



SAVONIA

WLAN-VERKON SUUNNITTELU JA TESTAUS

Wireless Local Area Network (WLAN) Design and Testing

TEKIJÄ/T: Atte Isotalo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Atte Isotalo	
Työn nimi Wlan-verkon suunnittelu ja testaus	
Päiväys 17.1.2017	Sivumäärä/Liitteet 30
Ohjaaja(t) Lehtori Veijo Pitkänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-Ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Tämän työn aiheena oli WLAN-verkon suunnittelu ja toteutus käyttämällä Savonia-ammattikorkeakoulun tarjoamia laitteita.</p> <p>Opinnäytetyön teko aloitettiin etsimällä taustamateriaalia työn suorittamiseen. Opinnäytetyössä käytettiin esimerkki tietoverkkoa testauksia varten. Esimerkkiverkossa testattiin koulun tilaamaa langattoman verkon ohjaustilaitetta. Esimerkkiverkkoni sisälsi kaksi OSI-mallin toisen tason kytkintä, yhden OSI-mallin kolmannen tason kytkimen, kaksi langattoman verkon tukiasemaa ja tietokoneen. Tehtäväni oli myös laatia ohjeita langattoman verkon suunnitteluun ja testaukseen.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin syvällisesti langattoman verkon toimintaan ja siihen liittyviin asioihin, kuten standardointiin, langattoman verkon suunnitteluun ja toteutukseen, sekä tietoturvaan langattomissa verkoissa.</p>	
Avainsanat	
WLAN	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Atte Isotalo			
Title of Thesis Wireless Local Area Network (WLAN) Design and Testing			
Date	17.1.2017	Pages/Appendices	30
Supervisor(s) Lecturer Veijo Pitkänen			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was to get myself acquainted with wireless networking and build an example of a wireless network using the equipment provided by Savonia the university of applied sciences. I began working on the thesis with searching for background material on the subject and building a wireless network to do tests on the wireless controller that the school had ordered. My example network consisted of two OSI-model's second layer switches, one OSI-model's third layer switch, wireless controller, two wireless access points and a computer. I was tasked with doing instructions for planning and deploying wireless networks.</p> <p>In the thesis I familiarized myself profoundly with wireless networking and matters that were connected to wireless networking, such as standardization of wireless communications, planning and deploying wireless networks and security within wireless networks.</p>			
Keywords WLAN			

ESIPUHE

Langattomien verkkojen käyttö on jo nyt todella yleistä yrityksissä, kotona ja julkisilla paikoilla, eikä langattoman verkon kasvun hidastumista ole näkyvissä. Esineiden internet ja maailman digitalisointuminen vahvistavat tätä kasvua varmasti pitkälle tulevaisuuteen.

Opinnäytetön aiheen sain opinnäytetyön ohjaajaltani Veijo Pitkäseltä. Haluan kiittää häntä avusta opinnäytetyön tekemisessä, hyvästä opetuksesta tietoverkko-kursseilla sekä yleisestä positiivisuudesta, joka auttaa herättämään kiinnostusta aiheesta ja seuraamaan opetusta. Myös apua sai aina, jos tarvitsi.

Tampereella 17.1.2017,

Atte Isotalo

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA KÄSITTEET	8
1 JOHDANTO	10
2 JOHDANTO LANGATTOMIIN VERKKOIHIN	11
2.1.1 WPAN.....	11
2.1.2 WLAN.....	11
2.1.3 WMAN.....	11
2.1.4 WWAN	12
2.2 IEEE 802.11 standardit.....	12
2.2.1 802.11-1997	13
2.2.2 802.11b.....	13
2.2.3 802.11g.....	13
2.2.4 802.11a.....	13
2.2.5 802.11n.....	14
2.2.6 Channel aggregation	15
2.2.7 Spatial multiplexing	15
2.2.8 MAC Layer Efficiency	16
2.2.9 802.11ac	16
2.2.10 802.11-standardit muissa taajuualueissa	17
2.3 Kaupallisten 802.11-standardien tietoja	17
3 LANGATTOMAN VERKON SUUNNITTELU JA TESTAUS.....	19
3.1 Langattoman verkon suunnittelu ja laitevalinnat	19
3.2 Langattoman lähiverkon laitteet.....	19
3.2.1 Päätelaitteet	19
3.2.2 Langattoman verkon jakolaitteet (Access point)	20
3.2.3 Itsenäiset langattoman verkon tukiasemat.....	20
3.2.4 Ohjauslaitteella kontrolloidut langattoman verkon tukiasemat	21
3.2.5 Langattomat reitittimet.....	22
3.3 Langattoman tietoverkon tietoturva	23
4 LANGATTOMAN VERKON RAKENNUKSEN JA TESTAUS.....	25
4.1 Esimerkki tietoverkon rakennus ja sen laitteet	25
4.2 Esimerkkiverkon laitteiden konfiguraatiot.....	26

4.3 Langattoman verkon testaus.....	27
5 YHTEENVETO	29
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	30

LYHENTEET JA KÄSITTEET

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) = amerikkalainen ammattijärjestö, joka on kehittänyt standardoinnin langattomille verkoille.

IEEE 802.11 = standardi langattomille lähiverkoille.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) = Wifi-Alliancen lanseerama tavaramerkki, joka perustuu IEEE:n 802.11 standardiin.

IoT (Internet of Things) = esineiden internet.

WPAN (Wireless personal-area network) = langaton likiverkko.

WLAN (Wireless local-area network) = langaton lähiverkko

WMAN (Wireless metropolitan-area network) = langaton kaupunkiverkko

WWAN (Wireless wide-area network) = langaton laajaverkko.

DSSS = (Direct Sequence Spread Spectrum) Suorasekventointi.

FHSS = (Frequency Hopping Spread Spectrum) Taajuushyppely.

QoS = (Quality Of Service) tietoliikenteen luokittelu ja priorisointi.

Kytkin = Tietoverkkolaite, jonka avulla voidaan yhdistää päätelaitteita tietoverkkoon, ohjata verkko-liikennettä ja laajentaa tietoverkkoa.

Reititin = Tietoverkkolaite, jonka tehtävä on reitittää tietoverkossa tapahtuvaa liikennettä.

CCK = (Complementary Code Keying) modulaatio rakenne, jota käytetään langattomissa verkoissa datamäärän välittämisen nostoon.

OFDM = (Orthogonal frequency-division multiplexing) tekniikka, jota käytetään muun muassa: televisio- ja audiolähetyksissä, langattomissa verkoissa, 4G-mobiiliverkossa ja voimalinjoissa.

Bps = Bits per second

Kbps = Kilobits per second

Mbps = Megabits per second

SNR = (Signal-to-noise ratio) Signaali-kohinasuhde

WiMAX = (Worldwide Interoperability for Microwave Access) langaton kommunikointitekniikka, joka perustuu IEEE 802.16 standardiin.

RTS (Request to Send) = Lähetyspyyntö.

CTS (Clear to Send) = Valmiina lähetettäväksi.

ISM-taajuusalue = radiotaajuuskaista, joka on tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.

SISO (single-in, single-out) = tekniikka, jossa vastaanottoon ja lähetykseen käytetään yhtä antenia.

MIMO (multiple-input, multiple-output) = tekniikka, jossa vastaanottoon ja lähetykseen käytetään samanaikaisesti monia antenneja.

OSI (Open systems interconnection reference model) = 1980-luvulla International Organization for Standardization:in kehittämä tiedonsiirtoprotokollien standardi. Sitä käytetään yleisesti pakettien lähetyksen ja vastaanottamisen käsitteellisenä tietoliikennetekniikassa.

Console-portti = Tietoverkkolaitteen portti, jonka kautta laitetta ja tietoverkkoa konfiguroidaan.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) = Tietoverkkoprotokolla, jonka tarkoitus on jakaa IP-osoitteita ja muita toimintaparametrejä lähiverkkoon yhdistetyille päätelaitteille.

NAT (Network Address Translation) = Tietoverkkoprotokolla, jonka avulla lähiverkkoon yhdistetyt yksityisen IP-osoitteen omaavat laitteet saavat julkisen IP-osoitteen julkiseen verkkoon liittyessään.

IP (Internet Protocol) = tietoverkkoprotokolla, joka huokehtii pakettien siirrosta tietoverkossa.

URL (Uniform Resource Locator) = käytetään osoittamaan World Wide Webin sivustoja.

IPsec (Internet Protocol Security Architecture) = tietoliikenneprotokollat, jotka turvaavat Internet-yhteyksiä.

VPN (Virtual Private Networks) = virtuaalinen erillisverkko.

Cisco Systems = tietoverkkolaite- ja tietoverkkopalveluyritys.

PoE (Power over Ethernet) = Laite saa käyttöjännitteen datakaapelin kautta, jolloin laite ei tarvitse erillistä virtalähdettä.

1 JOHDANTO

Langattomat yhteydet ovat nykypäivänä yleisimpiä metodeja tietoverkkoon yhdistäessä. Tämä johtuu langattoman yhdistämisen yksinkertaisuudesta ja helppokäyttöisyydestä. Loppukäyttäjän ei tarvitse huolehtia kaapeleista ja niiden liittamisestä laitteisiin, kun yhdistäminen tapahtuu langattomasti.

Opinnäytetyössä käsittelen yleisesti langattoman verkon tekniikoita ja langattomiin verkkoihin liittyviä asioita. Tehtävänantooni kuului myös langattoman verkon ohjauslaitteen tutkiminen ja esimerkki tietoverkon rakennus ja testaus.

2 JOHDANTO LANGATTOMIIN VERKKOIHIN

Langaton lähiverkko eli WLAN (Wireless Local Area Network) on langaton tekniikka, joka kehitettiin vuonna 1971 Havaijin yliopistossa tutkimusprojekti ALOHNETin tuloksena (Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, History of Wireless).

Langattomiin verkkoihin kokonaan siirtyminen käyttäjärajapinnassa on loogista, jos katsoo asiaa loppukäyttäjän näkökulmasta. Langallisissa verkoissa käytetään kaapeleita, joiden elinikä voi olla hyvin lyhyt riippuen käyttötarkoituksesta, tätä ei tarvitse miettiä langatonta verkkoa käyttäessä. Langattoman verkon ratkaisut näyttävät myös ”siistimmälle”, sillä langattomassa verkossa ei tarvitse kaapeleita päätelaitteisiin yhdistäessä, jotka voivat olla tiellä esimerkiksi työympäristöissä. Siksi nykypäivänä erilaisten kannettavien päätelaitteiden massiivisen suosion takia ei langalliselle verkolle löydy enää jalansijaa kuin työpaikka- tai kouluympäristössä, joissa esiintyy vielä paljon pöytäkoneita. Maailman digitalisoituessa ei langallisella verkolla ole runkoverkkoa lukuun ottamatta työ- tai kotikäytössä enää pitkää tulevaisuutta loppukäyttäjien tarpeisiin. Esineiden internetin valtava yleistymisen ja suosio ovat vahvoja indikaattoreita langattomien verkkojen dominoivasta tulevaisuudesta tietekniikassa.

Langattomia verkkoja on erilaisia tyyppisiä ja ne sopivat eri tarkoituksiin. Sopivan verkon tyyppiin määrittää yleensä käyttäjien määrä ja verkon käyttötarkoitus.

2.1.1 WPAN

WPAN on tekniikka, joka käyttää matalavirtaisia lähettimiä muodostamaan tietoverkon todella pienellä kantamalla; noin 7-10 metriin. WPAN-tekniikka perustuu IEEE 802.15-standardiin ja sisältää käytännön sovelluksista Bluetoothin ja ZigBee:n. Yleisemmin käytetty on Bluetooth, vaikkakin ZigBee:n teoreettinen kantama on pitempi kuin Bluetoothilla. (Hucaby 2015)

2.1.2 WLAN

WLAN on tekniikka, joka pystyy yhdistämään samanaikaisesti useita langattomia päätelaitteita tietoverkkoon. WLAN tarkoittaa käytännössä IEEE 802.11-standardia, mutta siitä käytetään myös termiä Wi-Fi. WLAN toimii keskisuuralla kantamalla teoreettisesti noin 100 metriin asti. Tekniikka käyttää 2,4 GHz:n- ja 5 GHz:n-taajuusalueita. (Hucaby 2015)

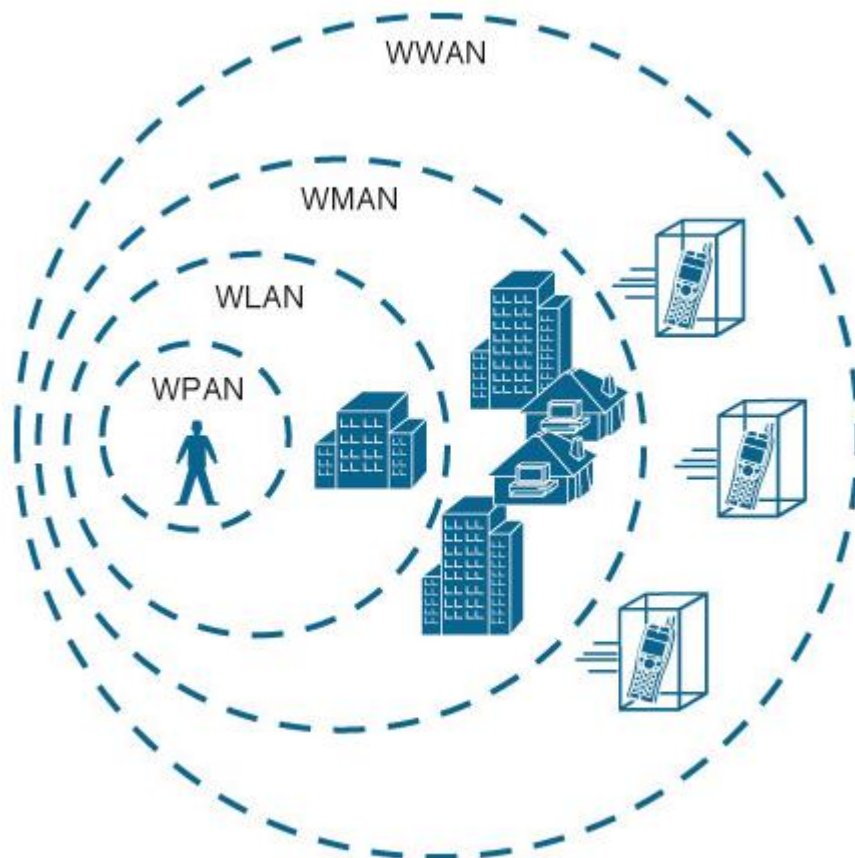
2.1.3 WMAN

WMAN on tekniikka, joka perustuu IEEE 802.16-standardiin. Tekniikka kattaa huomattavan alueen eli kokonaisen kaupungin tai osan siitä. Tekniikkaa kutsutaan myös nimellä WiMAX (Hucaby 2015)

2.1.4 WWAN

WWAN on tekniikka, jonka teoreettinen toiminta-alue on globaali (Hucaby 2015). WWAN-tekniikassa käytetään mobiilitekniikoita keskeisenä yhdistämismetodina.

Ohessa on havainnollista kuva erilaisista langattomista lähiverkoista ja niiden käytön skaalasta.



KUVA 1 Langattoman verkon tyypit (Hucaby 2015)

2.2 IEEE 802.11 standardit

802.11-standardi määrittää mekanismin, jolla laitteet voivat kommunikoida langattomasti toistensa kanssa. Alkuperäinen IEEE 802.11-standardi julkaistiin vuonna 1997, minkä jälkeen langaton tekniikka on kehittynyt paljon ja uusien standardien laitteisiin on tehty huomattavia parannuksia verrattuna alkuperäiseen 802.11-1997-standardiin. Standardit määrittävät melkein kaiken langattomassa viestinnässä sisältäen asioita kuten: Quality of service (QoS), tietoturvallisuus, radiotaajuuudet, langattoman hallinnan ja paremman suorituskyvyn. (Hucaby 2015) Aina olisi kaikista loogisinta käyttää uusinta IEEE 802.11-standardia välitystekniikoiden ollessa nopeampia ja parempia, mutta usein tämä ei ole mahdollista päätelaitteiden vanhuuden takia. Tätä avataan alempana syvemmin.

2.2.1 802.11-1997

Alkuperäinen 802.11-standardi, joka otettiin käyttöön 1997 ja se toimii vain 2,4 GHz:n taajuusalueella. Standardin teoreettinen nopeus on 1 tai 2 mbps. Tekniikassa käytetään kahta välitystyyppiä FHSS ja DSSS. (Hucaby 2015)

2.2.2 802.11b

802.11b-standardi esiteltiin 1999 suorituskyvyn parantamiseksi edellisestä 802.11-1997 standardista. 802.11b tarjoaa CCK:n avulla datan kuljetukseksi 5.5 ja 11 mbps nopeudet. Koska 802.11b standardi perustuu DSSS:n käyttöön ja sitä käytetään 2,4 GHz taajuusalueella on se yhteensopiva alkuperäisen 802.11-1997-standardin kanssa. (Hucaby 2015)

2.2.3 802.11g

802.11g-standardi esiteltiin vuonna 2003 ja se perustuu OFDM-tekniikkaan. OFDM tunnetaan myös lyhenteillä ERP ja ERP-OFDM. Tämän uuden tekniikan avulla pystyttiin datan välitystä nostamaan vanhasta 11 mbps nopeudesta, 54 mbps:iin. Vaihtamalla modulaatorakenteita on langattoman laitteen mahdollista vaihtaa myös datan välityksen nopeutta.

Dataa voidaan välittää nopeammin, kun SNR ja signaalin vahvuus ovat optimitasolla. 802.11g-standardin langattomaan verkkoon ei voi yhdistää 802.11b:tä käyttäviä päätelaitteita, koska 802.11g ja 802.11b käyttävät täysin erilaisia datan välitysmekanismieja, jotka ovat OFDM ja DSSS. Tämä tarkoittaa sitä, että eri laitteet eivät välttämättä voi kommunikoida keskenään, koska ne eivät ymmärrä toistensa radiosignaaleja.

802.11g on kuitenkin suunniteltu toimimaan vanhempien 802.11b-standardia käyttävien laitteiden kanssa, joka kuitenkin vaatii laitteelta OFDM ja 802.11g tukea. Esimerkiksi, jos kaksi langatonta laitetta käyttää OFDM-tekniikkaa kommunikointiin ei DSSS-tekniikkaa käyttävä laite pysty ymmärtämään kommunikointia, OFDM:n ollessa kehittyneempi tekniikka.

Jotta OFDM- ja DSSS-tekniikat voisivat molemmat toimia langattomassa verkossa, tarjoaa 802.11g-standardi eräänlaisen suojaus mekanismin, jonka idea on lähettää OFDM-yhteyksien edellä DSSS-ilmoituksia, joita 802.11b-laitteet pystyvät ymmärtämään. 802.11g-laitteen ollessa valmiina lähettämään dataa kyseisessä suojaustilassa, lähettää se aluksi RTS- ja CTS-viestit käyttäen DSSS-tekniikkaa, jolloin kaikki 802.11b laitteet ymmärtävät vastaanottaa OFDM-dataa.

Suojaustila pakotetaan automaattisesti päälle, mikäli langattomassa verkossa tunnistetaan 802.11b-laitteita. Jos taas 802.11b-laite poistuu verkosta, poistuu myös suojaustila verkosta automaattisesti. Ongelmia suojaustilan käytöstä kuitenkin syntyy, sillä se muodostaa huomattavia ongelmia suorituskyvyssä, hidastaen datan siirtoa yleensä puolella tai vielä enemmän. (Hucaby 2015)

2.2.4 802.11a

802.11a-standardi on vuonna 1999 julkaistu standardi, joka käyttää 5 GHz:n-taajuusaluetta ja on tämän takia hyvä vaihtoehto 802.11b- ja 802.11g-standardeille, jotka käyttävät 2,4 GHz:n-

taajuusalueetta. 2,4 GHz:n-taajuusalue on huono asia alueen langattoman verkon kasvumahdollisuuksien kannalta, sillä vapaita taajuuskanavia, jotka eivät mene päällekkäin, on vain kolme. 2,4 GHz:n-taajuusalueen ongelmiin lukeutuu myös monet muut laitteet, jotka käyttävät samaa taajuusalueetta ja voivat täten häiritä langattoman verkon toimintaa.

Esimerkiksi mikroaaltouunit voivat käyttää 2,4 GHz:n-taajuusalueetta ja tätä kautta häiritä langattoman verkon tai päätelaitteiden toimintaa.

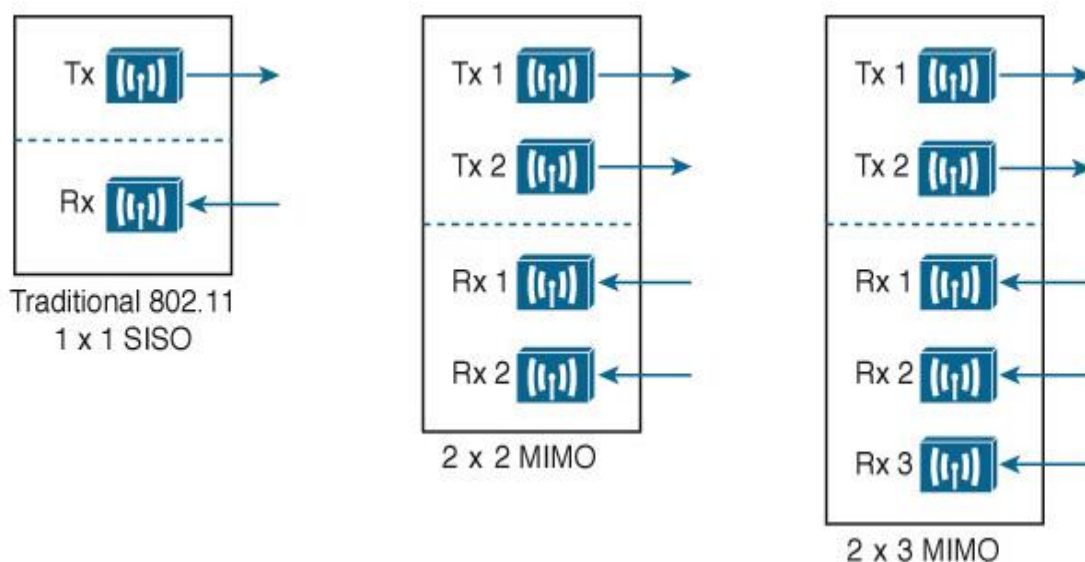
802.11a-standardi kehitettiin juuri eriävän taajuusalueen ja sen tarjoamien mahdollisuuksien vuoksi, joita ovat vapaat taajuuskanavat ja vähäinen muiden laitteiden tuottama häiriö, niiden käytössä eri taajuusalueetta. Standardi käyttää datan lähetykseen OFDM-tekniikkaa 802.11g:n tapaan. Nämä kaksi standardia jakavat myös samat modulaatio rakenteet ja datan lähetyksen nopeudet, mutta 802.11a:lla on enemmän tilaa kasvuun tietoverkossa ja taajuusalueen takia pienempi määrä mahdollisia häiriön aiheuttajia. 802.11a ei sisällä suojaustilaa 802.11g:n tapaan, joten se ei tue DSSS-tekniikkaa tai datan siirtoa alle 6 mbps nopeuksissa. (Hucaby 2015)

2.2.5 802.11n

802.11n-standardi on vuonna 2009 julkaistu standardi, joka pystyy teoriassa 600 mbps:n nopeuteen datan siirrossa ja on täten huomattavasti nopeampi kuin edeltäjänsä 802.11g ja 802.11a, jotka pystyvät parhaimmillaan datan siirrossa 54 mbps:n nopeuteen. 802.11n käyttää ominaisuuksia HT:na (high throughput), jota voidaan soveltaa 2,4 GHz:n- ja 5 GHz:n-taajuusalueilla.

Standardi on kehitetty myös tukemaan vanhempaa OFDM-tekniikkaa, jota käytettiin edellisissä 802.11g- ja 802.11a-standardeissa. Ennen 802.11n-standardin kehitystä langattomat laitteet käyttivät vain yhtä lähetintä ja yhtä vastaanotinta, toisin sanoen komponentit muodostavat yhden radioketjun. Tämä tunnetaan myös SISO-systeeminä. 802.11n-standardin paremman suorituskyvyn salaisuus on monien radiokomponenttien samanaikainen käyttö, jolloin se muodostaa monia radioketjuja. Esimerkiksi 802.11n-standardia käyttävällä laitteella voi olla monia antennia, monia lähettämiä ja monia vastaanottimia käytössään. Tätä kutsutaan MIMO-systeemiksi.

802.11n-standardia käyttävät laitteet luokitellaan niiden mahdollisten radioketjujen lukumäärien mukaan. Esimerkiksi 2x2 MIMO-laitteella on 2 lähetintä ja 2 vastaanotinta, kun taas 2x3-laitteella on 2 lähetintä ja 3 vastaanotinta. 802.11n-standardi vaatii vähintään 2 vastaanotinta ja 2 lähetintä, maksimi on 4 lähetintä ja 4 vastaanotinta. (Hucaby 2015). Oheinen kuva 2 havainnollistaa SISO- ja MIMO-systeemiä käyttäviä tietoverkkolaitteita ja niiden merkintäeroja.



KUVA 2 Erot SISO- ja MIMO-systeemiä käyttävissä laitteissa (Hucaby 2015)

802.11n-standardin monia radioketjuja voidaan hyödyntää eri tavoin parantamaan suorituskykyä. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa channel aggregation, spatial multiplexing (SM) ja MAC layer efficiency. Näitä tekniikoita käyn tarkemmin läpi seuraavissa kappaleissa.

2.2.6 Channel aggregation

Vapaasti suomennettuna channel aggregation tarkoittaa kanavien yhdistämistä. Kuten jo aiemmin tekstissä on käynyt ilmi, käyttävät aikaisemmat 802.11-standardit vain yhtä lähetintä ja yhtä vastaanotinta, jotka operoivat yhdellä 20 MHz:in kanavalla. Lähetin ja vastaanotin voidaan konfiguroida tai asettaa toimimaan eri kanaville taajuuksaluella, mutta vain yhdelle kanavalle kerrallaan.

Jokaisella OFDM-tekniikkaa käyttävällä 20 MHz:in kanavalla on 48 apukantajaa, jotka kantavat dataa rinnakkain. 802.11n-standardin esittely nosti suoritusnopeutta 20 MHz:in kanavalla lisäämällä datan apukantajien määrää 52:een. Lisäyksenä se esitteli radiokanavat, jotka pystyvät toimimaan joko yhdellä 20 MHz:n-kanavalla tai yhdellä 40 MHz:n-kanavalla. Kaksinkertaistamalla kanavan leveyden 40 MHz:iin kasvaa myös kanavan suorituskyky kaksinkertaiseksi.

Kun kanavat yhdistetään vähenevät myös taajuuksalueen vapaat kanavat. Esimerkiksi 5 GHz:n-taajuuksalue koostuu 23 vapaasta 20 MHz:in kanavasta, mutta jos ne yhdistetään 40 MHz:n-kanaviksi jää jäljelle vain 11 vapaata kanavaa. Kanavia ei ole järkevää yhdistää 2,4 GHz:n-taajuuksalueella, sillä vapaita kanavia on vain 3. (Hucaby 2015)

2.2.7 Spatial multiplexing

802.11n-laitteella voi olla monia radioketjuja odottamassa käyttöä. Jos datan läpisyöttöä halutaan lisätä entisestään, voidaan dataa jakaa kahteen tai useampaan radioketjuun, joista kaikki toimivat samalla kanavalla, mutta ne voidaan erottaa käyttämällä spatial multiplexing:iä.

Tekniikka mahdollistaa monta eri lähetystä samalta kanavalta ilman, että ne häiritsevät toisiaan. Spatial multiplexing:iä tarvitsee paljolti signaalin prosessointia lähetysten ja vastaanoton yhteydes-

sä, joka nostaa kanavan suorituskykyä. Laitteessa voi olla kerrallaan samanaikaisesti 4 spatial multiplexing:iä käyttävää kanavaa. (Hucaby 2015)

2.2.8 MAC Layer Efficiency

MAC (media access control) -taso on OSI-mallin toiselta tasolta löytyvä välitaso. 802.11n-standardi tarjoaa erilaisia metodeja tehdäkseen datan välityksestä tehokkaampaa.

- Yksi metodeista on block acknowledgment. Yleensä vastaanottajan täytyy hyväksyä jokainen erä lähetettävää dataa, mutta jos erää ei hyväksytä voi lähettäjä olettaa datan hävinneen ja se pitää lähettää uudelleen. 802.11n-standardin avulla data erät voidaan lähettää yhdessä erässä, jolloin tarvitaan vain yksi hyväksyminen vastaanottajalta. Näin aikaa ei menetetä uudelleen lähettämiseen, mikä nostaa suorituskykyä. (Hucaby 2015)
- Toinen metodeista on guard interval. Kun OFDM-lähetys alkaa voi data ottaa eri reittejä vastaanottajaan. Mikäli OFDM-lähetysten tunnuksat päätyvät liian lähelle toisiaan, ne voivat häiritä toisiaan ja korruptoida saapuvaan dataa. Tätä tapahtumaa kutsutaan ISI:ksi (intersymbol interference), jota varten 802.11n-standardit vaativat guard intervallia. (Hucaby 2015)

2.2.9 802.11ac

Vuonna 2014 hyväksytty standardi, joka käyttää 5 GHz:n-taajuusaluetta 802.11n-standardin tapaan. Standardin tavoite on tuoda langattomat verkkoyhteydet lähelle valokuidun nopeuksia käyttämällä ominaisuuksia, jotka tunnetaan VHT:na (very high throughput). 802.11ac-standardin teoreettinen nopeus on 6,93 gbps, ja se käyttää 802.11n-standardin hyväksi todettuja ominaisuuksia tekemällä niistä nopeampia ja paremmin skaalautuvia langattoman verkon kehittämistä varten. Tämän standardin implementointi tapahtui 2 eri aallossa standardin ollessa paljon kehittyneempi verrattuna päätelaitteisiin. Suurin osa varsinaisista parannuksista tapahtui jo ensimmäisessä aallossa ja niiden suorituskyvyn maksimit mietittiin päätelaitteiden mukaan. (Hucaby 2015)

- Robust channel aggregation = 802.11n-standardin mukana kehitetty tekniikka kanavien yhdistämiseen löytyy myös 802.11ac-standardista, mutta huomattavilla parannuksilla, sillä kanavan leveydeksi saadaan asetettua 20, 40, 80 tai 160 MHz:iä. Myös tässä kehittyneemmässä tekniikassa vapaiden radiokanavien määrä vähenee, sitä mukaa mitä kanavia levennetään alkuperäisestä 20 MHz:in koosta. (Hucaby 2015)
- MAC Layer efficiency = 802.11n-standardin esitteli dataerien pakkaamisen lähetyksiin. 802.11ac-standardin nopeuksilla mahdollisen datamäärän siirto on paljon suurempi.
- Scalable MIMO ja multi-user MIMO = Monien lähettimien ja vastaanottimien käyttö samanaikaisesti esiteltiin jo 802.11n-standardissa. Spatial multiplexingin käyttö radiokanavissa toimii 802.11ac-standardissa 8 kanavalla yhtä aikaa, verrattuna aiempaan 4, jotka 802.11n-standardin mahdollisti. (Hucaby 2015)

2.2.10 802.11-standardit muissa taajuusalueissa

802.11-standardeja löytyy myös muista taajuusalueista:

- 802.11ad – standardi käyttää 60 GHz:n-taajuusalueita, tällä taajuudella signaali harvemmin monistuu fyysisistä esteistä. Datan siirron nopeus on korkea, mutta kantama on pieni eli standardi on parhaimmillaan käytettävissä korkea nopeuksissa langattomissa tiedonsiirroissa yhden huoneen sisällä. (Hucaby 2015)
- 802.11af – mahdollistaa lisensittömän käytön 54- ja 790 MHz:n-taajuuksien välissä. 802.11af käyttää samoja toimintoja, kuin 802.11ac-standardi. (Hucaby 2015)
- 802.11ah – Standardin avulla laitteet voivat kommunikoida alle 1 GHz:n-taajuuksilla. Standardi käyttää vähän virtaa ja sen kantama on huomattava. Se ulottuu noin 1 kilometrin. (Hucaby 2015)

2.3 Kaupallisten 802.11-standardien tietoja

Oheessa oleva taulukko sisältää jokaiselle kaupallisen taajuusalueen 802.11-standardille olennaiset informaatiot niiden taajuusalueista, datan välitystekniikoista ja maksiminopeuksista.

standardi	taajuusalue	välitystekniikka	nopeus hitaimmasta maksimiin
802.11- 1997	2,4 GHz	FHSS	1,2 Mbps
		DSSS	1 Mbps 2 Mbps
802.11b	2,4 GHz	DSSS	5.5 Mbps 11 Mbps
802.11g	2,4 GHz	ERP-OFDM	6 Mbps 9 Mbps 12 Mbps 18 Mbps 24 Mbps 36 Mbps 48 Mbps 54 Mbps

802.11a	5 GHz	OFDM	6 Mbps 9 Mbps 12 Mbps 18 Mbps 24 Mbps 36 Mbps 48 Mbps 54 Mbps
802.11n	2,4/5 GHz	MIMO-OFDM	< 600 Mbps
802.11ac	5 GHz	MIMO-OFDM	1. aalto: 1.3 Gbps 2. aalto: 2.6 Gbps teoreettinen: 6.93 Gbps

TAULUKKO 1 802.11-standardien ominaisuudet lajiteltuna sarakeittain.

3 LANGATTOMAN VERKON SUUNNITTELU

3.1 Langattoman verkon suunnittelu ja laitevalinnat

Langaton verkko on langallisen verkon jatke, jonka tarkoitus on yksinkertaistaa loppukäyttäjien verkkoon yhdistämistä ja sen käyttöä. Langaton verkko mahdollistaa internetiin tai intranettiin yhdistämisen langattomasti mistä vain kantaman säteeltä. Tämä mahdollistaa esimerkiksi yrityksissä työntekijöiden kommunikoinnin muiden työntekijöiden kanssa, pääsyn yritysten palvelimille tai tiedostojen käyttämiseen etänä missä vain yrityksen sisällä langattomasti.

Tietoverkon tietoverkkolaitteet ja niiden lukumäärät määräytyvät täysin päätelaitteiden määrän ja tyyppin mukaan. Jos kyseessä on iso organisaatio tai yritys, tarvitaan tietoverkon runkoverkkoon paljon erilaisia tietoverkkolaitteita. Runkoverkko koostuu kytkimistä ja reitittimistä, joiden ympärille lisätään tarvittaessa isoja määriä langattoman verkon jakolaitteita ja tarpeen vaatiessa myös langattoman verkon ohjauslaite. Langattoman verkon jakolaitteita tarvitaan jopa useita kymmeniä, jos organisaatio on suurikokoinen ja niiden sijoittaminen rakennuksen sisälle pitää olla tarkkaan suunniteltua. Yhden langattoman verkon jakolaitteen kantama on teoriassa noin sata metriä ja siihen voi yhdistää noin sata päätelaitetta. Nämä ovat kuitenkin kyseenalaisia väittämiä ja niitä on syytä testata käytännössä. Kantama ja yhdistettävien päätelaitteiden maksimimäärä on täysin riippuvainen langattoman verkon jakolaitteen ominaisuuksista, kuten antennien lukumäärästä, langattoman verkon jakolaitteen käyttämästä IEEE 802.11-standardista, sekä yhdistettävistä päätelaitteista ja mitä ne vaativat langattomalta tietoverkolta.

Etenkin isoissa yrityksissä langatonta verkkoa suunniteltaessa nämä asiat ovat tärkeitä ottaa huomioon, sillä ne voivat kustantaa yritykselle ylimääräistä muun muassa turhina tietoverkkolaitteiden hankintoina.

Yleensä langattomaan kotiverkkoon riittää langaton reititin eikä siihen tarvita muita tietoverkkolaitteita. Sama pätee myös muutaman ihmisen pienyrityksiin, mutta jos työntekijöitä on enemmän kuin muutama, tarvitaan jo tietoverkkolaitteiksi esimerkiksi ethernet kytkimiä ja langattoman verkon tukiasemaa, jos langatonta verkkoa halutaan käyttää.

3.2 Langattoman lähiverkon laitteet

Langattoman lähiverkon laitteet tulee valita päätelaitteiden, organisaation koon ja muiden tarpeiden mukaan. Yleensä langattomaan lähiverkkoon isoissa organisaatioissa ei kuulu muita langattomia tietoverkkolaitteita kuin langattoman verkon jakolaitteet, sillä langattoman lähiverkon määritelmät ja konfiguraatiot määritetään kytkimissä. Organisaation ollessa suuri tarvitaan langattomassa lähiverkossa mahdollisesti langattoman verkon ohjauslaitetta, joka puolestaan tekee määritykset langattomassa verkossa kytkimen sijaan. Tässä kappaleessa käydään läpi yleisimpiä laitteita langattomassa lähiverkossa.

3.2.1 Päätelaitteet

Jokaisessa lähiverkossa päätelaitteet tarvitsevat keinoon yhdistää palveluihin ja sovelluksiin. Tavallisia päätelaitteita langallisissa tai langattomissa tietoverkoissa ovat IP-puhelimet, tietokoneet, tulostimet ja älypuhelimet. Päätelaitteita voidaan käyttää langattomissa verkoissa koneitten hallitsemiseen. Esimerkiksi robotit ja hallintajärjestelmät voivat olla etänä hallittuja langattoman verkkoyhteyden kautta, jossa pääkäyttäjä hallitsee laitteita omalta päätelaitteeltaan käyttöliittymän kautta.

Yrityksessä käytettävien päätelaitteiden valinta keskittyy niiden yhteensopivuuteen yritysten käyttämien sovellusten ja tietoverkon kanssa. Päätelaitteet esimerkiksi varastoissa on tärkeää valita tarkoin, sillä ne voivat joutua mahdollisiin hajoamistilanteisiin paljon useammin kuin päätelaitteet toimistokäytössä. Mikäli yritys jälleenmyy laitteita tai sovelluksia, joissa käytetään yrityksen markkinointia sovelluksia olisi kannattavaa testata niitä ennakkoon kontrolloidulla testiryhmällä ja eri päätelaitteilla ennen markkinoille viemistä. Tämä poistaa suurella todennäköisyydellä ongelmatilanteet loppukäyttäjiltä ja yritys voi valikoida parhaat päätelaitteet loppukäyttäjien käyttötarkoituksiin. (Geier 2015)

3.2.2 Langattoman verkon jakolaitteet (Access point)

Langattoman verkon jakolaitteet eli access pointit ovat keskeisin osa langatonta lähiverkkoa. Langattomien verkon jakolaitteiden kanssa yhteydessä olevat päätelaitteet voivat siirtyä jakolaitteen kantamalta toiselle pysyen silti tietoverkossa koko ajan. Langattoman verkon jakolaitteilla on monia radiolähettäjiä, jotka voivat toimia 2,4 GHz:n- ja 5 GHz:n-taajuusalueilla. Tämä mahdollistaa pitämään joitakin päätelaitteita molemmilla taajuusalueilla samanaikaisesti. Jaottelu voi toimia esimerkiksi niin, että jokin vähäistä datasiirron nopeutta käyttävä sovellus käyttää 2,4 GHz:n-taajuusaluetta ja nopeampaa datasiirtoa tarvitseva sovellus tai laite voi käyttää 5 GHz:n-taajuusaluetta. (Geier 2015)

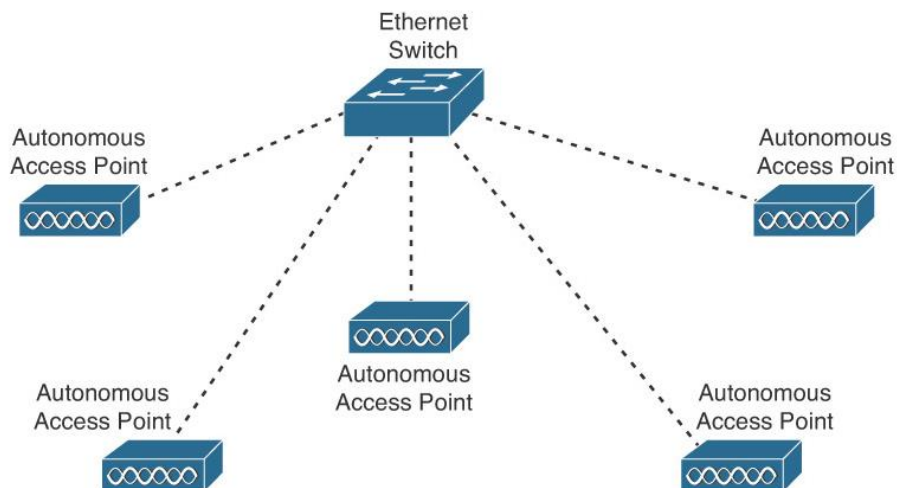
Yleisesti ottaen tietoverkoissa toimivat langattoman verkon jakolaitteet eivät sisällä määrityksiä langattoman verkon tai jakolaitteiden toiminnasta, sillä jakolaitteille tehtävät määritykset voidaan tehdä kytkimen tai langattoman verkon ohjauslaitteen eli controllerin kautta. Kuitenkin pienemmissä tietoverkoissa on käytetty itsenäisiä langattoman verkon jakolaitteita, jotka sisältävät määrityksiä langattoman verkon toiminnalle.

3.2.3 Itsenäiset langattoman verkon tukiasemat

Useat langattomat verkot käyttävät itsenäisiä langattoman verkon jakolaitteita ja monet näistä langattomista tietoverkoista ovat toiminnassa vieläkin.

Itsenäinen langattoman verkon tukiasema on yleensä liitettyä kytkimen kautta muihin jakolaitteisiin. Jakolaitteiden konfiguraatiot ovat yleensä tehty käyttämällä ohjaukseen tarkoitettua sovellusta tai konfiguroimalla ne yksitellen console-porttien kautta. (Geier 2015)

Tällaisissa langattomissa verkoissa on usein konfiguroitu kytkin jakamaan IP-osoitteita DHCP:n kautta, sekä jakamaan tietoverkon määrityksiä langattoman verkon jakolaitteille. Jos kaikki jakolaitteet toimivat itsenäisesti ja ne pitäisi konfiguroida yksitellen, olisi tämä hyvin aikaavievää etenkin langattoman verkon ollessa suurikokoinen. Oheinen kuva 3 havainnollistaa langatonta verkkoa, jossa on itsenäisiä langattomia jakolaitteita yhdistettynä kytkimeen.

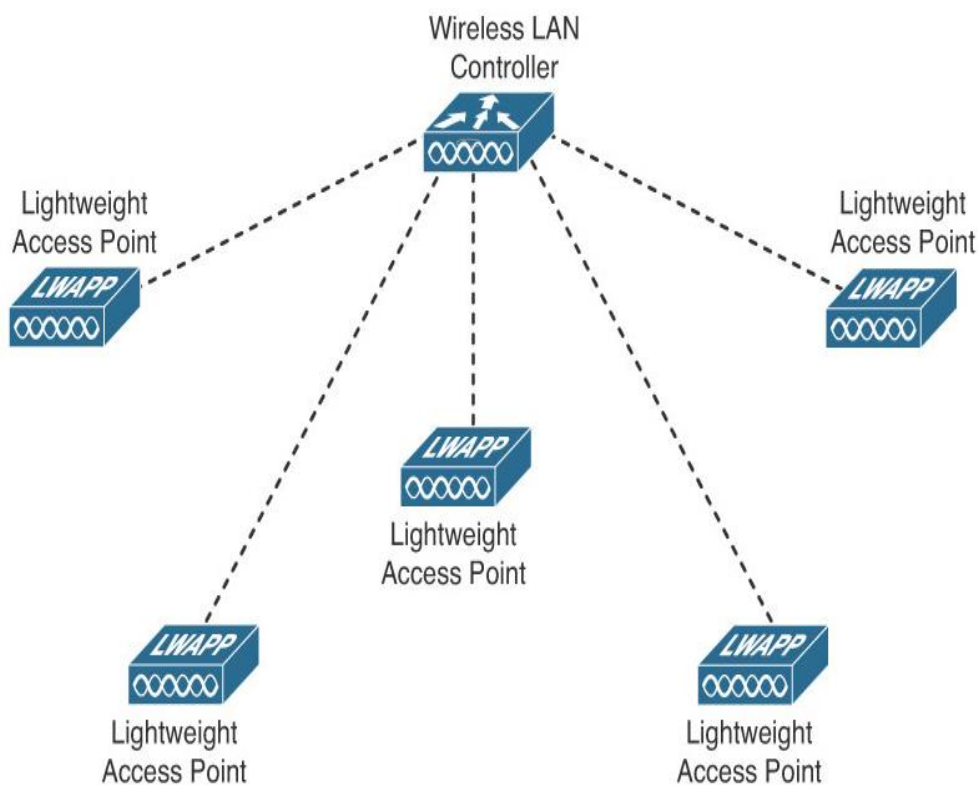


KUVA 3 Itsenäisiä langattoman verkon tukiasemia liitettyä kytkimeen (Geier 2015).

3.2.4 Ohjauslaitteella kontrolloidut langattoman verkon tukiasemat

Langattoman verkon ohjauslaitteella eli controllerilla hallitut langattomat verkot sisältävät ”kevyempiä” langattoman verkon jakolaitteita, jotka käyttävät vain yksinkertaisimpia 802.11-standardien toimintoja. Nämä langattoman verkon jakolaitteet ovat yhdistettynä ohjauslaitteeseen, joka määrittää langattoman lähiverkon suorituskyvyn, tietoturvan ja ohjauksen. (Geier 2015)

Oheisessa kuvassa 4 on langaton lähiverkko, jossa on langattoman lähiverkon ohjauslaite.



KUVA 4 Kevyitä langattoman verkon jakolaitteita yhdistettynä langattoman verkon ohjauslaitteeseen. (Geier 2015)

3.2.5 Langattomat reitittimet

Langaton reititin on yleensä kotona tai pienissä toimistoissa esiintyvä tietoverkkolaite, joka on käytännössä reitittimen ja langattoman verkon jakolaitteen yhdistelmä.

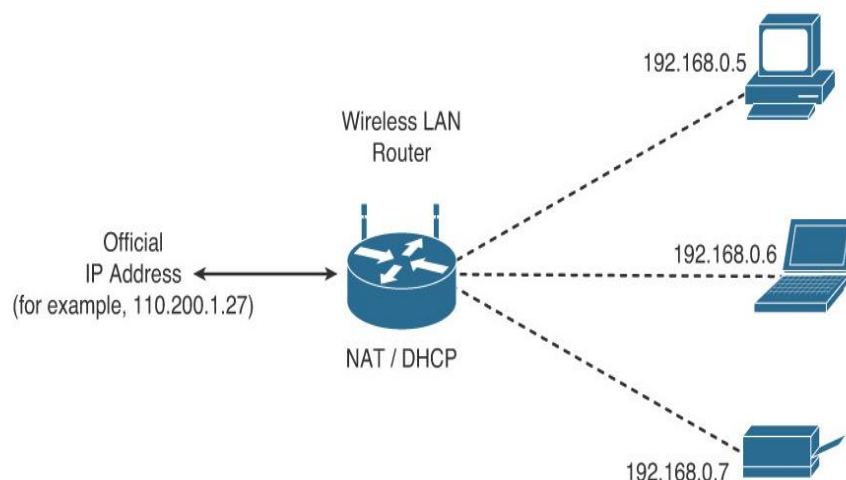
Tavallisessa langattomassa reitittimessä on neljä ethernet-porttia, se toimii langattoman verkon jakolaitteena ja joissakin laitteissa on myös USB-portit, jotta niitä voitaisiin käyttää tulostuspalvelimena. Nämä ominaisuudet antavat käyttäjälle saman mahdollisuuden lähettää paketteja tietoverkkojen yli, kuin langallisen tietoverkon käyttäjälle. Erot langattoman reitittimen ja langattoman verkon jakolaitteen välillä ovat selkeät, sillä jakolaitteella käyttäjä voi liittyä vain yhteen tietoverkkoon, kun taas langattomalla reitittimellä käyttäjä pystyy selaamaan monia eri tietoverkkoja. Reititin ottaa aina huomioon IP-osoitteen, jotta se voi tehdä päätöksen pakettien reitistä tietoverkossa, kun taas langattoman verkon tukiasema sivuuttaa IP-osoitteen ja välittää kaikki paketit. Lisäksi langaton reititin käyttää NAT-protokollaa, joka sallii usean laitteen käyttää samaa IP-osoitetta. Langattomissa reitittimissä käyttäjä voi hallita yksittäisiä portteja, palomuurin asetuksia, sekä määrittää DHCP-protokollan tilan. (Geier 2015)

Langattoman reitittimen käyttöä on suositeltavaa miettiä, mikäli tarvitaan seuraavia toimintoja:

- IP-osoitteiden jakaminen: WLAN-reitittimet tarjoavat paljon etuja koti- ja pientoimisto käyttöön. DHCP-protokollaa hyödyntämällä voidaan IP-osoitteet jakaa eri laitteille, jotka ovat liitetty lähiverkkoon. WLAN-reitintä olisi syytä käyttää, mikäli yhdistät verkkoon useampia tietoverkkoa käyttäviä laitteita ja sinulla on vain yksi Internet operaattorin antama IP-osoite. (Geier 2015)
- Useiden tietoverkkojen yhdistäminen: WLAN-reitittimet ovat sopivia langattomiin verkkoihin yleisillä paikoilla etenkin, jos käytettävissä olevia tietoverkkoja on monia. (Geier 2015)
- Tietoverkon suorituskyvyn parantaminen: Koska reitittimet lähettävät paketteja vain tiettyihin osoitteisiin, eivät ne lähetä eteenpäin kaikkia lähetettyjä paketteja, joita muut tietoverkkolaitteet lähettävät. Tämä lisää suorituskykyä tietoverkossa, sillä reititin ei joudu tekemään turhaa työtä. Reititin toimii isommalla viiveellä, kuin langattoman verkon tukiasema, mutta ero on yleensä huomaamaton. (Geier 2015)
- Lisätty turvallisuus: WLAN-reitittimet tarjoavat ylimääräisen kerroksen turvallisuutta myös langattomassa verkossa. Langallinen osa tietoverkosta on yleensä suojattu palomuurilla ja sillä on mittavia yhteyksien hallinnointisuodattimia. Nämä suodattimet on mahdollista asettaa suodattamaan liikennettä tietokoneiden MAC-osoitteiden, IP-osoitteiden, URL-osoitteiden tai domain nimien perusteella. On mahdollista myös asettaa tietty aikataulu, jolloin tietoverkkoon on mahdollista yhdistää. WLAN-reitittimet tukevat useita ja samanaikaisia IPSec-

sessioita, jotta käyttäjät voivat yhdistää tietoverkkoon VPN-tekniikkaa käyttäen. (Geier 2015)

Kuvassa 5 havainnollistaa langattoman reitittimen toimintaa.



KUVA 5 Kuvassa esitetään WLAN-reitittimen toimintaa, sekä IP-osoitteiden jakautumista DHCP-protokollalla. (Geier 2015)

3.3 Langattoman tietoverkon tietoturva

Ongelma langattoman viestinnän tietoturvassa on se, että paketit kulkevat ilmassa, josta ne on mahdollista kaapata. 802.11-standardit tarjoavat kuitenkin rungon langattoman tietoturvan mekanismeille, joita voidaan käyttää lisäämään yksityisyyttä ja koskemattomuutta langattomassa tietoverkossa. Joillakin tietoverkkolaitteilla on myös kyky havaita ja estää haitallista haavoittavaa toimintaa tietoverkossa, näitä laitteita ovat muun muassa Cison valmistamat tietoverkkolaitteet. (Hucaby 2015)

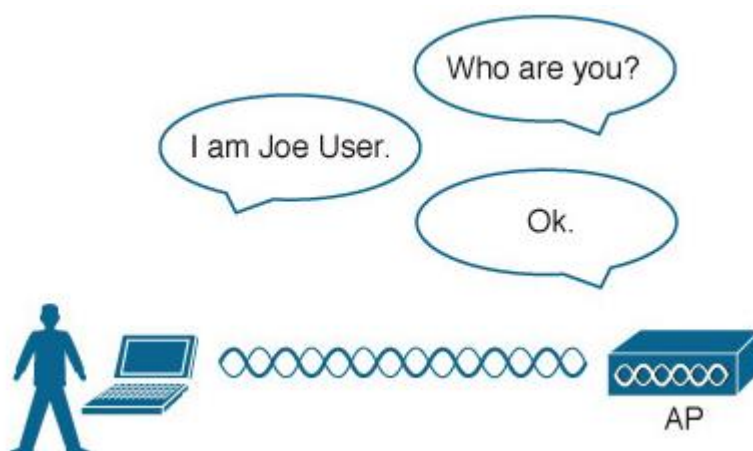
Nykypäivänä paras suojaustekniikka langattomissa verkoissa on IEEE 802.11i eli WPA2 (Wi-Fi Protected Access), joka on ainut tietoturvastandardi, jota kannattaa langattomissa verkoissa käyttää. WPA2-tekniikan avuksi tietoturvaa suojaamaan on kehitetty myös salausmekanismi AES (Advanced Encryption Standard), joka käyttää 128-, 192- tai 256-bitin pituisia salausavaimia.

Langattomassa verkossa käytetään muun muassa seuraavia tietoturvamekanismeja, turvaamaan suojattu langaton yhteys:

- Päätelaitteen todennus, joka tarkoittaa päätelaitteiden todennusta tietoverkkoon kuuluviksi ja toimiviksi jäseniksi todentamalla ne langattoman verkon tukiaseman avulla. Tietoverkkoon pitäisi päästää vain laitteita, jotka ovat luotettavia. Esimerkiksi vieraskäyttäjille pitäisi määrittellä oma vieraille tarkoitettu langaton verkko, jossa on määritelty käyttäjille vain tietyt oikeudet.

Hallitakseen yhteyksiä, langattomat tietoverkot voivat todentaa päätelaitteet ennen kuin ne pääsevät yhdistämään tietoverkkoon. Mahdolliset käyttäjät joutuvat antamaan jonkin tapaisia yhteystietoja langattoman verkon tukiasemalle. Todennus toimii myös toisin päin, jossa käyttäjä todentaa tietoverkkolaitteen oikeaksi. Hyökkääjä voi naamioitua esimerkiksi langat-

toman verkon tukiasemaksi ja siepata käyttäjän lähettämää dataa. Hyökkäyksen kohteeksi joutumisen estämiseksi käyttäjän tulisi todentaa tietoverkkolaite, ennen omaa todennustaan tietoverkkolaitteelle. (Hucaby 2015) Ohessa havainnoiva kuva aiheesta.



KUVA 6 Langattoman verkon tukiasema pyytää käyttäjältä yhteystietoja todennusta varten. (Hucaby 2015)

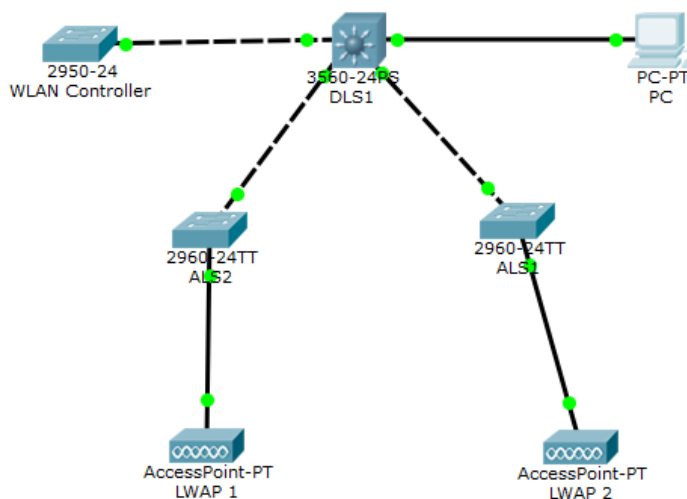
- Datan salaus on tärkeä osa langatonta tietoturva. Langattoman verkon tietoturvan kannalta on tärkeää, että data salataan ennen sen lähetystä, koska se voidaan kaapata. Lähetettävä data, joka on salattu lähetyksen yhteydessä, puretaan vastaanottajan toimesta. Salaus perustuu siis siihen, että vastaanottaja ja lähettäjä käyttävät samaa salausmetodia, jolloin vain kyseiset laitteet voivat purkaa salauksen.

Langattomissa tietoverkoissa jokainen langaton lähiverkko voi käyttää vain yhtä todennus- ja salausmetodia, josta johtuen jokaisen päätelaitteen täytyy käyttää samaa salausmetodia. Parhaassa tapauksessa langaton tietoverkkolaite ja päätelaite ovat ainoat laitteet, jotka omaavat salausavaimet. Mikäli salauksen purku onnistuu hyökkääjän toimesta ja se muuttaa lähetettävää dataa matkalla päämäärään, on kehitetty tekniikka MIC (message integrity check), jossa lähettäjä lisää salattuun dataan eräänlaisen merkin. Vastaanottajan purkaessa datan salausta vertaa se merkkiä saamaansa dataan ja mikäli se on samalta lähettäjältä, voidaan yhteyttä pitää turvallisena. (Hucaby 2015)

4 LANGATTOMAN VERKON RAKENNUS JA TESTAUS

4.1 Esimerkkietoverkon rakennus ja sen laitteet

Tehtävänantooni opinnäytetyössä kuului esimerkkietoverkon rakennus ja sen testaus laboratorioympäristössä. Esimerkkiverkkooni kuului kaksi OSI-mallin toisen tason kytkintä, yksi OSI-mallin kolmannen tason kytkin, langattoman verkon ohjauslaite, kaksi langattoman verkon tukiasemaa ja tietokone.



KUVA 7 Tietoverkon topologiaa simuloituna Cisco Packet Tracer-ohjelmalla.

Laitteet, joita käytin opinnäytetyössä:

- Kolmannen tason kytkin eli DLS1 = Layer 3 switch eli kolmannen tason kytkin on tietoverkkolaite, joka välittää paketteja tietoverkossa. Ero kolmannen ja toisen tason kytkimillä on se, että kolmannen tason kytkin hoitaa myös reititystä tietoverkossa, jolloin reititintä ei ole pakko tietoverkossa käyttää. Reitittimen tapaan kolmannen tason kytkin valitsee nopeimman reitin paketeille reititintaulukon avulla. Esimerkkiverkossani käytin Cisco Catalyst 3560 -kytkintä.
- Toisen tason kytkimet eli ALS1 ja ALS2 = Layer 2 switch eli toisen tason kytkin tai vain kytkin on tietoverkkolaite, joka kytkee tietoverkon osia toisiinsa. Tietoverkossa kytkin on tietoverkon tärkein osa ja se mahdollistaa tietoverkon laajentamisen. Esimerkkiverkossani käytin Cisco Catalyst 2960 -kytkimiä.
- Langattoman verkon tukiasemat LWAP 1 ja LWAP 2 = Langattoman verkon tukiasemat eli access pointit ovat keskeisin osa langatonta lähiverkkoa. Esimerkkiverkossani käytetyt langattoman verkon tukiasemat olivat kevyitä eli itse laitteissa ei tehty mitään konfiguraatioita. Esimerkkiverkossani käytin Cisco Aironet 1140-laitetta.
- Langattoman verkon ohjauslaite eli WLAN Controller = Langattoman verkon ohjauslaite on tietoverkkolaite, joka ohjaa langattoman verkon tukiasemien toimintaa. Ohjauslaite on

tarpeellinen vain isommissa langattomissa tietoverkoissa, sillä se on suunniteltu ohjaamaan isoja määriä langattoman verkon tukiasemia. Esimerkkiverkossani käytin Cisco 2504 Wireless Controller-laitetta.

Cisco 2504-ohjauslaite tukee 75 langattoman verkon tukiasemaa ja 1000 päätelaitetta, se sisältää console-portin, 4 Ethernet-porttia, joista 2 on Power over Ethernet-portteja. Cisco 2504 tukee vanhempia, sekä 802.11n- ja 802.11ac-standardeja, se tukee myös datansiirtoa 1 Gbps:in asti. Laitteen konfigurointi on mahdollista terminaalin kautta, sekä graafisen käyttöliittymän kautta.



KUVA 8 Cisco 2504 Wireless Controller.

4.2 Esimerkkiverkon laitteiden konfiguraatiot

Suurimman osan tietoverkon konfiguraatioista tein DLS1-kytkimelle, jossa määritin virtuaalilähiverkot (VLAN) ja portit joihin laitteet ALS1 ja ALS2 oli kytketty, konfiguroin välittämään verkkoliikennettä. DLS1-kytkimeen määritin myös IP-osoitteiden jaon tietoverkon laitteille DHCP-protokollan kautta, sekä tietoliikenteen reitityksen. ALS1- ja ALS2-kytkimet välittivät IP-osoitteet langattoman verkon tukiasemille. Laitteiden konfiguroinnin jälkeen testasin verkon toimintaa ping-komennolla.

```

ca. Command Prompt
Pinging 172.16.10.1 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 172.16.10.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\cadmin>ping 172.16.10.1

Pinging 172.16.10.1 with 32 bytes of data:
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255
Reply from 172.16.10.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

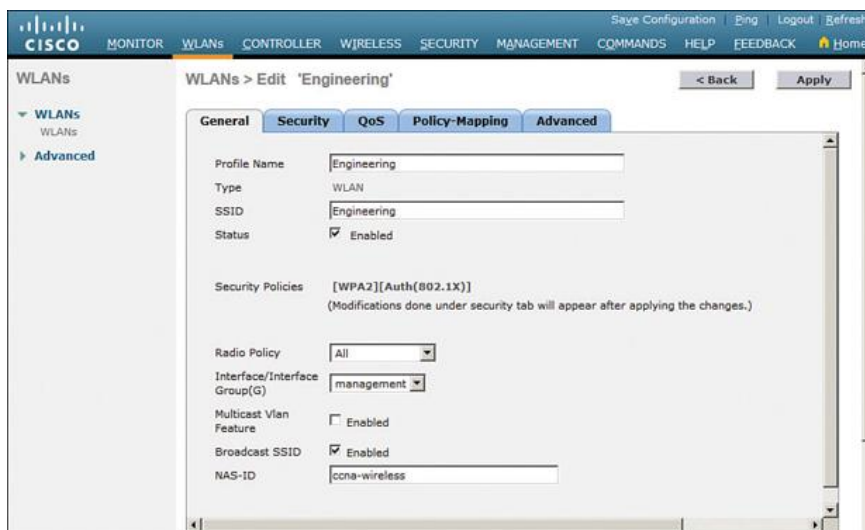
Ping statistics for 172.16.10.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\cadmin>
  
```

KUVA 9 Pakettien lähetys esimerkkiverkossani tuotti onnistuneen tuloksen.

Langattoman verkon ohjauslaitteella määritin langattoman verkon nimen (SSID), langattoman verkon käyttämän standardin, hallintakäyttäjän ja salasanan, IP-osoitteen hallintaa varten ja IP-osoitteen, johon reitittää liikennettä.

Cisco 2504-laitetta voi käyttää myös graafisen käyttöliittymän kautta johon pääsee selaimen kautta, mutta työssä konfiguroin laitteen toimimaan terminaalin kautta. Graafisen käyttöliittymän kautta voi määriä tehdä paljon laajemmin, esimerkiksi luoda useampia WLAN-verkkoja, konfiguroida langattoman verkon tietoturvametodeja ja luoda virtuaalisia lähiverkkoja.



KUVA 10 WLAN määrittäminen Cisco 2504-ohjauksessa graafisessa käyttöliittymässä.

4.3 Langattoman verkon testaus

Langattoman verkon ja sen laitteiden testaukset on syytä aloittaa suunnitteluvaiheen jälkeen. Testausvaiheessa on syytä ottaa muun muassa seuraavat asiat huomioon:

- Signaalin vahvuuden mittaukset: Signaalin kantaman testaus määrittää matkan, joka on soveltuva päätelaitteille. Jos kantama ei riitä haluttuun paikkaan on langattoman verkon jakolaitteita syytä lisätä tai sen paikkaa siirtää lähemmäksi alkuperäisestä. (Geier 2015)
- Suorituskyvyn testaus: Suorituskyvyn testaus määrittää täyttääkö WLAN tiedonsiirtonopeuden vaatimukset. (Geier 2015)
- Langattoman verkon testaus liikkeessä: Testi määrittää voivatko käyttäjät jatkaa langattoman verkon käyttöä kävellessään kantama-alueella. Testi on kattava etenkin silloin, kun siirrytään yhden langattoman verkon jakolaitteen kantama-alueelta toiselle. (Geier 2015)
- Tietoturvan haavoittuvuuksien testaus: Tietoturvan haavoittuvuuksien testaus varmistaa, että langaton lähiverkko täyttää tietoturvan vaatimukset lähiverkossa. (Geier 2015)
- Simulaatiotestaus: Mikäli WLAN asennetaan todella isoon tietoverkkoon voi olla kannattavaa ajaa simulaatiotestejä ennen langattoman verkon implementoimista runkoverkkoon. Tämä voi antaa tärkeää dataa langattoman lähiverkon toiminnasta ja vaatimuksista tietoverkossa, ennen sen oikeaa käyttöönottoa. (Geier 2015)
- Prototyypitestausta: Prototyypitestausta voi tarkoittaa esimerkiksi vain yhden ominaisuuden implementoimista langattomaan lähiverkkoon, ennen kuin koko systeemi implementoidaan. Testaus voidaan suorittaa esimerkiksi laboratorioympäristössä, jossa langattomassa verkossa käytetään vain muutamia päätelaitteita. (Geier 2015)

- Pilottitestaus: Ennen langattoman lähiverkon täyttä implementointia koko organisaatioon, joka voi tarkoittaa monia rakennuksia ja erilaisia sovelluksia on kannattavaa asentaa langaton lähiverkko esimerkiksi vain yhteen rakennukseen, jossa voidaan suorittaa testejä ja tehdä siitä täydellisesti toimiva ennen implementointia loppuun organisaatioon. Jos asennuksessa ilmenee ongelmia, voidaan ne ratkaista pilottivaiheessa eikä ongelmia synny enää myöhemmässä vaiheessa, kun systeemiä implementoidaan muihin rakennuksiin. (Geier 2015)



KUVA 11 Tietoverkko testauksia varten.

5 YHTEENVETO

Langattoman lähiverkon suunnittelu ja toteutus ovat vaativia ja monimutkaisia prosesseja, joihin tarvitaan tietoteknistä ammattitaitoa. Asioita, joita ottaa huomioon on paljon ja langattomien teknikkoiden erikoisosaaminen vaatii hyvää teknistä ymmärrystä.

Rajasin mielestäni aihealueen hyvin ja käsittelin aiheita tarpeeksi laajasti, mutta langattomista verkoista löytyisi materiaalia paljon syvällisempäänkin tutkimukseen. Käytin aihealueen opiskeluun ja kirjoittamiseen vain kahta kirjaa (CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide ja Designing and Deploying 802.11 Wireless Networks: A Practical Guide to Implementing 802.11n and 802.11ac Wireless Networks). Näissä teoksissa käsiteltiin langattomia verkkoja ja niihin liittyviä asioita todella syvästi ja hyvin esitellysti. Sain opinnäytetyön tekemisestä todella paljon lisää tietoa langattomista verkoista ja niiden toteutuksista, jo valmiin oman tietämyksen päälle.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HUCABY, David 2015-12-24 CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide [Viitattu 2016-10-26] Saatavissa:

Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, History of Wireless [Viitattu 2016-10-26]
Arkistoitu osoitteesta: <http://www.jhsph.edu/wireless/history.html>

Saatavissa:

<https://web.archive.org/web/20070210131824/http://www.jhsph.edu/wireless/history.html>

[Viitattu 2016-11-23] https://en.wikipedia.org/wiki/International_Organization_for_Standardization

GEIER, Jim 2015-05-18 Designing and Deploying 802.11 Wireless Networks: A Practical Guide to Implementing 802.11n and 802.11ac Wireless Networks, Second Edition [Viitattu 2016-12-05]

Saatavissa:

<http://proquest.safaribooksonline.com.ezproxy.savonia.fi/book/networking/cisco/9780133891430>