

Jani Rantanen

**TIEDON SYNKRONOINTI ONLINE- JA  
OFFLINE-ALUEEN VÄLILLÄ**  
Case: DataMule

Opinnäytetyö  
Tietojenkäsittely

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Jani Rantanen	Tradenomi (AMK)	Toukokuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		42 sivua 5 liitesivua
Tiedon synkronointi online- ja offline-alueen välillä Case: DataMule		
<b>Toimeksiantaja</b>		
Fifth Element Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Arto Väätäinen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Tässä opinnäytetyössä selvitetään mitä keinoja on olemassa informaation välittämiseen verkottoman ja verkollisen alueen sekä laitteiden välillä.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuuden lopullisena tavoitteena oli selvittää mitä keinoja tällä hetkellä on olemassa ihmisten sekä laitteiden yhdistämiseksi globaaliin tietoverkkoon vaikeasti saavutettavilla alueilla, joissa ei perinteistä verkkoinfrastruktuuria ole olemassa, sekä punnita niiden vaihtoehtojen soveltuvuutta erilaisissa tiedonsiirtotarpeissa.</p> <p>Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tutkin tietoverkkojen sekä tiedonsiirron tarpeen historiaa, nykytilaa ja arvioitua tulevaisuutta sekä tutustun mitä ratkaisuja tällä hetkellä on käytössä verkottoman ja verkollisen alueen välisen kommunikaation toteuttamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön käytännön osuuden lopullisena tavoitteena oli luoda prototyyppi mobiilisovelluksesta, joka hyödyntää Data Muling-tiedonsiirtotekniikan periaatteita verkottoman ja verkollisen alueen yhdistämisessä. Kuvaan miten aiemmin tutkittu tieto vaikutti oikean elämän sovellussuunnittelussa, kun yritettiin ratkaista toimeksiantajan sekä heidän asiakkaidensa tiedonsiirrollista haastetta kaikkien osapuolien liiketoiminnan tehostamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin kehitettyä alustava prototyyppi Data Mulingiin-pohjaavasta tiedonsiirtoratkaisusta ja kerrytettiin uutta tietämystä tiedonsiirtoratkaisuista, sovel-luskehityksestä ja projektinhallinnasta.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
data, informaatio, tieto, tietoverkko, tietojärjestelmä, massadata, operatiivinen tieto, synkronointi		

<b>Author (authors)</b>  Jani Rantanen	<b>Degree</b>  Bachelor of Business Administration	<b>Time</b> May 2018
<b>Thesis title</b>  Synchronizing information between online and offline areas Case: DataMule		42 pages 5 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>  Fifth Element Oy		
<b>Supervisor</b>  Arto Väättäinen		
<b>Abstract</b>  <p>This thesis explored what methods and technologies were used in transferring digital information between online and offline areas and the devices contained within them. The final goal of the theoretical part in this thesis was to investigate what methods were currently used in connecting people and their devices without global information network to remote, difficult to reach areas, without traditional network infrastructure, and to analyze their suitability in different data transfer needs.</p> <p>In order to reach this goal, I investigated the history, current state and the estimated future of data networks and data transfer needs and explored what solutions were used at the time of this study in implementing communication between online and offline areas. The final goal of the practical part of this thesis was to create a prototype of a mobile application that used the principles of Data Muling to connect online and offline areas. I described how the previous research affected the real-life software planning process, when trying to solve the data transfer challenge that the thesis commissioner and their clients had, to boost the effectiveness of their business operations.</p> <p>The end result of this thesis was a prototype of a mobile application which used the principles of Data Muling for data transfer. Also new information was accumulated of data transfer methods, application development and project management.</p>		
<b>Keywords</b>  data, information, knowledge, information network, information system, big data, operational information, synchronizing		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TIEDONSIIRRON TARVE JA KEHITYS.....	7
2.1	Ensimmäisen tietoverkon konsepti .....	7
2.2	Ensimmäiset tietoverkot.....	8
2.3	Nykypäivän tietoverkot.....	10
3	TIEDONSIIRTORATKAISUT .....	12
3.1	Tiedonsiirtotekniikat .....	13
3.1.1	Sneakernet .....	13
3.1.2	Data Muling.....	14
3.2	Tiedonsiirtoteknologiat.....	16
3.2.1	Bluetooth.....	16
3.2.2	WiFi.....	17
3.2.3	Mobiiliverkot.....	19
3.2.4	Satelliittilaajakaista .....	20
4	CASE: DATAMULE -MOBIILISOVELLUS .....	21
4.1	Toimeksiantaja.....	22
4.2	Ongelman kuvaus.....	22
4.3	Ratkaisun suunnittelu .....	24
4.3.1	Tiedonsiirtotekniikka .....	24
4.3.2	Tiedonsiirtoteknologia .....	25
4.4	Ratkaisun toteutus .....	27
4.4.1	Idea.....	27
4.4.2	Työkalut .....	27
4.4.3	Arkkitehtuuri.....	28
5	PÄÄTÄNTÖ .....	29
	LÄHTEET.....	32

## LIITTEET

Liite 1. Xamarin Hello World XAML

Liite 2. Xamarin Hello World C#

Liite 3. FTP-kansion tiedostojen listaus C#

Liite 4. FTP-palvelimelta tiedoston lataus C#

Liite 5. Tiedoston lähettäminen FTP-palvelimelle C#

## 1 JOHDANTO

Tietokoneiden ja internetin alkuaajoista asti ihmisillä on ollut tarve saada laitteiden ja ihmisten luomaa dataa sekä informaatiota välittämään laitteelta tai ihmiseltä toiselle, jotta se voi jalostua tiedoksi sekä viisaudeksi (kts. tiedon määritelmä, Haasio 2011). Tietokoneen tai siihen verrattavan laitteen tekemät laskelmat piti pystyä siirtämään yhdeltä laitteelta toiselle, jotta samaa dataa pystytään hyödyntämään toisessa maantieteellisessä sijainnissa sijaitsevalla yhteensopivalla laitteella.

Nykyaikaisessa tietoyhteiskunnassa sekä tavallisilla kuluttajilla että yrityksillä on tarve välittää dataa kahden tai useamman pisteen sekä laitteen välillä yhteisten resurssien jakamisen ja kommunikaation mahdollistamiseksi. Kyseinen siirrettävä informaatio voi olla yksinkertaisesti ihmisten välistä viestittelyä kuten ”Mitäs Jaskalle kuuluu nykyään?”, supertietokoneiden tekemiä simulointituloksia esim. alkuräjähdyksestä tai yrityksen reaaliaikaista toimintadataa esimerkiksi sen logistiikan toiminnasta.

Maailmanlaajuinen tietoverkko, toisin sanoen, internet, on tällä hetkellä hyvin yleinen ja totuttu keino siirtää informaatiota, mutta sen kattavuus ei ole täydellinen maailmanlaajuisella tai edes Suomen tasolla. Jopa teknologisesti kehittyneissä maista löytyy suuria katvealueita, mihin perinteinen verkkoinfrastruktuuri ei yllä tai sen kapasiteetti on riittämätön tarpeisiin. Se ei silti tarkoita, ett-eikö tällaisella alueella voisi olla ihmisiä tai laitteita, joiden tulisi kyetä hyödyntämään internetiä informaation välittämiseksi sekä vastaanottamiseksi.

Oli sitten kyseessä sosiaalisen median statuspäivitys mökin rannalta tai syrjäseudulla liikkuvan autonomisen auton ohjelmistopäivitys, yhteys internetiin on nykyaikaisessa tietoyhteiskunnassa välttämättömyys edes aika ajoin.

Opinnäytetyössäni tutkin, mitä keinoja on olemassa tämän tiedonsiirrollisen tarpeen täyttämiseksi tällä hetkellä sellaisilla alueilla, missä ei ole perinteistä verkkoinfrastruktuuria käytettävissä.

Aloitin luvussa 2 selvittämällä, mistä lähtökohdista kehittyi tarve tietoverkkojen olemassaololle, miten ne kehittyivät nykyiseksi internetiksi sekä teen selvityksen sen käytöstä nykyisessä tilassaan ja oletetusta tulevaisuudesta.

Jatkan luvussa 3 tarkastelemalla, mitä keinoja sekä teknologioita on tällä hetkellä olemassa verkottomien alueiden sekä laitteiden liittämiseksi internetiin, joissa ei ole perinteistä verkkoinfrastruktuuria käytössä.

Luvussa 4 kuvailen, miten aiemmin tehty tutkimus vaikutti oikean elämän sovellussuunnittelussa, kun kehitettiin Data Mulingiin pohjaavaa ratkaisua toimeksiantajan tiedonsiirrollisen haasteen ratkaisemiseksi. Kuvailen myös itse sovelluksen toteutusta pääpiirteittäin.

Lopuksi luvussa 5 reflektoin opinnäytetyön aikana opittuja asioita sekä pohdin havaittuja tuloksia tutkimuksesta. Kuvaan miten henkilökohtaisella tasolla koin projektin onnistumisen. Lopulta teorisoin mihin suuntaan olemme ehkä menossa tiedonsiirron tulevaisuudessa.

## **2 TIEDONSIIRRON TARVE JA KEHITYS**

Tässä luvussa esittelen, miten tietoverkot sekä yleensäkin tiedonsiirron tarve on syntynyt niiden esihistorian alussa. Kiinnitän eniten huomiota itse tietoverkkojen syntyperään, kapasiteetteihin sekä niiden synnyttämän tiedonsiirron tarpeen kehitykseen vuosien varrella tietokoneiden yleistyessä yhä arkisimmiksi laitteiksi, luoden tarpeen tietoverkkojen olemassaololle.

Käyn läpi, mitä teknologisia ratkaisuja kehitettiin jo tietokoneiden ja tietoverkkojen alkuaikoina ja miten se on kehittynyt vuosien varrella nykyisin tunnetuksi internetiksi. Tuon esille kuinka ihmisen luoman syötteen sekä sen lopullisen prosessointipisteen välimatka on kasvanut vuosikymmenten varrella yhä suuremmaksi tietoverkkojen sekä teknologian kehittyessä luoden tarpeen yhdistää yhä enemmän ihmisiä ja laitteita toisiinsa yhteisten resurssien jakamiseksi.

### **2.1 Ensimmäisen tietoverkon konsepti**

J.C.R. Licklider Massachusettsin teknillisestä korkeakoulusta esitti ensimmäisen tietokoneverkon konseptin muistioissaan, jossa hän visioi intergalaktisen

tietoverkon ideaa. Hän julkaisi vuosien 1960-1968 aikana useita muistioita, jotka voidaan nähdä kuvaavan ensimmäistä konseptia globaalista tietoverkosta, joka nykyisin tunnetaan internettinä. Hänellä oli visio silloisten tietokoneiden yhteisestä kommunikaatioverkosta, joka mahdollistaisi yksittäisen tietokoneen resurssien hyödyntämisen useammalle käyttäjälle sekä eri tietokoneiden keskitetyn kommunikaation mahdollistamisen. (Licklider, 1960; Licklider 1962; Licklider, 1963; Pelkey, 2007)

*“Consider the situation in which several different centers are netted together, each center being highly individualistic and having its own special language and its own special way of doing things. Is it not desirable, or even necessary for all the centers to agree upon some language or, at least, upon some conventions for asking such questions as ‘What language do you speak?’” –*  
J.C.R Licklider 1963

Licklider konseptissaan halusi yhdistää laitteet, tietokoneohjelmat sekä ihmisten osaamisen yhteiseksi tietoverkoksi, jossa kukin verkon osapuoli pystyisi hyödyntämään toistensa vahvuuksiaan ratkaistakseen suurempia ongelmia kuin mihin yksittäinen kone tai yksilö pystyisi (Lukasik 2011, 8).

## **2.2 Ensimmäiset tietoverkot**

Internetin ensimmäiseksi iteraatioksi voidaan nähdä silloisen ARPAn (Advanced Research Projects Agency) kokeellisena tutkimusprojektina kehittämä ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network).

ARPA rahoitti useita tiedettä edistäviä projekteja eri puolilla Yhdysvaltoja ja siellä työskennellyt Robert Taylor huomasi hajautettujen tietokoneressurssien ongelman. Jos Salt Lake Cityssä toimiva tutkija halusi hyödyntää Bostonissa luotua tietokoneohjelmaa, hänen piti joko matkustaa toiseen kaupunkiin käyttämään sitä tai ohjelmoida oma kopionsa samasta ohjelmasta. Taylor halusi realisoida J.C.R Lickliderin konseptin tietokoneiden yhteisestä verkosta resurssien ja tietämyksen jakamisen toteuttamiseksi. Tästä motivaatiosta syntyi ARPANET (Hafner 1998, 27-28).



ARPANET oli projekti, jonka yhtenä tavoitteena oli kehittää tekniikoita ja kerätä kokemusta tietokoneiden yhteisen kommunikaation kehittämistä niin, että hyvin laaja kirjo interaktioita olisi mahdollista toteuttaa niiden välillä (Beranek 1981, 28). Tästä projektista syntyi esimerkiksi pakettipohjainen tiedonsiirtoprotokolla TCP (Transmission Control Protocol), joka mahdollisti useamman tietokoneen kommunikoimisen keskenään puhelinlinjojen kautta.



The ARPANET in December 1969

Kuva 1. ARPANET joulukuussa 1969 (Chiappa 2014)

Alkuperäisessä vuoden 1969 ARPANETissä oli kytkeytyneenä 4 tietokonetta ja verkon tiedonsiirtokapasiteetti oli 50 kilobittiä sekunnissa (Beranek 1981, 58). Vuoteen 1984 mennessä ARPANET oli kasvanut kansainväliseksi 113 tietokoneen verkoksi ja tiedonsiirtoprotokolla oli jalostunut TCP/IP:ksi (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), joka on nykyisinkin käytössä (Lee 2014).

ARPANETin rinnalla kehitettiin myös useita muita verkkoja, joista tunnetuin oli NSF:n (National Science Foundation) oma tietoverkko, NSFNET. Se käytti tiedonsiirrossa samaa protokollaa kuin ARPANET, eli TCP/IP:tä. Sen alkuperäisenä tarkoituksena oli yhdistää NSF:n eri toimipaikkojen supertietokoneet yhteen, mutta NSF ei rajoittanut esim. muiden tieteellisten laitosten sekä heidän

verkkojen liittymistä sen verkkoon. NSF:n tavoitteena oli saada heidän supertietokoneensa yleisempään tutkimuskäyttöön, jotta jokainen yliopisto ei joutuisi hankkimaan omaa supertietokonettaan (Hart 2003).

NSFNETtiä nimitetään monissa lähteissä alkuperäisen internetin runkoverkoksi (Lee 2014; Hart 2003; Leiner 1997). Vuonna 1986 verkon tiedonsiirtokapasiteetti oli 56 kilobittiä sekunnissa, mutta liittyneiden käyttäjien määrä kasvoi hyvin nopeasti ja sen kapasiteetti oli riittämätön sujuvaan käyttöön. Verkon infrastruktuuria paranneltiin ensin 1,5 megabitin sekuntinopeuteen vuonna 1988, kunnes sekään ei enää riittänyt liittyneiden käyttäjien kasvaessa räjähdysmäisesti ja kapasiteetti korotettiin 45 megabitin sekuntinopeuteen vuonna 1991 (Frazer, 1996). Tiedonsiirron tarpeeseen vaikutti keksinnöt kuten sähköposti, keskusteluryhmät, tiedostonsiirtopalvelut, verkkopelit ja WWW:n (World Wide Web) yleistyminen.

### **2.3 Nykypäivän tietoverkot**

Globaali tietoverkko, internet, on kasvanut massiiviseksi ihmisten, tiedon ja laitteiden yhdistyneeksi verkkojen verkoksi. Internetiin kytkeytyneet laitteet välittävät informaatiota toisilleen usean eri langallisen sekä langattoman teknologian kautta vedessä, maassa, ilmassa sekä jopa avaruuden halki, jotta saadaan bittejä pisteestä A pisteeseen B.

Internetin pääsääntöinen tarkoitus ei enää ole vain tutkimusta ja kehitystä, vaan siitä on tullut hyvin tärkeä osa ihmisten arkipäiväistä elämää sekä kaupallisessa, että viihdekäytössä. Yhteys internetiin on kasvanut niin tärkeäksi osaksi ihmiskuntaa, että yhdistyneet kansakunnat näkevät kansalaisen internet-yhteyden estämisen tai keskeyttämisen ihmisoikeuksien loukkaamisena (Vincent 2016).

Viimeisimpien tilastojen ja arvioiden mukaan internetissä on hieman yli 4 miljardia käyttäjää, joka kattaa 54,4 % koko maailman väestöstä (Miniwatts Marketing Group 2018). Ciscon arvioiden mukaan vuonna 2016 internetiin kytkeytyneitä laitteita oli n. 17,1 miljardia ja on odotettavissa luvun kasvavan 27,1 miljardiin vuoteen 2021 mennessä (Cisco 2016). Arvioitu IP-liikenteen määrä on vuonna 2016 ollut n. 96 eksatavua kuukaudessa ja odotetaan kasvavan n.

278 eksatavuun vuoteen 2021 mennessä. Vuotuinen IP-liikenne on siis ylittänyt yhden tsettatavun rajan jo vuonna 2016 (Cisco 2017), eli olemme siirtyneet ns. "Tsettatavun aikakaudelle" (Barnett, 2016).

Eli arviolta vuonna 2016 on siirretty dataa pyöristettynä n. 36600 gigatavua joka ikinen sekunti. Havainnollistettuna tämä datamäärä vastaisi esimerkiksi noin 22875 tuntia 1080p tason videota (olettaen yhden tunnin olevan n. 1,6 gigatavua). Muinaisen ARPANETin 50 kbps (eli 0,00625 megatavua sekunnissa) verkossa tämän saman määrän siirtäminen kestäisi hieman yli 185 vuotta.

Cisco arvioi, että vuonna 2021 mennessä internetin liikenteestä n. 82 % tulee olemaan videoliikennettä, 11 % Web tai dataliikennettä, 4 % peleistä syntyvää liikennettä sekä 3 % tiedostojen jakamisesta syntyvää liikennettä (Cisco 2017). Videoliikenteen suureen osuuteen vaikuttaa VoD (Video On Demand) -palveluiden kuten Youtuben sekä Netflixin yleinen käyttö, jotka kaksistaan kattoivat n. 50 % kaikesta liikenteestä Pohjois-Amerikassa vuonna 2016 (Sandvine 2016).

Maailman tasolla keskimääräinen internetin käyttäjä viettää yli kuusi tuntia päivässä internetissä (Kujawski 2018). Keskimääräinen mobiiliverkon nopeus on Ooklan tekemien mittausten mukaan noin 22 Mbps / 9 Mbps ja keskimääräinen langallisen verkon nopeus on n. 45 Mbps / 21 Mbps (Ookla 2018a).

Suomessa internetin käyttäjiä on hieman yli 5 miljoonaa, joka kattaa 92,5 % suomen väestöstä (Miniwatts Marketing Group 2017). Keskimääräisen suomalaisen mobiiliverkon nopeus on Ooklan tekemien mittausten mukaan n. 34 Mbps / 12 Mbps ja keskimääräinen langallisen verkon nopeus on n. 44 Mbps / 19 Mbps (Ookla 2018b). Tilastokeskuksen 2017 tekemän tutkimuksen mukaan 96 % suomalaisista yrityksistä omistaa kotisivut, 63 % käyttää sosiaalista mediaa ja 70 % yritysten henkilöstöstä käyttää internettiä työssään (Tilastokeskus 2017).

Tulevaisuuden internet ei välttämättä koostu vain tietokoneista ja niihin suoraan verrattavista laitteista, sillä IoT (Internet Of Things), eli esineiden internet on alkanut kiinnostamaan sekä yrityksiä, että yksityishenkilöitä (Smith 2015;

Hänninen 2017; Columbus 2017). Lyhyesti kuvattuna esineiden internet koostuu elektronisista laitteista, jotka kykenevät havainnoimaan ympäristöään, tilaansa sekä kommunikoimaan tämän tiedon verkon yli muille laitteille. Käytännön esimerkkinä vaikkapa jääkaappi, joka osaisi lähettää verkon välityksellä muistutuksen maidon loppumisesta.

Tutkimuksista sekä tilastoista voimme siis päätellä, että halu sekä tarve on selkeästi olemassa tietoverkkojen hyödyntämiseen, eikä sen laantumiselle ole merkkejä havaittavissa. Tämä korostaa tiedonsiirtoratkaisujen kehittämisen ja oikean mitoittamisen tärkeyttä ihmisten sekä laitteiden yhdistämiseksi internetiin.

### 3 TIEDONSIIRTORATKAISUT

Tässä luvussa käsittelen erilaisia tekniikoita sekä teknologisia keinoja yhdistää verkkoja tai laitteita toisiinsa tiedonsiirron toteuttamiseksi niiden välillä. Käsittelen niiden toimintaperiaatteen yleisluontoisesti, alkuperän, nykyiset käyttökohteet sekä esittelen niiden teknisiä ominaisuuksia. Käsittelen vain ne tekniikat sekä teknologiat, jotka olivat oleellisia muuttujia käytännön toteutusta suunniteltaessa.

*Tiedonsiirtotekniikalla* viitataan ideologiseen tapaan siirtää informaatiota laitteiden tai alueiden välillä, jonka *tiedonsiirtoteknologiat* ovat täysin vaihdettavissa toiseen teknologiaan.

*Tiedonsiirtoteknologialla* viitataan yhteen teknologiseen kokonaisuuteen, joka on suunniteltu tiedonsiirron toteuttamiseen. Se on oma kokonaisuutensa, jolla on tietty tarkoitus olla olemassa.

Keskityn teknologioiden ja tekniikoiden teoreettisiin tai keskiarvollisiin tiedonsiirto-ominaisuuksiin, koska käytännön tasolla niiden aitoon tiedonsiirtokykyyn vaikuttaa hyvin monta tekijää, kuten ympäristö, yhtäaikaiset käyttäjät, verkko-laitteiden ominaisuudet sekä kuljettava matka (Huynh 2010).

### 3.1 Tiedonsiirtotekniikat

Tässä luvussa esittelen muutamien tiedonsiirtotekniikkojen toimintaperiaatteen sekä tyypilliset käyttökohteet. Esittelen vain ne tekniikat, jotka olivat käytännön toteutuksessa pohdinnan alla tiedonsiirron toteuttamiseksi. Näiden lisäksi tiedonsiirtotekniikkoja on olemassa esimerkiksi RFC 1149, joka tunnetaan myös nimellä IPoAC (IP over Avian Carriers) (Waitzman 1990), joka on turhan epäkäytännöllinen oikean elämän tiedonsiirtoon.

#### 3.1.1 Sneakernet

Sneakernet, äärimmäisen epävirallisesti käännettynä "Adidas-verkko" (Ahlblad 2008, Urbaani sanakirja 2008) ja on ehkä vanhin keino siirtää informaatiota. Sneakernetin toimintaperiaate perustuu datan kopioimiseen fyysiselle mediallyle, kuten disketille, cd-levylle, muistitikulle, ulkoiselle kovalevylle tai muulle vastaavalle massamuistimediallyle. Kyseinen media kuljetetaan haluttuun datan loppupisteeseen esimerkiksi kävellen, josta tiedonsiirtotekniikka on saanut nimensä (Oxford Living Dictionaries 2018).

Vaikka kyseisen tekniikan nimi voi olla hieman huvittava, sen tiedonsiirtokapasiteetti lyhyissä matkoissa tai valtavissa datamäärissä voi silti olla tietyissä tilanteissa huomattavasti varteenotettavampi vaihtoehto kuin perinteiset langalliset tai langattomat verkot, riippuen olosuhteista.

Esimerkiksi Google on tunnetusti hyödyntänyt Sneakernetin variaatiota, siirtessään liki kaiken Hubble-avaruustelekoopin keräämän astronomisen datan sekä kuvat eri tutkijoiden käytettäväksi sekä omaan arkistoonsa. Kerätyn datan (n. 120 teratavua) siirtäminen jopa tehokkaalla 100 Mbps yhteydellä olisi vienyt liki neljä kuukautta, mutta kopioimalla tiedot kovalevylle ja postittamalla ne siirto kesti vain yhden päivän. (Kelland 2013; Farivar 2007)

Myös Amazon Web Services on huomannut Sneakernetin potentiaalin suurien datamäärien siirtämisessä nopeasti. He tarjoavat tiedonsiirtopalvelua, jossa asiakkaan luokse lähetetään 100 petatavun edestä massamuistilaitteita sisältävä rekka. Tämä rekka kytketään asiakkaan sisäiseen tietoverkkoon, josta tiedot kopioidaan rekan sisältämille massamuistilaitteille. Kopioinnin jälkeen

rekka palaa takaisin Amazonin tiloihin ja siirtää tiedot suoraan heidän pilvipalveluihin, mahdollistaen valtaviinkin tietomäärien siirtämisen internetiin joutuvassa ajassa (Amazon Web Services 2018).

Sneakernetin tietoturvallinen käyttäminen vaatii enemmän aineellisen tason suojauksia, mutta sillä ei ole samoja haavoittuvuuksia kuten tyypillisillä verkkoratkaisuilla. Kuljetuksen aikana dataan pääsee käsiksi vain fyysisellä tasolla, joten datan urkkiminen esim. langattoman tietoliikenneyhteyden lävitse ei ole edes mahdollista.

Sneakernet toimii hyvänä tiedonsiirtokeinona tilanteissa, jossa siirrettävä datamäärä on epäkäytännöllistä lähettää internetin välityksellä tai reaaliaikainen tiedonsiirto ei ole välttämättömyys. On tosin huomioitava tämän käytössä se, että jos fyysinen siirtomedia esimerkiksi rikkoutuu tai sen sisältämä data korruptoituu kuljetuksen aikana, on mahdollisesti koko siirtoprosessi aloitettava alusta.

### **3.1.2 Data Muling**

Koko luku perustuu vahvasti seuraaviin lähdemateriaaleihin: Hasson ym. 2003, Basu 2007; Harnal 2016; Shah, R ym. 2003; Adrichem ym. 2017

Data Muling tiedonsiirtotekniikka on Sneakernetin automaattinen variaatio. Data Mulingissa hyödynnetään olemassa olevia logistisia ratkaisuja, kuten reittiliikennettä tai muita liikkuvia tekijöitä tiedonsiirron toteuttamiseksi verkottoman ja verkollisen alueen välillä.

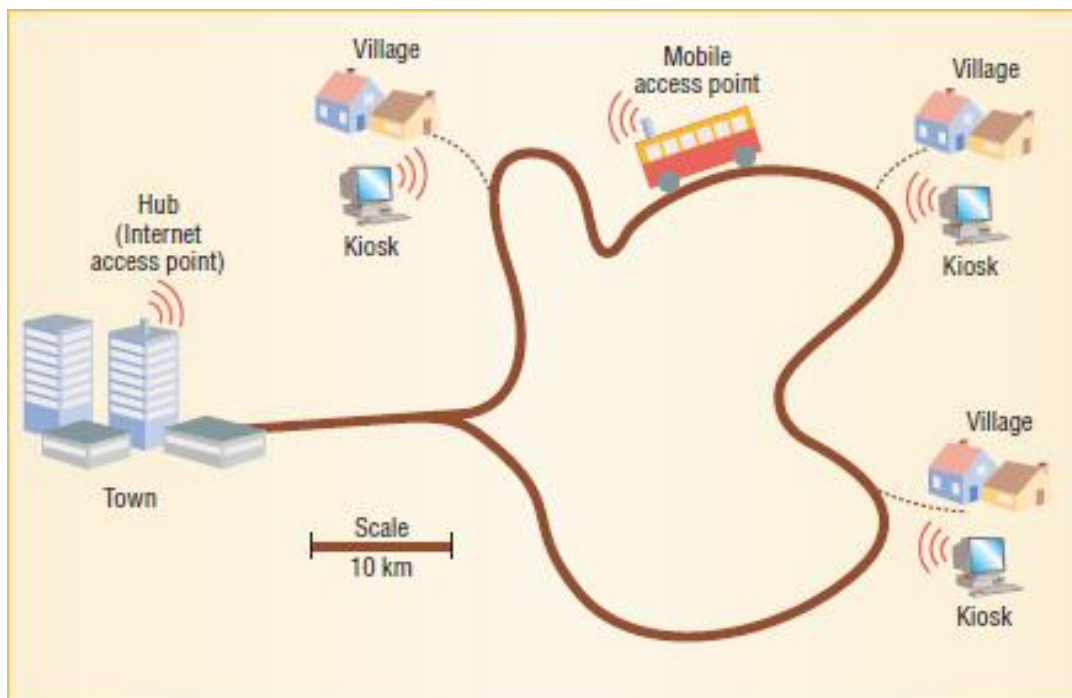
Data MULE (Mobile Ubiquitous LAN Extension) on Data Mulingin tarkoituksiin muunneltu ajoneuvo, joka sisältää yleensä tietokoneen sekä langattoman tiedonsiirtomahdollisuuden, kuten WiFin. Muuliajoneuvon ollessa yhteydessä internetiin, se lähettää dataa ajoneuvon tietokoneelta eteenpäin ja vastaanottaa uutta tarvittaessa.

Muuliajoneuvon tunnettujen pysähdyspaikkojen läheisyyteen asennetaan tiedostopalvelimia, jotka toimivat väliaikaisena datan säilytyspaikkana. Kun muuliajoneuvo pysähtyy sellaisen läheisyyteen, se lähettää sisältämänsä tiedot

näille palvelimille langattomasti, sekä lataa palvelimista internetin suuntaan lähtevät tiedot. Tämän kokonaisprosessin toistuesssa rutiininomaisesti, pystytään luomaan käytännössä hyvin korkean latenssin linkki internetiin.

Muuliajoneuvoina on tyypillisesti käytetty esimerkiksi tiettyä reittiä liikkuvia busseja, mutta periaatteessa muuliajoneuvoksi sopii mikä tahansa asia, joka liikkuu rutiininomaisesti kahden tai useamman paikan välillä ja kykenee ylläpitämään tiedonsiirtoon vaadittavia teknologioita.

Data Muling on peruseriaatteeltaan samankaltainen kuin Sneakernet, mutta tietojen lataaminen ja lähettäminen ns. muuliajoneuvosta on automaattista. Tiedonsiirron viive on huomattavasti suurempi kuin esim. mobiiliverkkojen tai satelliittiyhteyksien kanssa ja tiedonsiirtokapasiteetti riippuu käytetyistä langattomista teknologioista sekä pysähdysten kestosta.



Kuva 2. DakNetin Data Muling ratkaisun havainnekuva (MeshMules Team Project 2009)

Esimerkiksi United Villages -yrityksen kehittämä Data Mulingiin pohjaava DakNet-verkko on käytössä joissain Intian, Afrikan sekä Aasian syrjäisissä kylissä. Kylissä on erityisiä kioskeja, jotka sisältävät ns. palvelintietokoneen pai-

kallisten käyttöön, joka lähettää sekä vastaanottaa tiedostoja Data MULE -ajoneuvoilta, jotka liikkuvat aika ajoin internetin kantamaan synkronoimaan tietoja internetin ja kylän kioskin välillä. Tämä mahdollistaa kyläläisille ainakin osan internetin toiminnallisuuksista, kuten sähköpostien lähettämisen ja vastaanottamisen. Reaaliaikaista kommunikaatiota vaativat internetin toiminnallisuudet eivät ole mahdollisia tekniikan äärimmäisen suuren viiveen vuoksi.

Data Muling -ratkaisuja hyödynnetään paikoissa, missä tavallista verkkoinfrastruktuuria ei ole tai sen käyttäminen on kallista. Data Muling on hyvin kustannustehokas vaihtoehto verkottoman ja verkollisen alueen yhdistämisessä, sillä suurin osa siinä käytetyistä teknologioista on edullisesti saatavilla liki kaikkialla maailmassa, sekä sen mobiliteetti pohjaa olemassa olevien kuljetuskanavien hyödyntämiseen.

## **3.2 Tiedonsiirtoteknologiat**

Tässä luvussa esittelen muutamien tiedonsiirtoteknologioiden toimintaperiaatteen sekä tyypilliset käyttökohteet. Käsittelen vain niitä teknologioita, jotka olivat käytännön toteutuksessa pohdinnan alla. Näiden lisäksi on olemassa vaihtoehtoina esimerkiksi WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), ZigBee tai WUSB (Wireless Universal Serial Bus) tiedonsiirron toteuttamiseksi laitteiden tai alueiden välillä, mutta ne eivät olleet käytännön suunnittelun ja toteutuksen kannalta tärkeitä teknologioita.

### **3.2.1 Bluetooth**

Bluetooth on langaton tiedonsiirtoteknologia, joka hyödyntää radiotaajuuksia tiedonsiirron toteuttamiseksi. Sen tarkoituksena oli korvata fyysiset johdot lyhyen matkan tiedonsiirtotarpeissa. Sen ensimmäisen version kehitti Ericsson vuonna 1994 ja sen kehitystä on jatkanut myöhemmin useamman tahon ryhmä Bluetooth SIG (Special Interest Group), johon tällä hetkellä kuuluu yli 30000 yritystä (Nordic Semiconductor 2014)

Bluetooth käyttää 2.4 Ghz – 2.45 Ghz taajuusaluetta. Sen uusimman version, eli Bluetooth 5.0:n tiedonsiirtonopeus on 2 Mbps ja sen kantama voi parhaimmissa olosuhteissa olla jopa 200 metriä, mutta silloin sen nopeus laskee 125-500 Kbps alueelle. (Nordic Semiconductor 2017)



Bluetoothia käytetään hyvin useassa kuluttajille suunnatussa lyhyen matkan tiedonsiirtoa vaativassa laitteessa, kuten näppäimistöissä, hiirissä, kuulokkeissa, kaiuttimissa, pelikonsoleissa sekä älypuhelimissa.

Bluetoothin vahvuuksia on esim. sen hyvä yhteensopivuus useamman eri valmistajan laitteen kanssa, vähäinen virrankulutus sekä helppo laitteiden paritsemekanismi. Heikkouksina lyhyt kantama sekä pieni nopeus verrattuna muihin teknologioihin (RF Wireless World 2012), eikä sen salausmekanismit välttämättä riitä korkean tietoturvan vaativaan kommunikaatioon (Markula 2006, 24).

### **3.2.2 WiFi**

WiFi (Wireless Fidelity) on langaton tiedonsiirtoteknologia, joka hyödyntää radiotaajuuksia tiedonsiirrossa. Ensimmäisen WiFi -standardin kehitys aloitettiin vuonna 1988 NCR Corporationin toimesta ja sen alkuperäisen tarkoituksena oli yhdistää kassajärjestelmiä langattomasti, hyödyntäen FCC:n (Federal Communications Commission) yleiseen käyttöön vapauttamia radiotaajuuksia: 900Mhz, 2.4 Ghz sekä 5.8 Ghz. NCR kehitti alkuperäisen WiFi -standardin Bell Labsin sekä IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers) kanssa ja julkaisi sen vuonna 1997. (The Economist, 2004)

WiFi -standardeja on kehitetty ja julkaistu useita ja tällä hetkellä yleisin käytössä oleva on 802.11ac, mutta useimmat WiFin tuottamiseen kykenevät verkkolaitteet ovat taaksepäin yhteensopivia laitteiden kanssa jotka käyttävät standardeja 802.11b, 802.11g, 802.11n. Tällöin tiedonsiirtokapasiteetti sekä kantama määräytyy vastaanottavan laitteen tukeman standardin mukaan (Lacombe 2017).

TABLE 1: IEEE 802.11 COMMON WIFI STANDARDS BREAKDOWN							
Standard	Frequency Band	Bandwidth	Modulation Scheme	Channel Arch.	Maximum Data Rate	Range	Max Transmit Power
802.11	2.4 GHz	20 MHz	BPSK to 256-QAM	DSSS, FHSS	2 Mbps	20 m	100 mW
b	2.4 GHz	21 MHz	BPSK to 256-QAM	CCK, DSSS	11 Mbps	35 m	100 mW
a	5 GHz	22 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	54 Mbps	35 m	100 mW
g	2.4 GHz	23 MHz	BPSK to 256-QAM	DSSS, OFDM	54 Mbps	70 m	100 mW
n	2.4 GHz, 5 GHz	24 MHz and 40 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	600 Mbps	70 m	100 mW
ac	5 GHz	20, 40, 80, 80+80=160 MHz	BPSK to 256-QAM	OFDM	6.93 Gbps	35 m	160 mW
ad	60 GHz	2.16 GHz	BPSK to 64-QAM	SC, OFDM	6.76 Gbps	10 m	10 mW
af	54-790 MHz	6, 7, and 8 MHz	BPSK to 256-QAM	SC, OFDM	26.7 Mbps	>1km ?	100 mW
ah	900 MHz	1, 2, 4, 8, and 16 MHz	BPSK to 256-QAM	SC, OFDM	40 Mbps	1 km	100 mW

Taulukko 1. Yleisimpien WiFi -standardien ominaisuuksia (DeLisle 2015)

Eli yleisimmissä käyttökennarioissa tällä hetkellä on odotettavissa huonoimmillaan 802.11b standardin mukaista tiedonsiirtonopeutta ja kantamaa, eli 11 Mbps ja 35 metriä ja parhaimmillaan 802.11ac standardin mukaista 6.39 Gbps nopeutta 35 metrin päähän. Olettaen, että WiFi -verkon luova laite noudattaa standardia kuten sen pitäisi, sekä olosuhteet ovat ideaaliset.

WiFi on yleisesti käytössä yksityishenkilöillä sekä yrityksissä langattomien lähiverkkojen ja niiden laitteiden tiedonsiirron toteuttamiseksi. Käyttötarkoitus on tyypillisesti huoneiden tai rakennusten laitteiden yhdistäminen langattomasti fyysiseen tukiasemaan, joka on yhteydessä internetiin esim. puhelinlinjojen tai mobiiliverkkojen kautta.

WiFi:n vahvuuksiin kuuluu sen yhteensopivuus hyvin monen laitteen kanssa, sillä se on hyvin yleisesti hyväksytty langattoman tiedonsiirron standardi, sen asentaminen sekä laajentaminen on suhteellisen helppoa, sekä se on usein edullinen valinta pieniin tai laajempiinkin verkkoihin. Tiedonsiirtokapasiteetti myös riittää useimpiin normaaleihin tarpeisiin. Heikkouksia on huono esteiden läpäisykyky sekä taajuusalueiden mahdollinen häiriintyminen muista saman taajuusalueen laitteista (Information Point Technologies 2018).

### 3.2.3 Mobiiliverkot

Keskityn tässä luvussa lähinnä 3G ja 4G verkkoihin, sillä ainakin osassa maailmassa 2G-verkkoja on jo lakkautettu tai tullaan lakkauttamaan lähivuosina (Gryta 2012; Lecht 2018).

Mobiiliverkot, toisin sanoen matkapuhelinverkot, nimensä mukaisesti kehitettiin yhdistämään matkapuhelinlaitteita toisiinsa. Mobiiliverkot hyödyntävät radiotaajuuksia tiedonsiirron toteuttamiseksi langattomasti.

Mobiiliverkkojen toiminta perustuu runkoverkkoon kytkeytyneiden tukiasemien olemassaoloon. Tukiasema lähettää sekä vastaanottaa sen kantaman sisällä olevien laitteiden lähettämää signaalia ja välittää sen fyysisten johtojen tai toisten tukiasemien kautta yleiseen internetiin (Määttänen 2015, 24).

Eri mobiiliverkkojen sukupolvien standardit käyttävät eri taajuusalueita sekä teknologisia ratkaisuja, jolloin niiden tiedonsiirtokapasiteetit eroavat toisistaan hyvinkin paljon. Yksinkertaisen ja lyhyen vertailun tekeminen on siis hankalaa, mutta ainakin Grikorikin tekemän arvion mukaan 3G-verkkojen tiedonsiirtonopeudet ovat keskimääräisesti noin 0,5 Mbps – 5 Mbps välillä ja niiden viive on 100 ms – 500ms välillä. 4G verkoista hän arvioi 1 Mbps – 50 Mbps tiedonsiirtonopeutta alle 100 ms viiveellä (Grikorik 2013).

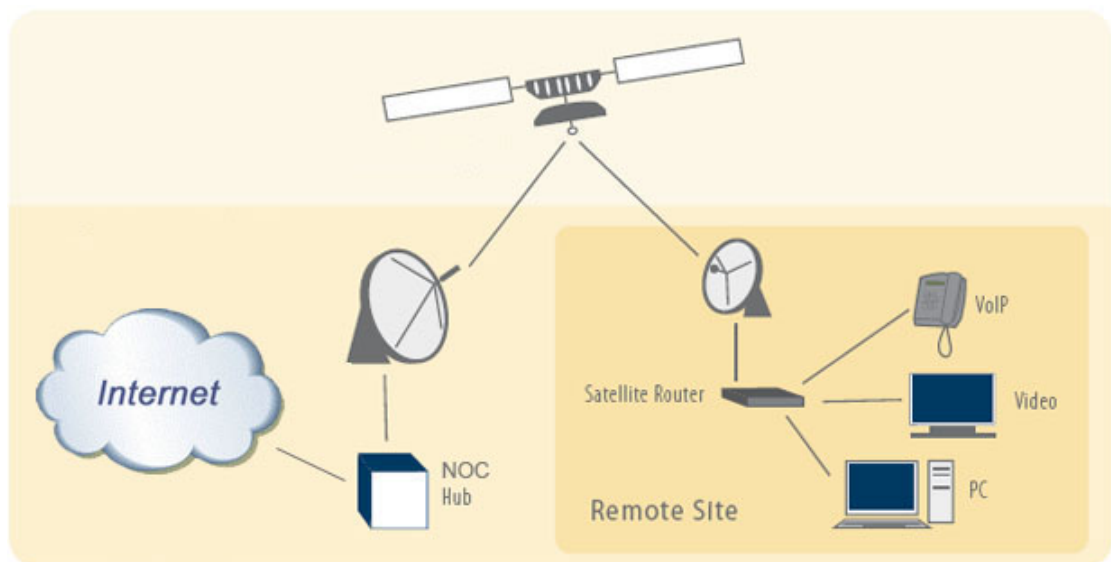
Mobiiliverkkoja hyödynnetään useimmiten mobiililaitteissa, kuten älypuhelimissa, tableteissa sekä kannettavissa tietokoneissa. Mobiiliverkot yleensä kattavat urbaanit alueet parhaiten, sillä niiden toimintaperiaate useimmiten vaatii paljon infrastruktuuria ympärilleen sekä niiden rakentamisen sekä ylläpitämisen kustannuksien kattamiseksi vaaditaan iso käyttäjäkanta (American Towers 2010).

Mobiiliverkkojen vahvuutena on loppukäyttäjän kannalta helppokäyttöisyys, useimpiin tarkoituksiin riittävä tiedonsiirtokapasiteetti sekä verkkoa pystyy hyödyntämään helposti liikkuvissa olosuhteissa. Mahdollisena heikkoutena on yli 100ms viiveen olemassaolo, mikä voi rajata äärimmäisen reaaliaikaista kom-

munikaatiota vaativat tilanteet pois. Mobiiliverkot ovat edullinen ratkaisu Suomessa tiedonsiirron toteuttamiseksi, mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa se on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto tavalliselle kuluttajalle (Martonik 2013).

### 3.2.4 Satelliittilaajakaista

Satelliittilaajakaista on tiedonsiirtoteknologia, joka pohjaa avaruudessa oleviin tietoliikennesatelliitteihin datan välittäjänä eri sijainteihin maapallolla. Laite, joka haluaa olla yhteydessä internetiin lähettää lautasantennin tai muun lähetimen avulla dataa satelliitille, joka toimittaa sen tietoliikenneoperaattorin lautasantennille, josta se välitetään eteenpäin käyttäen muita tiedonsiirtoteknologioita. Tiedonsiirto takaisinpäin noudattaa samaa periaatetta. (Ground Control 2018)



Kuva 3. Satelliittilaajakaistan toimintaperiaate (Ground Control 2018)

Kommunikaatio tapahtuu 18,3 Ghz – 31 Ghz taajuusalueella ja sen potentiaalinen tiedonsiirtokyky riippuu satelliitissa käytetystä teknologiasta sekä satelliittilaajakaistaoperaattorin tarjoamasta yhteydestä.

Euroopan suurin satelliittilaajakaistan tarjoaja Europasat kirjoitushetkellä lupaillee keskimääräisesti 15 Mbps lataus ja 2 Mbps lähetysnopeuksia käyttäjilleen (Europasat 2018). Ovumin tekemässä maailmanlaajuisessa satelliittilaajakaistaoperaattorien vertailussa he ilmoittavat latausnopeuksien tarjonnan vaihtelevan 10 Mbps - 25 Mbps välissä, sekä lähetysnopeuksien tarjonnan vaihtelevan 1 Mbps – 6Mbps välissä (Ovum 2016).

Koska signaalin on kuljettava vähintäänkin avaruuteen sekä takaisin, yhteydellä on viivettä useimmissa tapauksissa noin 638 millisekuntia (Brodkin 2013). Useimmiten viive on huomaamaton esimerkiksi tavallisessa verkkoselaamisessa, mutta äärimmäisen reaaliaikaista kommunikaatiota vaativassa käytössä tämä voi tuottaa ongelmia, kuten esimerkiksi nopeatempoisissa videopeleissä (Ground Control 2018).

Satelliittilaajakaistoja hyödynnetään pääsääntöisesti paikoissa, jossa ei ole muita vaihtoehtoja internetyhteyden toteuttamiseksi, kuten syrjäseuduilla tai merellä.

Satelliittilaajakaistan vahvuutena on sen kattavuus moniin paikkoihin, missä ei ole muita vaihtoehtoja. Heikkouksina on korkea viive, useimmiten korkea hinta sekä yhteyden luotettavuuteen vaikuttaa vahvasti säätelijät. Myös useimmilla yhteyksillä on ns. datakatko, eli tietyn siirtomäärän jälkeen tiedonsiirron nopeutta hidastetaan (Ovum 2016).

#### **4 CASE: DATAMULE -MOBIILISOVELLUS**

Tässä luvussa esittelen toimeksiantajan sekä heidän alkuperäisen tiedonsiirrollisen haasteen pääpiirteittäin, mikä johti tarpeeseen kehittää ratkaisuja sen ongelman lievittämiseksi.

Kuvailen miten aiempi tutkimus ja tietämys vaikutti oikean elämän tiedonsiirto-ratkaisun prototyypin suunnittelussa sekä toteutuksessa. Käsittelen yleisellä tasolla, mitkä muuttujat vaikuttivat tiedonsiirtotekniikoiden sekä tiedonsiirtoteknologioiden valintaan, ennenkö riviäkään ohjelmakoodia oli kirjoitettu.

Kuvailen mobiilisovelluksen prototyyppiin valittuja toteutuskeinoja yleisellä tasolla, sillä mahdollisten liikesalaisuuksien säilyttämiseksi en voi esitellä sovelluksen käyttöliittymää tai ohjelmallisia ratkaisuja, joita sen toteuttamisessa käytettiin.

#### 4.1 Toimeksiantaja

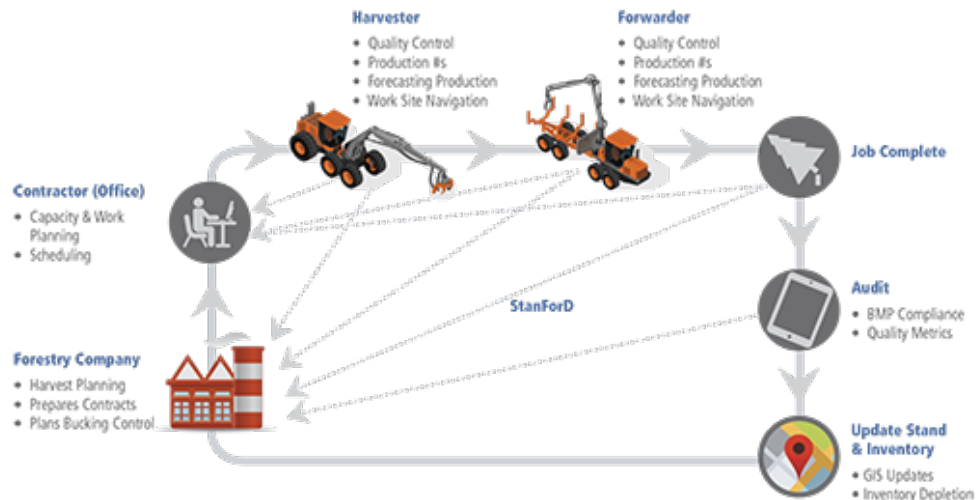
Toimeksiantajana toimii Fifth Element Oy, joka on osa kansainvälistä Trimble konsernia ja kuuluu sen Forestry-divisioonaan. Fifth Elementin tuotteiden pääpaino on digitaalisissa työkaluissa puunkuljetukseen, metsänhoitoon ja parannukseen sekä kunnossapidon työnohjaukseen. Erityisosaamista ovat mobiili-teetti, paikkatieto ja taustajärjestelmien integrointi.

Trimble Forestry toimittaa asiakkailleen maailman johtavia ratkaisuja reaaliaikaisen tiedon keräämiseen, viestimiseen sekä analysointiin metsäalalla, mahdollistaen paremman päätöksenteon puun toimitusketjun jokaisessa vaiheessa. Heidän palvelunsa on suunniteltu vähentämään riskejä, parantamaan tehokkuutta sekä vastaamaan metsäalan yritysten tarpeisiin puun elämänkaaren jokaisessa askeleessa puun istutuksesta sen kuljetukseen ja prosessointiin.

#### 4.2 Ongelman kuvaus

Modernit metsäkoneet tuottavat aktiivisesti laskennallista sekä reaaliaikaista toimintadataa niillä kaadetuista puista, kuten pituuden, paksuuden sekä puulajin. Tätä tietoa käytetään esimerkiksi puun laadun määrittämiseen, mikä vaikuttaa metsänomistajalle tehtävän korvauksen määrään sekä urakointimaksuihin. Mikäli metsäkoneesta löytyy siihen vaadittava teknologia, tämä data voi välittyä metsäyhtiölle reaaliajassa internetin välityksellä, joka parantaa heidän toimitusketjun suunnittelua ja seurantaa.

Fifth Elementin sekä sen emoyhtiön Trimble Forestry metsäalan asiakkailla oli käytössään WoodForce toiminnanohjausjärjestelmä, joka normaaleissa olosuhteissa tallentaisi metsäkoneiden sekä niiden operoijien yhteisvoimin generoiman informaation metsäkoneisiin asennettuihin tietokoneisiin. Tämä informaatio lähetettäisiin mobiiliverkkojen kautta esimerkiksi toimeksiantajan taustajärjestelmiin, josta se välitettäisiin metsäyhtiöiden tietojärjestelmiin, raportoiden liki reaaliajassa hakkuiden edistymistä.



Kuva 4. WoodForcen tiedonkulku (Trimble 2018)

Mobiiliverkkojen toiminta syrjäseuduilla kuten suomen metsissä kumminkin on hyvin katkonaista tai joissain tapauksissa täysin olematonta. Kansainvälisillä markkinoilla tilanne voi olla vielä kriittisempi, sillä niissä mobiiliverkkojen kattavuus sekä tarjonta voi olla hyvin vaihtelevaa sekä useimmiten kallista aktiivisessa käytössä.

Metsäkoneet saattavat viettää hyvin pitkiä aikoja mobiiliverkkojen ja yleensäkin tietoliikenneyhteyksien kantoalueen ulkopuolella, koska metsäkone useimmiten pysyi tiedonsiirrollisesti hankalissa olosuhteissa koko hakkuuprojektin ajan. Ei olisi ollut kustannustehokasta siirtää metsäkoneita, ennenkö hakkuuprojekti sillä alueella on päättynyt.

Toimeksiantajan asiakkaiden tarve saada ajankohtaista tietoa hakkuiden edistymisestä nähtiin kriittiseksi heidän sujuvan liiketoimintansa toteuttamiseksi, sekä mahdollisuus kilpailla kansainvälisillä markkinoilla nähtiin potentiaalisena vaihtoehtona tulevaisuudessa.

Vaihtoehtoisten tiedonsiirtokeinojen tutkiminen ja testaaminen oli siis välttämätöntä ongelman lievittämiseksi. Näistä lähtökohdista syntyi tarve luoda kustannustehokas keino liittää verkottoman alueen toimijat verkkoon tiheämmin, kuin mitä sillä hetkellä oli mahdollista, jotta informaation toimitusketju tehostuisi.

### 4.3 Ratkaisun suunnittelu

Tässä luvussa käsittelen sovelluksen suunnittelussa käydyn loogisen prosessin, missä rajattiin alkuperäisen ongelman ns. ”problem domain”, eli ongelma-alue, sekä miten se johti tiettyjen tiedonsiirtotekniikoiden ja teknologioiden lopulliseen valintaan.

#### 4.3.1 Tiedonsiirtotekniikka

Tiedonsiirrollisen ongelman nykytilan lievittämiseksi olisi ollut mahdollista yksinkertaisesti rakentaa lisää verkkoinfrastruktuuria, mutta hyvin suurella todennäköisyydellä se ei olisi ainakaan tällä hetkellä kustannustehokasta. Puhumattakaan siitä, että verkkoinfrastruktuurin rakentaminen sekä internet-palveluiden tarjoaminen eivät kuulu toimeksiantajan palveluvalikoimaan kirjoitushetkellä.

Samasta syystä voitiin myös sulkea pois satelliittilaajakaistojen tarjoaminen. Satelliittilaajakaistalla saattaisi myös olla samat ongelmat kuin mobiiliverkoilla, sekä se ei välttämättä olisi riittävän kustannustehokas ratkaisu toimeksiantajan asiakkaiden jokapäiväisiin tiedonsiirtotarpeisiin. Myös mahdollisesti suurien datamäärien siirtäminen jouhevalla aikataululla saattaisi muodostua ongelmaksi. Puhumattakaan siitä, että huono sää vähentää yhteyden luotettavuutta, joka ei olisi suotavaa pääsääntöisesti ulkotiloissa tapahtuvaan tiedonsiirtoon.

Verkottoman ja verkollisen alueen välillä oli kumminkin liikkuva aspekti: ihminen. Metsäkoneet eivät ainakaan vielä ole täysin autonomisia, vaan niitä käsittelee ihminen mahdollisesti viikon jokaisena päivänä. Itse metsäkone saattaa viettää työmaan haastavissa olosuhteissa koko hakkuuprojektin ajan, mutta sitä operoiva ihminen liikkuu usein internetin kantamaan esim. siirtyessään työvuoron jälkeen kotiinsa tai lähikaupungin majoitustiloihin.

Nähtiin siis mahdolliseksi hyödyntää ihmistä tiedonsiirtokanavana, sillä tiedettiin sen olevan ainakin toistaiseksi täysin varma tekijä, joka pystyisi liikkumaan usein internetin kantamaan ja takaisin.



Itsessään ihminen tiedonsiirtomediana suoraan ei toki olisi hyvä ratkaisu, sillä ihmisen muisti on hyvin rajallinen sekä epäluotettava. Suunnittelussa haluttiin maksimoida käyttäjämukavuus sekä käyttäjälähtöisyys, joten manuaaliset Sneakernetin kaltaiset ratkaisut tiedonsiirtoon rajattiin pois hyvin nopeasti kehityksen alussa.

#### **4.3.2 Tiedonsiirtoteknologia**

Kun oli tunnistettu tiedonsiirtotavaksi ihminen, oli kartoitettava mahdolliset teknologiat mitä ihminen voi hyödyntää tiedonsiirron toteuttamiseksi. Informaatiota piti saada liikkumaan metsäkoneesta ihmiselle, sekä häneltä internetiin. Tästä päädyttiin laitteeseen, joka hyvin suurella todennäköisyydellä löytyy jokaiselta käyttäjältä, joissain tapauksissa jopa kaksin kappalein: älypuhelin.

Modernista älypuhelimesta löytyy huomattava määrä teknisiä ominaisuuksia, mitä voi hyödyntää langattomassa tiedonsiirrossa: Bluetooth, WiFi, NFC (Near Field Communication) sekä mobiiliverkot. Tarvittaessa myös älypuhelimesta löytyisi USB(Universal Serial Bus), mitä voidaan hyödyntää langallisessa tiedonsiirrossa. Datan tallentamisessa kyettäisiin käyttämään älypuhelimien paikallista massamuistia tai mahdollisesti siihen asennettua erillistä muistikorttia, jos sille tulisi tarvetta.

Toimeksiantajan nykyisten ja potentiaalisten tulevien asiakkaiden tiedonsiirtotarpeet sekä olosuhteet saattavat olla hyvin kirjavia, jonka takia suunnittelussa tuli ottaa myös huomioon tiedonsiirtoratkaisun helppokäyttöisyys ja ns. ”fire & forget” -ajattelumalli, minimoiden loppukäyttäjältä vaaditut askeleet tiedon siirtämiseen laitteesta laitteelle. Myös tiedonsiirtomäärät saattoivat vaihdella hyvin paljon, joten teknologiavalinnassa tuli ottaa huomioon sen sopivuus mahdollisimman laajaan käyttötarkoitukseen nyt sekä sovelluksen potentiaalisessa tulevaisuudessa sen jouhevan käyttämisen varmistamiseksi.

Tiedonsiirto itse älypuhelimelta internetiin oli suhteellisen ilmiselvää alusta asti. Data siirtyisi internetiin hyödyntäen käyttäjän älypuhelimien WiFiä tai mobiiliverkkoja, kun hän saapuisi sellaisen äärelle verkottomalta alueelta.

Joten jäi pohdittavaksi, mitä älypuhelimien tiedonsiirtoteknologioita kannattaisi hyödyntää datan synkronoimiseksi ihmisen sekä metsäkoneen välillä. USB:n kautta tiedonsiirtonopeus sekä kapasiteetti olisi varmasti riittävä hyvin pitkään, sekä se olisi todella yhteensopiva monen erilaisen laitteen kanssa, mutta sen manuaalisen luonteen sekä välitöntä läheisyyttä vaativan teknologian vuoksi se rajattiin hyvin nopeasti pois. NFC:n hyödyntäminen vaatisi myös välitöntä läheisyyttä kohdelaitteeseen, eikä sen tiedonsiirtokyky ole todennäköisesti soveltuva tarkoituksiin.

Näin pystyttiin rajaamaan käytettävä tiedonsiirtoteknologia metsäkoneen sekä älypuhelimien välillä muutamaaan vaihtoehtoon: Bluetooth tai Wi-Fi.

Bluetoothin kantama olisi saattanut riittää haluttuihin käyttötarkoituksiin, mutta sen tiedonsiirtokyky ainakin tällä hetkellä tuskin riittäisi jouhevaan tiedonsiirtoon, riippuen älypuhelimien Bluetoothin noudattamasta standardista sekä metsäkoneeseen asennettavasta Bluetooth laitteesta. Oletuksena kumminkin oli, että tiedonsiirto ei olisi kaiken aikaa tapahtuvaa, vaan tapahtuisi yhtenä nopeana sykäyksenä, jonka käyttäjä tekisi esim. ennen työmaalta poistumista. Myös Bluetoothin turvallisuusratkaisut on vähemmän kehitettyjä, verrattuna WiFi-teknologioihin.

WiFi-teknologioiden kantamat ovat vähintään samaa luokkaa Bluetoothin kanssa ja useimmissa standardeja noudattavissa älypuhelimissa sekä verkko-laitteissa jopa parempia. Tiedonsiirtokyky on huomattavasti parempi ja se olisi selkeästi paremmin skaalautuvampi verrattuna Bluetoothin nykytilaan ja mahdolliseen tulevaisuuteen. WiFi on teknologiana myös hyvin tunnettu, tuettu sekä yhteensopiva hyvin monen erilaisen laitteen kanssa.

Aiemman tutkimuksen pohjalta voitiin päätellä, että tiedonsiirtokapasiteetin tarve voi kasvaa hyvin nopeasti ajan kanssa. Tiedonsiirron teknologiavalinnaksi siis rajautui WiFi, sillä se jättäisi hieman kasvuvaraa tiedonsiirtotarpeen kehitykselle esimerkiksi sovelluksen uusien ominaisuuksien muodossa. Uusien WiFi -standardien sekä niitä noudattavien laitteiden yleistyessä mahdollistuisi myös yhä suurempi kapasiteetti sekä kantama, joka tekisi ratkaisun komponenttien päivittämisestä helpompaa tulevaisuudessa. WiFi teknologiana

on myös todennäköisesti hyvin tuttu jokaiselle tyypilliselle loppukäyttäjälle ainakin termitasolla, joka yksinkertaistaa sovelluksen toimintaperiaatteen omaksumista.

#### **4.4 Ratkaisun toteutus**

Tässä luvussa kuvaan ratkaisun suunnittelusta syntyneen mobiilisovelluksen idean pääpiirteittäin sekä esittelen osan toteuttamisessa käytetyistä työkaluista. Kuvaan myös MVVM -mallin toimintaperiaatteen lyhyesti.

##### **4.4.1 Idea**

Tiedonsiirtohaasteen ratkaisemiseksi tuli siis toteuttaa mobiilisovellus, joka hyödyntää langattomia verkkoja tiedonsiirtoon. Loppukäyttäjän tulisi pystyä synkronoimaan metsäkoneen tuottamaa dataa mobiililaitteen massamuistiin verkottomalla alueella ollessaan yhtenä nopeana sykäyksenä metsäkoneen luoman paikallisen WiFi-verkon kautta ja lähettää kerätty data toimeksiantajan taustajärjestelmiin myöhempänä ajankohtana hyödyntäen mobiiliverkkoja tai WiFiä. Samaan aikaan voitaisiin ladata metsäkoneelle toimitettavaa dataa internetin välityksellä, jonka ihminen toimittaisi metsäkoneelle sinne palatesaan. Toimintaperiaate on siis idealtaan sama, kuin Data Mulingissa, mutta ns. muuliajoneuvona toimii ihminen ja tietokoneena älypuhelin.

Prototyyppi suunniteltiin alun perin toimimaan sekä Android, että iOS mobiililaitteilla, sillä haluttiin maksimoida mahdollisimman suuri potentiaalinen asiakaskunta, joka voisi hyödyntää sovellusta.

##### **4.4.2 Työkalut**

Mobiilisovellus toteutettiin käyttämällä Xamarin-kehystä, joka mahdollistaa sovelluskehityksen Android, iOS, Mac sekä Windows-alustoille hyödyntäen C#-ohjelmointikieltä. Sovelluksen ns. "business logic" voidaan toteuttaa täysin käyttäen C#-kieltä, joka sen kääntövaiheessa muunnetaan kohdealustan tukeville kielille, käytännössä mahdollistaen eri alustojen natiivitoimintojen hyödyntämisen yhdellä ohjelmointikielellä. (Nikunen 2016, 11-12).

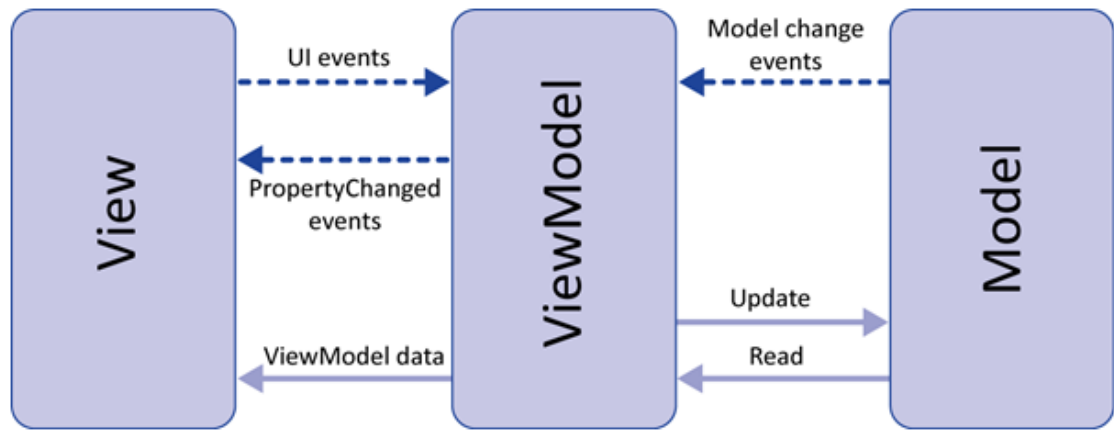
Xamarinissa käyttöliittymät voidaan toteuttaa monella eri keinolla, riippuen halutusta toimintatavasta. Niiden luomisessa voidaan hyödyntää alustojen omia työkaluja, jolloin esimerkiksi Androidille on oma käyttöliittymäkoodi ja iOS:lle omansa, molemmat käyttävät jaettua C# koodia. Toisena vaihtoehtona on Xamarinin Formsin tarjoama XAML (Extensible Application Markup Language) -merkintäkieli, jolloin alustat käyttävät samaa käyttöliittymäkoodia sekä jaettua C# koodia. Käyttöliittymäkoodi voidaan myös luoda pelkän C# kielen avulla. Esimerkkikoodi XAMLilla toteutetusta klassisesta Hello Worldistä löytyy liitteestä 1, sekä pelkällä C#:lla toteutettu vastaava liitteestä 2. Molemmista esimerkeistä syntyy visuaalisesti identtinen käyttöliittymä.

Suunnitteluvaiheessa Xamarin-kehys valikoitui toteutuksessa käytettäväksi teknologiaksi, sillä kaikista muista mahdollisista vaihtoehdoista se oli ominaisuuksiltaan paras vaihtoehto vaatimusmäärittelyn vaatimusten täyttämiseen, sekä toimeksiantajalla oli kokemusta sen käyttämisestä mobiilisovelluskehityksessä. Xamarin myös mahdollistaisi mobiilisovelluksen helpon jatkokehityksen yhteensopivaksi esimerkiksi Windows Phone laitteiden kanssa, jos sen alustan tukeminen nähtäisiin tarpeelliseksi.

Tarkkoja esimerkkejä sovelluksen sisäisestä logiikasta en voi esitellä mahdollisten liikesalaisuuksien säilyttämiseksi, mutta olen kuvannut muutaman esimerkin, miten toteutuksessa vaadittavan tiedonsiirron voisi toteuttaa, jos metsäkoneessa sekä taustajärjestelmissä olisi FTP-palvelin käytössä. Liitteessä 3 on esimerkki tiedostolistauksen hakemisesta, liitteessä 4 on esimerkki yksittäisen tiedoston lataamisesta sekä liitteessä 5 on esimerkki yksittäisen tiedoston lähettämisestä. Enemmän tai vähemmän yhdistämällä näihin ydintoimintoihin logiikkaa, pystyisi toteuttamaan laitteiden välisen tiedonsiirron teoriassa.

#### **4.4.3 Arkkitehtuuri**

Toteutuksessa käytettiin MVVM (Model-View-ViewModel) -sovellusarkkitehtuurimallia, suomalaisittain kuvattuna Malli-Näkymä-Näkymämallia, joka jakaa sovelluksen toiminnan vastuita eri osa-alueille.



Kuva 5. MVVM-mallin toimintaperiaate (Microsoft Developer Network 2018)

Näkymän ainoa vastuu on toimia käyttöliittymänä. Se sisältää tarvittavat komponentit datan visualisoimiseksi käyttöliittymään sekä käyttäjän syötteitä varten vaadittavat elementit. Näkymä ei sisällä logiikkaa, vaan se sidotaan (eng. Bind) tiettyyn Näkymämalliin.

Näkymämallin vastuu on esityslogiikka. Sen tarkoitus on muuntaa Mallista tuleva data käyttäjäystävällisempään muotoon ja siirtää se Näkymälle sekä siirtää Näkymän käyttöliittymäelementtien avulla tuleva käyttäjän syöte Mallille. Ideaalisessa toteutuksessa Näkymämalli ei tiedä mitään siihen sidotusta Näkymästä, jolloin se on täysin riippumaton käyttöliittymästä.

Malli sisältää sovelluksen logiikan. Tähän kuuluu esimerkiksi datan validointi, ns. "business logic" ja tietovarannot, kuten tietokannat. Ideaalisessa toteutuksessa Malli ei tiedä mitään sovelluksen Näkymistä tai Näkymämalleista, jolloin se on täysin riippumaton sovelluksen muista osista.

MVVM-malli valittiin, jotta sovelluksen ylläpitäminen, kehittäminen sekä testaaminen olisi helpompaa sekä se oli totuttu käytäntö.

## 5 PÄÄTÄNTÖ

Sovelluksen prototyyppi toteutettiin projektina 1.3.2018 - 12.5.2018 aikana hyödyntäen ketteriä sovelluskehityksen menetelmiä. Sprinttien pituus oli n. kaksi viikkoa, jonka aikana toteutettiin sovelluksen vaatimusmäärittelyn pohjalta suunniteltuja sovelluksen ominaisuuksia.

Projektin haasteina oli henkilökohtaisesta näkökulmasta pohdittuna hyvin monen uuden asian oppiminen pienessä ajassa, koska useat projektissa käytetyt teknologiat olivat minulle käytännön tasolla vieraita. Sovelluskehityksen aikana törmättiin useaan laiteläheiseen, ohjelmalliseen sekä aikataululliseen haasteeseen, joita en osannut ennakoida projektin alussa. Tämä johti siihen, että osa alkuperäisistä prototyypin suunnitelluista ominaisuuksista jouduttiin karsimaan.

Projektin lopputuloksena saatiin kehitettyä alustava prototyyppi Data Mulingiin pohjaavasta mobiilisovelluksesta, sekä kerrytettiin uutta tietämystä tiedonsiirtoratkaisuista, sovelluskehityksestä ja projektinhallinnasta.

Uskon opinnäytetyön teorian tutkimisen sekä käytännön toteuttamisen syventäneen teknologista tietämystäni hyvin paljon suhteellisen pienessä ajassa, joka voidaan nähdä henkilökohtaisena onnistumisena. Projektin aikana kohtaamani haasteet ovat varmasti kehittäneet ammattitaitoani sovelluskehityksen kaikilla osa-alueilla harjaantuneempaan suuntaan.

Jo ennen tunnettua internettiä oli ongelmana liittää ihmiset, koneet sekä niiden yhteissummana luotu tieto kollektiiviseksi yhdessä toimivaksi kokonaisuudeksi ja sama ongelma on yhä olemassa. Tiedonsiirtovaihtoehtojen määrä ihmisten ja laitteiden välisen kommunikaation toteuttamiseksi on kasvanut valtavasti vuosien varrella ja tulee hyvinkin suurella todennäköisyydellä jatkamaan kasvuaan, jos on tilastoihin sekä arvioihin uskomista.

Usein ei ole yhtä täydellistä tiedonsiirtoratkaisua joka toimii jokaisessa tilanteessa, vaan on osattava analysoida tiedonsiirron tarpeen senhetkinen tilanne sekä potentiaalinen kasvu realistisessa skaalassa. Teknologiaratkaisujen ei tarvitse myöskään olla täysin binäärisiä, vaan se voi olla useamman teknologian summa. Teknologian tai useamman teknologian valinnassa tulee osata punnita kapasiteettien lisäksi myös hyvä yhteensopivuus, sillä valittu teknologinen ratkaisu saattaa toimia tiedonsiirron kulmakivenä jopa seuraavat kymmenen vuotta. Vaikka uusien ja ihmeellisten teknologioiden hyödyntäminen saattaisi tuoda sovellusratkaisulle teknologisesti urauurtavan brändin, jäisi sovelluskehittäjän ongelmaksi tutustua miten tämä vähän käytetty teknologia käytännössä toimii.

Todennäköisesti sinä, lukija, luet tätä dokumenttia tietokoneen tai mobiililaitteen ruudulta. Jotta tämä dokumentti on päässyt siirtymään sinun laitteeseesi, on sen pitänyt matkata mahdollisesti usean langallisen sekä langattoman tiedonsiirtoteknologian kautta tai jopa avaruuden lävitse päästäkseen sinne missä se nyt on. Pelkästään yhden teknologian voimin tähän tuskin olisi mahdollisuutta.

Minkälaisia tiedonsiirrollisia haasteita on odotettavissa tulevaisuudessa? Jatkaako internetiin yhdistyneiden laitteiden sekä käyttäjien määrä kasvuaan samaa vauhtia, vai hidastuuko se? Tuleeko tyypillisellä käyttäjällä olemaan yli gigabitin yhteys henkilökohtaisessa käytössään ja sekään ei riitä sujuvaan virtuaalitodellisuudessa kahlaamiseen? Yleistyykö esineiden internet ja jokainen perinteinen kodinkone tarvitsee verkkoyhteyden toimiakseen oikein? Mihin mennessä internetin kattavuus on 100 % kaikkialla maailmassa, tai edes Suomessa?

Kukaan ei voi tietää varmasti. Uskon, että sadankin vuoden päästä informaation välittäminen kahden tai useamman asian välillä on yhä ongelma. Ehkä silloin ongelmana on ihmisen digitoiminen ja lähettäminen avaruuden halki toiseen paikkaan. Vain aika näyttää.

## LÄHTEET

Adrichem, N. Wissingh, B. Ravesteijn, D. D'Acunto L. 2017. Data Muling in ICN. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://conferences.sigcomm.org/acm-icn/2017/proceedings/icn17-12.pdf> [Viitattu 6.4.2018].

Ahlblad, J. 2008. Suomi liittyi internetiin 20 vuotta sitten. WWW-dokumentti. Päivitetty: 4.12.2008. Saatavissa: <https://www.tivi.fi/Arkisto/2008-12-04/Suomi-liittyi-internettiin-20-vuotta-sitten-3158566.html> [Viitattu 5.4.2018].

Amazon Web Services. 2018. AWS Snowmobile. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://aws.amazon.com/snowmobile/> [Viitattu 5.4.2018].

American Towers. 2010. Introduction to the Tower Industry & American Tower. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://phx.corporate-ir.net/External.File?item=UGFyZW50SUQ9MTEwMDI2fENoaWxkSUQ9LTF8VHlwZT0z&t=1> [Viitattu 11.5.2018].

Basu, I. 2007. DakNet: Internet Goes Rural Riding on a Motorbike. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.govtech.com/dc/articles/DakNet-Internet-Goes-Rural-Riding-on.html> [Viitattu 5.4.2018].

Barnett, T. 2016. The Zettabyte Era Officially Begins (How Much is That?). Päivitetty: 9.9.2016. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://blogs.cisco.com/sp/the-zettabyte-era-officially-begins-how-much-is-that> [Viitattu 12.5.2018].

Beranek, B. 1981. A History of the Arpanet – The First Decade. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA115440> [Viitattu 2.4.2018].

Brodkin, J. 2013. Satellite Internet faster than advertised, but latency still awful. Päivitetty 15.2.2013. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://arstechnica.com/information-technology/2013/02/satellite-internet-faster-than-advertised-but-latency-still-awful/> [Viitattu 8.5.2018].

Chiappa, N. 2014. ARPANET Technical Information: Geographic Maps. Päivitetty 7.11.2014. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://mercury.lcs.mit.edu/~jnc/tech/arpageo.html> [Viitattu 9.5.2018].

Cisco. 2016. Global Device Growth Traffic Profiles. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.cisco.com/c/dam/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global\\_Device\\_Growth\\_Traffic\\_Profiles.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global_Device_Growth_Traffic_Profiles.pdf) [Viitattu 6.5.2018].

Cisco. 2017. The Zettabyte Era: Trends and Analysis. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/vni-hyperconnectivity-wp.html> [Viitattu 6.5.2018].



Columbus, L. 2017. 2017 Roundup Of Internet Of Things Forecasts. Päivitetty 10.12.2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2017/12/10/2017-roundup-of-internet-of-things-forecasts/> [Viitattu 8.5.2018].

DeLisle, J. 2015. What's the Difference Between IEEE 802.11af and 802.11ah?. Päivitetty 24.4.2015. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.mwrf.com/active-components/what-s-difference-between-ieee-80211af-and-80211ah> [Viitattu 8.5.2018].

Europasat. 2018. How fast is satellite internet?. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.europasat.com/what-is-satellite-broadband-internet/how-fast-is-satellite-broadband/> [Viitattu 8.5.2018].

Farivar, C. 2007. Google's Next-Gen Of Sneakernet. Päivitetty: 20.3.2007. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.wired.com/2007/03/googles-next-gen-of-sneakernet/> [Viitattu 5.4.2018].

Frazer, K. 1996. NSFNET: A Partnership for High-Speed Networking. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://web.archive.org/web/20150210181738/http://www.merit.edu/about/history/pdf/NSFNET\\_final.pdf](https://web.archive.org/web/20150210181738/http://www.merit.edu/about/history/pdf/NSFNET_final.pdf) [Viitattu 6.4.2018].

Galaty, B. 2013. And the Internet was Born: The Creation of the ARPANET. Videoleike. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=nsdFNTeGqlg> [Viitattu 2.4.2018].

Grikorik, I. 2013. Mobile Networks - Performance Of Wireless Networks, Chapter 7. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://hpbn.co/mobile-networks/> [Viitattu 8.5.2018].

Ground Control. 2018. How Does Satellite Internet Work?. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.groundcontrol.com/How\\_Does\\_Satellite\\_Internet\\_Work.htm](http://www.groundcontrol.com/How_Does_Satellite_Internet_Work.htm) [Viitattu 8.5.2018].

Gryta, T. 2012. AT&T to Leave 2G Behind. Päivitetty 3.8.2012. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.wsj.com/articles/SB10000872396390443687504577567313211264588> [Viitattu 8.5.2018].

Haasio, A. Vakkari, Pertti. 2011. Informaatiotutkimuksen perusteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://viestintatieteet-wiki.wikispaces.com/Informaatiotutkimuksen+perusteet> [Viitattu 5.5.2018].

Hafner, K. Lyon, M. 1998. Where Wizards Stay Up Late (The Origins Of The Internet). PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://monoskop.org/images/e/ee/Hafner\\_Katie\\_Lyon\\_Matthew\\_Where\\_Wizards\\_Stay\\_Up\\_Late\\_The\\_Origins\\_Of\\_The\\_Internet.pdf](https://monoskop.org/images/e/ee/Hafner_Katie_Lyon_Matthew_Where_Wizards_Stay_Up_Late_The_Origins_Of_The_Internet.pdf) [Viitattu 2.4.2018].

Hänninen, K. 2017. Suomi on älyteknologian ja teollisen internetin huippuhyödyntäjä. Päivitetty 3.4.2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/suomi-on-alyteknologian-ja-teollisen-internetin-huippuhyodyntaja-6638077> [Viitattu 8.5.2018].

- Harnal, S. Kaur, J. 2016. Daknet (The Village Area Network). PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://ijarcsse.com/Before\\_August\\_2017/docs/papers/Volume\\_6/10\\_October2016/V6I8-0187.pdf](http://ijarcsse.com/Before_August_2017/docs/papers/Volume_6/10_October2016/V6I8-0187.pdf) [Viitattu 5.4.2018].
- Hart, D. 2003. A Brief History of NSF and the Internet. Päivitetty 13.8.2003. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=103050](https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=103050) [Viitattu 6.4.2018].
- Hasson, AA. Fletcher, R. Pentland, AS. 2003. DakNet: A Road To Universal Broadband Connectivity. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://courses.media.mit.edu/2003fall/de/DakNet-Case.pdf> [Viitattu 6.4.2018].
- Huynh, A. 2010. Study of Wired and Wireless Data Transmissions. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:369556/FULLTEXT01.pdf> [Viitattu 8.5.2018].
- Information Point Technologies. 2018. Wireless Networking (Wi-Fi) – Advantages And Disadvantages To Wireless Networking. Päivitetty 4.11.2011. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ipoint-tech.com/wireless-networking-wi-fi-advantages-and-disadvantages-to-wireless-networking/> [Viitattu 8.5.2018].
- Pelkey, J. 2007. Networking: Vision and Packet Switching 1959 - 1968 Intergalactic Vision to Arpanet. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.1-IntergalacticNetwork\\_1962-1964.html#\\_ftn1](http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.1-IntergalacticNetwork_1962-1964.html#_ftn1) [Viitattu 2.4.2018].
- Kelland, M. 2013. SneakerNet – sometimes the old ways are best. Päivitetty 18.3.2013. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.prrcomputers.com/blog/sneakernet-sometimes-the-old-ways-are-best/> [Viitattu 5.4.2018].
- Kujawski, M. 2018. Global internet statistics for 2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://medium.com/@mikekujawski/global-internet-statistics-for-2018-c9dda951717e> [Viitattu 6.5.2018].
- Lacoma, T. 2017. Confused about modern Wi-Fi standards? We'll get you up to speed. Päivitetty 18.9.2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.digitaltrends.com/computing/wi-fi-is-evolving-should-you-keep-up-what-802-11ac-means-for-you/> [Viitattu 8.5.2018].
- Lecht, H. 2018. 2G and 3G networks are shutting down globally?!. Päivitetty 27.3.2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://1ot.mobi/blog/2g-and-3g-networks-are-shutting-down-globally> [Viitattu 8.5.2018].
- Lee, T. 2014. 40 maps that explain the internet. Päivitetty 2.6.2014. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vox.com/a/internet-maps> [Viitattu 5.4.2018].
- Leiner, M. Cerf, V. Clark, D. Kahn, R. Kleinrock, L. Lynch, D. Postel, J. Roberts, L. Wolff, S. 1997. Brief History of the Internet. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://cdn.prod.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/ISOC-History-of-the-Internet\\_1997.pdf](https://cdn.prod.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/ISOC-History-of-the-Internet_1997.pdf) [Viitattu 3.4.2018].

- Licklider, J. 1960. Man-Computer Symbiosis\*. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://worrydream.com/refs/Licklider%20-%20Man-Computer%20Symbiosis.pdf> [Viitattu 2.4.2018].
- Licklider, J. 1963. Topics for Discussion at the Forthcoming Meeting. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://worrydream.com/refs/Licklider-IntergalacticNetwork.pdf> [Viitattu 2.4.2018].
- Licklider, J. 1965. Libraries of the future. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://worrydream.com/refs/Licklider%20-%20Libraries%20of%20the%20Future.pdf> [Viitattu 2.4.2018].
- Licklider, J. Clark, W. 1962. ON-LINE MAN-COMPUTER COMMUNICATION. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.computer.org/csdl/proceedings/afips/1962/5060/00/50600113.pdf> [Viitattu 2.4.2018].
- Lukasik, S. 2011. Why the Arpanet Was Built. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.computer.org/cms/Computer.org/ComputingNow/computingthen/2011/03/CT-Arpanet.pdf> [Viitattu 3.4.2018].
- Määttänen T. 2015. Mobiiliverkon tukiaseman rakentaminen. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93391/Maatta-nen\\_Tommi.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93391/Maatta-nen_Tommi.pdf) [Viitattu 9.5.2018].
- Markula, A. 2006. Bluetooth-tekniikan tietoturva. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/827/Markula\\_Atte.pdf](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/827/Markula_Atte.pdf) [Viitattu 8.5.2018].
- Martonik A. 2013. U.S. mobile data prices among most expensive in the world. Päivitetty 7.10.2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.androidcentral.com/us-mobile-data-prices-among-most-expensive-world> [Viitattu 8.5.2018].
- MeshMules Team Project. 2009. Introduction into Xoluqobo's work. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://shenzi.cs.uct.ac.za/~honsproj/cgi-bin/view/2009/chissungo\\_mkhwanazi.zip/meshMules/xoluqoboWork.html](http://shenzi.cs.uct.ac.za/~honsproj/cgi-bin/view/2009/chissungo_mkhwanazi.zip/meshMules/xoluqoboWork.html) [Viitattu 9.5.2018].
- Microsoft Developer Network. 2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff798384.aspx> [Viitattu 18.5.2018].
- Miniwatts Marketing Group. 2017. Internet in Europe Stats. WWW-dokumentti. Päivitetty 3.12.2017. Saatavissa: <https://www.internet-worldstats.com/stats4.htm#europe> [Viitattu 6.5.2018].
- Miniwatts Marketing Group. 2018. Internet Usage Statistics. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.4.2018. Saatavissa: <https://www.internet-worldstats.com/stats.htm> [Viitattu 6.5.2018].
- Mit and the Galactic Network. 2002. Gale Encyclopedia of E-Commerce. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.encyclopedia.com/economics/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/mit-and-galactic-network> [Viitattu 2.4.2018].

Nikunen, P. 2016. Monialustainen mobiilikehitys Xamarin-alustalla. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/118762/Nikunen\\_Pyry.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/118762/Nikunen_Pyry.pdf) [Viitattu 13.5.2018].

Nordic Semiconductor. 2014. A short history of Bluetooth. Päivitetty 14.7.2014. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nordicsemi.com/eng/News/ULP-Wireless-Update/A-short-history-of-Bluetooth> [Viitattu 8.5.2018].

Nordic Semiconductor. 2017. Taking a deeper dive into Bluetooth 5. Päivitetty 7.4.2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://devzone.nordicsemi.com/b/blog/posts/taking-a-deeper-dive-into-bluetooth-5> [Viitattu 8.5.2018].

Ookla. 2018a. Speedtest Global Index – April 2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.speedtest.net/global-index> [Viitattu 6.5.2018].

Ookla. 2018b. Finland – April 2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.speedtest.net/global-index/finland> [Viitattu 6.5.2018].

Ovum. 2016. Satellite Broadband: A Global Comparison. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nbnco.com.au/content/dam/nbnco2/documents/Satellite%20Broadband%20-%20A%20Global%20Comparison%20-%20FINAL.pdf> [Viitattu 8.5.2018].

Oxford Living Dictionaries. 2018. sneakernet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/sneakernet> [Viitattu 5.4.2018].

RF Wireless World. 2012. Advantages of Bluetooth | Disadvantages of Bluetooth. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/Bluetooth-advantages-and-disadvantages.html> [Viitattu 8.5.2018].

Sandvine. 2016. 2016 Global Internet Phenomena - Latin America & North America. Päivitetty 21.6.2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sandvine.com/hubfs/downloads/archive/2016-global-internet-phenomena-report-latin-america-and-north-america.pdf> [Viitattu 9.5.2018].

Shah, R. Roy, S. Jain, S. Brunette, W. 2003. Data MULEs: modeling and analysis of a three-tier architecture for sparse sensor networks. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/d485/817e4199bc1cf27ac971b209795f27f54d87.pdf> [Viitattu 6.4.2018].

Smith, S. 2015. The Internet of Sheep: Farmers in Wales Are Extending The Concept Of IoT. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://wtvox.com/2015/02/the-internet-of-sheep-farmers-in-wales-are-extending-the-concept-of-iot/> [Viitattu 8.5.2018].

The Economist. 2004. A brief history of Wi-Fi. Päivitetty 10.6.2004. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.economist.com/node/2724397> [Viitattu 8.5.2018].

Tilastokeskus. 2017. Tietotekniikan käyttö yrityksissä. Päivitetty: 30.11.2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ict/2017/ict\\_2017\\_2017-11-30\\_kat\\_002\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ict/2017/ict_2017_2017-11-30_kat_002_fi.html) [Viitattu: 9.5.2018].

Trimble. 2018. Harvesting - Intelligent Harvest Planning. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.trimble.com/Forestry/Harvesting.aspx> [Viitattu 9.5.2018].

Urbaani sanakirja, 2008. adidas-verkko. WWW-dokumentti. Päivitetty 16.4.2008. Saatavissa: <https://www.urbaanisanakirja.com/word/adidas-verkko/> [Viitattu 5.4.2018].

Vincent, J. 2016. UN condemns internet access disruption as a human rights violation. Päivitetty 13.7.2016. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.theverge.com/2016/7/4/12092740/un-resolution-condemns-disrupting-internet-access> [Viitattu 7.4.2018].

Waitzman, D. 1990. A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tools.ietf.org/html/rfc1149> [Viitattu 15.5.2018].

**Xamarin Hello World XAML**

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<ContentPage xmlns="http://xamarin.com/schemas/2014/forms"
             xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
             x:Class="Thesis_UI_demo.HelloWorldXAML">
  <ContentPage.Content>
    <StackLayout>
      <Label Text="Hello World!"
            VerticalOptions="CenterAndExpand"
            HorizontalOptions="CenterAndExpand" />
    </StackLayout>
  </ContentPage.Content>
</ContentPage>
```

## Xamarin Hello World C#

```
public class HelloWorldCode: ContentPage
{
    public HelloWorldCode()
    {
        StackLayout demoStackLayout = new StackLayout();

        Label demoLabel = new Label();
        demoLabel.Text = "Hello World!";
        demoLabel.VerticalOptions = LayoutOptions.CenterAndExpand;
        demoLabel.HorizontalOptions = LayoutOptions.CenterAndExpand;

        demoStackLayout.Children.Add(demoLabel);

        Content = demoStackLayout;
    }
}
```

## FTP-kansion tiedostojen listaus C#

```
public List<string> GetDirectoryContents(string remoteAddressDirectory)
{
    FtpWebRequest request = (FtpWebRequest)WebRequest.Create(remoteAddressDirectory);
    request.Method = WebRequestMethods.Ftp.ListDirectory;

    FtpWebResponse response = (FtpWebResponse)request.GetResponse();

    using (Stream responseStream = response.GetResponseStream())
    using (StreamReader reader = new StreamReader(responseStream))
    {
        List<string> directoryContents = new List<string>();

        string line = reader.ReadLine();
        while (!string.IsNullOrEmpty(line))
        {
            line = reader.ReadLine();
            directoryContents.Add(line);
        }

        return directoryContents;
    }
}
```



## FTP-palvelimelta tiedoston lataus C#

```
public async Task DownloadFile(Uri remoteFileAddress, string saveLocation)
{
    try
    {
        using (WebClient wclient = new WebClient())
        {
            wclient.Credentials = CredentialStore.DemoCredentials;
            await wclient.DownloadFileTaskAsync(remoteFileAddress, saveLocation);
        }
    }
    catch (Exception e)
    {
        throw e;
    }
}
```

## Tiedoston lähettäminen FTP-palvelimelle C#

```
public async Task UploadFile(Uri uploadAddress, string filePath)
{
    try
    {
        using (WebClient wclient = new WebClient())
        {
            wclient.Credentials = CredentialStore.DemoCredentials;
            await wclient.UploadFileTaskAsync(uploadAddress, filePath);
        }
    }
    catch (Exception e)
    {
        throw e;
    }
}
```