



Tony Kylander

Cisco Meraki verkkoratkaisuna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

17.5.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Tony Kylander
Otsikko:	Cisco Meraki verkkoratkaisuna
Sivumäärä:	27 sivua.
Aika:	17.5.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintäteknikka
Ammatillinen pääaine:	Mediateknikka
Ohjaajat:	Yliopettaja Jarkko Vuori Vanhempi verkkoarkkitehti Juha Kirsi

Insinööriyön tarkoituksena oli tuoda esiin nykyaikaisen pilvihallittavan verkkojärjestelmän hyödyt ja kustannustehokkuus. Pyrkimyksenä oli esitellä tarkasti ja laajasti Cisco Meraki -järjestelmän laitteistot ja asennukset. Cisco Meraki on pilvihallittava verkkoratkaisu, jota voi ohjata verkossa olevan hallintasivun kautta.

Työssä perehdyttiin siihen, miten Merakia hallitaan pilvestä ja miksi se on kannattavaa. Tietoturvallisuutta pohdittiin, ja lopuksi vertailtiin Merakia ja sen kilpailijaa Unifia. Unifi on yksityiskäyttäjälle käytännöllisempi vaihtoehto, mutta yritysmaailmassa Meraki on laadukkaampi ja skaalautuvampi.

Insinööriyössä toteutettiin asiakkaalle verkko Meraki-tuotteilla. Asennuksien jälkeen konfiguroitiin verkko tarpeiden mukaisesti. Asiakas sai laadukkaan ja skaalautuvan verkon, jota on mahdollista laajentaa mutkattomasti yrityksen kasvaessa.

Tuloksena todettiin, että Meraki on pilvihallittavien verkkojen vahvimpia toteuttajia ja se edustaa nykyaikaista verkkojärjestelmää. Kilpailu on kovaa, sillä pilvihallittavien verkkojen markkinat ovat jatkuvassa kasvussa.

Avainsanat: SD-WAN, VPN, tietoturvallisuus, käyttöalusta, pilvihallittavuus

Abstract

Author: Tony Kylander
Title: Cisco Meraki as Network Solution
Number of Pages: 27 pages
Date: 29 April 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Information and Communications Technology
Professional Major: Media Technology
Instructors: Jarkko Vuori, Principal Lecturer
Juha Kirsi, Senior Network Architect

The purpose of this thesis was to introduce the benefits and cost effectiveness of cloud managed network systems. The pursuit was to introduce the Meraki system and its installations closely and widely.

The theoretical part strived to bring out how Meraki is managed from the cloud and why it is worthwhile. Cyber security was looked upon and Meraki was compared to its competitor Unifi.

In the practical part we executed a customer's network with Meraki. After installations we configured the network according to needs.

As a result, it was found that Meraki is one of the strongest implementers of cloud-managed networks and represents the modern network system. The competition is fierce as the market for cloud managed networks is constantly growing.

Keywords: SD-WAN, VPN, Cyber Security, platform, cloud management

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Cisco Meraki verkkoratkaisuna	2
2.1	Cisco Meraki yleisesti	2
2.2	Merakin hallintasivu	3
2.3	Käyttöönotto	4
2.4	Lisätoiminnot	5
3	Meraki-laitteet	7
3.1	Tukiasemat	7
3.2	Palomuurit	8
3.3	Kytkimet	8
3.4	Kamerat	9
4	Järjestelmän toimitus ja asennus asiakkaalle	11
4.1	Valmistelut	11
4.2	Asennus ja toimitus	11
5	SD-WAN-verkkoratkaisu	12
5.1	SD-WAN	12
5.2	Meraki SD-WAN	13
6	Merakin tietoturvallisuus	14
6.1	Datakeskukset	14
6.2	Turvallisuustyökalut	16
6.3	Pilvidatan säilytys	17
7	Pilvihallittavien järjestelmien kilpailu	18
7.1	SD-WAN-ratkaisuiden markkinatilanne	18
7.2	Verkkoratkaisut vertailussa	19
8	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Lyhenteet

- 3DES: Salausalgoritmi, joka salaa selvätekstin lohkoittain.
- HTTP: Hypertext Transfer Protocol. Protokolla, jota selaimet ja WWW-palvelimet käyttävät tiedonsiirtoon.
- HTTPS: Hypertext Transfer Protocol Secure. Protokolla, joka käyttää myös TLS/SSL-protokollaa. Turvallisempi kuin http.
- L2TP: VPN-tunnelointiprotokolla, jota käytetään VPN-tunneleiden tiedonsiirtoa varten.
- IPSEC: IP Security Architecture. Tietoliikenneprotokolla Internet-yhteyksien turvaamiseen.
- IPS: Intrusion Prevention System. Teknologia, joka estää verkkoon suuntautuneita hyökkäysyrityksiä.
- IDS: Intrusion Detection System. Teknologia, joka havaitsee verkkoon suuntautuneita hyökkäysyrityksiä.
- ISO 27001: Standardisarja, jolla rakennetaan turvallinen hallintajärjestelmä.
- Layer 7: OSI-mallin ylin kerros, joka toimii sovelluskerroksena.
- Man-In-The-Middle: Verkkohyökkäys, jossa hyökkääjä asettuu kahden viestijän keskelle ja salakuuntelee viestejä.
- MDM: Mobile Device Management. Älylaitteiden etähallintaan luotu teknologia.

MFA: Multifactor Authentication. Lisäturva kirjautumisiin. Kirjautuessa palveluun täytyy syöttää kolmas varmenne, joka lähetetään käyttäjän määrittelemään palveluun.

OSI-malli: Malli, joka kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmää. Jokainen kerros tarjoaa tietoaan ylöspäin seuraavalle kerrokselle.

SAS70 type II: Datakeskuksille tarkoitettu sertifikaatti luotettavuudesta.

SHA1: Kryptografinen tiivistefunktio.

SD-WAN: Software-Defined networking in a Wide Area Network. Nimitys palomuurille tai reitittimille, joita ohjataan erillisen ohjelman kautta eikä suoraan laitteesta itsestään.

VLAN: Virtual Lan. Lähiverkko voidaan jakaa useaksi virtuaaliseksi lähiverkoksi.

WLAN: Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko.

VPN: Virtual Private Network. Virtuaalinen erillisverkko, jolla voi yhdistää eri verkkoja keskenään.

1 Johdanto

Insinööriyössä käsitellään Ciscon Merakin pilvihallittavaa verkkoratkaisua. Pilvihallittavilla järjestelmillä tarkoitetaan järjestelmää, jota hallinnoidaan verkon kautta eikä suoraan laitteiden parista. Verkkoratkaisulla tarkoitetaan kaikkea verkkoon liittyvää laitteistoa ja konfiguraatiota.

Työn tavoitteena on tuoda selkeästi esiin nykyaikaisen pilvihallittavan verkkoratkaisun käytännöllisyys ja tehokkuus. Työssä tarkastellaan Meraki-tuoteperheeseen kuuluvia laitteita ja niiden käyttötarkoitusta.

Pilvihallittavat verkkojärjestelmät ovat kasvava trendi maailmalla, ja ne kattavat jo ison osan yritysverkoista. Pilvihallittavuus on nykypäivää, ja se helpottaa palveluiden saatavuutta. Palveluiden saatavuus ja niihin käsiksi pääseminen helpottaa sekä käyttäjän arkea että tuen tarjoajan työtä ja täten nopeuttaa ongelmanratkaisua. Varsinkin korona-aikana yritykset ovat siirtyneet yhä enemmän pilvihallittaviin ratkaisuihin välttääkseen ylimääräisiä ihmiskontakteja.

Insinööriyössä otetaan käyttöön asiakkaalle Cisco Meraki -järjestelmä ja tehdään laitteiston asennukset asiakkaan toimistoon. Asennukset tehdään kartoittamalla asiakkaan tarpeita niin, että asiakkaan verkosta saadaan mahdollisimman mutkaton.

Insinööriyöraportissa tarkastellaan Merakin uusimpia laitteita ja ominaisuuksia. Samalla vertaillaan kilpailijoiden tuotteita Merakin vastaaviin ja verrataan markkinaosuuksia. Verkkolaitteiden markkinat ovat jatkuvassa kasvussa ja tämän myötä myös pilvihallittavien laitteiden tarjonta on kasvussa.

2 Cisco Meraki verkkoratkaisuna

2.1 Cisco Meraki yleisesti

Cisco Meraki on Cisco Systemsin omistama pilvihallittava verkkoratkaisu. Cisco Systems on San Franciscosta lähtöisin oleva verkkolaitteita valmistava yritys. Cisco on maailmanlaajuisesti tunnettu yritys, ja sitä pidetään markkinoiden suunnannäyttäjänä. Meraki työllistää 2 000 työntekijää, ja sillä on yli 500 000 asiakasta. (About Meraki.)

Cisco Meraki on nykyaikainen verkkoratkaisu keskisuuriin ja isoihin verkkoympäristöihin. Meraki mahdollistaa johdonmukaisen, laajan ja helpon hallittavuuden isompiin verkkoratkaisuihin. Merakia ei ole markkinoitu suoraan yrityskäyttöön, sillä sitä voi hyvin käyttää kotonaan myös, mutta siinä on omat epäkäytännöllisyydet. Kotikäytössä Merakista ei saa kaikkia ominaisuuksia käyttöönsä, joten kalliin hinnan vuoksi se ei ole taloudellisin ratkaisu yksityiskäyttöön, mutta varakkaammalle käyttäjälle monipuolinen ratkaisu kotiverkoksi.

Nykypäivänä iso osa verkkolaitteista on verkkohallittavia, mikä helpottaa niiden käyttöä. IT-maailmassa verkon hallittavuus verkon kautta on iso helpotus IT-tuelle, sillä aikaa ja kustannuksia kuluu vähemmän matkustamiseen paikan päälle, kun iso osa ongelmista ja muutoksista on tehtävissä selaimen kautta. Verkkoa voi muokata ja korjata selaimesta Merakin hallintasivulta (Dashboard), eikä teknikon joka kerta tarvitse lähteä paikan päälle katsomaan ongelmaa. Tämä on myös kustannustehokasta asiakkaalle, sillä asiakkaan ei tarvitse maksaa monen tunnin työtä, kun teknikko on jo ongelman parissa muutamalla klikkauksella.

Merakilla on omat laitteet, jotka ovat yhteensopivat koko järjestelmän kanssa. Laitteisiin kuuluvat kytkimet, tukiasemat, palomuurit ja kamerat (ks. kuva 1). Laitteet ovat kalliita, mutta hintaan kuuluu elinikäinen takuu. Merakin käyttöön tarvitaan myös Ciscolta lisenssi, joka oikeuttaa pilvihallintaan. Ilman lisenssiä laitteet lopettavat toiminnan ja tuki lakkaa (Meraki Licensing FAQs).

Meraki perustettiin vuonna 2006 San Franciscossa, jolloin se oli kokonaan oma yhtiönsä. Cisco Systems Oy osti startup-yhtiö Merakin vuonna 2012. Myyntihinta oli 1,2 miljardia dollaria (Cisco Completes Acquisition of Meraki). Vuonna 2012 Meraki työllisti 330 työntekijää, kun tämän päivän luku on yli 2 000 (About Meraki). Merakin päätoimisto sijaitsee edelleen San Franciscossa.



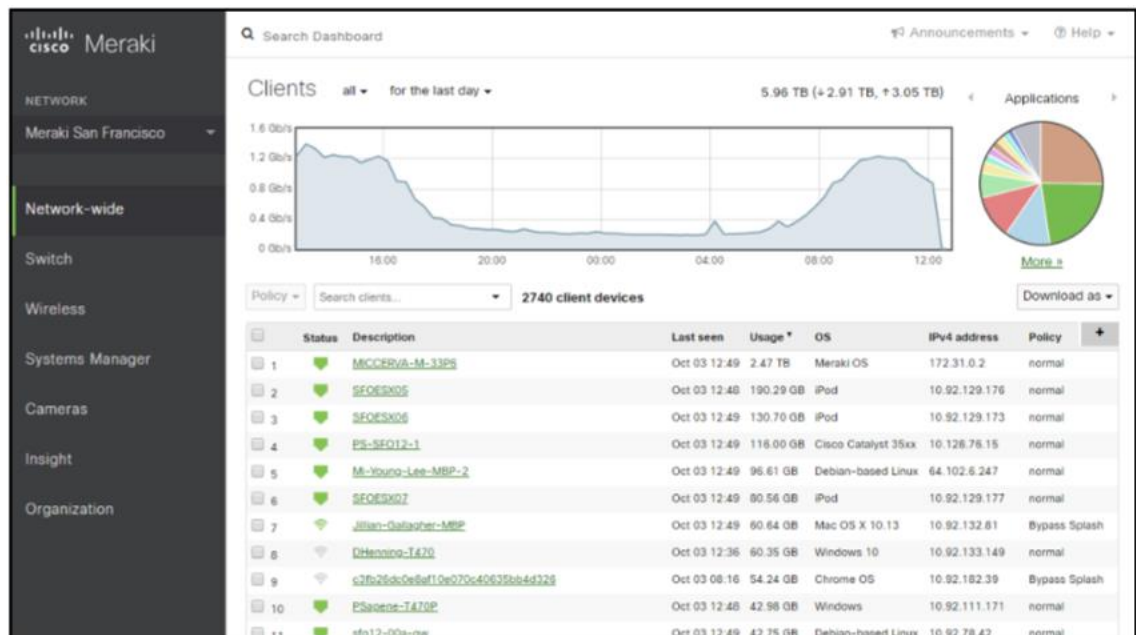
Kuva 1. Cisco Meraki -laitteet (Cisco Meraki Device Overview).

2.2 Merakin hallintasivu

Merakin hallintasivulta hallitaan koko järjestelmää (ks. kuva 2). Merakiin kirjaututaan suoraan selaimesta, ja se on tämän takia helposti tavoitettavissa mistä päin maailmaa tahansa, kunhan toimiva verkkoyhteys on käytössä. Kirjautumalla omilla tunnuksilla pääsee oman järjestelmän hallintaan.

Dashboardissa mainitaan verkot, joihin tilille on annettu oikeudet. IT-yrityksille verkkojen hallinta on helppoa Dashboardin kautta, sillä yhdelle käyttäjälle voi antaa pääsyn monen eri yrityksen verkkoon. Teknikko pääsee Dashboardista valitsemaan halutun yrityksen verkon, ja parilla painalluksella teknikon edessä on mahdollisuus hallita asiakkaan verkkoa.

Cisco on tehnyt Merakiin sisäänrakennetut varoitukset. Varoitukset tulevat Dashboardiin, ja sieltä voi myös korjata kyseiset ongelmat usein helposti. Varoitukset voi myös lähettää sähköpostiin, jos Dashboardia ei tule seurattua jatkuvasti (Alerts and Notifications). Suurin osa ongelmista korjataan etänä.



Kuva 2. Dashboard, jossa näkyvät tiettyyn verkkoon yhdistetyt laitteet (Meraki Cloud Architecture).

2.3 Käyttöönotto

Tilin luonnin jälkeen luodaan verkko ja lisätään verkkolaitteet kyseiseen verkkoon sarjanumeron tai tilausnumeron avulla. Tilausnumeron pitää olla Merakin tilausnumero, joten välittäjän tilausnumero ei riitä. Mikäli verkossa on kaksi laitetta tai enemmän, pitää valita "Combined Hardware". Verkon luonnissa lisätään ensimmäisenä palomuurin ja sen jälkeen muut tarvittavat laitteet.

Create network

Setup network

Networks provide a way to logically group, configure, and monitor devices. This is a useful way to separate physically distinct sites within an Organization. ⓘ

Network name

Select devices from inventory

Check the devices in your inventory you'd like to add to this network.

<input checked="" type="checkbox"/>	Serial number	Model	Type	MAC address	Order number	Claimed on
<input checked="" type="checkbox"/>	Q2FD-KXHD-8MKJ	MR34	Wireless	00:18:0a:3d:bf:20		09/26/2019, 3:59 pm

Kuva 3. Verkon luonti (Getting Started 2020).

Tämän jälkeen konfiguroidaan verkko, jotta se toimisi halutulla tavalla. Konfigurointi on tärkein kohta käyttöönotoissa, sillä jokainen verkko on optimoitava asiakkaalle sopivaksi (esimerkiksi VPN ja palomuri) ja turvalliseksi, mutta nykyaikaiset hallintapaneelit ovat tehneet tästäkin suhteellisen mutkatonta ja nopeaa.

Viimeiseksi tarkistetaan verkon toimivuus ja luodaan uusia käyttäjiä hallintasi- vulle, mikäli on tarve. Suositeltavaa on luoda verkolle toinen järjestelmänvalvoja. Yrityksen oma IT-vastaava voi myös haluta pääsyn verkon hallintaan monitorointia varten. (Getting Started 2020.)

2.4 Lisätoiminnot

VPN

Cisco on luonut Merakiin sisäänrakennetun VPN:n, joka on erittäin helppokäyttöinen. Käyttäjien hallinta onnistuu Dashboardista tai sitten sen voi linkittää Active Directory -tiliin, joka sijaitsee yrityksen palvelimella. Active Directory on Mic-

rosoftin käyttäjätietokanta, jossa voidaan hallita keskitetysti yrityksen toimialueeseen kuuluvia käyttäjiä. Merakin VPN:ssä käytetään esijaettava avainta, joka toimii VPN-yhteyden yleisenä salasanana käyttäjien salasanojen lisäksi.

Merakin VPN käyttää "L2TP/IPSEC PSK"-tunnelointiprotokollaa, ja suojaus on toteutettu ensimmäisessä vaiheessa 3DES- ja SHA1-salauksilla, toinen vaihe taas käyttää salauksia AES/3DES ja SHA1. VPN-tunnelin pystytys on jaettu kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe luo salatun tunnelin kohteeseen, ja toinen vaihe luo IPSec-tunnelin, jälkeen VPN-tunneli on valmis. (Client VPN Overview.)

Mobile Device Management

Meraki MDM (Mobile Device Management) on älylaitteille ja perinteisille tietokoneille tehty hallintatoiminnallisuus, jolla voi etänä hallita isoa määrää laitteita. Laitteisiin voi keskittää asennuksia ja turvaominaisuuksia pakotetusti etänä. Tämä usein auttaa yrityksiä hallinnoimaan työlaitteita, joita yritys antaa työntekijöilleen.

MDM:llä voidaan esimerkiksi rajata pääsyä työntekijöiltä, jotka eivät tarvitse pääsyä tietyille sivuille tai palvelimille. Pakotetut turvaominaisuudet ovat hyvä tapa varmistua, että yrityksen tärkeä data on lukituksen takana. Jos laite katoaa, sen voi myös tyhjentää etänä. Työkalujen (VPN ja ohjelmat) jako keskitetysti useammalle laitteelle tekee laiteasennuksista helpompaa. Merakin MDM osaa myös kerätä automaattisesti laitteiden tiedot, joten Meraki Dashboard toimii myös hyvänä tiedonlähteenä, kun laitteesta tarvitaan tietoa (ks. kuva 4).

Meraki MDM:stä löytyy Android-laitteille "Backpack"-ominaisuus, joka toimii nykyaikaisen pilvipalvelun tavoin tiedostojenhallintana. Backpackin kautta voi suoraan jakaa Dashboardin kautta tiedostoja halutuille laitteille. Pilvisynkronointi pitää tiedostot ja ohjelmat ajan tasalla.

Meraki-laitteiden Layer 7 -teknologia mahdollistaa laitteiden tiedonkeruun Dashboardiin. Dashboard kerää mm. MAC-osoitteen, käyttöjärjestelmän ja laitteen nimen. Nämä tiedot helpottavat laitteiden hallintaa ja tunnistamista. (Solutions: Mobile Device Management.)



#	Status	Model	OS	Connectivity	Enrollment Date
1	🟢	Xoom	Android 4.0.4	🟢	Sep 14 07:47
2	🟢	Nexus 7	Android 4.1.1	🟢	Sep 13 14:53
3	🟢	MB855	Android 2.3.5	🟢	Sep 13 08:45
4	🟢	MacBook Pro	OS X 10.8.1	🟢	Sep 10 09:22
5	🟢	MacBook Pro	OS X 10.8.1	🟢	Sep 07 15:01
6	🟢	ThinkPad X220	Win 7 Pro, SP 1	🟢	Sep 06 16:39
7	🟢	ThinkPad X220	Win 7 Pro, SP 1	🟢	Sep 06 16:39
8	🟢	ThinkPad X220	Win 7 Pro, SP 1	🟢	Sep 06 16:36
9	🟢	ThinkPad X220	Win 7 Pro, SP 1	🟢	Sep 06 16:36
10	🟢	iPad 3	iOS 6.0	🟢	Sep 06 11:32

Kuva 4. MDM:n kautta äylaitteesta saa tärkeää tietoa (Solutions: Mobile Device Management).

3 Meraki-laitteet

3.1 Tukiasemat

Merakin tukiasemat ovat laitteita, jotka jakavat WLAN-verkkoja. WLAN on kätevä toimistoissa, joissa käytetään paljon langattomia laitteita (kannettavat äylaitteet ja kannettavat tietokoneet). Uusimmat Merakin tukiasemat on rakennettu Wifi 6 -tuella, joka takaa vakaamman ja nopeamman verkon. Wifi 6E:tä tukevaa tukiasemaa Meraki ei vielä ole julkaissut. Wifi 6 tukee sekä 2,4 GHz:n että 5 GHz:n taajuutta (Wifi 6: The Next Generation of Wireless). Teoreettisesti yhteen tukiasemaan voi liittyä 1 024 asiakasta, mutta käytännön tasolla tuo määrä aiheuttaisi hidastumista käyttäjille (Approximating Maximum Clients per Access Point). Tukiasemat on helppo konfiguroida jakamaan sekä toimiston sisäistä että vierasverkkoa. Dashboardista voi määrittellä palomuriin asetuksia, jotka sulkevat vierasverkon kokonaan ulos yrityksen omasta verkosta. Tämä onnistuu luomalla täysin erillinen VLAN-verkko vieraskäyttöön ja sulkemalla sen pääsy sisäverkkoon. Tällöin vierasverkko toimii ainoastaan Internetin suuntaan.

Tukiasemista löytyy kolmas radiovastaanotin, joka skannaa jatkuvasti lähiverkkoja ja havaitsee uhkaavilta vaikuttavat verkot. Näistä havainnoista saa ilmoituksen Dashboardiin tai suoraan sähköpostiin. Tukiasemien oma IPS pystyy neutralisoimaan langattomien verkkojen uhkia. Keskitetty hallinta sallii saman verkon tukiasemien asentamisen myös etätoimistoihin. (Cisco Meraki Device Overview.)

3.2 Palomuurit

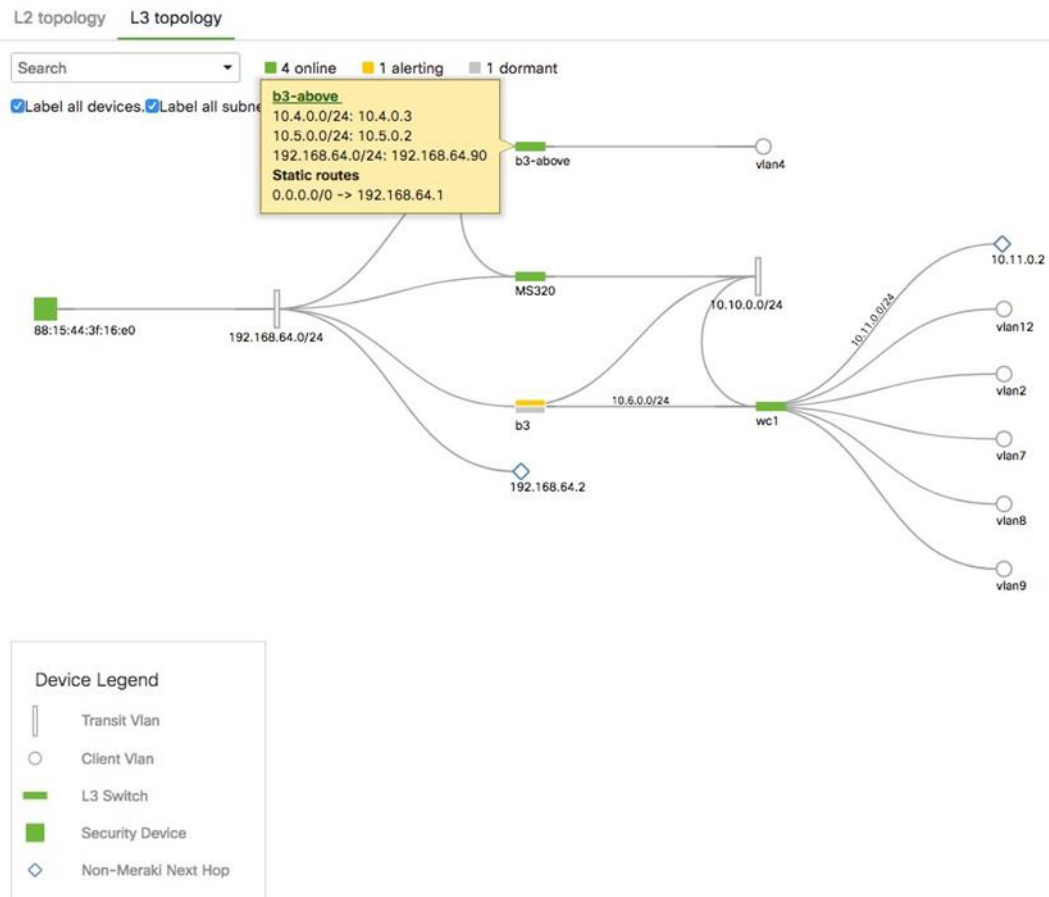
Merakin palomuurit suojaavat toimiston verkkoa uhilta ja määrittelevät verkkoon pääsyä ulkoverkosta ja sisäverkosta. Palomuurilla on mahdollista määritellä mm. sallittuja ja estettyjä verkkosivuja, määritellä asetuksia maantieteellisesti, havaita verkkohyökkäyksiä ja konfiguroida VPN. Merakin palomuuressa on kattava valikoima toimintoja, joiden avulla verkosta saadaan nykyaikainen ja erittäin edistynyt. Palomuuressa on sisäänrakennettu IDS (Intrusion detection system) ja IPS (Intrusion Prevention System), jotka hoitavat verkon turvallisuuden. Ne estävät ulkoverkosta tulevat hyökkäykset ja estävät niiden pääsyn sisäverkkoon. Havainnon jälkeen uhkaavat yhteydet laitetaan karanteeniin. Palomuurin konfigurointia on kehitetty erittäin helppokäyttöiseksi ja helposti hallinnoitavaksi. (Paunikar 2019.)

Palomuuressa tukee myös kahden WAN-portin käyttöä samanaikaisesti. Palomuuriin suositellaan mobiilidataverkon kytkemistä vaihtoehtoiseksi verkoksi katkoksen välttämiseksi. (3G/4G Cellular Failover with USB Modems.)

3.3 Kytkimet

Kytкимиä tarvitaan laitteiden yhdistämiseen, sillä palomuurista löytyy yleensä vain 4 LAN-porttia. Käytännössä ainoastaan johtojen kytkeminen on pakollista paikan päällä, mutta kaikki muu onnistuu pilven kautta. Kytkintä hallinnoidaan Dashboardista, kuten kaikkia muitakin laitteita.

Dashboardissa on erittäin kattavat työkalut kytkimen hallintaan. Dashboardissa kytkimiä varten on kaaviosivu (ks. kuva 5.) Useampaa kytkimen porttia voi määrittellä samanaikaisesti, mikä nopeuttaa työskentelyä ja verkon määrittämistä. Kytkimiin on myös sisäänrakennettu ajastin, jonka voi määrittellä sulkemaan kaikki tietoliikenne haluttuina kellonaikoina. Tämä toiminto säästää huomattavasti sähköä ja laitteen kulumista. (Das 2019.)



Kuva 5. Dashboard näyttää kytkimen kytkennät (Network Topology).

3.4 Kamerat

Merakin kamerat on suunniteltu sekä ulko- että sisäkäyttöön. Kameroissa on 180 asteen näkökulma, joka on toteutettu ns. "kalansilmä"-näkömällä. Tämä mahdollistaa laajan kuvakulman, jotta mahdollisimman vähän kameroita tarvittaisiin tiettyyn paikkaan. Videoiden resoluutiona toimii 1080p (1920 x 1080) ja

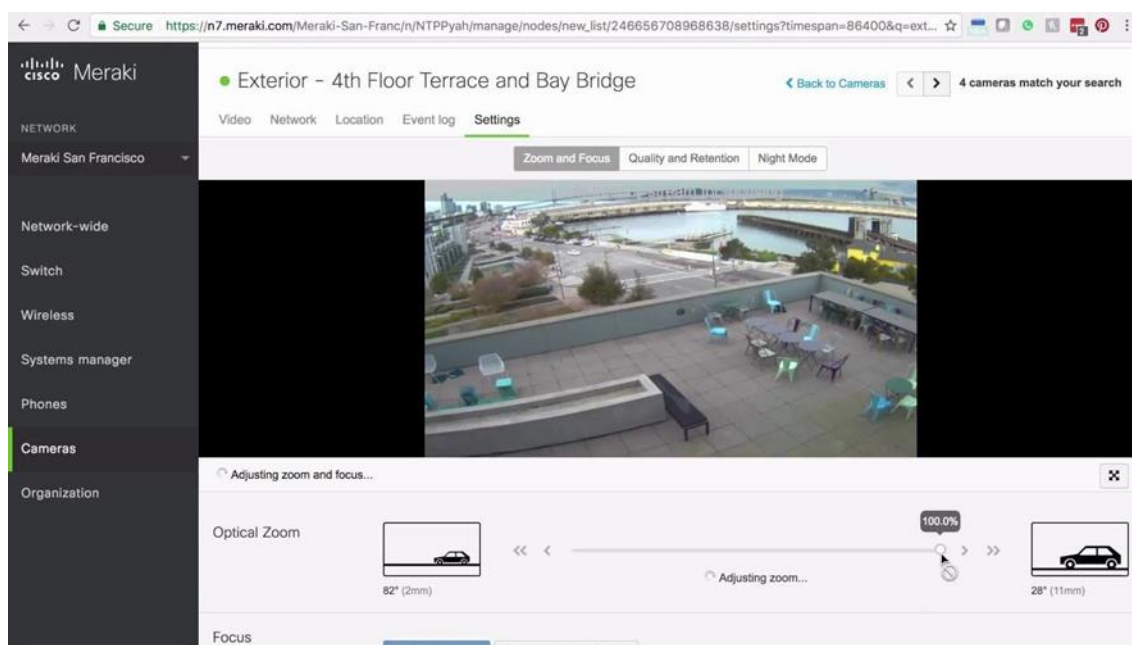
sen kuvataajuus on 20 kuvaa sekunnissa (MV72). Kameran seuranta on helppoa Merakin Dashboardista kameroille tarkoitetulta videoseinältä (ks. kuva 6).

Kameroille on Dashboardissa nykyaikainen ohjelma videon seurantaan.

Dashboardiin on rakennettu toiminnallisuus, jolla voi etsiä liikettä halutusta kohdasta, ja Meraki hakee ajankohdat, jolloin kyseisellä alueella on liikehdintää.

Dashboard luo myös videoista lämpökartan kamerassa tapahtuvasta liikkeestä, minkä myötä eri alueiden seuranta helpottuu. Dashboardin videoseuranta on suojattu TLS- ja AES-salauksella, joten etänä videoiden katsominen on myös turvallista.

Kameralla on sisäinen 256 GB:n tallennustila, mikä takaa korkeimmalla resoluutiolla 20 päivän tallennukset, kun kamera ottaa kuvaa vuorokauden ympäri. Ison tallennustilan myötä kamera pystyy tallentamaan videota ilman verkkoyhteyttä myös, mikäli verkkoyhteys katkeaisi. Kameroiden takuu-aika on muista laitteista poikkeava 3 vuotta. Jotta ulkokamerat voivat toimia alhaisilla lämpötiloilla normaalisti, niihin on rakennettu sisäinen lämmitin ylläpitämään normaalia toimintaa. (Cloud Managed Smart Cameras.)



Kuva 6. Merakin kameroiden hallintasivu (Cisco Meraki MV – Settings Adjustment Mini-Demo).

4 Järjestelmän toimitus ja asennus asiakkaalle

4.1 Valmistelut

Koko järjestelmätoimitusprosessi lähti käyntiin asiakkaan yhteydenotolla HS-Worksien myyntitiimiin. Asiakas pyysi huoletona ja sujuvaa verkkojärjestelmää, jonka hallinnasta huolehtii HS-Works. Aiempi verkkoratkaisu oli vanhanaikainen, ja sen toiminta oli epävakaata.

HS-Worksien myyntitiimi tarjosi perinteiseen tapaan Merakia. Huomioon otettiin myös, että kyseessä on noin 10 hengen yritys, joka ei tarvitse Merakin kalleimpia ja monipuolisimpia laitteita, sillä halvimmissa laitteissa on jo tarpeeksi suorituskykyä ja skaalautuvuutta asiakkaan tarpeisiin. Asiakas hyväksyi tarjouksen, joka sisälsi Merakin MX64-palomuurin, MR36-tukiaseman ja kolmen vuoden lisenssin. Meraki ei toimi ilman maksullista lisenssiä.

Asiakkaalle ei tarjottu Meraki Go:ta, sillä Go:sta puuttui paljon monitorointiin ja raportointiin liittyviä ominaisuuksia, vaikka se onkin tarkoitettu pienille yrityksille. Samalla asiakas halusi myös mahdollisuuden skaalata verkkoa isommaksi, mikäli tulevaisuudessa on tarve, joten asiakkaalle tarjottiin Merakia.

4.2 Asennus ja toimitus

Laitteet tilattiin HS-Worksien toimistolle, ja siellä esiasennettiin laitteet käyttövalmiiksi. Ensiksi luotiin uusi verkko Dashboardiin ja se nimettiin asiakkaan mukaan. Seuraavaksi valittiin "Combined Hardware" -valinta, sillä verkkoon liitetään useampi Meraki-laite. Tämän jälkeen lähdettiin lisäämään palomuuria kyseiseen verkkoon. Palomuri lisättiin sarjanumeron avulla. Tämän jälkeen kytkettiin MX64-palomuuri WAN-portin kautta verkkoon, ja hetken kuluttua palomuri oli jo yhdistänyt Dashboardiin ja oli käyttövalmiina.

Seuraavaksi MR36-tukiasema asennettiin käyttövalmiiksi. MR36-tukiasema pystyy jakamaan kahta eri radiotaajuutta (2,4 GHz ja 5 GHz), ja se käyttää uu-

sinta WiFi 6 -standardia (teknisemmältä nimeltään 802.11ax). Wifi 6 takaa nopean ja vakaan verkon, kun verkossa on monta vierailijaa. MR36-tukiaseman teoreettinen maksimimäärä käyttäjiä samanaikaisesti on 1 024, mutta käytännön tasolla se on paljon alhaisempi. Laite lisättiin verkkoon sarjanumerolla, ja se yhdisti Dashboardiin automaattisesti, kun tukiasema oli liitetty palomuurin LAN-porttiin. Tämä edellytti, että palomuuuri on kytketty verkkoon.

Verkon luonnin ja laitteiden kytkemisen jälkeen oli seuraavana vuorossa asiakkaan toiveiden mukaisen verkon toteuttaminen, eli konfigurointi. Seuraavaksi luotiin Dashboardista langattoman verkon oletusasetuksilla, sillä asiakas ei tarvinnut isompaa konfigurointia siihen. Salasanat ja SSID:t laitettiin toiveiden mukaisesti. Asiakkaalla oli vain kaksi langallista laitetta toimistossa, joten kytkemelle ei ollut tarvetta. Suurin osa laitteista käyttää langatonta verkkoa. VPN:lle ei löytynyt käyttöä, sillä asiakkaalla oli nykyaikaiseen tapaan kaikki tiedostot pilvipalveluissa, joten niihin pääsi käsiksi mistä tahansa verkosta. VPN:n saa helposti käyttöön, mikäli sille joskus tulee tarvetta.

Kun verkon toimivuus oli testattu, otimme käyttöön ilmoitukset kyseisestä verkosta IT-tuelle paremman seurannan vuoksi. Mikäli tulevaisuudessa ongelmia ilmenee, niistä saadaan tieto reaaliajassa Dashboardista sähköpostiin.

5 SD-WAN-verkkoratkaisu

5.1 SD-WAN

SD-WAN (Software-Defined Network in a Wide Area Network) on vielä suhteellisen uusi verkkoratkaisu, joka helpottaa isojen yritysten verkon hallintaa ja toimivuutta. Se antaa joustoa operaattorin valitsemisessa, ja sen skaalautuvuus eri toimipisteille tekee siitä hyödyllisen nykyaikaisessa yrityksen verkkoympäristössä. SD-WAN on suunniteltu yhdistämään yrityksen eri toimipisteet saman verkon alle joustavasti ja nopeasti yhden hallintapaneelin kautta. Usein eri toimipisteillä operaattorin verkon laatu voi vaihdella, joten tiettyyn operaattoriin si-

donnaisuus katoaa SD-WAN-ratkaisun myötä, sillä yritysverkko rakennetaan julkisen verkon päälle. SD-WAN:n myötä verkot eivät ole enää riippuvaisia maantieteellisestä sijainnistaan, vaan ne saa yhdistettyä yrityksen pääverkkoon missä tahansa. Usein palveluntarjoajat tarjoavat myös mobiilidataverkkoa pääverkon tueksi, jolloin verkon toiminta voidaan taata pääyhteyden katkeamisen varalta. (Niinijärvi 2021.)

5.2 Meraki SD-WAN

SD-WAN on Merakin tärkein ominaisuus. Keskitetty hallinta (Dashboard) ja Merakin Auto VPN ovat suurimmat edut Merakin SD-WAN-ympäristössä. Ilman SD-WAN-ratkaisua Meraki ei olisi pilvihallittava, joten koko Merakin idea rakentuu SD-WAN-verkkoratkaisun ympärille (ks. kuva 7). (Harrison 2018.)



Kuva 7. Hahmotelma Merakin SD-WAN:n toiminnasta (Cloud Managed Network Security & SD-WAN).

Auto VPN

Meraki loi Auto VPN -toiminnon eri verkkojen yhdistämiseen. Auto VPN säästää verkon käyttöönotossa aikaa, sillä se osaa luoda Dashboardin kautta tunnelin kahden palomuurin välille mutkattomasti ja automaattisesti.

Perinteisessä VPN:ssä ongelmana on ollut palomuurien jäykkyys kättelyssä keskenään. Verkkojen yhdistäminen on ollut aikaa vievää, sillä manuaalinen staattisten IP-osoitteiden määrittely ja tunneleiden rakentaminen on ollut aikaa

vievää. Meraki loi "Auto VPN" -ominaisuuden automatisoimaan perinteiset haasteet VPN-yhteyksien ympärillä. Merakin palomuurit löytävät toisensa Dashboardin kautta sijainnista riippumatta. Perinteisessä VPN:ssä ongelmana on myös ollut salauksen staattisuus. (Harrison 2018.)

Auto VPN käyttää "Automatic NAT Traversal" -ominaisuutta. Tämä tarkoittaa, että tunneli palomuurien välille syntyy "UDP hole punching" -ominaisuutta käyttäen, joka etsii vastaanottavasta palomuurista UDP-portin porttien 32768–61000 väliltä. Portin löydyttyä IPsec-tunneli on pystytetty ja tämä kaikki ilman käyttäjän toimia. (Automatic NAT Traversal for Auto VPN Tunneling between Cisco Meraki Peers.)

Tärkeimpänä ominaisuutena Auto VPN:ssä pidetään Merakin säännöllistä salausavainten hakemista konfiguraatitiedostosta. Automaattinen päivitys salaukseen pitää tunnelin turvallisena ja tämä ei vaadi käyttäjältä turhia ponnisteluja. (Harrison 2018.)

6 Merakin tietoturvallisuus

Merakilla on markkinoiden laajin pilvihallittava verkkoratkaisu. Merakin asiakaina on pankkeja, sairaaloita ja tuhannen työntekijän yrityksiä, joten tietoturvalisuus on yksi tärkeimmistä asioista varjella.

6.1 Datakeskukset

Pilvihallittavista palveluista puhuttaessa tulee ymmärtää, että osa datasta säilytetään palveluntarjoajan palvelimilla. Tällöin arkaluontoinen materiaali voi olla palveluntarjoajan hallussa. Nämä järjestelmät operoivat palveluntarjoajan datakeskuksissa, ja tietomurto niihin olisi vakava asia. Meraki on pyrkinyt vähentämään arkaluontoisen datan säilyttämistä datakeskuksissaan. Se säilyttää ainoastaan verkon konfiguraatiot, käyttötilastot ja Meraki-käyttäjätunnukset.

Datakeskukset sijaitsevat neljällä eri mantereella paremman palvelun tarjoamista varten. Päädatakeskus on sijoitettu Pohjois-Amerikkaan, jossa Merakin päämaja sijaitsee (ks. kuva 8).



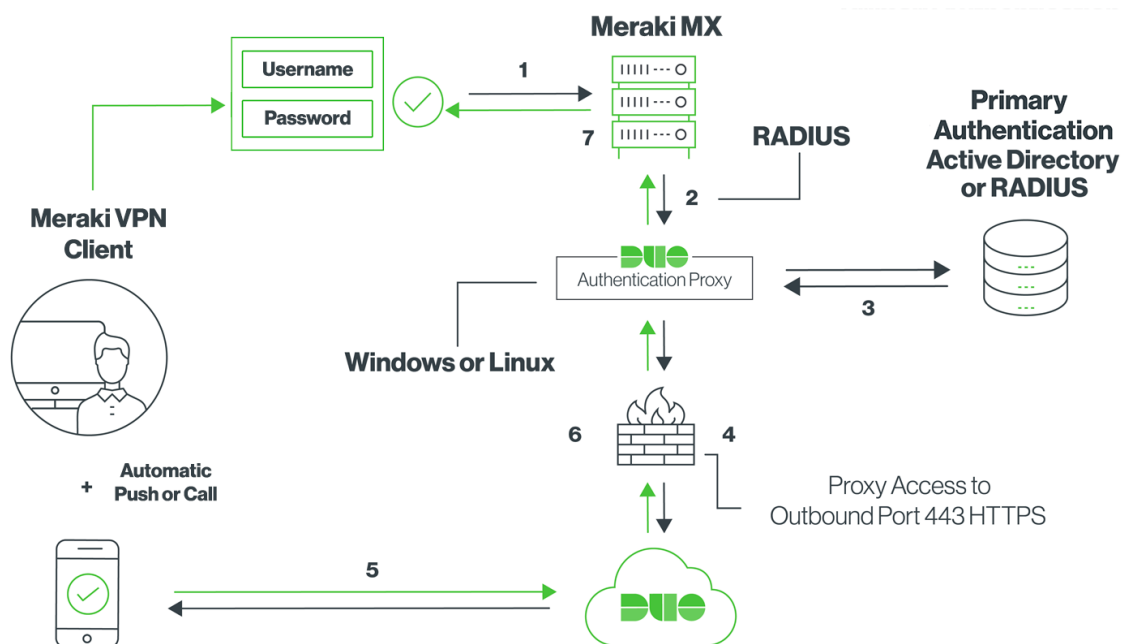
Kuva 8. Merakin datakeskuksien sijainnit maailmalla (Meraki Cloud Architecture).

Datakeskuksen turvallisuus Merakilla on taattu SAS70 type II / SSAE18 type II- ja ISO 27001 -sertifikaateilla. Kaikki Merakin datakeskukset on varmuuskopioitu erillisiin itsenäisiin datakeskuksiin, jolloin yhden datakeskuksen kaatuminen ei vaikuta toimintaan ja data säilyy. Datakeskuksissa on jatkuva vianetsintä päällä, ja se skannaa palvelimia viiden minuutin välein. Meraki takaa 99,99 %:n tauottoman toimivuuden, minkä myötä palvelu voi olla alhaalla enintään tunnin vuodessa.

Meraki myös testaa päivittäin murtoja kolmannen osapuolen kautta datakeskukseen haavoittuvuuksien löytymiseksi. (Cisco Meraki Datacenter Design.)

6.2 Turvallisuustyökalut

Merakin tärkein turvallisuustyökalu on MFA (Multifactor Authentication), joka suomennettuna tarkoittaa kaksivaiheista tunnistautumista. MFA:ssa käyttäjältä vaaditaan vielä toista kertakäyttöistä salasanaa kirjautumiseen. Se usein lähetetään puhelimeen tekstiviestinä tai sovelluksen kautta (ks. kuva 9).



Kuva 9. Meraki Client VPN:ssä käytettävän MFA-vahvistuksen toiminta (Meraki Client VPN).

Tietoturvallisuudessa tärkeää on myös pitää päivitykset ajan tasalla. Meraki Dashboardista järjestelmänvalvojat pääsevät hallitsemaan yksittäisten verkkojen tai laitteiden päivityksiä keskitetysti. Päivitykset voi ajastaa automaattisiksi työajan ulkopuolelle, jolloin pienintäkään katkoa verkon toimintaan ei tule. Dashboardissa on täysin päivityksille omistettu sivu, jossa pääsee tutkimaan eri laitteiden ohjelmistoversioita ja viimeisiä päivityksiä.

Turvallisuustyökaluihin kuuluu myös ”Network Change Ops change log”, joka on järjestelmänvalvojille tarkoitettu Dashboardiin kirjautumisten ja verkkoihin tehtyjen muutoksien tarkkailuun. Järjestelmänvalvoja pystyy seuraamaan muiden sisään kirjautuneiden käyttäjien IP-osoitteita ja maantieteellistä sijaintia. Lokin seuraaminen tarjoaa suojausta ja hallittavuutta verkkojen järjestelmänvalvojille.

Dashboard on myös suojattu SSL-sertifikaateilla, jotka suojaavat järjestelmänvalvojan selaimen yhteyden Dashboardiin, jolloin väliintulohyökkäyksiltä (man-in-the-middle) vältytään. Http-yhteydellä Dashboardiin ei pääse. Dashboardiin on myös rakennettu automaattinen aikakatkaisu kirjautumisille, mikäli istunto venyy ja käyttäjä ei ole aktiivinen sivustolla. (Security Tools and Best Practices for Administrators.)

6.3 Pilvidatan säilytys

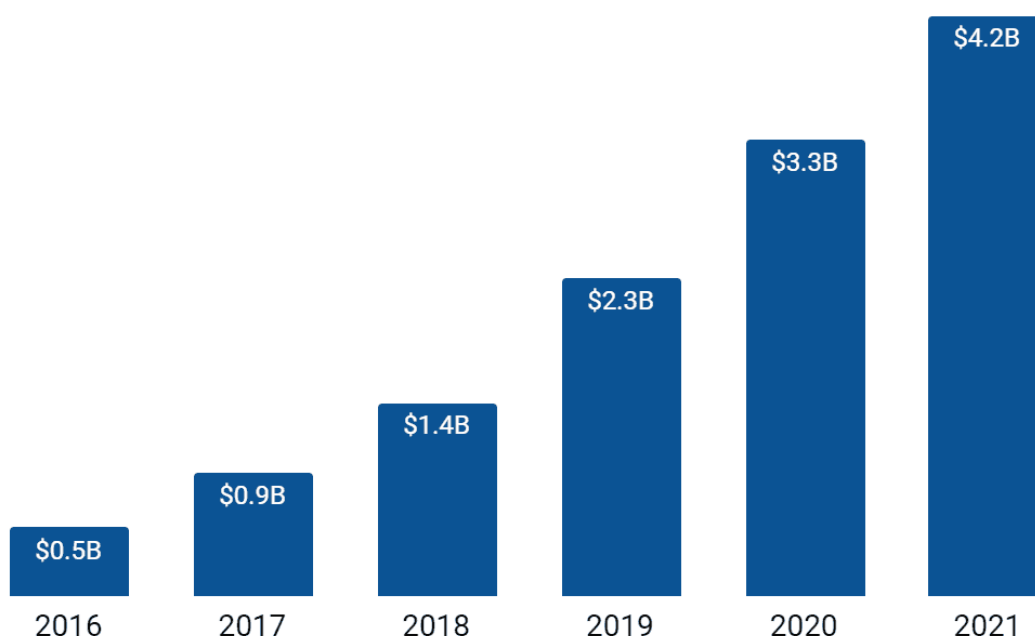
Meraki on ilmoittanut, että se ei kerää käyttäjien verkkoliikennettä (esim. selaintiedot, käytetyt sovellukset). Käyttäjien verkkoliikenne ei liiku Dashboardin kautta, vaan ainoastaan palomuurin kautta ulkoverkkoon. Ainoa data, jonka Meraki säilyttää, on laitteiden hallintaan liittyvä verkkoliikenne. Tämä liikenne on suojattu salatulla tunnelilla suoraan Merakin palvelimille.

Säilytetyn pilvidatan säilyvyys perustuu maantieteelliseen sijaintiin, ja suurin osa datasta pidetään paikallisen mantereen datakeskuksessa. Merakille tärkein data voidaan lähettää Merakin päädatakeskukseen hallintaa varten. Dataa säilytysaika määrittyy paikallisen lainsäädännön mukaan, ja se voi vaihdella eri mantereilla. (Cloud Data Retention Policies.)

7 Pilvihallittavien järjestelmien kilpailu

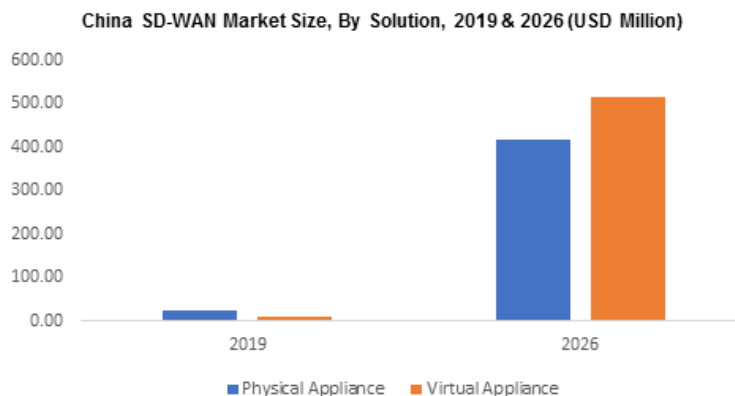
7.1 SD-WAN-ratkaisuiden markkinatilanne

Merakin tämän hetken suurimmat kilpailijat ovat Aruba, Ruckus, Ubiquiti ja Aerohive. Meraki usein yhdistetään Ciscon markkinaosuuteen, jolloin tilastotietoa Merakin tarkasta markkinaosuudesta ei aina saada. Koko Ciscon markkinaosuus yritysten langattomissa verkkoratkaisuissa oli vuoden 2020 kolmannessa neljänneksessä 33,2 % (Framingham 2020). Merakin markkinaosuus oli 4,08 % kaikista verkkoratkaisuista (About Cisco Meraki). (Ks. kuva 10.)



Kuva 10. SD-WAN-laitteiden markkinoiden kasvu (SD WAN Market Share, Market Size, and Industry Growth Drivers 2016–2021).

Koronaviruspandemia on vauhdittanut SD-WAN-markkinoita, jolloin kilpailu on tiivistynyt. Etätyöskentely ja hallittavuus ulkoverkosta on houkuttellut asiakkaita SD-WAN-markkinoille. Aasian markkinat ovat olleet suurin kasvaja viime vuosina. Varsinkin Kiinan markkinoiden odotetaan kasvavan huomattavasti (ks. kuva 11). (Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN) Market Size.)



Kuva 11. Kiinan SD-WAN-markkinoiden kasvuodote vuoteen 2026 (Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN) Market Size).

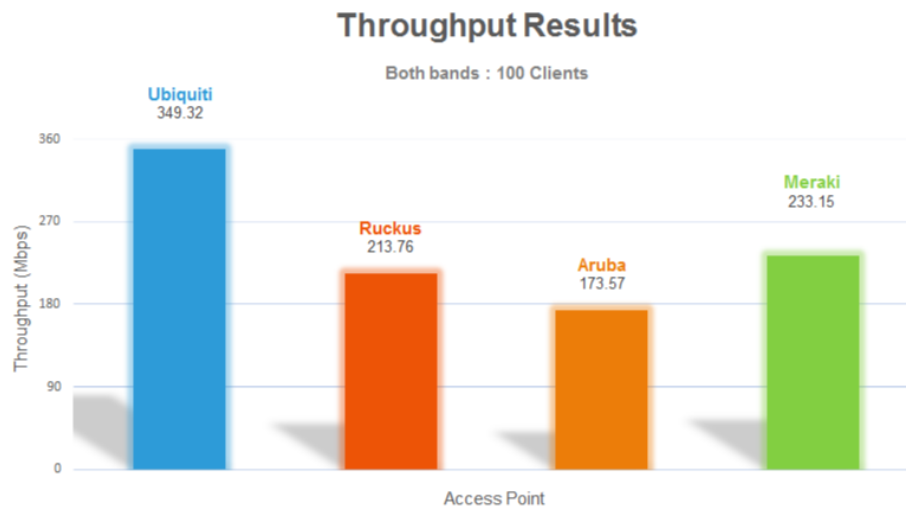
7.2 Verkkoratkaisut vertailussa

Yleinen mielipide Merakista on, että se on kallis verrattuna muihin verkkoratkaisuihin. Tässä luvussa ovat vertailussa Meraki ja Unifin Ubiquiti.

Ubiquiti on lisenssitön pilvihallittava verkkoratkaisu. Kun Merakin lisensseihin menee muutama sata euroa vuodessa (riippuen laitteiden määrästä), Ubiquitia voi käyttää ilman juoksevia kuluja. Laitteiston ostettua voi olla huolehtimatta, milloin pitäisi uusia lisenssi. Merakista loppuvat tukipalvelut ja verkon toiminta, mikäli lisenssiä ei ole, joten koko verkkojärjestelmästä tulee turha, kun taas Ubiquitin tuki on ilmaista ja saatavilla laitteiden omistajille. Meraki antaa 30 päivää ”armonaikaa”, mikäli lisenssi on vanhentunut, ja tämän 30 päivän kuluttua laitteet lakkaavat toimimasta. (Lawrence 2018.)

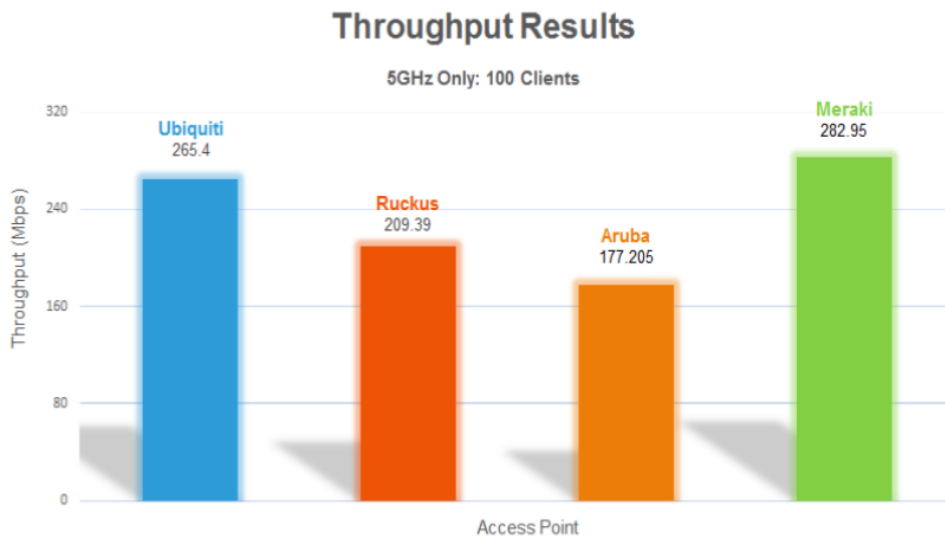
Ubiquitin tuen laatu näkyy myös hinnassa. Suoraa chat-yhteyttä hallintasivulta on kritisoitu, sillä sieltä ei aina saa syvää asiantuntemusta, joten teknisemmät ongelmat voivat olla hankalampia ratkaista. Usein syviin teknisiin ongelmiin ratkaisu löytyy Unifin yhteisöstä. Yhteisöllä tarkoitetaan muita Unifin käyttäjiä, jotka keskustelevat foorumeilla avoimesti ongelmista ja ratkaisuista. Merakin tukea taas on kehuttu, ja sillä perustellaan usein lisenssin hintaa. (Cloud Management Platform Comparisons and Opinions.)

Unifin omilta sivuilta löytyvän vertailun (ks. kuva 12) perusteella sen verkkoratkaisu on n. 50 % nopeampi kuin Merakin kokonaisuudessaan. Testin on tehnyt Alethea Communications Technologies-niminen yritys. Unifi on myös antanut omalle verkkoratkaisulleen 5 tähteä jokaisessa vertailukohdassa.



Kuva 12. Alethea Communications Technologiesin tekemän testin tulokset tukiasemien välillä (High density tests and comparative study conducted on Ubiquiti UAP-AC-HD access points).

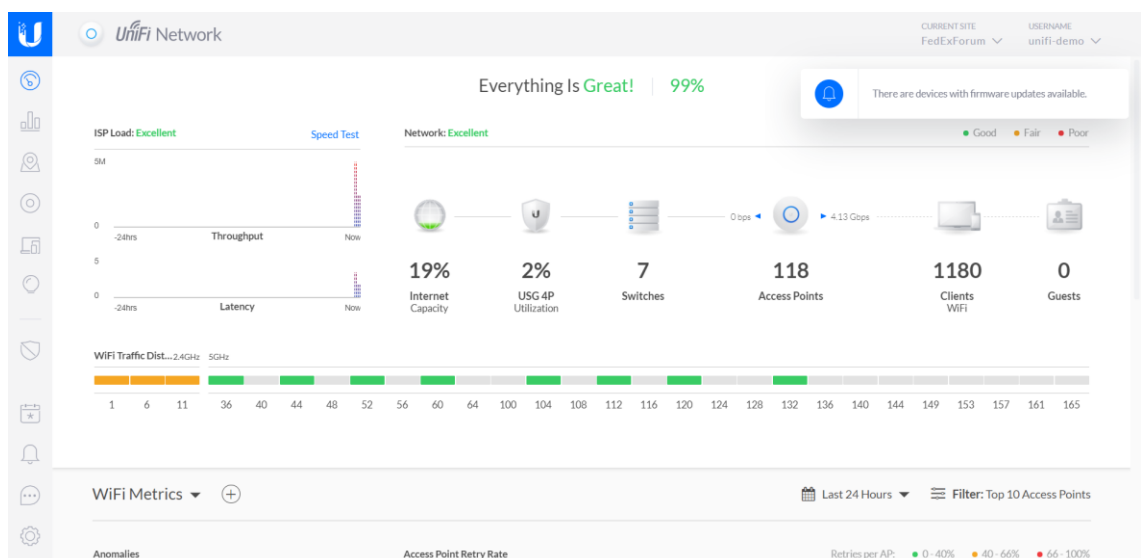
Alethea Communications Technologiesin tutkimuksen mukaan Unifin tukiasemat olivat huomattavasti nopeampia kuin Merakin, mutta 5 GHz -taajuudella Meraki oli nopeampi (ks. kuva 13). (High density tests and comparative study conducted on Ubiquiti UAP-AC-HD access points.)



Kuva 13. Alethea Technologiesin tekemän testin tulokset 5 GHz -taajuudella (High density tests and comparative study conducted on Ubiquiti UAP-AC-HD access points).

Käyttöliittymä

Käyttöliittymästä puhuttaessa ovat kyseessä järjestelmien hallintasivut, joita käytetään selaimen kautta (ks. kuva 14). Muuta käyttöliittymää vertailussa oleville laitteille ei ole.



Kuva 14. Unifin hallintasivu (Unifi Network).

Merakin käyttöliittymää (Dashboard) on paljon keuhettu sen selkeydestä ja helpokäyttöisyydestä. Myös laaja valikoima erilaisia diagnostiikkatyökaluja sisältävä Dashboard helpottaa verkon testaamista ja ongelmien ratkomista. Diagnostiikkatyökaluilla voi testata yhteyttä yksittäiseen laitteeseen tai laitteesta toiseen suuntaan. (Cloud Management Platform Comparisons and Opinions.)

Myös Unifilla on hallintaohjelma (ks. kuva 14), jonka vaihtoehtoisesti voi asentaa omalle palvelimelle, jolloin selaimen hallintapaneelin käytöltä vältytään. Syy hallintaohjelman operoimiseen omalla palvelimella voi olla vahvempi tunne oman verkon turvallisuudesta, koska verkon hallinta on tällöin täysin omassa käsissä. Unifin hallintaohjelmaa pidetään suhteellisen kevyenä ohjelmana, joka ei vaadi suurta suorituskykyä palvelimelta. Merakilla on vain Dashboard, jota käytetään ainoastaan selaimesta. (Lawrence 2018.)

Kouluttaminen

Meraki ja Unifi ovat molemmat olleet ahkeria kouluttajia, ja molemmat tarjoavat useamman kurssin omiin järjestelmiinsä. Kurssien tavoitteena on luoda omien järjestelmien asiantuntijoita maailmalle ja sen myötä kehittää omaa verkkoratkaisuansa.

Unifilla on kaiken kaikkiaan 7 eri kurssia, joiden avulla kehittyä Unifi-ammattilaiseksi. Eurooppalaisille on tarjolla monella eri kielellä kurseja, ja ne ovat toteuttaneet Unifin yhteistyökumppanit ympäri maailmaa (Live, Classroom Courses). Kurssit sijoittuvat maantieteellisesti pääasiassa Etelä- tai Keski-Eurooppaan. Eurooppalaisten kurssien hinnat ovat 500–1000 euroa, riippuen kurssimateriaaleista ja aiheesta. (Alltron Academy.)

Myös Meraki tarjoaa laajasti kurseja kumppanien kautta ympäri maailmaa. Tarkkaa kurssien lukumäärää on hankala hahmottaa, sillä Ciscon kurssitarjonta on yksi suurimmista. Meraki-koulutuksilla on neljä aihealuetta, jotka sisältävät joko yhden tai useamman koulutuksen (Meraki Learning Hub). Merakin kalliimpi

hinnoittelu näkyy myös kurssien hinnoissa. Kurssien hinnat liikkuvat välillä 800–2 300 euroa. (Engineering Cisco Meraki Solutions Part 1 (ECMS1)).

8 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoitus oli saada esiin pilvihallittavien verkkoratkaisujen hyötyä ja perehtyä Meraki-tuoteperheen laitteisiin ja asennuksiin. Työssä tarkasteltiin pilvihallittavan verkkoympäristön nykytilannetta, markkinatilannetta ja tulevaisuuden näkymiä.

Meraki täyttää nykyaikaisen verkkoratkaisun tarpeet. Pilvihallittavuus lisääntyy jatkuvasti, mikä vaikuttaa myös verkkoratkaisuiden markkinoihin. Yhä useampi haluaa käyttäjäystävällisempää ja mutkattomampaa verkkoa. Pilvihallittavat verkot ovat nopeampia korjata pilvihallittavuuden takia, ja tämä on iso hyöty asiakkaille. Automatisointi luo mutkattomampaa käyttökokemusta käyttäjille, ja integroitu käyttäjätuki käyttöliittymään nopeuttaa avun saamisessa.

Insinööriyössä asennettiin Meraki-laitteilla toteutettu verkko asiakkaalle käyttövalmiiksi. Verkosta tehtiin skaalautuva, jotta tulevaisuudessa yrityksen kasvaessa se voi laajentaa verkkoaan myös mutkattomasti. Verkko toimitettiin valmiiksi määriteltynä, ja paikan päällä kytkettiin laitteet kiinni. Tämän jälkeen tehtäväksi jäi käyttötuki, verkon hallinta ja mahdollisten ongelmien ratkaisu.

Vertailu eri palveluiden kesken on haastavaa, sillä jatkuva teknologian kehitys ja uusimpien laitteiden markkinoille puskeminen pitää kilpailun elossa. Pilvihallittavan verkon valinnassa jokaiselle löytyy varmasti ratkaisu, mutta sen valitseminen voi olla haastavaa.

Lähteet

- 3G/4G Cellular Failover with USB Modems. 2020. Verkkoaineisto. Meraki. <https://documentation.meraki.com/MX/Cellular/3G%2F%2F4G_Cellular_Failover_with_USB_Modems>. Luettu 14.4.2021.
- About Cisco Meraki. Verkkoaineisto. Sintel. <<https://www.sintel.com/tech/network-management/cisco-meraki-market-share#>>. Luettu 21.4.2021.
- About Meraki. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/about/>>. Luettu 2.4.2021.
- Albano, Samantha. 2020. Verkkoaineisto. Minim Inc. <<https://www.minim.com/blog/alternative-to-meraki-for-smb-and-residential-comparison>>. Luettu 14.4.2021.
- Alerts and Notifications. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/zGeneral_Administration/Cross-Platform_Content/Alerts_and_Notifications>. Luettu 14.4.2021.
- Alltron Academy. Verkkoaineisto. Alltron. <<https://app1.edoobox.com/de/Alltron/?q=uns%20Hinnat>>. Luettu 25.4.2021.
- Approximating Maximum Clients per Access Point. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/MR/WiFi_Basics_and_Best_Practices/Approximating_Maximum_Clients_per_Access_Point>. Luettu 20.4.2021.
- Automatic NAT Traversal for Auto VPN Tunneling between Cisco Meraki Peers. 2020. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/MX/Site-to-site_VPN/Automatic_NAT_Traversal_for_Auto_VPN_Tunneling_between_Cisco_Meraki_Peers>. Luettu 19.4.2021.
- Blake, Matthew. Ubiquiti Unifi Vs Meraki. Verkkoaineisto. Techprojournal. <<https://techprojournal.com/ubiquiti-unifi-vs-meraki/>>. Luettu 5.4.2021.
- Carrick, Lydia. 2020. 11 Ways Cisco Meraki Switches Make Life Easier. Verkkoaineisto. Comms Express Limited. <<https://www.comms-express.com/blog/11-ways-cisco-meraki-switches-make-life-easier/>>. Luettu 9.4.2021.
- Cisco Meraki Datacenter Design. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/trust#data-centers>>. Luettu 20.4.2021.
- Cisco Meraki Device Overview. Verkkoaineisto. Transparent Solutions. <<https://www.transparent.ca/uncategorized/cisco-meraki-device-overview/>>. Luettu 4.4.2021.
- Cisco Meraki. Verkkoaineisto. Dustin Group Ab. <<https://www.dustin.fi/brands/cisco/tuotteet/meraki-sd-wan/>>. Luettu 21.4.2021.

Client VPN Overview. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/MX/Client_VPN/Client_VPN_Overview>. Luettu 5.4.2021.

Cloud Data Retention Policies. 2021. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/General_Administration/Privacy_and_Security/Cloud_Data_Retention_Policies>. Luettu 16.4.2021.

Cloud Managed Network Security & SD-WAN. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/products/security-sd-wan/>>. Luettu 14.4.2021

Cloud Managed Smart Cameras. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/products/smart-cameras/>>. Luettu 4.4.2021.

Das, Dibakar. 2019. 2 Minute Demo – Cisco Meraki cloud-managed switches. Verkkoaineisto. Cisco Meraki. <<https://www.youtube.com/watch?v=adaSA-LIR3OM>>. Luettu 10.4.2021.

Engineering Cisco Meraki Solutions Part 1 (ECMS1). Verkkoaineisto. Fast Lane. <<https://www.flane.de/en/course/cisco-ecms1>>. Luettu 20.4.2021.

Framingham, Mass. 2020. Global Ethernet Switch and Router Markets Deliver Mixed Results in Q2 2020, According to IDC. Verkkoaineisto. IDC Corporate. <<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46830820>>. Luettu 21.4.2021.

Getting Started. 2020. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/Getting_Started>. Luettu 1.4.2021.

Harrison, Steve. 2018. Verkkoaineisto. All About Auto VPN. <<https://meraki.cisco.com/blog/2018/06/all-about-autovpn/>>. Luettu 18.4.2021.

Harrison, Steve. 2018. Meraki SD-WAN, Explained (It's Kind of a Big Deal). Verkkoaineisto. Meraki <<https://meraki.cisco.com/blog/2018/07/sd-wan/>>. Luettu 14.4.2021.

High density tests and comparative study conducted on Ubiquiti UAP-AC-HD access points. Verkkoaineisto. Aletheas Communications Technologies Pvt LTD. <<https://alethea.in/wp-content/uploads/2017/05/HighDensityTest-Briefreport.pdf>>. Luettu 18.4.2021.

Lawrence, Tom. 2018. My thoughts About Cisco Meraki VS Ubiquiti UniFi WiFi Deployments. Verkkoaineisto. Lawrence Systems. <<https://www.youtube.com/watch?v=P7G6VxQ20Ck>>. Luettu 26.4.2021.

Live, Classroom Courses. Verkkoaineisto. Ubiquiti Inc. <ui.com/training/#courses:UNS>. Luettu 24.4.2021.

Managing Firmware Upgrades. 2021. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/General_Administration/Firmware_Upgrades/Managing_Firmware_Upgrades>. Luettu 6.4.2021.

Meraki Client VPN. 2020. Verkkoaineisto. Duo. <<https://duo.com/docs/meraki-radius>>. Luettu 8.4.2021.

Meraki Cloud Architecture. 2021. Verkkoaineisto. Meraki. <https://documentation.meraki.com/Architectures_and_Best_Practices/Cisco_Meraki_Best_Practice_Design/Meraki_Cloud_Architecture>. Luettu 6.4.2021.

Meraki Learning Hub. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://community.meraki.com/t5/Learning-Hub/ct-p/hub>>. Luettu 24.4.2021.

Meraki Licensing FAQs. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/zGeneral_Administration/Licensing/Meraki_Licensing_FAQs>. Luettu 7.4.2021.

MV72. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/product/security-cameras/outdoor-security-cameras/mv72/>>. Luettu 4.4.2021.

Network Topology. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://documentation.meraki.com/MS/Monitoring_and_Reporting/Network_Topology>. Luettu 4.4.2021.

Niinijärvi, Niko. 2021. Verkkoaineisto. TNNet Oy. <<https://www.tnnet.fi/blogi/mika-on-sd-wan/>>. Luettu 20.4.2021.

Paunikar, Chinmayee. 2019. Meraki Review: Is it the right Security Appliance for your organization? Verkkoaineisto. Fractional CIS. <<https://fractionalciso.com/meraki-review-security-appliance/>>. Luettu 10.4.2021.

Ryan, Daniel. 23.5.2018. Cloud Management Platform Comparisons and Opinions. Verkkoaineisto. Connected. <<https://community.connection.com/cloud-management-platform-comparison/>>. Luettu 18.4.2021.

Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN) Market Size. Verkkoaineisto. Global Market Insights. <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/software-defined-wide-area-network-sdwan-market>>. Luettu 20.4.2021.

SD WAN Market Share, Market Size, and Industry Growth Drivers, 2016 – 2021. 2021. Verkkoaineisto.T4. <<https://www.t4.ai/industry/sd-wan-market-share>>. Luettu 17.4.2021.

Security Tools and Best Practices for Administrators. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/trust#tools>>. Luettu 19.4.2021.

Security, reliability & privacy information for Meraki cloud services. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/trust#:~:text=Cisco%20Meraki's%20rich%20security%20feature,measures%2C%20and%20monitor%20network%20security.>>. Luettu 21.4.2021.

Solutions: Mobile Device Management. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/solutions/mobile-device-management>>. Luettu 8.4.2021.

Technologies: Auto VPN. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/technologies/auto-vpn>>. Luettu 21.4.2021.

The Future Is Here Agile Networking with Cloud-Managed IT. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <<https://meraki.cisco.com/blog/the-future-is-here-agile-networking-with-cloud-managed-it/>>. Luettu 7.4.2021.

Unifi Network. Verkkoaineisto. Unifi <<https://demo.ui.com/manage/site/default/dashboard>>. Luettu 21.5.2021.

UniFi vs Meraki vs Aruba. 12.4.2021. Verkkoaineisto. Geekabit LTD. <<https://geekabit.co.uk/2021/04/12/unifi-vs-meraki-vs-aruba/>>. Luettu 6.4.2021.

Value, Performance, Usability. Verkkoaineisto. Unifi. <<https://ui.com/why-unifi/>>. Luettu 25.4.2021.

Wifi 6: The Next Generation of Wireless. Verkkoaineisto. Cisco Systems. <https://meraki.cisco.com/lib/pdf/meraki_whitepaper_wifi6.pdf>. Luettu 11.4.2021.