konfiguraatiot**

```
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
shutdown
interface GigabitEthernet0/2
shutdown
interface Vlan1
no ip address
no ip route-cache
ip http server
ip http secure-server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
End
```

**Kytkimen S1.2 konfiguraatiot**

```
S1.2#show run
Building configuration...
Current configuration : 2470 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname S1.2
boot-start-marker
boot-end-marker
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/15
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/16
```

**Kytkimen S1.2 konfiguraatiot**

```
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
shutdown
interface GigabitEthernet0/2
shutdown
interface Vlan1
no ip address
no ip route-cache
shutdown
ip http server
ip http secure-server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
End
```



**Kytkimen S3.1 konfiguraatiot**

```
S3.1#show run
Building configuration...
Current configuration : 2392 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S3.1
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/15
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/16
  switchport access vlan 20
```

**Kytkimen S3.1 konfiguraatiot**

```
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
interface GigabitEthernet0/2
interface Vlan1
no ip address
no ip route-cache
ip http server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
end
```

**Kytkimen S3.2 konfiguraatiot**

```
S3.2#show run
Building configuration...
Current configuration : 2402 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S3.2
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/3
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/4
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/5
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/6
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/7
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/8
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/9
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/10
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/11
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/12
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/13
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/14
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/15
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/16
    switchport access vlan 20
```

**Kytkimen S3.2 konfiguraatiot**

```
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
shutdown
interface GigabitEthernet0/2
shutdown
interface Vlan1
no ip address
no ip route-cache
shutdown
ip http server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
End
```

**Kytkimen S3.3 konfiguraatiot**

```
S3.3#show run
Building configuration...
Current configuration : 2402 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S3.3
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/3
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/4
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/5
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/6
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/7
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/8
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/9
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/10
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/11
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/12
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/13
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/14
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/15
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/16
    switchport access vlan 20
```

**Kytkimen S3.3 konfiguraatiot**

```
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
shutdown
interface GigabitEthernet0/2
shutdown
interface Vlan1
no ip address
no ip route-cache
shutdown
ip http server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
End
```

**Kytkimen S2.1 konfiguraatiot**

```
S2.1#show run
Building configuration...
Current configuration : 2317 bytes
version 12.1
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S2.1
ip subnet-zero
ip ssh time-out 120
ip ssh authentication-retries 3
spanning-tree mode pvst
no spanning-tree optimize bpdu transmission
spanning-tree extend system-id
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/15
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/16
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
```

**Kytkimen S2.1 konfiguraatiot**

```
interface FastEthernet0/17
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/18
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/19
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/20
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/21
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/22
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/23
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/24
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface Vlan1
  no ip address
  no ip route-cache
  shutdown
ip http server
line con 0
line vty 5 15
End
```



**Kytkimen S2.2 konfiguraatiot**

```
S2.2#show run
Building configuration...
Current configuration : 2317 bytes
version 12.1
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S2.2
ip subnet-zero
ip ssh time-out 120
ip ssh authentication-retries 3
spanning-tree mode pvst
no spanning-tree optimize bpdu transmission
spanning-tree extend system-id
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/15
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/16
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
```

**Kytkimen S2.2 konfiguraatiot**

```
interface FastEthernet0/17
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/18
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/19
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/20
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/21
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/22
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/23
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/24
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface Vlan1
  no ip address
  no ip route-cache
  shutdown
ip http server
line con 0
line vty 5 15
End
```

**Kytkimen S2.3 konfiguraatiot**

```
S2.3#show run
Building configuration...
Current configuration : 1255 bytes
version 12.1
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S2.3
ip subnet-zero
ip ssh time-out 120
ip ssh authentication-retries 3
spanning-tree mode pvst
no spanning-tree optimize bpdu transmission
spanning-tree extend system-id
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface Vlan1
  no ip address
no ip route-cache
shutdown
ip http server
line con 0
line vty 5 15
End
```

**Kytkimen S6.1 konfiguraatiot**

```
S6.1#show run
Building configuration...
Current configuration : 2374 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S6.1
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
    switchport mode trunk
interface FastEthernet0/3
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/4
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/5
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/6
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/7
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/8
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/9
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/10
    switchport access vlan 10
    switchport mode access
interface FastEthernet0/11
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/12
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/13
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/14
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/15
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
interface FastEthernet0/16
    switchport access vlan 20
    switchport mode access
```

**Kytkimen S6.1 konfiguraatiot**

```
interface FastEthernet0/17
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/18
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/19
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/20
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/21
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/22
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/23
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface FastEthernet0/24
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
  shutdown
interface GigabitEthernet0/2
  shutdown
interface Vlan1
  no ip address
  no ip route-cache
  shutdown
ip http server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
End
```

**Kytkimen S6.2 konfiguraatiot**

```
S6.2#show run
Building configuration...
Current configuration : 2402 bytes
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname S6.2
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/6
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/7
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/8
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/9
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/10
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
interface FastEthernet0/11
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/12
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/15
  switchport access vlan 20
  switchport mode access
interface FastEthernet0/16
  switchport access vlan 20
```

**Kytkimen S6.2 konfiguraatiot**

```
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/22
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/23
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface GigabitEthernet0/1
shutdown
interface GigabitEthernet0/2
shutdown
interface Vlan1
no ip address
no ip route-cache
shutdown
ip http server
control-plane
line con 0
line vty 5 15
end
```