



Innovaatiotuotteen kehitys koirien sykedatan mittaukseen

Simo Niemikallio

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Tradenomi (YAMK)

Digitaalisen liiketoiminnan mahdollisuudet

Opinnäytetyö

2023

Tiivistelmä

Tekijä Simo Niemikallio
Tutkinto Tradenomi (YAMK)
Raportin/Opinnäytetyön nimi Innovaatiotuotteen kehitys koirien sykedatan mittaukseen
Sivu- ja liitesivumäärä 69 + 0
<p>Opinnäytetyön aiheena on uuden, innovatiivisen teknologian luominen, jolla voidaan luotettavasti mitata koirien sykettä erilaisten fyysisten suoritusten aikana. Nykyaikana harrastuskoiria pidetään huippu-urheilijoina, joiden hyvinvointia ja suorituksen tasoa halutaan mitata entistä tarkemmin. Markkinalla ei ole kuluttajille suunniteltua koirien sykemittaukseen kehitettyä teknologiaa, joten tämä opinnäytetyö pyrkii luomaan koirien sykemittauksen Proof Of Conceptin käyttäen Lean Startup -metodia. Lisäksi opinnäytetyö selvittää polkua innovaation jatkokehittämiseksi startup-yrityksen perustamista tavoitellen.</p> <p>Teoreettisessa viitekehyksessä tutustutaan erilaisiin sykemittauksen, datasiirron ja datan analysoinnin teknologioihin, jotta luotavan innovaatiotuotteen oikea teknologia osataan valita tehokkaasti. Metodologiassa tutustutaan Lean Startup -metodin menetelmiin ja miten sitä sovelletaan tämän opinnäytetyön suorituksessa.</p> <p>Viides luku kuvaa ratkaisun arkkitehtuurit. Kuudes luku sisältää kehityksen vaiheet. Luvun alussa esitellään alkusuunnitelma sekä lopputuotteen hypoteesi. Loppuosa empiriasta on jaettu haastatteluihin sekä alaotsikoittain kehittämisen iteraatiokierroksiin, joita tarvittiin kahdeksan toimivan Proof Of Conceptin luomiseen.</p> <p>Opinnäytetyön tulos oli toimiva Proof Of Concept, joka ei toteutukseltaan vastannut täysin alkuperäistä hypoteesia tai teknologista suunnitelmaa. Proof Of Concept kuitenkin täytti tavoitteen, sillä pystyttiin mittamaan koirien sykettä fyysisen suorituksen aikana. Lean Startup -metodin avulla kehitys suoritettiin iteraatiokierroksina, joiden aikana lopullinen innovaatiotuote muodostui. Iteraatiokierrokset osoittivat alkuperäisen oletaman virheet, jotka korjattiin kierrosten aikana.</p> <p>Opinnäytetyön johtopäätöksiä voidaan pitää, että systemaattisen kehitystyön ja innovoinnin ristiriitaisuuksien hyväksynnän sekä metodologisen hallinnan avulla, voidaan luoda innovatiivisia tuotteita. Systemaattinen kehitystyö vaatii hypoteesin ja siihen jatkuvan kehittämisen, mutta uuden innovaation luominen ei pysy helposti struktuurissa. Lean Startup -metodin avulla voitiin pitää innovointi raameissaan, mutta tämänkin opinnäytetyön aikana suunnitelmaa muutettiin merkittävästi muutamankin kerran. Kuitenkin selkeä tavoite auttoi viemään kehitystyön loppuun asti. Luodun Proof Of Conceptin jatkokehityksessä on potentiaalia startup-yrityksen perustamiseen.</p>
Asiasanat Innovaatio, Lean Startup, sykemittaus, langaton tiedonsiirto

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoitteet ja tutkimuskysymykset	3
2.1	Tutkimuskysymykset	3
3	Teoria	4
3.1	Koirien tutkimus	4
3.2	Laiteteknologiat	5
3.3	Ohjelmistoteknologiat	8
4	Metodologia	12
4.1	Lähestymistapa	12
4.2	Aineiston hankintamenetelmät	13
4.3	Aineiston analyysimenetelmät	13
4.4	Kehittämismenetelmä	14
4.5	Kehittämistehtävän arviointi	14
5	Ratkaisun arkkitehtuuri	16
5.1	Tekninen arkkitehtuuri	16
5.2	Prosessiarkkitehtuuri	17
5.3	Tietokanta-arkkitehtuuri	19
5.4	Käyttöliittymäarkkitehtuuri	21
6	Kehittämisen vaiheet	22
6.1	Lähtötilanne	22
6.2	Alkuhaastattelut	24
6.3	Kehittämisen iteraatiokierrokset	33
7	Tulokset ja johtopäätökset	59
8	Pohdinta	63
8.1	Startup-yhtiön jatkokehitys	63
8.2	Oman oppimisen reflektio	64
	Lähteet	66

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on luoda uusi, innovatiivinen tekninen ratkaisu koirien hyvinvointiin ja terveyden syvällisempään ymmärtämiseen. Tavoitteena on luoda uusi innovaatiotuote koirien sykedatan tallennukseen ja keräykseen. Vastaavanlaista tuotetta ja järjestelmää ei ole markkinoilla olemassa koirille, joten kyseessä on innovatiivinen uusi tuote. Kuitenkin markkinalla on osittain tunnistettu jo tarvetta edellä mainitulle laitteistolle (Lempiäinen 2022).

Koirien sykemittausta ei kirjoittajan tai tähän projektiin osallistuvien mielestä systemaattisesti tehdä, joten tässä on myös startup-yhtiön perustamisen mahdollisuus, jossa on suuri potentiaali kaupallistaa mittausteknologia ohjelmistoinen kuluttajien hankittavaksi paketiksi. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ratkaisun selvittämisen ohessa kasvupolkua kohti startup-yrityksen perustamiseen. Tavoitteena on luoda tekninen Proof Of Concept, jota pilotoidaan käytännössä. Jos pilotti onnistuu sille määritetyiltä osilta, kyseessä on täysin uusi tekninen ratkaisu koirien sykkeen aktiiviseen mittaukseen.

Koirat ovat kasvavassa määrin tutkittuja kohteita, mutta niiden ei-lääketieteellinen, fyysisten ominaisuuksien mittaus rajoittuu lähinnä metsästyskäyttöön suunniteltuihin koiratutkapantoihin ja niihin liitettäviin sovelluksiin. Esimerkkinä tästä Tracker ja Ultracom, jonka Tracker osti itselleen yritys-kaupassa 2021 (Tracker 2021). Nämä pannat keskittyvät koiran sijainnin tarkkaan mittaamiseen GPS:n avulla, jolla nähdään metsästyskoiran työskentely sekä pidetään huolta koiran turvallisuudesta.

Toisena vaihtoehtona on niin sanotut koirien aktiivisuuspannat, joissa kiihtyvyysanturin avulla mitataan koiran aktiivisuutta liikkeen ja levon suhteen. Esimerkkituotteena voidaan mainita Kaunilan aktiivisuuspanta, joka seuraa koiran liikkumista, mutta ei mittaa sykettä. Nämä pannat tarjoavat koiran omistajalle mobiiliapplikaation avulla tietoa koiransa liikkeistä esimerkiksi sillä aikaa, kun ihminen on poissa. (Kaunila 2023.)

Koirien sykettä mittaavia järjestelmiä ei markkinoilla ole tarjolla kuluttajille. Lähin eläimille tarkoitettu sykettä mittaava vastine on Polarin hevosille rakennettu järjestelmä Equine, joka on tarkoitettu hevosurheiluun. Järjestelmä sisältää sykemittaukseen tarkoitetun anturin, kiinnitysvyön ja rannetietokoneen. (Polar 2023a.)

Polarin ratkaisu on kuitenkin käytännössä identtinen ihmisen sykkeen mittaamiseen tarkoitetun laitteiston suhteen. Erot syntyvät pääasiassa laitteiston fyysisessä kokoerossa, mutta toimintaperiaatteet ovat identtiset. Tämän opinnäytetyön innovaatioon verrattuna Polar Equinen ei tarvitse ratkaista mitattavan eläimen eli sykeanturin ja mittausteikon välistä etäisyyttä, sillä ihminen on aina hevosta treenatessa hyvinkin lähellä hevosta – joko ratsastaen tai kärryillä ajaen. Vastaavasti

koiran ja ohjaajan välinen ero saattaa olla, harrastuslajin mukaan, satoja metrejäkin.

Opinnäytetyön projektiryhmään kuuluu tutkijan lisäksi kolme muuta henkilöä, jotka avustavat asiantuntevuudellaan tutkijan ymmärrystä koirista, koirakokeista, ohjelmoinnista sekä järjestelmäinfrastruktuurin rakentamisessa.

Ryhmän tavoitteena on luoda Proof Of Concept, joka mahdollisesti etenisi startup-yhtiöksi. Henkilöllisyyksien suojaamiseksi henkilöihin viitataan tässä työssä heidän vastuullaan olevien roolien mukaan keksittyihin nimityksiin. Projektiryhmän roolit ovat:

Kirjoittaja: Tämän opinnäytetyön kirjoittaja, joka on myös pääasiallinen tutkimuksen fasilitoija ja toiminut projektin vetäjänä. Kirjoittaja myös osaamisensa puolesta vastaa data-arkkitehtuurin ja tietokantarakenteen suunnittelusta.

Tuoteomistaja: Tämän opinnäytetyön innovaatiotuotteen pääasiallinen tuleva omistaja ja projektin rahoittaja. Tämän innovaation lopputuotteen tarkoitus on palvella tuoteomistajan yritystoimintaa ja kehittää sitä merkittävästi eteenpäin kohti uusia arvonluontitapoja.

Tietoturva-asiantuntija: Tämän opinnäytetyön projektiryhmän jäsen, jolla on eniten kokemusta tietoturvasta sekä järjestelmäylläpidosta. Tietoturva-asiantuntija on pääasiallisessa vastuussa fyysisen infrastruktuurin rakentamisesta.

Ohjelmointiasiantuntija: Tämän opinnäytetyön projektiryhmän jäsen, jolla on eniten osaamista ohjelmoinnista eri ohjelmointikielillä. Ohjelmointiasiantuntija on projektissa vaadittavien ohjelmointikoodien pääasiallinen kirjoittaja.

Luonnollisesti, koska kyseessä on uuden innovaation luominen, ei roolit ole käytännössä noin tarkasti määritettyjä, vaan kaikki osallistuvat ristiin tiimissä tehtäviin toimiin. Karkea jako auttaa kuitenkin lukijaa ymmärtämään hieman helpommin projektin iteraatioiden kulkua ja on helpottanut projektin sisällön hallintaa projektiryhmässä.

Opinnäytetyön muut sidosryhmät ovat Raspberry Pi:n erilaisiin käyttötarkoituksiin kehittynyt yhteisö GitHubissa, erilaiset koiraharrastajat ja -valmentajat, jotka voivat hyötyä merkittävästi koirien sykkeiden mittauksesta sekä akateeminen tutkimusyhteisö, joka voi mahdollisesti jatkoanalysoida koirista kerättyä dataa tehden siihen liittyvää akateemista tutkimusta.

Lisäksi sykedatan hyödyntämisestä voivat hyötyä koirien kasvattajat ja eläinlääketieteelliset asiantuntijat, sillä laitteistolla voidaan selvittää diagnostiikkaa ja mahdollistaa koirien omistajien omatoimisen mittauksen koiran sydämen toiminnasta.

2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tällä opinnäytetyöllä on kaksi tavoitetta. Ensimmäinen on luoda Proof Of Concept koirien sykemittauksen mahdollistavasta teknologiasta. Tavoitetilana on määrittää fyysinen rakenne koiran sykkeen mittaamiseen, vastaanottamiseen ja tallentamiseen. Tavoitteeseen sisältyy ohjelmisto tai ohjelmistot sekä siihen liittyvä arkkitehtuuri mittausten kohdistamiseen tiettyyn koiraan, luotuun tapahtumaan ja ajan hetkeen. Lisäksi tavoitteeseen kuuluu tietokanta-arkkitehtuurin kehittäminen, jotta data tallentuu tietokantaan muotoon, josta sitä voidaan hyödyntää analysointia, raportointia ja jatkotutkimusta varten.

Opinnäytetyön Proof Of Concept todetaan valmistuneen, kun sen avulla voidaan todistetusti mitata ja tallentaa koiran sykettä ennalta määritetyn suorituksen ajan, jossa koira liikkuu selkeästi erilleen ohjaajasta, käyttäen rakennettua teknistä laitteistoa ja ohjelmistoja. Proof Of Conceptin jälkeen tuotetta voidaan pilotoida käytännössä koiralla, joka osallistuu viralliseen koirakokeeseen, jolloin se saavuttaa tilan Minimum Viable Product.

Opinnäytetyön toinen tavoite on selvittää kasvupolkua startup-yritykseksi. Metodina käytetään Lean Startup -mallia, jonka on kehittänyt Eric Ries. Opinnäytetyössä mittauksen teknologioiden kehittämisessä käytetään Lean Startupista tuttuja metodeja kokeilemisen, oppimisen ja tarvittavan pivotoinnin suhteen. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda Proof Of Concept, joka toimii hyvänä pohjana lähteä kehittämään tuotetta eteenpäin kohti markkinoita. Samalla sen ympärille kehittyy startup-yritys, joka lähtee kehittämään Minimum Viable Productia kohti parempaa asiakaskokemusta sekä mahdollista kaupallistamista.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön kehittämistehtävään liittyvät kysymykset ovat seuraavat:

K1: Minkä käyttäjätarpeen ratkaisuun tämä opinnäytetyö pyrkii?

K2: Millainen on koirien sykemittauksen prosessi käytännössä?

K3: Miten toimiva ja kustannustehokas mittaus on rakennettavissa?

K4: Miten kehitystä tulisi jatkaa, jotta ratkaisu avaisi mahdollisuuden startup-yrityksen perustamiseksi?

3 Teoria

Tässä luvussa luodaan katsaus opinnäytetyön teoreettiseen viitekehykseen. Luvussa tarkastellaan koirien tutkimuksen nykytilaa yleisellä tasolla sekä käytettävissä olevien teknologioiden ominaisuuksia ja yleispiirteitä.

3.1 Koirien tutkimus

Suomessa koirien tutkimusta tekee muun muassa Helsingin Yliopisto, jolla on oma koiratutkimuksen ryhmänsä. Helsingin Yliopiston koiratutkimus keskittyy pääasiallisesti kliiniseen tutkimukseen, jossa osana koirien eläinlääketieteellistä hoitoa koirat voivat osallistua omistajiensa luvalla tutkimuksiin. Helsingin Yliopiston koiratutkimuksen tutkimusryhmiä on muun muassa lääkeaine- ja kivunhoitotutkimusryhmät. Lisäksi on olemassa omia ryhmiä eri sairaustyyppien tutkimukseen, kuten esimerkiksi hengitystiet, neurologia ja pehmytkudossairaudet. (Helsingin Yliopisto 2023.)

Suomen Kennelliiton kautta voi myös osallistua koirien tutkimuksiin. Tutkimuksia järjestävät eri tahot, joiden kanssa Suomen Kennelliitto tekee yhteistyötä. Tutkimukset koskevat koirien terveyteen liittyviä eri tutkimuksia. Tällä hetkellä voi Suomen Kennelliiton kautta ilmoittautua neljään tutkimukseen: Cavalierien, griffoneiden ja pienikokoisten koirien (< 5 kg) kallonaukile- ja syringomyeliatutkimus Yliopistollisessa Eläinsairaalassa 2023–2024; Koirien kroonisen munuaisten vajaatoiminnan aineenvaihdunnalliset muutokset; Dreevereiden keuhkoödeemitutkimus Yliopistollisessa Eläinsairaalassa 2022–2023 sekä Mäyräkoirien liikuntakysely ja pes varus -tutkimus. (Suomen Kennelliitto 2023a.)

Osana koirien terveystarkastuksia sydäntä tarkkaillaan lähes joka kerta. Jo pentuajan eläinlääkäriin tarkastuksissa kuunnellaan sydäntä ja jos sivuääniä havaitaan, saatetaan sydän ultraäänitutkia. Lisäksi syvemmissä sydämen diagnosoinnissa voidaan ottaa sydänfilmikuvaus eli lepo-EKG. (Evidensia 2023.)

Suomen Kennelliitolla on koirien sydäntutkimukseen tarkoitettu PEVISA-ohjelma, jolla on vaikutuksia koiran jalostukseen. Ohjelman tarkoitus on yhdessä rotuliiton kanssa määrittää sydänperäisiä sairauksia, joita pyritään vähentämään koirissa jalostuksen kautta. PEVISA-ohjelmaan kuulumisen voi tarkoittaa, että tietyn rodun pennuilta edellytetään määritettyä sydäntutkimustulosta, joka rekisteröidään Kennelliiton järjestelmään, ennen luovutusta. (Suomen Kennelliitto 2023c.)

Akateemista tutkimusta koirien sydämeen liittyvissä sairauksissa tai oireissa on tutkittu Suomessa ja kansainvälisesti kauan. Tutkimusmateriaalia on kuitenkin suhteellisen vähän ottaen huomioon aikajanan pituuden ja usein tutkimuskysymykset rajoittuvat jonkun tietyn oireen tai sairauden kliiniseen tutkimukseen. Tutkimuksista kaikki liittyvät eläinlääketieteelliseen tutkimukseen, joka on tehty eläinlääkäritutkimuksen ohella. Varsinaista kentällä tehtyä aktiivista sydämen sykkeen

mittausta ja tutkimusta ei löytynyt aiemmin.

Australian Yliopiston tutkimus koirien sykemittausten erojen mukaan koirien mielentilasta on hie-
man poikkeava tutkimus. Tutkimuksessa analysoitiin koirien sykkeitä suhteessa koiran mielen-
tilaan, he havaitsivat, että riippuen koiran mielentilasta yhden hetken mittaus ei välttämättä anna
koiran terveydentilasta todellista lukemaa. Tutkimus oli toteutettu 30 koiralla eläinlääkärin tiloissa,
joten suoraa kenttätutkimusta ei tapahtunut. (Edwards, Smith, McArthur & Hazel, 2022.)

Tutkimus itsessään on kuitenkin mielenkiintoinen tämän opinnäytetyön kannalta, sillä empirian in-
novaatiotuotteen tarkoituksena on mitata koirien sykkeen muutoksia erilaisten suoritteiden aikana.
Koiran alistuminen mahdollisesti pelkoa aiheuttavalle tilanteelle, esimerkiksi pedon kohtaaminen,
ja sykkeen mittaaminen ennen tapahtumaa, sen aikana sekä jälkeen on tutkimuksellisesti mielen-
kiintoista dataa.

3.2 Laiteteknologiat

Tämän opinnäytetyön teoreettiseen viitekehykseen liittyy lukuisia erilaisia laiteteknologioita. Nämä
erilaiset teknologiat voidaan jakaa tiedonsiirtoon, mikrokontrolleriin, sykemittaukseen ja kiinnityk-
seen. Tämä alaluku sisältää jäsennellysti katsaukset vaadittaviin teknologioihin.

Tiedonsiirtoteknologia

Bluetooth on laitteiden väliseen langattomaan kommunikointiin kehitetty protokollajoukko. Bluetoot-
hin kehitti ruotsalainen teleyhtiö Ericsson vuonna 1994 ja vuonna 1998 Ericsson, Intel, Nokia, To-
shiba ja IBM loivat yhteisen Special Interest Groupin, SIG:in, jonka tavoitteena oli luoda yhtenäinen
langaton standardi. Nimensä Bluetooth sai Harald Sinihampaalta, joka yhdisti Skandinavian yhdeksi
kuningaskunnaksi. (Bluetooth 2023a.)

Bluetoothia on kehitetty siitä lähtien ja kehitetään yhä. SIG:iin kuuluu nykyään yli 38 000 jäsentä,
jotka kehittävät yhteisten sääntöjen pohjalta Bluetoothia ja siihen liitettäviä ominaisuuksia. Periaate
on edelleen sama, yhtenäisessä järjestelmässä on voimaa, verrattuna siihen, että jokainen yritys
kehittäisi omalle alustalleen sopivat langattomat ratkaisut. (Bluetooth 2023b.)

Bluetooth käyttää kommunikaatioon radioaaltoja, kuten langaton lähiverkkokin eli WLAN. Bluetooth
käyttää radioaaltoja taajuudella 2400–2483,5 MHz. Bluetooth käyttää kommunikaatiossa 79 kana-
vaa, joiden kaistanleveys on 1 MHz. Bluetoothin taajuus kuuluu kansainväliseen ISM-taajuusaluee-
seen, joten se ei vaadi erillistä lupaa käyttöön. (Poole 2018.)

Nykyisin Bluetooth jaetaan karkeasti kahteen eri tyyppiin: Bluetooth Low Energyyn ja Bluetooth Classicin. Bluetooth Low Energy on kehitetty Bluetooth 4.0:n yhteydessä vuonna 2010. Bluetooth Low Energy on erityisesti suunniteltu laitteille, joilta halutaan erittäin matalaa virrankulutusta ja siten se voidaan varustaa pienellä paristolla tai akulla. Bluetooth Low Energy käyttää 79 kanavan ja 1MHz kaistaleveyden sijaan 40 kanavaa sekä 2MHz kaistaleveyttä. Luonnollisesti sen tiedonsiirtonopeus sekä -etäisyys ovat vähäisemmät, kuin Bluetooth Classicissa. (Bluetooth 2023c.)

ANT, ANT+ ja ANT+ Alliance ovat osa Garminin langatonta divisioonaa Kanadassa. ANT on matalan tehon (ultra-low power eli ULP) langaton tiedonsiirtoprotokolla, joka toimii taajuudella 2400MHz–2524MHz. Pois lukien 2457MHz, joka on varattu ANT+-laitteille. (This is ANT 2023a.)

ANT+ on laiteprofiilien järjestelmä, jossa on sovittuna mitä dataa lähetetään ja minkälaisessa muodossa, käyttäen ANT-protokollaa. Tämä profiilien käyttö mahdollistaa laitteistojen datan siirron keskenään. Esimerkiksi sykeanturi lähettää sykedataa laitteena, jonka profiiliksi on määritetty sykeanturi. Tämän julkisen profiilin mukaan voidaan ohjelmoida vastaanotin, jotta se osaa ottaa datan oikein vastaan. (This is ANT 2023a.)

ANT+:n ja Bluetoothin merkittävin ero on siinä, että ANT+ ei edellytä erillistä laiteparin muodostamista. Jos laite lähettää ANT+-signaalin, sen voi vastaanottaa mikä tahansa ANT+-laite. (Polar 2023b.)

Toinen merkittävä Bluetoothin ja ANT+:n ero on laiteparien muodostamisen puutteesta johtuva ristikkäisten tuotteiden datasiirto. Toisin sanoen, siinä missä Bluetoothissa on muodostettava laitepari ja usein tämä laitepari on jonkin tuotteen valmiiksi konfiguroitu pari, esimerkiksi sykevyö ja rannetietokone. ANT+ ei vaadi laiteparia, joten sen avulla voit yhdistää minkä tahansa sykevyön rannetietokoneeseen, kunhan molemmat tulevat ANT+-protokollaa. (This is ANT 2023b.)

Mikrokontrolleri

Raspberry Pi on yhden piirilevyn tietokone, joka sisältää kaikki tietokoneen peruskomponentit yhdellä piirilevyllä (Saville 2020). Raspberry Pi:n ensimmäinen versio, Model B, julkaistiin 2012. Raspberry Pi on Raspberry Pi Foundationin ja sen perustajan Evan Uptonin, alun perin opetuskäyttöön kehittämä halpa tietokone, jolla lapset voivat opetella ohjelmointia ilman pelkoa kalliista laiterikoista. (DevicePlus 2021.)

Raspberry Pi:n edullinen hinta ja kompakti koko sekä monikäyttöisyys ovat luoneet sen ympärille vahvan kehittäjäyhteisön ja sitä käytetään useissa automaatio- ja robotiikkaprojekteissa. Raspberry Pi:n käyttöjärjestelmänä toimii Linux ja sillä ohjelmoidaan usein Python-ohjelmointikielellä toimivia ohjelmia. (DevicePlus 2021.)

Toinen edullinen mikrokontrolleri markkinalla on Arduino. Arduinossa ei ole käyttöjärjestelmää, mutta se ei tarkoita, etteikö sitä voisi ohjelmoida. Arduinossa toimii Arduino Integrated Development Environment (IDE) -ohjelma, johon voidaan kirjoittaa koodia ja siten ohjata Arduinon toimintaa. IDE:ssä on laaja kirjasto toimintoja, sillä Arduino perustuu avoimeen lähdekoodiin. (Matti 2023.)

Raspberry Pi:n ja Arduinon merkittävin ero on siinä, että Raspberry Pi on yhden piirilevyn tietokone ja Arduino on mikrokontrollerilevy. Käytännössä ero on siinä, että Raspberry Pi muistuttaa hieman enemmän PC:tä ja sen käyttöjärjestelmänä toimii usein Linux. Arduinossa ei ole käyttöjärjestelmää vaan se toimii enemmän toimintaperiaatteiden mukaan: tunnistaa anturin statuksen ja kytkee esimerkiksi kytkimiä tai moottoreita päälle tai pois. (DevicePlus 2021.)

Kummassakin kontrollerissa on hyvät ja huonot puolensa. Arduino on kokonsa puolesta pienempi ja sen toiminta on stabiilimpaa, sillä sen ei tarvitse pyörittää käyttöjärjestelmää. Myöskään Arduinon ei varsinaisesti tarvitse ohjelmoida ohjelmaa sisäänsä. Arduino toimii parhaiten signaalien havaitsemiseen sekä LEDien ja moottorien kytkentään päälle tai pois. Raspberry Pi:n edut tulevat, jos tarvitsee käyttää monimutkaisempia tai useita ohjelmia samanaikaisesti eli toimia kuten PC toimii yleisesti. (DevicePlus 2021.)

Sykemittaus

Tänä päivänä on urheilu- ja vapaa-ajankäytössä kaksi hallitsevaa tapaa mitata sykettä: optinen mittaus sekä sykesensori. Optinen mittaus on esimerkiksi älykelloissa käytettävä tapa, jossa mittaus perustuu fotopleysmografiaan (PPG) (Polar 2023c.)

Optisen mittauksen periaate on pulssiaallon etenemisessä. Sydämen lyödessä, veri virtaa hetkellisesti voimakkaammin. Tätä pulssiaaltoa mitataan optisesti käyttäen valoa. Tämä mittaus tapa on kuitenkin altis häiriöille, jos ranteen lihakset liikkuvat tai mittauslaite ei ole oikealla kireydellä. (Lavia 2019.)

Sykesensori, eli perinteinen rintakehän ympärille kiinnitettävä erillinen mittauslaitteisto, perustuu vastaavasti sydämen sähköisen toiminnan mittaukseen. Tämän mittauksen toinen termi on elektrokardiografia eli EKG. Sykevyössä on kaksi erillistä kontaktipistettä, elektrodi, joiden välisen ruumiin sähköisen toiminnan vyöhön kiinnitetty sensori mittaa. Tätä on yleisesti pidetty tarkempaan tapaan mitata sykettä. (Farnsworth 2021.)

Sykemittauslaitteistojen yleisimmät valmistajat maailmalla ovat Polar, Suunto ja Garmin. Myös useita muita pienempiä valmistajia on markkinoilla. Kolmen suurimman yhtiön sykkeenmittaukset perustuvat kaikissa kahteen edellä mainittuun tapaan mitata sykettä. Lisäksi tiedonsiirto sykesensorista rannetietokoneeseen tapahtuu kaikilla joko käyttäen Bluetooth-yhteyttä tai ANT+-yhteyttä.

Kiinnitystekniikka

Ajan saatossa ihminen on kehittänyt useita erilaisia ratkaisuja kiinnittää asioita erilaisiin kotieläimiin. Historia tuntee erityisesti hevosten, aasien ja muiden kuormajuhtina käytettyjen eläinten erilaisia ratkaisuja. Koiria on käytetty työkäytössä lähinnä valjakkokäytössä ja joissain tapauksissa kuormien vetämiseen. Koiran kesyttämisen arvioidaan ajoittuvan noin 30 000 vuoden päähän. Siperiasta löytyy noin 7 000 vuoden ikäisiä todisteita koirien käytöstä valjakoiden avulla. (Kinnunen 2023.)

Nykyaikana tarve kiinnittää koiriin erilaisia objekteja voidaan yleistää valjakkotoimintaan, jossa esimerkiksi husky-rodun edustajat vetävät ryhmässä rekeä perässään. Koira on pohjoisissa oloissa huomattavasti hevosta käytännöllisempi ja kykenee liikkumaan pidempiä matkoja rasittumatta liikaa. (Kinnunen 2023.)

Tästä johtaen valjaat ovat yksi käytännöllisimmistä ratkaisuista kiinnittää koiraan asioita ilman, että koiralle aiheutetaan stressiä tai fyysistä haittaa. Nykyaikaisten valjaiden pitkä historia on luonut hyvän tietopohjan ihmiselle, miten koiran fyysisen ominaisuudet otetaan huomioon valjaita suunniteltaessa.

Valjaiden istuvuus koiralle on erittäin tärkeä ominaisuus. Siinä on huomioitava käyttötarkoitus, koiran fyysiset ominaisuudet ja valjaiden materiaali. Myös koiran turkilla ja koiran tavassa käyttäytyä on asioita, joita on syytä huomioida, kun valjaita valitsee tai valmistaa. (Suomen Lemmikitukku 2023.)

3.3 Ohjelmistoteknologiat

Tämän opinnäytetyön teoreettiseen viitekehykseen liittyy edellisten lisäksi erilaisia ohjelmistoteknologioita. Nämä erilaiset teknologiat voidaan jakaa tietokantarakenteeseen, Power BI -analysointityökaluun ja Raspberry Pi:n ohjelmistoihin. Tämä alaluku sisältää jäsennellysti katsaukset edellä mainittuihin teknologioihin.

Tietokantarakenteet

Tietokanta on paikka, jossa dataa säilötään. Data, jota halutaan tutkia tai analysoida esitetään usein taulukkomuodossa (engl. *table*). Alberto Ferrari ja Marco Russo teoksessaan *Analyzing Data with Microsoft Power BI and Power Pivot for Excel* (2017) määrittävät taulukon informaation säilytyksen paikaksi.

Taulukko muodostuu riveistä ja sarakkeista. Jokainen rivi sisältää yhden yksittäisen entiteetin informaatiota ja jokainen rivin solu muodostaa pienimmän datapisteen tietokannasta. Tälle periaatteelle rakentuu tietokantojen rakenteet sekä tietomallien suunnittelu (Ferrari & Russo 2017, 215.)

Koska kaikki data ei ole kannattavaa tai mahdollistakaan laittaa yhteen taulukkoon, tarvitsee usein useita taulukoita, jotta voi tehdä perusteltua analyysiä. Jotta taulukot voidaan yhdistää loogisella tavalla, käytetään niiden linkittämiseen relaatioita (engl. *relationships*). Relaatio tarkoittaa yhden data-entiteetin avulla tiedon linkittämistä toisessa taulukossa olevaan entiteettiin. (Ferrari & Russo 2017, 216–217.)

Relaatioiden avulla voidaan yksittäisistä, eri tietoja sisältävistä, taulukoista rakentaa tietomalli (engl. *model*), jonka sisältämää dataa voidaan hyödyntää tai jatkojalostaa. Datamallissa olevat taulukot voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- **Fact table:** Faktataulukko on usein tietomallin suurin taulukko, sisältäen tyypillisesti tapahtumia tietyiltä ajan hetkiltä. Faktataulukko käsittää usein lähinnä numeroita, jotta sen koko ei kasva liian suureksi, koska sen koko saattaa olla jopa miljoonia rivejä. Esimerkkinä faktataulukosta voi olla transaktiot.
- **Dimension:** Dimensiotaulukko sisältää dataa, jolla voidaan pilkkoa tai tarkentaa dataa, joka on tallennettu faktataulukkoon. Dimensiotaulukko on kooltaan usein pienempi ja sisältää tietynlaista sisältöä. Esimerkkinä dimensiotaulukosta on taulukko, joka sisältää asiakasdatan.
- **Bridge-table:** Siltataulukkoja käytetään monimutkaisemmissa tietomalleissa, jossa joudutaan viittaamaan useista datapisteistä useisiin datapisteisiin. Siltataulukon avulla tätä relaatiota yksinkertaistetaan, jotta absoluuttinen viittaus yhteen entiteettiin on mahdollista. Esimerkki siltataulukosta on asiakaskategorisointi. (Ferrari & Russo 2017, 217, 221–222.)

Tietokantarakenteiden erilaisia arkkitehtuureja kutsutaan kaavioiksi tai malleiksi (engl. *schema*). Yleisimmät mallit ovat tähtimalli (engl. *star schema*), lumihuutalemalli (*snowflake schema*) ja siltamalli (engl. *model with bridge tables*). Kuitenkin malleja voidaan rakentaa lukuisia erilaisia ja onkin tärkeää osata rakentaa oikeanlainen malli tarpeen mukaan. (Ferrari & Russo 2017, 222–224.)

Power BI ja DAX

Microsoft Power BI on 2015 julkaistu raportointi- ja analysointiohjelmisto, jonka avulla voi yhdistellä eri datalähteitä omista järjestelmistä, pilvipalveluista, tiedostoista, intranetistä tai avoimien lähteiden datalähteistä. Tietolähdetyyppejä on yli 135 ja niitä päivitetään jatkuvasti lisää. (Heikkilä & Hämäläinen 2023.)

Power BI on ad hoc -itsepalveluraportointiin sopiva sekä soveltuu myös keskitettyyn raportointiin. Käyttötapoja voi olla useita erilaisia, sillä Power BI:tä pystyy käyttämään hyvin erityyppiset henkilöt peruskäyttäjistä BI-asiantuntijoihin. (Heikkilä & Hämäläinen 2023.)

Power BI:n merkittävin asia, joka on syytä ottaa huomioon, on se, että se on Business Intelligence -ohjelma, joka on rakennettu perustason analyyseihin ja raportointiin. ETL-ohjelmistona (*Extract, Transfer & Load*) se ei toimi. Power BI:ssä on Power Query -toiminto, mutta pääpaino ohjelmassa on datan visualisoinnissa, jakelussa ja hyödyntämisessä. Täten siis monimutkainen datan rikastaminen ja siivous on Power BI:llä hankalaa toimintaa. (Heikkilä & Hämäläinen 2023.)

Power BI toimii käyttäen DAX-kieltä, joka on lyhenne sanoista *Data Analysis eXpressions*. DAX ei ole varsinainen ohjelmointikieli, vaan se on pikemminkin kaavakieli. DAX muistuttaa Excelin kaavoissa ja funktioissa käytettyä kieltä, mutta ne eivät ole identtisiä. (Microsoft 2023.)

DAX on luotu 2009 kaava- ja kyselykieleksi Microsoftin SQL Server Analysis Services -tiimin toimesta (Vijalapuram 2018.) DAX-kielen luomisesta käytetään nimeä *Project Gemini*. *Gemini* alkoi alun perin 2006 Microsoftin salaisena projektina, jota veti Amir Netz. (Khan 2020.)

DAX on julkaistu ensimmäisen kerran 2010 Microsoft Excel 2010 mukana tullessa PowerPivot -laajennuksessa. Tuohon aikaan ohjelma kirjoitettiin ilman väliä, tämä myöhemmin muuttui. (Ferrari & Russo 2020, 1.)

Linux ja Python

Linux on Linus Torvaldsin vuonna 1991 Unixin ja Minixin ajatuksesta kehittämä avoimen lähdekoodin kernel, jonka päälle on rakentunut useita käyttöjärjestelmiä kuten Ubuntu ja Debian. Linuxin suosio on avoimessa lähdekoodissa, jonka ympärille on rakentunut mittava kannattajajoukko, mutta myös esimerkiksi Microsoft ja IBM ovat kehittäneet Linux-pohjaisia ohjelmia. (Korhonen 2021.)

Linux on myös osoittautunut olevansa hyvinkin joustava, luotettava, turvallinen ja vakaa (Korhonen 2021). Nämä ovat kaikki ominaisuuksia, joita kehittäjät arvostavat ja sen kautta Linux on nykyään käytetyin järjestelmä esimerkiksi Raspberry Pi -tietokoneissa, joissa käytetty Raspberry Pi OS perustuu täysin Linuxiin (Østergaard 2022).

Koska Linux on käyttöjärjestelmä, voidaan siihen ohjelmoida erilaisia ohjelmia käyttäen eri ohjelmointikieliä. Yksi yleisimmistä Linuxin kanssa käytettävistä ohjelmointikielistä on Python.

Python on nykyään yksi maailman tunnetuimmista ja suosituimmista ohjelmointikielistä. Python on saanut nimensä Monty Pythonista. Pythonin kehitti Guido van Rossum 1980-luvun lopulla. Pythonin suosio perustuu sen yksinkertaisuuteen ja siihen, että se sisältää lukuisia määriä paketteja ja kirjastoja, joita ladata ja käyttää. Tällöin jokaista ohjelman osiota ei tarvitse ohjelmoida itse. (McKeown 2019.)

Pythonia käytetään lukuisissa käyttöyhteisöissä, kuten datan analysoinnissa, koneoppimisessa ja pelikehityksessä. Sen yksi suosion syy on luonnollisen kielen syntaksit, jotka ovat helppoja lukea sekä oppia, vaikka ei olisi ohjelmoinut aiemmin. Lisäksi Pythonissa on suuret kirjastot, aktiivinen yhteisö ja se kehittyy jatkuvasti. (McKeown 2019.)

Pythonin huonoina puolina voidaan pitää sen hitautta ja huonoa soveltuvuutta mobiiliapplikaatioiden kehitykseen. Lisäksi ohjelmointiyhteisö pitää sitä hankala, sillä se vaatii paljon testausta sekä se on tietyiltä osiltaan liian yksinkertainen monimutkaisiin toteutuksiin. (McKeown 2019.)

4 Metodologia

Tämän luvun tarkoitus on esitellä tämän opinnäytetyön tekemisessä käytettyä metodologiaa. Luku esittelee opinnäytetyössä käytettyjen tutkimusmenetelmien teoreettisen taustan ja käyttötavat. Luvussa esitellään ensin teoriaosuus ja sen jälkeen teorian soveltaminen.

4.1 Lähestymistapa

Tämän opinnäytetyön kehittämisen metodina on käytetty Eric Riesin kehittämää Lean Startup -menetelmää. Lean Startupin tarkoitus on luoda tieteellinen, järjestelmällinen metodi, jolla voi hallita luovaa innovointiprosessia. Lean Startupin avulla pidetään innovointi strukturoituna ja sille annetaan selkeät suunnat – sekä tarvittaessa käsky tehdä täyskäännös eli pivotoida. (Ries 2023.)

Lean Startup rakentuu viiden periaatteen varaan:

1. **Yrittäjiä on kaikkialla.** Tarkoittaen, että startup on instituutio, joka luo uutta äärimmäisessä epävarmuudessa, jolloin kaikki ovat yrittäjiä.
2. **Yrittäjyys on johtamista.** Viitaten aiempaankin, startupissa toimiminen ja menestyminen vaatii yrittäjämäistä otetta toimintaan ja johtamiseen.
3. **Validoitu oppiminen.** Startupin perustana on oppia uutta, jotta voi luoda uutta liiketoimintaa. Ilman systemaattista, validoitua oppimissykliä toiminta ajautuu hallitsemattomaksi.
4. **Rakenna-mittaa-opsi.** Periaatteena on luoda tuote, katsoa asiakkaiden reaktioita, oppia niistä ja luoda parempi tuote. Lean Startupin runko on hallittu syklinen kehityskierre, jota iteraatiokierroksi voi kutsua.
5. **Innovointikirjanpito.** Validoitu oppiminen ja toiminnan pitäminen strukturoituna ja mahdollisimman tehokkaana tarvitaan erilainen tapa tehdä yrityksen kirjanpitoa, joka ohjaa toimintaa. (Ries 2016, 28–29.)

Lean Startupin perusajatus on luoda nopeassa syklissä tuote, joka ei ole valmis vaan on Minimum Viable Product – eli tuotantoon viety prototyyppi, joka toimii riittävällä tasolla. Minimum Viable Product vapautetaan tuotantoon ja otetaan vastaan asiakkaiden palautteet. Saadun palautteen perusteella parannellaan tuotetta ja julkaistaan siitä uusi versio jälleen asiakkaiden arvioitavaksi. Nämä niin kutsutut iteraatiokierrokset pyritään pitämään mahdollisimman nopeina ja tehokkaina, johon pystytään strukturoidun tieteellisen metodin puitteissa – Lean Startupin. (Ries 2023.)

Lean Startup sisältää paljon vastaavanlaisuuksia kuin konstruktii-
nen tutkimus perustuu pragmatistiseen filosofiaan siitä, että perinpohjaisella käytännön analy-
soinnilla asioista, jotka toimivat ja mitkä eivät toimi voidaan tuottaa merkittävää kontribuutiota.
(Lukka 2001.)

4.2 Aineiston hankintamenetelmät

Opinnäytetyön aineiston hankintamenetelminä käytetään teemahaastatteluita. Teemahaastattelu eli puolistrukturoitu haastattelu on strukturoidun ja avoimen haastattelun välimuoto, jossa teemat ja aihealueet ovat ennalta määritettyjä, mutta kysymysten esitystapa, muoto ja järjestys voivat vaihdella. (Moilanen, Ojasalo & Ritalahti 2015.)

Haastattelun tapa toimii tässä opinnäytetyössä parhaiten, sillä haastattelu luo tietyn vapauden keskustelun ympärille, mikä on välttämätöntä, kun luodaan uutta. Vastaavasti haastattelun ennalta määritetty rakenne ylläpitää tietynlaisen struktuurin, jolla varmistetaan, ettei haastattelu lähde rönsyilemään liiaksi ohi aiheen tai paisu liian massiiviseksi.

Haastatteluja on tehty viisi kappaletta erillisinä haastatteluina, jotka ovat tämän opinnäytetyön luvun 6.1. alaluvut. Näiden haastatteluiden kysymykset on tehty ennakkoon, mutta haastattelu on silti pyritty pitämään vapaamuotoisena teemahaastatteluna. Kysymykset ovat toimineet keskustelua ohjaavina.

Lisäksi projektiryhmän kokoukset ovat olleet tietynlaisia teemahaastatteluita, jossa ei ole selkeää kysymysasettelua, vaan rakenne on pohjautunut edellisen palaverin ongelmakohtien ratkaisusta keskusteluun ja testaukseen. Aineistoa on kertynyt kehitysryhmän palaverien muistiinpanoista iteraatiokierrosten kera. Näiden muistiinpanojen perusteella luodaan pohja seuraavalle iteraatiokierrokselle. Muistiinpanojen kerääminen perustuu Lean Startupin innovaatiokirjanpitoon ja valituihin oppimiseen.

4.3 Aineiston analyysimenetelmät

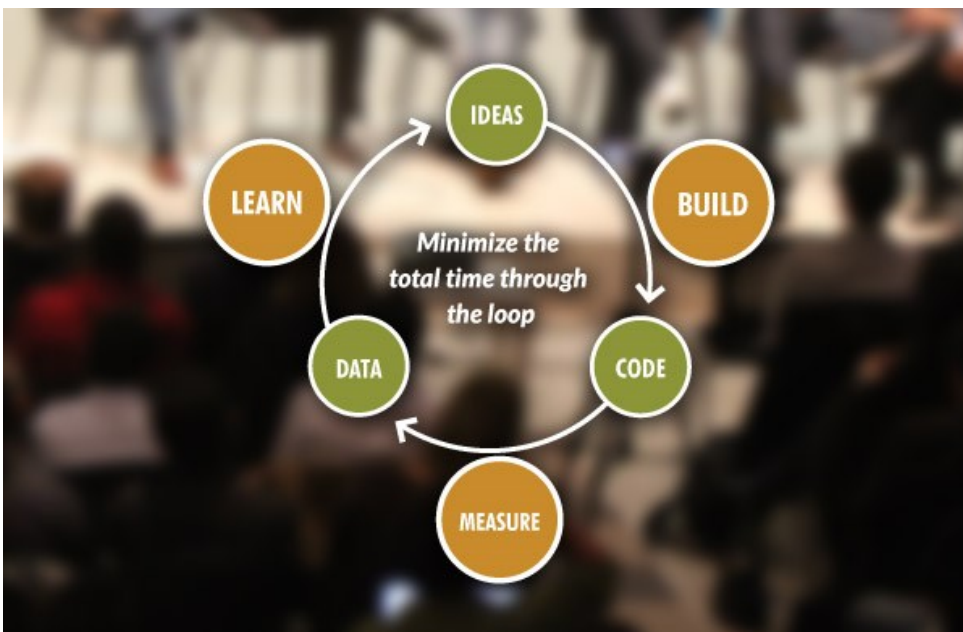
Haastattelujen analyysimenetelmänä pidetään osallistavaa havainnointia. Teemahaastattelut nauhoitetaan ja litteroidaan, jos mahdollista. Muissa tapauksissa tehdään yhteen vetäviä muistiinpanoja, sillä usein haastattelun aikana tehdään fyysistä tutkimusta tai rakennusta. Tutkija itse osallistuu koko projektin kulkuun, joten ajoittain haastatteluihin tulee katkoksia.

Tämän jälkeen tunnistetaan avainkohtia liittyen haastattelun tavoitteisiin ja tiettyihin ominaisuuksiin. Jos erinäisistä ominaisuuksista on tehtävä valinta, toteutetaan ne keskustelujen avulla, joiden tulokset taulukoidaan ja arvioidaan jatkotoiminta. Tapauskohtaisesti, riippuen miten opinnäytetyö etenee, pidetään tarvittaessa aivoriihi, jos ratkaisuun tarvitaan joukkovoimaa.

Analyysimenetelmät valitaan käyttökelpoisuuden puitteissa. Teemahaastatteluissa voi materiaalia tulla paljon ja innovointi ei ole lineaarinen projekti. Projektiryhmän muut jäsenet tekevät myös palaverien välissä omaa tutkimustaan, jos se on tarpeellista.

4.4 Kehittämismenetelmä

Tämän opinnäytetyön kehittämismenetelmänä käytettiin iteratiivista menetelmää. Iteratiivisuus on osa Lean Startup -metodia, jonka syklistä, iteratiivista muotoa Kuva 1 kuvaa.



Kuva 1 Lean Startup -metodin syklinen prosessi kuvattuna. Kuvan lähde: https://theleanstartup.com/images/methodology_diagram.jpg

Lean Startupissa iteratiivinen kehittäminen on jaettu kolmeen osaan: *build*, *measure* ja *learn*. Nämä tarkoittavat sitä, että prosessissa ensin tehdään joku ennalta määritetty tuote mahdollisimman pienellä vaivalla ja nopeasti (*build*). Tämä tuote annetaan valitun ryhmän käyttöön, jonka käytöstä ja mielipiteitä mitataan ja kerätään dataa (*measure*). Tämän datan pohjalta ideoidaan tuotteesta entistä parempi versio ja iteraatiokierros käydään uudelleen (*learn*). (Ries 2023.)

Iteratiivisuus on myös osa konstruktivistista tutkimusmenetelmää, jossa on yhtäläisyyksiä Lean Startupiin. Konstrukttiivinen tutkimus on luonteeltaan kokeellista ja siinä tutkijan interventiolla on merkittävä osa tutkimuksen teossa. (Lukka 2001.)

4.5 Kehittämistehtävän arviointi

Kehittämistyön tuloksien arviointi toteutetaan siten, että arvioidaan Proof Of Conceptin lopputestauksessa valmistetun tuotteen toimivuus. Materiaalien analysoinnissa arvioidaan, täyttyikö tämä tavoite. Lisäksi koko opinnäytetyöllä on tavoite tuottaa tietynlainen tuotos. Opinnäytetyön lopuksi arvioidaan, saavutettiinkö tämä lopputulos.

Työn kulku oli iteratiivinen ja siinä palattiin ajoittain taaksepäin. Tämä opinnäytetyö kuvaa lopputulosta eikä siten välttämättä sisällä kaikkia vaiheita paremman luettavuuden säilyttämiseksi.

Tuotteen lopullisen onnistumisen arviointi ei ole tässä työssä ennalta määritettyä, sillä kyseessä on uusi, innovatiivinen tuote. Lopputuloksessa on mahdollista, että se ei vastaa tekniseltä ratkaisultaan tai ominaisuuksiltaan alkuperäisen suunnitelman tuotosta. Iteratiivisen prosessin ja Lean Startup -metodin tarkoitus onkin jatkuvalla testaamisella kehittää tuotetta sekä tarvittaessa tehdä nopeastikin suuria käännöksiä toteutuksessa. Tätä kutsutaan pivotoinniksi. (Ries 2023.)

Lopputuloksen todellinen arviointi tapahtuukin tämän opinnäytetyön lopussa pohdinnassa, jossa arvioidaan toteutuneen tuotteen toimivuutta ja sen mahdollista potentiaalia kehittyä vielä pidemmälle markkinakelpoiseksi tuotteeksi. Proof Of Concept on nimensä mukaan todiste konseptista, eli se toimii konkreettisenä todisteena siitä, että innovaatio on myös toteutettavissa todellisuudessa.

5 Ratkaisun arkkitehtuuri

Tässä luvussa esitellään Proof Of Conceptin ratkaisun arkkitehtuurit teknisen ratkaisun, prosessin, tietokantojen ja käyttöliittymien suhteen.

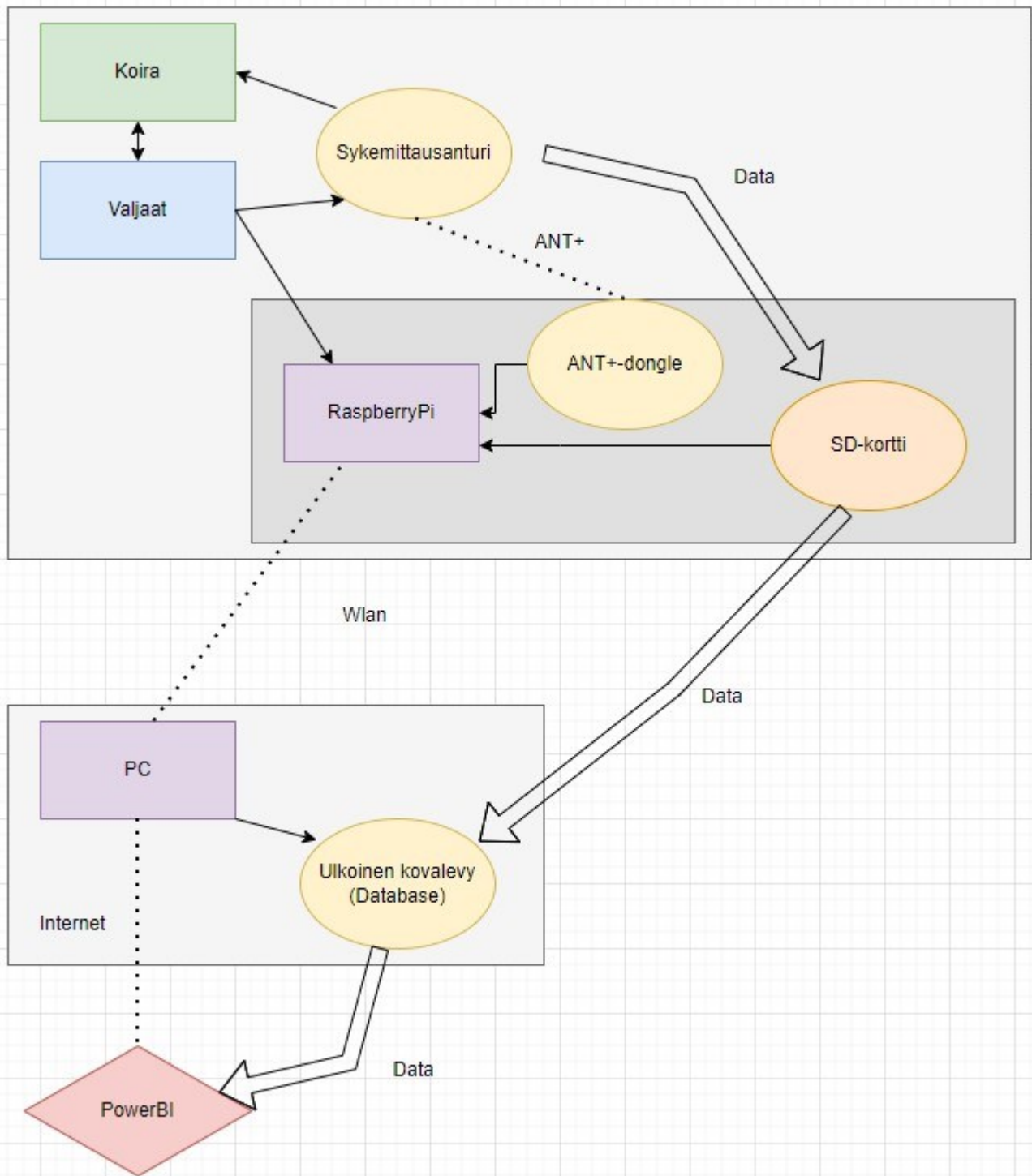
5.1 Tekninen arkkitehtuuri

Proof Of Conceptin tekninen arkkitehtuuri koostuu koiraan kiinnitettävistä valjaista ja valjaiden yhteydessä olevasta sykevyöstä, jossa on kiinni sykemittausanturi. Anturi kiinnittyy koiran ihoon ja mittaa sähköisesti sydämen sykettä.

Valjaisiin on myös integroitu Raspberry Pi W -mikrokontrolleri, johon on fyysisesti kiinnitetty sykedataa vastaanottava ANT+-dongle sekä SD-kortti datan tallennusta varten. Sykeanturin lähettämä data vastaanotetaan Raspberry Pi W:n ANT+-dongleen käyttäen ANT+-protokollaa, joka on langattoman tiedonsiirron protokolla. Raspberry Pi W:n ohjelma prosessoi datan ja tallentaa sen Raspberry Pi W:ssä kiinni olevaan SD-korttiin.

Suorituksen tai suorituksien data lähetetään PC:lle käyttäen Raspberry Pi W:ssä olemassa olevaa kyvykkyyttä toimia WLAN-verkossa, joka on langaton sisäverkko. Yhteisessä WLAN-verkossa toimiva PC vastaanottaa datan ulkoiseen tietokantaan, joka Proof Of Conceptin tapauksessa tarkoittaa ulkoista kovalevyä, joka on liitetty PC:hen USB-porttia käyttäen. Raspberry Pi W:n toimintojen ohjaus tapahtuu myös WLAN-verkon välityksellä käyttäen PC:hen asennettua käyttöliittymäohjelmistoa.

Datan analysointi ja visualisointi tapahtuu käyttäen Microsoftin Power BI -ohjelmistoa, joka tekee Power Query -kyselyn PC:n ulkoiseen tietokantaan sekä prosessoi datan sieltä. Itse ohjelmisto toimii internet-verkossa SaaSina (Software as a Service). Kuva 2 kuvaa Proof Of Conceptin teknistä arkkitehtuuria.



Kuva 2 Tekninen arkkitehtuuri.

5.2 Prosessiarkkitehtuuri

Proof Of Conceptin yhteydessä esiteltävä prosessiarkkitehtuuri ei varsinaisesti liity Proof Of Concepttiin tai sen testaamiseen, joka tapahtuu erillisissä olosuhteissa. Kuitenkin on tärkeää kuvata tulevan Minimum Viable Productin kehittämisen yhteydessä tapahtuvaa prosessia, sillä se antaa kuvan mitä varten Proof Of Conceptia kehitetään ja mitä kohden sitä pitää kehittää.

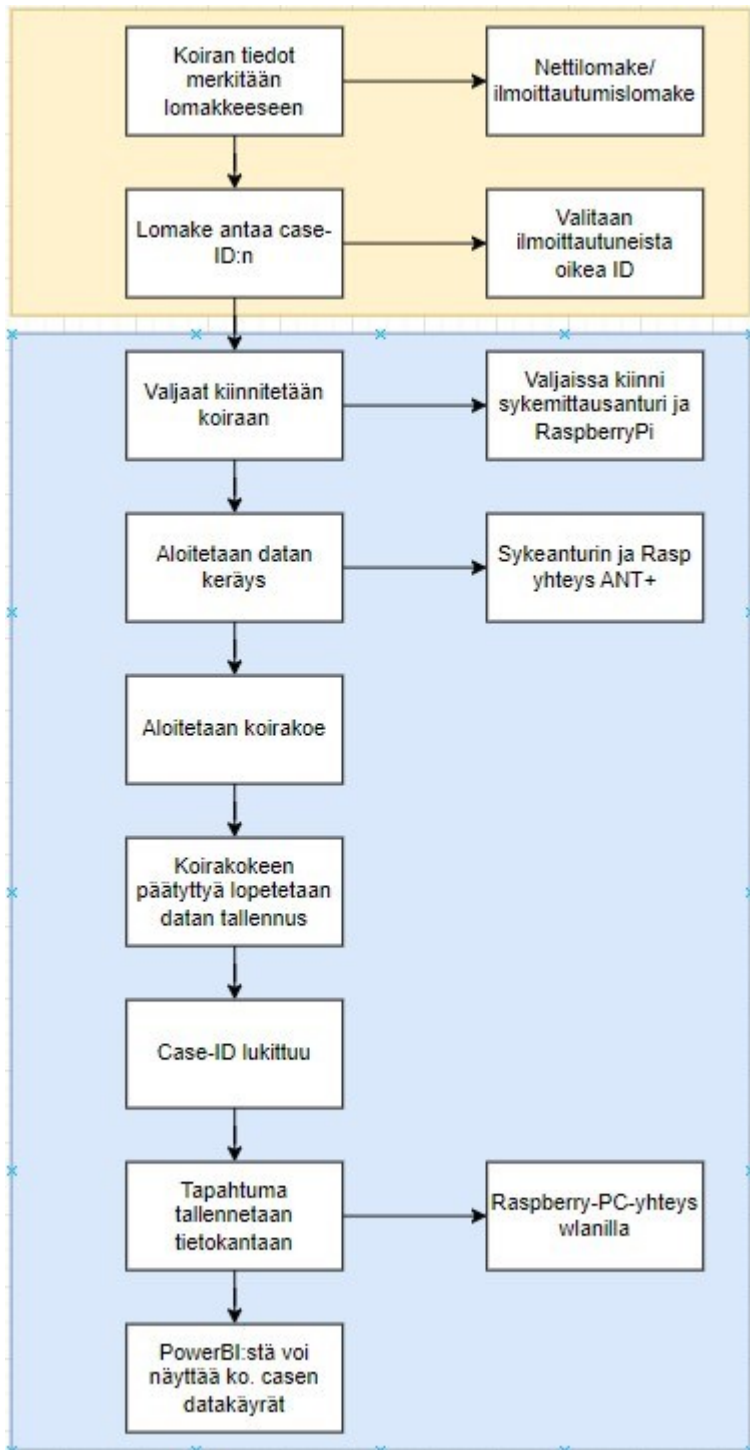
Proof Of Conceptin prosessin arkkitehtuuri jakautuu kahteen osaan. Ensin on ilmoittautumisessa tapahtuva käyttäjän prosessi. Tämä prosessi luo pohjan sille, että Minimum Viable Productin kehittäminen tapahtuu tuoteomistajan koirakokeissa. Koirakokeen ilmoittautumisen prosessi avustaa datan muodostumisessa oikeaan muotoon, jotta sitä voidaan prosessoida tehokkaasti.

Ilmoittautumisprosessin tapahduttua ennen koirakoesuoritusta, prosessin loppuosa tapahtuu koirakokeessa. Tämä prosessikuvaus sopii myös Proof Of Conceptin prosessin kuvaukseen.

Prosessissa puetaan koiralle valjaat, varmistetaan sykedatan siirtyminen ja aloitetaan sykedatan tallennus. Tämän jälkeen koira päästetään tekemään ennalta määritetty suoritus, jonka aikana syke data tallentuu Raspberry Pi W:n SD-kortille.

Koiran suorituksen päätyttyä tallennus lopetetaan ja suoritustapahtuma lukittuu. Tämä tarkoittaa sitä, että toisen koiran suoritus ei kirjoita yli tai jatka tehtyä tallennusta. Suorituksia voidaan ottaa useita tai sitten suorituksen data voidaan siirtää WLAN-verkon välityksellä PC:n tietokantaan.

Myöhemmässä vaiheessa koirien suorituskohtaisia dataja voidaan analysoida tai raportoida käyttäen Microsoft Power BI -ohjelmaa. Kuva 3 kuvaa prosessin arkkitehtuuria kokonaisuudessaan.



Kuva 3 Prosessiarkkitehtuuri.

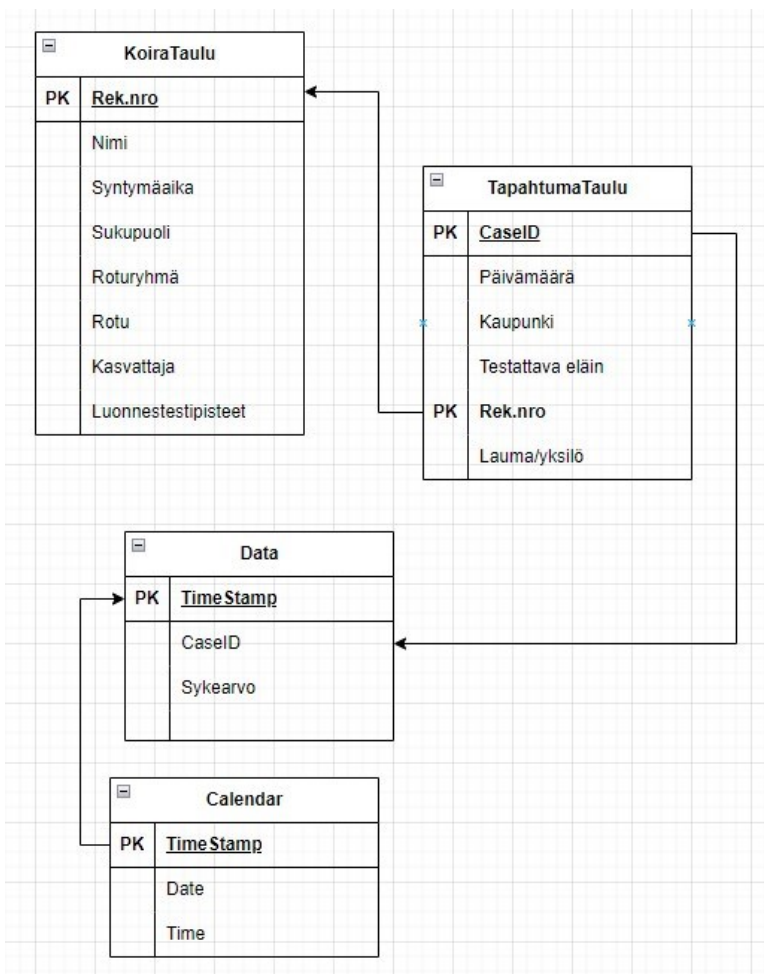
5.3 Tietokanta-arkkitehtuuri

Myös tietokanta-arkkitehtuurin kuvauksessa käsitellään tämän opinnäytetyötä hieman laajempaa kokonaisuutta, Minimum Viable Productin kehittämiseen liittyvää kokonaisuutta. Tämä jälleen sen vuoksi, jotta lukija ymmärtää paremmin kokonaisuutta ja Proof Of Conceptin yhteydessä luotavan rakenteen perimmäistä tarkoitusta.

Tietokanta-arkkitehtuuria kuvataan Kuvassa 4. Kuva näyttää eri tietokantojen yhdistetyt relaatiot, jotta kokonaisuutta voidaan analysoida ja raportoida luotettavasti. Rakenne perustuu karkeasti Ferrarin ja Russon (2017, 222–223) määrittelemään lumihiihtalerakenteeseen.

Rakenteessa faktataulukkona toimii *Data*-taulukko. *TapahtumaTaulu* on siltataulukko, jonka avulla *KoiraTaulun* yksilölliset solut voidaan kohdentaa Tapahtumiin ja Dataan. Tämä sen vuoksi, että yhdessä tapahtumassa on useita suorituksia, yksi koira voi tehdä useita suorituksia samassa tai eri tapahtumissa.

Calendar-taulu toimii aikaa säätelevänä erillisenä taulukkona. Tämän rakenteen tarpeellisuus perustuu DAX-kielen toimivuuteen sekä Ferrarin ja Russon (2017, 89) antamiin ohjeisiin aikaälykkyydestä.



Kuva 4 Tietokanta-arkkitehtuuri.

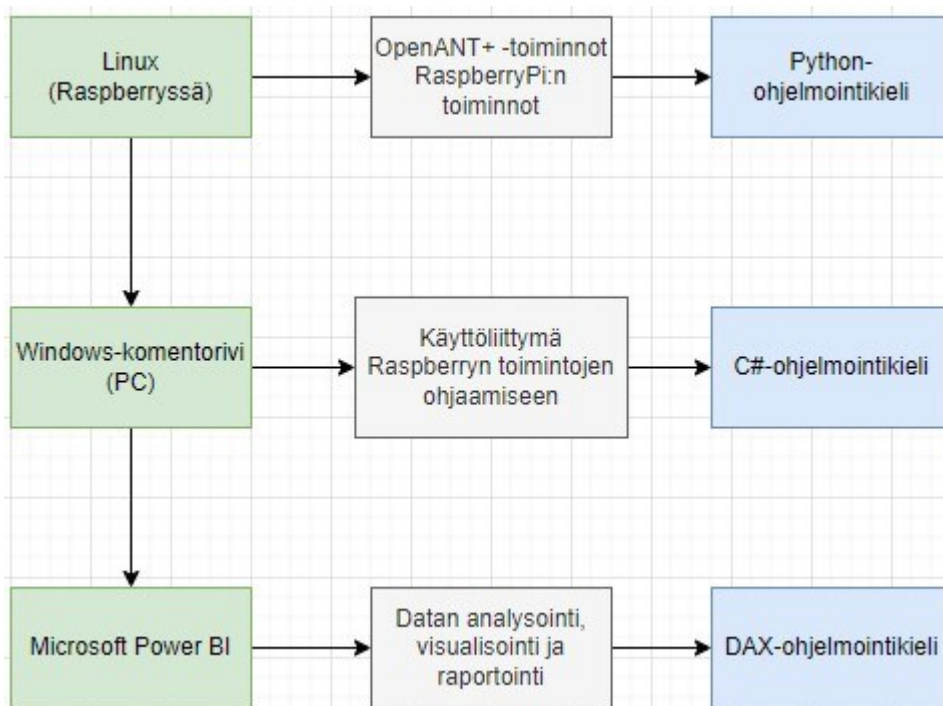
5.4 Käyttöliittymäarkkitehtuuri

Käyttöliittymäarkkitehtuurissa kuvataan Proof Of Conceptissa toimien käyttöliittymien ja ohjelmistojen toimintoja. Kuva 5 kuvaa käyttöliittymäarkkitehtuuria.

Proof Of Conceptissa Raspberry Pi W toimii Linux-käyttöjärjestelmällä. Tähän käyttöjärjestelmään on ohjelmoitu käyttäen Python-ohjelmointikieltä GitHubista löytyvä Open ANT -ohjelmisto kirjastoinen. Tämän ohjelman avulla sykeanturin lähettämää sykedataa voidaan vastaanottaa Raspberry Pi W:hen liitetyn ANT+-donglen avulla, sillä ohjelmaan sisältyy ANT+-protokollan vaatima sykeanturin profiilin kuvaus.

PC:ssä toimii, käyttäen Komentorivi-ohjelmaa, tälle projektille luotu .exe, jossa C#-ohjelmointikielellä on luotu käyttöliittymä. Tämän käyttöliittymän avulla annetaan komennot Raspberry Pi W:lle ilman, että siihen tarvitsee kirjoittaa komentosarjoja Pythonilla. Käyttöliittymässä koko komentosarjan korvaa esimerkiksi komento *Aloita tallennus*.

Lopuksi Proof Of Conceptin arkkitehtuurissa raakadata kerätään ja rikastetaan Microsoft Power BI:hin käyttäen Microsoft Power BI:n yhteydessä toimivaa Power Query -toimintoa. Power Query ja Power BI:n analysointi sekä visualisointi toimivat Microsoftin luomalla DAX-kielellä.



Kuva 5 Käyttöliittymäarkkitehtuuri.

6 Kehittämisen vaiheet

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön Proof Of Conceptin luominen vaihe vaiheelta. Tutkimuksessa hyödynnettiin Eric Riesin luomaa Lean Startup -metodia, jossa kehittäminen perustuu sykliin, nopeaan kehittämiseen (Ries 2023). Tässä opinnäytetyössä näistä sykleistä käytetään termiä iteraatiokierros.

Iteraatiokierroksia on työn edetessä useita ja lukijan on tärkeää havaita, että alussa mainittu hypoteesi innovaatiotuotteesta ei toteutunut, vaan lopullinen tuote iteroitui hyvinkin erilaiseksi lopputulokseksi. Kirjoittajan mielestä tämä nyanssi validoi Lean Startup -metodin toimivuuden, sillä alkupeiräisen hypoteesin tuotetta ei valmistettu sen vuoksi, ettei se olisi voinut toimia sillä tavalla, kuin projektiryhmä edellytti Proof Of Conceptin toimivan.

6.1 Lähtötilanne

Opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa Proof Of Concept koiran sydämen sykkeen mittaamisen mahdollistava järjestelmä. Hypoteesina on, että koiran sykettä voidaan mitata ja kerätä käyttäen Polarin ihmisille tarkoitettua sykesensoria (Polar H10), josta data siirtyy ANT+-protokollan avulla ANT+-dongleen, joka on kytketty PC:n USB-porttiin.

Koiran sykettä mittaava laitteisto kiinnitetään koiraan siihen erillisesti suunniteltujen valjaiden avulla. Valjaiden peruseriaatteena on tarjota koiralle mukavat valjaat, jotka samanaikaisesti pitävät sykemittausanturin oikeassa paikassa.

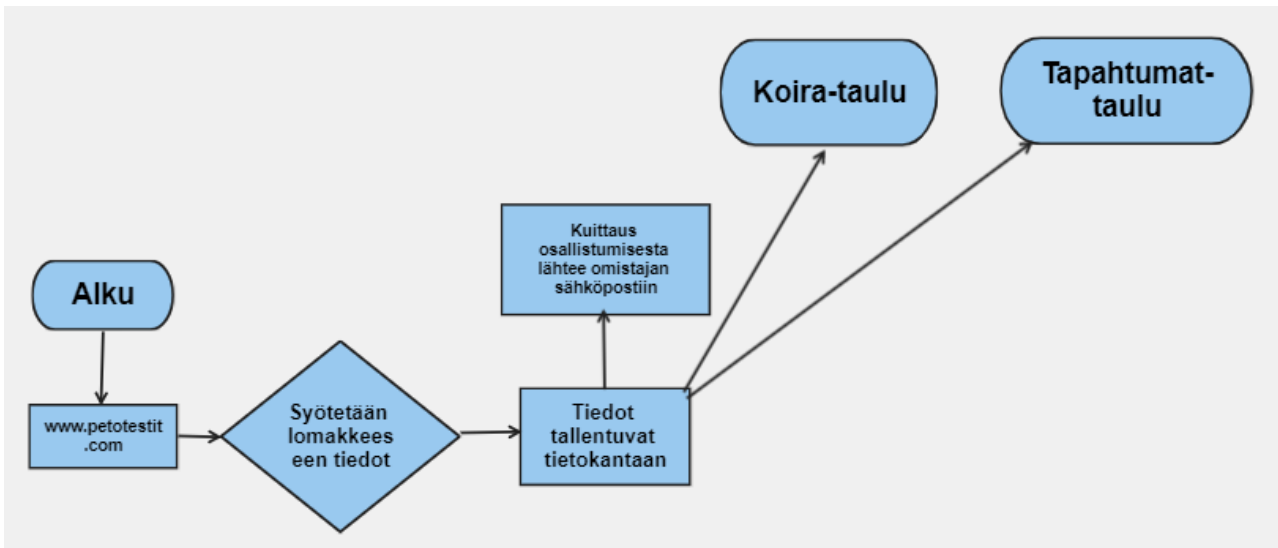
Valjaisiin valmistetaan tätä varten paikat, joiden kautta sykemittausanturi kiinnitysvyön avulla kiinnitetään koiraan. Kiinnitysvyön avulla määritetään sopiva kireys koiralle sopivaksi. Vyö ei saa olla liian kireä, ettei se ole epämukava, mutta painetta pitää olla hieman, jotta mittausanturi pysyy paikallaan ja mittaa tarkasti.

ANT+-dongle vaatii erillisen ohjelman nimeltään Pulse Monitor, jolla dataa ja sen muotoa voidaan seurata. Ohjelman voi ladata sille tarkoitetuilta sivuilta internetistä (Pulse Monitor 2023). Tavoitteena on tutkia, miten rajapinta toimii sekä ohjelmalla voidaan testata toimintaa prosessin seuraavassa vaiheessa (kantama, tarkkuus, ANT+-standardin mukainen data ja niin edelleen). Selainpohjainen käyttöohjelma korvaa Pulse Monitorin lopullisessa versiossa, jolloin yksi ohjelma jää välistä ja data siirtyy suoraan ANT+-donglen välityksellä selainpohjaiseen ohjelmaan.

Ohjelman avulla saatava data on raakamuotoista, joka voidaan siirtää selainpohjaiseen käyttöliittymään, jossa se voidaan tallentaa ja sille voidaan antaa yksilöivä ID. Selainpohjainen ohjelma luo ulkoiselle kovalevylle tietynmuotoista tietokantaa, josta voidaan raportoida käyttäen Microsoftin Power BI -ohjelmaa koirakohtaisen sykekehityksen aikajanalla.

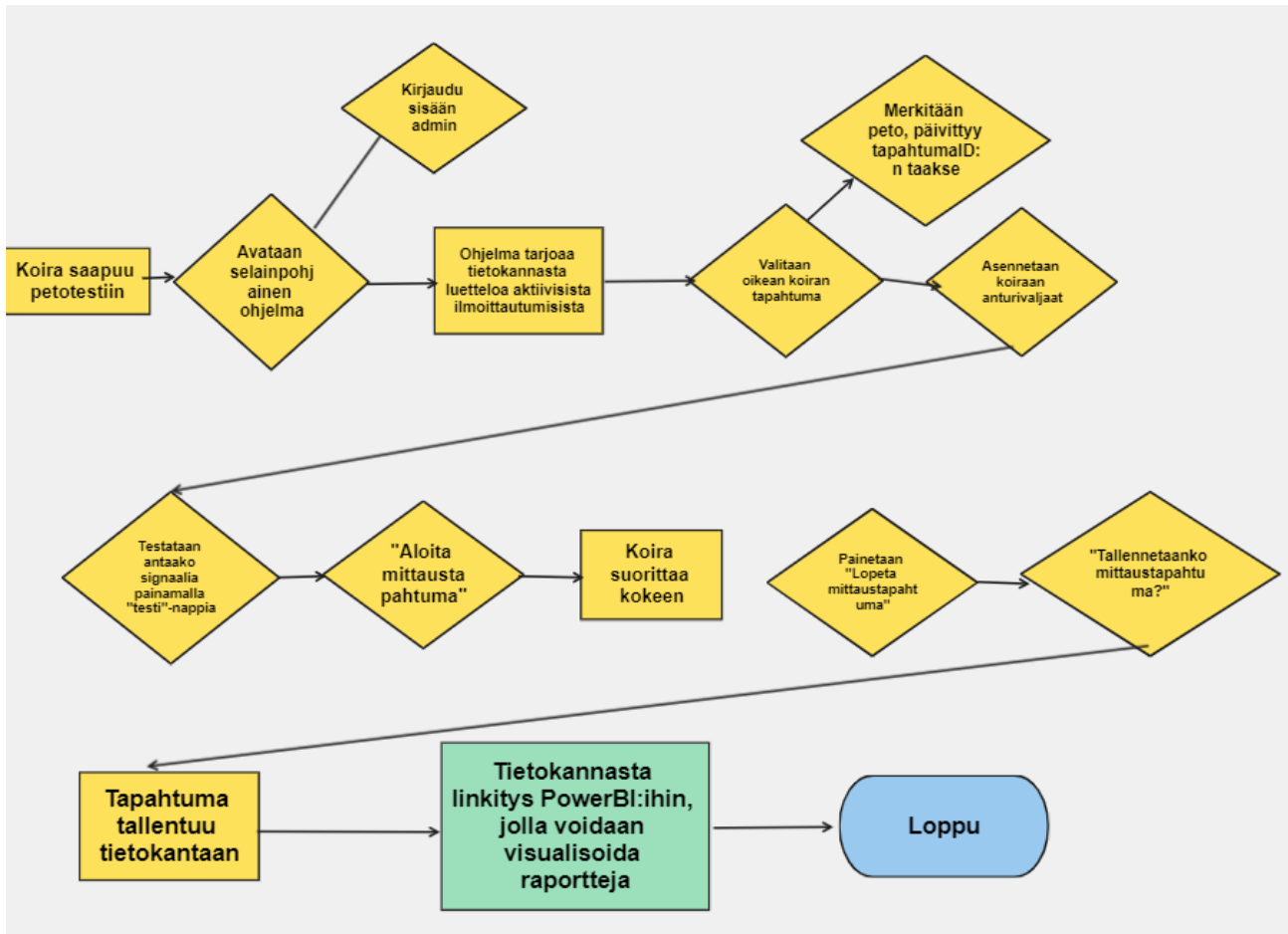
Selainpohjainen ohjelma ottaa myös vastaan koirakokeiden ilmoittautumiset, jotka on luotu Google Formsia käyttäen koirakokeiden järjestäjän internet-sivuilla. Näistä tehdään Koira-taulu, Tapahtumataulu ja syke-datasta Syke-taulu, joiden kolmen relaatioihin data-arkkitehtuuri perustuu.

Prosessin lähtöä havainnollista Kuva 6, johon on piirretty prosessin eri vaiheet kommentteineen.



Kuva 6 Prosessin alkupää: ilmoittautuminen.

Seuraavaksi prosessi etenee itse koiratapahtumaan, jossa ilmoittautuminen käsitellään ja se yhdistetään tapahtuvaan suoritukseen ja sen datat yhdistetään. Tätä kuvataan Kuvassa 7.



Kuva 7 Suorituksen prosessikaavio.

Prosessi päättyy tai alkaa uudelleen, kun yhden koiran tietty suoritus on valittu, siihen on liitetty varsinainen fyysinen suoritus ja nämä ovat yhdistetty datassa sekä data on tallennettu. Prosessi toistetaan niin monta kertaa, kun suorituksia on. Yksi koira voi suorittaa samana päivänä eri kokeita, joten koiran yksilöivän ID:n vuoksi on tietokannassa oltava suorituksellekin yksilöivä ID.

Prosessi on kuvattu koirakokeen mukaan, jotta hahmotetaan mihin tarkoitukseen Proof Of Conceptia suunnitellaan. Kuitenkin on syytä huomioida, että Proof Of Conceptia ei välttämättä validoida itse kokeella, vaan ratkaiseva tekijä on se, että voidaanko vastaava mittaus suorittaa hallitusti ja tuleeko data kuten pitää. Tähän ei tarvitse itse koirakoetta vaan Proof Of Conceptin voi suorittaa esim. pihaamalla koira fyysisesti kuormittamalla (pallon heitto, juokutus tai muu vastaava).

6.2 Alkuhaastattelut

Tähän lukuun on koottu alkukartoituksen ja iteratiivisen prosessin aikana tehdyt henkilöhaastattelut innovaation kehittämisen eri sidosryhmien edustajista, joiden avulla projektiryhmä on saanut joko uutta tietoa tai syvennettyä jo olemassa olevaa tietämystä tai osaamista. Henkilöhaastattelut toteutettiin teemahaastatteluina, joiden kysymykset projektiryhmä määritteli ensin yhdessä etukäteen. Kysymyksien tarkoitus oli teemahaastattelun tavoitteen mukaisesti luoda ja säilyttää jonkinlainen haastattelun rakenne, jotta aiheesta pysyttiin.

Hevosvalmentajan haastattelu

Yhtenä haastattelun kohteena oli työkseen ravihevosiä valmentava henkilö. Haastattelu toteutettiin 28.6.2023. Haastattelun tavoitteena oli tutustua Polarin ravihevosille suunniteltuun laitteistoon, joka haastateltavalta löytyi. Lisäksi tavoitteena oli kartoittaa käyttökokemusta, odotuksia ja mitä huonoja puolia Polarin laitteistossa oli. Valmentajan käytössä oleva laitteisto oli Polar Equine, joka käyttää Polarin H10-sykemittausanturia, joka soveltuu myös ihmisille. (Polar 2023a).

Pakettiin kuuluu sykeanturin ja kiinnitysvyön lisäksi rannetietokone, joka toimii vastaanottimena sekä datan tallentimena. Yhteys tapahtuu ANT+-protokollaa käyttäen ja signaalin kantavuus ei ole ongelma, sillä suunnitellussa laitteistossa suorituksen (ratsastus tai ravikärryillä ajo) aikana ihminen pysyy lähellä hevosta ja rannetietokone on ihmisen ranteessa.

Hevosvalmentajan teemahaastattelun kysymykset olivat seuraavat:

1. Mikä on käsimittari ja miten se toimii?
2. Millainen käyttökokemus on?
3. Millainen sykemittari on? Miten kiinnitetään hevoseen?
4. Käyttökokemukset?
5. Mihin tuote/tuotteet integroituvat?
6. Applikaatio? Mikä, millainen?
7. Integroituuko muihin Polarin tuotteisiin? Tai muihin alustoihin?
8. Käyttökokemus applikaatiosta? Hyvät ominaisuudet? Puuttuuko jotain?
9. Selvitätkö käyttöprosessin vaiheet ja niiden käyttökokemuksia?
10. Millainen datan keruu, tallennus, raportointi?
11. Miten pidetään mittausanturi kosteana, jotta sykedatan keruu onnistuu?

Teemahaastattelussa kysymykset ohjasivat keskustelua, joka oli ajoittain hyvinkin runsasta ja polveilevaa. Ensimmäisen kysymyksen tarkoitus oli tutustuttaa projektiryhmän jäsenet tekniikkaan. Tutustuttuamme Polar Equinen laitteistoon, jota oli kahdenlaista: nopeaan sykkeenmittaukseen ilman kiinnityksiä suunniteltu mittain, josta totesimme sen olevan käytännössä Polarin T31-sykemittausvyö ja FT1-rannevastaanotin. Nämä ovat teipattu toisiinsa kiinni U-muotoiseen muovikiinnitykseen, jonka tarkoitus on noudattaa hevosen kyljen muotoa. Tarkoituksena on mitata nopeasti hevosen syke kyljestä kertamittauksena ja katsoa arvo näytöstä. Ei tallennusta eikä muita toimintoja. Kuva 8 kuvaa miltä rakennelma näyttää.



Kuva 8 Polar Equine pikamittauslaitteisto.

Toinen laitteisto oli hevosen treeniohjelman yhteydessä olevan suorituksen aikana hevoseen kiinnitettävä laitteisto. Vastaava mitä ihmiseen laitetaan rinnan ympärille esim. juoksemisen ajaksi. Rintaremmi on luonnollisesti reilusti isompi ja leveämpi, kuin ihmisellä niin kiinnitysten kuin kontaktipintojen suhteen. Rintaremmissä oli kiinni H3-vastaanotin, joka yhdistetään Equine RC3 GPS Training -rannetietokoneeseen. Pakkaus sisältää myös erilaisia apuremmejä, joiden avulla voi parannella sykemittausremmin istuvuutta ja pysyvyyttä.

Käyttökokemuksena valmentaja totesi kertamittauksen olevan käytetympi ja luotetumpi tapa mitata syke, kun hevonen on paikallaan. Käytetään usein ennen ja/tai jälkeen treenin. Aktiivimittauslaitteisto on epäkäytännöllinen, hankala asentaa eikä välttämättä pysy kuitenkaan paikallaan. Aiheuttaa turhautumista ja vie turhaan aikaa. Aktiivimittauksen rannetietokone RC3 mittaa sykettä sekä GPS:n perusteella nopeutta, kuljettua matkaa. GPS:n yhdistäminen (eli satelliitin löytyminen) hidasta ja turhauttavaa. Käyttö harvoin, usein esimerkiksi validoimaan, jos muutetaan valmennustapaa tai muuta seikkaa. Käyttö pääasiallisesti vain kisakaudella ja silloinkin yksittäisinä kertoina.

Kysymyksiin applikaatioista ja integraatioista valmentaja ei osannut vastata. Käytettävä laitteisto vanhaa eikä ole ollut tarvetta tai halua tutkia teknologiaa pidemmälle. Applikaatioita ei ole käytetty tai kokeiltu.

Käyttöprosessina vastaava kuin ihmisellä: kostuta mittaussensorit, pue mittausanturin remmi hevoselle, hae GPS. Rannetietokoneen ja anturin synkkaus lähes aina aktiivisena päällä, ellei akku ole loppunut välissä tai muuta vastaavaa.

Datan keräystä hevosista ei harrasteta systemaattisesti tai edes tietoisesti minnekään talteen. Suurimman ohjauksen valmennuksessa antaa oma tuntuma, kokemus eläintenhoidosta, valmennettavien hevosten tunteminen ominaisuuksien, luonteen ja käytöksen suhteen sekä muu tulkinta. Syke-dataa käytetään enemmänkin validoimaan joku oma tunne esim. hevosen sairastumisesta tai

stressistä. Valmentaja kokee, että yksilölliset erot eläimissä niin suuria, ettei datan perusteella voi tehdä kovinkaan pitkälle vietyjä johtopäätöksiä. Vastaavia kommentteja kuullut myös muilta valmentajilta.

Yhtenä yhdistämisen ongelmana koettiin mittausturinin sekä hevosen karvapeitteen pitäminen kosteana, jotta sykemittaus onnistuu. Hevosilla edesauttaa usein lyhyt karva, jota leikataan hieman, jos tarve. Kostutus vedellä tai rypsiöljyllä. Anturi jää valjaiden alle, joten liikettä on reilusti ja täten mitaus usein epäonnistuu.

Tuoteomistajan ja käyttäjän haastattelu

Empiriaan ja innovaatiotuotteen määrittelyyn merkittävästi vaikuttava asia on lopullisen tuotteen käyttötavoite ja potentiaalisen käyttäjän tavoitela onnistuneesta tuotteesta. Tämän opinnäytetyön aiheena olevan innovaation projektiryhmän yksi jäsen on myös tulevan prototyypin tuoteomistaja sekä pääkäyttäjä. Haastateltava järjestää oman yhtiönsä puitteissa koirille petotestejä, joilla testataan koirien reaktioita esim. karhun, suden tai ilveksen kohtaamiseen.

Haastateltava on projektiryhmässä mukana, jotta voi tuottaa lisäarvoa omalle yhtiölleen, koiranomistajille sekä akateemiseen tutkimukseen dataa mittaamalla koiran sykettä petotestin aikana.

Tuoteomistajan haastattelu piti alun perin toteuttaa teemahaastatteluna 23.10.2023, mutta teemahaastattelun keskustelun aikana haastattelun kohteen pyynnöstä tutkija lähetti vielä haastattelun kysymykset kirjallisena ja haastattelun kohde vastasi niihin kirjallisesti sähköpostin välityksellä 25.10.2023. Tähän tulokseen tultiin, koska teemahaastattelu ei tahtonut pysyä muodossaan millään ja litteroitavaa materiaalia olisi tullut huomattavan paljon, josta sopivan tiivistelmän luominen olisi ollut liki mahdotonta.

Haastattelun kysymykset olivat seuraavanlaiset:

1. Minkälaista/minkä mittausta odotat?
2. Miksi tätä dataa on tärkeää kerätä?
3. Mitä datan keruulla voidaan saavuttaa?
4. Millaisissa olosuhteissa mittaukset tapahtuvat?
5. Mitä lopputulosta odotat mittaukselta?
6. Millaista käyttökokemusta haetaan?
7. Minkälaisen teknologisen struktuurin voit järjestää koetilaisuuksiin (PC, wlan jne.)?

Tuoteomistajan sähköpostitse antamat, yhteen vetävät vastaukset kysymysjärjestyksessä olivat seuraavat (teksti vastaa alkuperäistä muotoaan):

1. Odotus on, että koirista saataisiin monipuolista tietoa testitilanteessa (suuri paine koiralle). Äärireaktiot antavat tietoa --> jota ei kotiolosuhteissa saada (leikitys, pallonheittely yms. ovat koiralle hyvin erilaista kuin petojen kohtaaminen) Itse mittaus voi antaa hyvin monipuolista tietoa, kuten syketaso/ palautuminen sekä myös tietoa koiran terveydestä.
2. Datat keräämisellä pyritään tulevaisuudessa saamaan tietoa koirista. Vaikuttaako esim. rotu, sukupuoli, ikä, arkuus, rohkeus jne. sykkeeseen. Kun otanta on suuri, niin todennäköisesti datasta saadaan äärireaktiot esiin --> Jos datassa suuria poikkeamia.
3. Voidaan kertoa tarvittaessa koiran omistajalle, että olisi hyvä käyttää koira eläinlääkärillä. Myös tutkijoille voitaisiin toimittaa dataa erilaisiin tutkimustarkoituksiin.
4. Testitilanne on hyvin vakio! Ulkona mahdollisimman pienillä häiriötekijöillä (ei esim. muita koiria näkösuorilla) ja riittävän suuri alue. Kelit toki voivat vaihdella, mutta muutoin varsin vakioidut olosuhteet.
5. Kaupallistaminen --> Koirien omistajille/ kasvattajille uutta monipuolista tietoa.
6. Nopea, yksinkertainen, luotettava datankeruu.
7. Laitteiston hankinta tulee onnistumaan --> Kunhan saadaan tarkemmat tiedot tarvittavista laitteista.

Kiinnitysteknologian valmistajan haastattelu

Kiinnitysteknologiaan eli tapaan millä sykeanturi saadaan pysymään koirassa kiinni siten, että mittaus ei häiriinny ilman, että koira tuntee oloaan epämukavaksi tai kokee kipua, on tärkeä osa innovaatioprojektia. Jos sykemittauksen laitteisto aiheuttaa koiralle epämukavuutta tai stressiä, vaikuttaa se luonnollisesti myös koiran kykyyn suoriutua ja täten vääristää sykemittauksen dataa.

Osana innovaatioprojektia rakennettiin sykemittauksen mahdollistavat valjaat, jotka ovat prototyyppi lopullisesta tuotteesta. Tässä vaiheessa Proof Of Conceptia, myös valjaista valmistettiin riittävä malli, jolla sykemittauksen mahdollisuus varmistetaan.

Edellä mainituista syistä ja koska projektiryhmässä ei ole vaadittavan osaamisen omaavia henkilöitä, valjaiden valmistus ulkoistettiin taholle, joka on valmistanut vastaavia tuotteita. Kirjoittaja haastatteli valmistajan 8.11.2023 osana tutkimusta. Valjaiden valmistaja haastateltiin teemahaastattelulla käyttäen seuraavia kysymyksiä:

1. Kerro hieman itsestäsi, mitä teet, kauan olet tehnyt eri koiratarvikkeiden kanssa töitä?
2. Kerro suunnittelemistasi valjaista. Millaisen ohjeen sait, miten kuvittelit toiminnallisuuden jne.
3. Kauan valjaiden suunnittelu ja valmistus kesti?
4. Mitkä ovat ideaaliset materiaalit, toiminnallisuudet tai muut merkittävät seikat valjaiden valmistuksessa?
5. Miten jatkokehittäisit valjaita?

Haastateltava valmistaja omistaa yrityksen, joka valmistaa erilaisia nahka- ja käsityötuotteita sekä eläinten pantoja, hihnoja ja muita vastaavia tuotteita. Haastateltava on tehnyt käsitöitä vuodesta 1984 lähtien, josta koiratarvikkeita vuodesta 1986. Pääasiallinen toiminta keskittyy nahasta tehtyihin käyttöesineisiin, koiratarvikkeisiin, matkamuistoihin, saamen käsitöihin, puukontuppiin ja niin edelleen. Haastateltavalla on työpajallaan huomattava määrä erilaista laitteistoa valmistaa monimutkaisiakin käsitöitä, joita hän onkin pitkän uransa aikana kokeillut eri tavoin. Haastateltava on ollut aiemmin mukana erilaisissa innovaatioissa ja hänellä on itselläkin patenteja hallussaan, joten mielenkiinto tätäkin projektia kohtaan syntyi nopeasti.

Vaadittavien valjaiden ajatus syntyi haastateltavalle suhteellisen nopeasti. Ohjeistus ja suunnitelman pohja tuli projektiryhmän tuoteomistajalta puhelinkeskustelun perusteella. Tärkeimmiksi tekijöiksi haastateltava koki alusta lähtien sen, että sykevyö on oltava erillinen vyö, jotta sen kiristys onnistuu tiukasti koiralle, mutta itse valjaat eivät saa olla liian tiukat.

Itse valjaiden prototyyppi syntyi muutaman tunnin suunnittelun ja kokeilun jälkeen. Prototyypissä käytettiin pohjana valmiita valjaita, jotka haastateltavalla oli jo olemassa. Täten niitä ei tarvinnut valmistaa alusta, vaan muokata hieman. Valjaiden jatkokehityksen myötä tavoitteena on valmistaa kokonaan alusta lähtien lopullinen versio valjaista, mutta tässä vaiheessa tähän ei ollut tarvetta.

Materiaaliksi valikoitui kangas, sillä yhtenä tärkeänä ominaisuutena koettiin pikasolkien olemassaolo, jolla valjaiden säätö kenttäolosuhteissa erikokoisille koirille olisi mahdollisimman sujuvaa. Lisäksi haastateltava koki Y-valjaan olevan kaikkein parhain ratkaisu muotoilunsa puolesta. Y-valjas pysyy paremmin koiran pitkittäissuunnassa paikallaan ja sen istuvuus on hyvä suurimmalle osalle koirarotuja.

Prototyyppivaljaisiin rakennetaan pienet telineet Raspberry Pi:lle ja sen vaatimalle virtalähteelle. Haastateltava suunnitteli, että jatkokehityksenä valjaissa olisi esimerkiksi vetoketjullinen pussi, johon teknologisen laitteiston saa suojaan sääolosuhteilta. Haastateltavan kanssa keskusteltiin, että jos tuotantoon siirrytään, pitkällä tähtäimellä lopullinen teknologinen tuote lienee jokin pidemmälle kehitetty laite, sillä teknologiakin on vielä prototyyppivaiheessa.

Toisena jatkokehityksen kohteena haastateltava piti sykevyyden kiinnitystä valjaisiin. Sykevyyden ollessa erillinen kiinnitys sen saa kiristettyä parhaaseen kohtaan ja kireyteen koirassa ilman, että valjaat ovat epämukavat sekä stressaavat koiralle. Kuitenkin valjaiden täytyy tukea sykevyyden sijaintia ja pidettävä niitä paikallaan, sillä sykevyyden yksinään ei pysy liikkuvalla koiralla paikallaan pitkään. Tähän ei vielä ollut lopullista ratkaisua ja haastateltava koki joutuvansa tekemään muutamat kokeiluversiot käytännön testeihin.

Projektitiimin alkuhaastattelu

Projektitiimin varsinaista alkuhaastattelua ei tehty kronologisessa järjestyksessä, sillä koko projektitiimin keskittyminen alusta alkaen oli saattaa projekti käyntiin ja etenemään. Lisäksi tiimin kolmas jäsen liittyi projektiin vasta myöhemmin. Projektin kehittäminen on ollut iteratiivista ja jatkuvaa keskustelua tiimin kesken, jota ei ole litteroitu, sillä materiaalia olisi kohtuuttoman paljon.

Saattaakseen lukijan kuitenkin ajan tasalle projektitiimin henkilöistä, tehtiin 11.11.2023 projektipalaverin yhteydessä teemahaastattelumuotoinen kysely, jossa kartoitettiin projektitiimin jäsenistä tietoa ja heidän suhtautumisensa projektin aloitukseen.

Kysytyt kysymykset olivat seuraavat:

1. Mikä on kokemuksesi IT-alalta?
2. Miksi lähdit projektiin mukaan, mitä innovatiivista näet tässä projektissa?
3. Mitä näet kriittisinä asioina tämän projektin onnistumisen kannalta?
4. Kuinka paljon sinulla on kokemusta innovaatioprojekteista/start-upeista/vastaavista kehitysprojekteista?

Projektiryhmän kirjoittajalla ei suoranaista IT-alan kokemusta ole, vaan hän on työllistynyt koko työuransa autoalalla. Kuitenkin viimeisinä vuosinaan toiminut kehittämisen parissa, jossa ollut vahva sidosteisuus IT-järjestelmiin ja niiden kehittämiseen. Kirjoittaja on vetänyt RPA- ja integraatioprojekteja toimien pääasiallisesti projektipäällikkönä ja liiketoiminta-analyttikkona.

Tietoturva-asiantuntijana ryhmässä toimiva on työskennellyt 15 vuotta IT-alalla eri tehtävissä. Hän on tehnyt kymmenen vuotta järjestelmäylläpitoa erilaisissa toimintaympäristöissä ja viimeiset viisi vuotta kyberturvallisuuden parissa.

Ohjelmoinnista vastaava projektiryhmän jäsen on itse opetellut ohjelmoimaan, ja sen kautta työllistynyt alalle ohjelmointitöihin. Työelämässä hän on ollut hieman alle viisi vuotta ohjelmistokehityksen parissa. Lisäksi hän on suorittanut yliopistotasolla tietotekniikan sivuaineen ja opiskelee aktiivisesti IT-alaa yliopistossa.

Opinnäytetyön aiheen projekti lähti liikkeelle kirjoittajan ja tietoturva-asiantuntijan välisistä keskusteluista liittyen siihen, että kirjoittaja tarvitsi opinnäytetyöaiheen, mutta myös yleisestä keskustelusta ajatuksesta tehdä innovaatioprojekti, joka toimiessaan olisi potentiaalinen startup. Innostus aihetta kohtaan syntyi helposti ja näkemys siitä, että projektissa on sitä jotain, oli selkeästi havaittavissa. Kirjoittaja on itsekkin koiraharrastaja ja niitä on paljon lähipiirissä, joten koirat aiheena oli mielekäs ja innovaation soveltaminen sekä tarve oli kirjoittajan helppo nähdä.

Tietoturva-asiantuntija näkee projektissa tarpeen, jota ei varsinaisesti ole tunnistettu aiemmin, kun dataa ei ole ollut tarjolla aiemmin sellaisessa muodossa, että sitä voisi jatkokehittää. Datan keruun haasteet, joita tässäkin projektissa on ratkottu useita, ovat seikka, joka on varmasti estänyt innovaation syntyä aiemmin. Viime aikoina tekninen kehitys on saavuttanut sen tason, jotta tällainen innovaatio voidaan rakentaa kustannustehokkaasti toimimaan käytännössä.

Ohjelmointiasiantuntija lähti mukaan mielenkiinnosta projektia kohtaan ja halusta päästä mukaan kehittämään tuotetta, joka ei olisi hänelle tullut koskaan mieleen. Hänen mielestensä projekti sisältää myös monia eri osa-alueita, jotka ovat kiinnostavia nähdä miten ne toimivat keskenään. Projektissa on innovatiivista lisädatan kerääminen koiran toiminnasta ja sen hyödyntäminen.

Kirjoittajan mielestä projektin kriittisin vaihe on saada syke-data jatkuvasti kerättyä talteen, tämä kohdistunee eniten ANT+-protokollan kantavuuteen. Toisena kriittisenä pisteenä kirjoittaja pitää käyttäjäkokemuksen luomista jo Proof Of Conceptin vaiheessa. Usein kun kehitetään uutta toiminnallisuutta, on olemassa riski, että käytettävyys muuttuu käyttäjän kannalta liian monimutkaiseksi ja se vähentää käyttäjäkokemusta.

Tietoturva-asiantuntija pitää kriittisinä asioina tiedon keruun luotettavuutta ja varmuutta. Dataa on myös pystyttävä keräämään siten, että sen jatkokäyttö on mahdollista useilla eri tavoilla.

Ohjelmointiasiantuntija pitää kriittisimpänä asiana sykemittauksen toimimista. Hän uskoo, että kun sykemittaus saadaan toimimaan luotettavasti ja varmasti kaikissa olosuhteissa sekä muuttujilla, loput saadaan toimimaan tavalla tai toisella, vaikka jokin toteutus kaatuisikin kesken suorituksen.

Kirjoittaja on aiemmin ollut mukana kehittämässä uutta innovaatiota. Tuolloin kyse oli tietoteknisestä ohjelmistoratkaisusta. Innovaatio ei kuitenkaan koskaan kehittynyt lopulliseen tuotteeseen, sillä rajoituksina oli sen ajan teknologiat sekä yritysten haluttomuus lähteä mukaan yhteiseen ohjelmistoon. Tästä kirjoittaja sai kuitenkin hyvää tietoa ja kokemusta innovaatioprojektin kehittämisestä ja toiminnasta, joka on auttanut tämän opinnäytetyön projektin kehittämisessä. Eric Riesin Lean Startup on myös auttanut tässä projektissa paljon ja se oli kirjoittajalle aiempikin tuttu teoria, joten siihen nojaaminen tässäkin työssä oli ilmiselvä ratkaisu.

Tietoturva-asiantuntija ei ole aiemmin ollut mukana innovaatiotoiminnassa, ja tämä on ensimmäinen startup-projekti hänelle. Hän on kuitenkin opiskellut aihetta projektin ohella ja ollessaan itsekin opiskelija on hänellä tavoitteena tehdä tähän projektiin liittyviä opintoja lisää.

Ohjelmointiasiantuntijalla ei myöskään ole kokemusta innovaatioprojekteista tai startupeista. Lähin kosketuspinta on yliopistokurssilla toteutettu sähkötekkinen projekti, jossa pyrittiin kehittämään uutta ratkaisua määritettyyn ongelmaan.

Eläinlääkärin alkuhaastattelu

Koirien sykkeiden analysoinnin tukemiseksi haastateltiin myös eläinlääketieteen asiantuntijaa, jolta kysyttiin koirien sykkeen lääketieteellistä näkökulmaa. Kirjoittaja sai tämän opinnäytetyön viimeistelyvaiheessa lopulta haastateltua sähköpostitse koirien kardiologiaan erikoistuneen eläinlääkärin.

Haastattelukysymykset olivat seuraavat:

1. Kerrotko lyhyesti kuka olet, mitä teet ja mikä on yhteytesi koirien kardiologiaan?
2. Miten koiran sydämen toiminta eroaa ihmisestä? Mitä yhteistä niillä on?
3. Mitkä ovat koiran sydämen toiminnan kriittiset raja-arvot? (minimi-, maksimisyke jne.)
4. Mitä koirien sykkeen mittauksesta fyysisen suorituksen, esimerkiksi petokokeen aikana, olisi tärkeää mitata?
5. Mitä näistä mittauksista voidaan päätellä?
6. Näetkö sykedatan jatkokäytöstä esimerkiksi tieteellisessä tutkimuksessa arvoa? Jos kyllä, niin mihin kaikkeen tutkimukseen?

Vastauksissaan vastaaja kertoi olevansa pieneläinsairauksien erikoiseläinlääkäri, jolla on oikeudet suorittaa Kennelliiton virallisia sydämen ultraäänimittauksia koirille. Eläinten kardiologian osalta koulutusta hänellä on muun muassa ESAVS Cardiology I-IV.

Koirien ja ihmisten sydämen eroista hän kertoo niiden olevan perustoiminnoiltaan suhteellisen samat. Tarkempaa vastausta ei voi tarjota, sillä ei ole perehtynyt ihmissydämien toimintaan tarkemmin.

Koiran ollessa eläinlääkärin vastaanotolla normaali minimisyke on noin 60 lyöntiä minuutissa. Normaali maksimisyke on noin 160 lyöntiä minuutissa, mutta tämä ei ole rasituksen aikainen maksimisyke.

Esimerkiksi petokokeen aikana mitattuna sykkeestä kiinnostaisi maksimisyke sekä kuinka nopeasti syke palautuu suorituksen jälkeen normaalille tasolle. Lisäksi kiinnostaisi tutkia pysyykö syke tasaisena suorituksen aikana.

Loppuihin kysymyksiin erikoiseläinlääkäri jättää mieluummin itse vastaamatta, jättäen ne mieluummin tieteilijöiden arvioitaviksi asioiksi.

6.3 Kehittämisen iteraatiokierrokset

Tämä luku sisältää Proof Of Conceptin luomisen iteraatiokierrokset. Lähtöpisteenä on luvussa 6.1 esitelty hypoteesi, joka toimi projektiryhmän ohjaavana visiona. Lean Startupissa lähdetään liikkeelle visiosta, jota lähdetään validoimaan jatkuvasti oppimiskierroksilla (Ries 2016, 95). Tässä opinnäytetyössä vastaava on toteutettu kehittämällä hypoteettinen rakenne fyysisen mittauslaitteiston ja ohjelmiston suhteen, jota lähdetään iteraatiokierroksin kehittämään kohti lopullista tuotetta – Proof Of Conceptia.

Jokainen iteraatiokierros on oma alalukunsa, jossa kerrotaan lyhyesti mitä on tehty, mitä ongelmia on tullut vastaan, mitä ratkaisuja sen suhteen on pyritty tekemään. Iteraatiokierroksen loppuun on pyritty koostamaan sen hetkiset ongelmat, jotka ratkaistava seuraavalla kierroksella.

Alaluvun lopussa on tehty yhdistämistä Lean Startup -metodologian osioon tai osioihin, johon iteraatiokierros on liittynyt. Tällä pyritään luomaan perustelupohja projektiryhmän toiminnalle.

Ensimmäinen iteraatiokierros

Opinnäytetyön empirian ensimmäinen iteraatiokierros käytiin välillä 24.5.2023 – 12.6.2023.

24.5.2023 pidettiin aloittava palaveri, jossa kokoontui projektin aloittava tiimi. Kyseinen tiimi täydentyi yhdellä jäsenellä vielä myöhemmin, mutta tässä vaiheessa projektitiimi oli kolmihenkinen käsittäen opinnäytetyön kirjoittajan, tuoteomistajan ja tietoturva-asiantuntijan.

24.5.2023 kokoonnuttiin palaveriin, jossa hahmoteltiin projektin ja opinnäytetyön rajat ja lopetus-piste, sekä mietittiin, miten asioissa edetään, mitä asioita on ratkaistava ja niin edelleen. Tässä palaverissa määritettiin, että rakennetaan Proof Of Concept, jolla validoidaan mahdollisuus luoda innovatiivinen tuote, jolla olisi mahdollista mitata sekä tallentaa koirien sykedataa petotestin aikana.

Palaverissa sovittiin, että projektin sisältönä on ilmoittautumislomakkeen muokkaus parempaa data-arkkitehtuuria varten, sykemittaukseen tarkoitettua laitteiston sekä sitä tukevan kiinnityslaitteiston (= valjaat) rakennus tai teettäminen. Lopputuloksena on, että voidaan todistetusti asentaa koiraan sopiva laitteisto siten, että se ei haittaa koiran toimintaa, mitata sykettä koirasta ja tallentaa se ennalta määritettyyn paikkaan sekä muotoon, jotta se voidaan tallentaa ja myöhemmin raportoida käyttäen

Microsoft Power BI -ohjelmistoa.

Tässä palaverissa tuoteomistaja päätti teettää kiinnitysvaljaat alihankintana, sillä hänellä oli tiedossa taho, jolta se onnistuu parhaalla tavalla. Opinnäytetyön kirjoittaja haastatteli valjaiden valmistajaa myöhemmin, haastattelu on luettavissa kohdassa *kiinnitysteknologian valmistajan haastattelu*. Ratkaisu oli perusteltu, sillä projektiryhmässä kukaan ei ollut käsityöammattilainen ja siten tehokkain ratkaisu oli teettää valjaat taholla, jolta ne onnistuvat. Tämä myös pienentää riskiä koirille aiheutetusta haitasta tai epämukavuudesta sekä mittaukseen vaikuttavista ongelmista, jotka voivat johtua huonosta toteutuksesta.

Iteraatiokierros täydentyi 12.6.2023, kun kirjoittaja ja tietoturva-asiantuntija kokoontuivat tutkimaan Polarin ihmisten sykemittaukseen tarkoitettua laitteistoa sekä siihen GitHubissa kehitettyä ohjelmaa, jolla tätä dataa voidaan kerätä myös muuhun laitteistoon, kuin vain Polarin rannetietokoneeseen.

Iteraatiokierroksen hypoteesina määritettiin: Koiran sykedataa voidaan kerätä käyttäen Polarin ihmisille tarkoitettua sykesensoria Polar H10, josta data siirretään ANT+-protokollaa käyttäen ANT+-dongleen, joka on kytketty PC:n USB-porttiin.

Tämän hypoteesin varmentamiseen käytettiin kolmannen osapuolen valmistamaa *Polar Sensor Logger* -mobiiliapplikaatiota, jonka pystyi lataamaan Google Play Storesta. Applikaatio auttaa ensitesteissä, joissa selvittävää ensin voiko koiran sykettä ylipäättänsä mitata ihmisille sopivalla laitteistolla luotettavasti ennen jatko-ohjelmistojen kehittämistä. Hypoteesin toteutumisen esteiksi arvioitiin koiran karvoitus, joka estää syketiedon siirtymisen anturiin. Toisena hypoteesin toteutumisen esteenä pidettiin koiran rakenteen ja liikeratojen eroaminen ihmisen liikeradoista, jolloin sykeanturia ei saa asennettua riittävään kohtaan ja/tai se ei pysy paikallaan jatkuvan mittauksen mahdollistamiseksi.

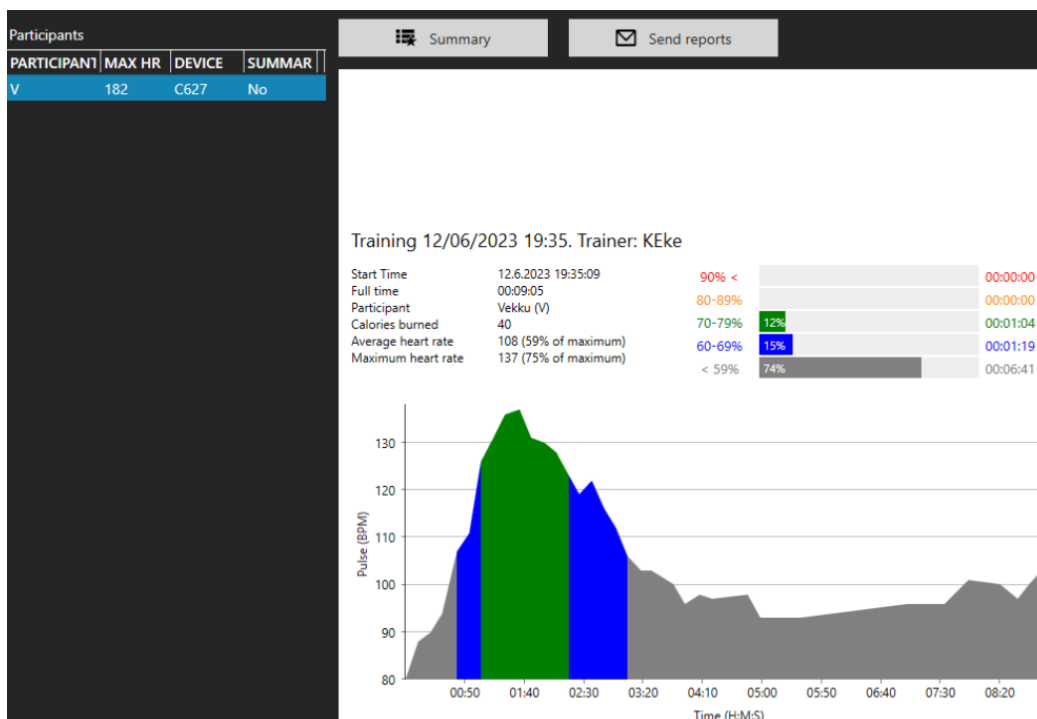
Ensitesteissä havaittiin, että ANT+-dongle vaatii erillisen ohjelman (*Pulse Monitor*), jolla dataa ja sen muotoa voidaan seurata. Täten Polar Sensor Loggeria pystyttiin hyödyntämään vain sykeanturin toimivuuden vahvistamiseen.

Pulse Monitor -ohjelman voi ladata sille osoitetuilta sivuilta internetistä. Tavoitteena on tutkia, miten rajapinta toimii ja ohjelmalla voidaan testata toimintaa prosessin seuraavissa vaiheissa. Näitä testejä on muun muassa kantama, tarkkuus, ANT-standardin mukainen data ja niin edelleen.

Myöhemmin määriteltävä käyttöohjelma korvaa Pulse Monitorin lopullisessa versiossa, jolloin yksi ohjelma jää välistä ja data siirtyy suoraan ANT+-donglen välityksellä ohjelmaan.

Ensimmäiset testaukset tehtiin ihmisillä, sillä tiedettiin Polar H10 -sykeanturin toimivan ja sitä oli käytetty ihmisen sykkeen mittaamiseen. Polar H10 yhdistettiin tämän jälkeen Polar Sensor Loggeeriin, liitettiin ANT+-dongle PC:hen, ladattiin Pulse Monitor -ohjelma ja katsottiin, siirtyikö data ihmisestä PC:lle.

Ensimmäinen testi onnistui. Varmennettiin tapahtuma käyttäen toista ihmistä, joka myös onnistui. Tämän avulla todettiin, että datasiirto toimii ANT+-protokollalla Polarin sykeanturista PC:lle. Kuvio 9 näyttää millaista grafiikkaa Pulse Monitor näyttää.



Kuva 9 Pulse Monitorin näkymä.

Seuraavaksi laitteistoa kokeiltiin koiralla. Testauksessa käytetty koira on rodultaan dalmatiankoira, jolla on lyhyt, tiheä karvapeite. Testauksessa käytetty koira on noin viisivuotias narttukoira. Sovitettiin sykevyö anturin kera koiralle ja todettiin, että syketietoa ei löydy PC:ltä. Anturi oli aktiivinen, mutta se ei havainnut sykettä.

Seuraavaksi kostutettiin sykevyön vastaanottimet käyttäen eläinlääketieteellistä liukuvoidetta *Bovi-Vet Gel*. Kosteus ja öljypohjainen voide auttoivat ja sykedata siirtyi koiran karvapeitteestä huolimatta.

Seuraavaksi säädettiin sykevyötä, kokeiltiin parasta mahdollista istuvuutta, asentoa ja kohtaa koirassa, joka voitiin saavuttaa ennen prototyyppivaljaita. Samalla saatiin arvokasta dataa valjaiden valmistukseen siitä, miten sykevyön on asetettava koiraan. Lopullisten säätöjen jälkeen sykedataa vastaanotettiin, vaikka koira istui, liikkui tai hölkkäsi.

Kolmas iteraatiokierroksen testattava asia oli ANT+-protokollan kantavuus. Projektin Proof Of Conceptin määrittelyyn kuului koiran kyky irtautua ihmisestä merkittävänkin matkan päähän ilman sykemittauksen katkeamista.

Testattiin ensin ihmisellä ANT+-signaalin kantavuutta. Ilman esteitä ANT+-dongle vastaanottaa signaalin ulkotiloissa noin 30 metrin päästä, mutta esteen (puu, ihminen tai muu vastaava kiinteä objekti) tullessa lähettimen ja vastaanottimen väliin, kantama laskee välittömästi 16,5 metriin ja yhteys on katkonainen. Esteen ollessa edessä yhteys katkeili lyhyemmilläkin etäisyyksillä. Koetta ei koettu tarpeelliseksi toisintaa koiran avulla.

Iteraatiokierros nähtiin onnistuneena, sillä sen avulla validoitiin Proof Of Conceptia ajatellen kaksi merkittävää asiaa: sykemittauksen mahdollisuus koirasta käyttäen Polar H10 -sykeanturia sekä ANT+-protokollan avulla sykedatan vastaanotto PC:lle.

Iteraatiokierroksen haasteina koettiin olemassa olevien ohjelmien monimutkaisuus ja keskinäisen integraation puute sykedatan vastaanotossa, käsittelyssä ja esittämisessä. Kumpikaan käytetyistä ohjelmista ei myöskään sallinut datan siirtoa halutussa muodossa, vaan datan rikastamiseen olisi määritettävä vielä kolmas ohjelmisto.

Seuraavalle kerralle päätettiin selvittää seuraavia asioita:

- Löytyykö GitHubista muita vaihtoehtoja, miten ANT+-protokollan dataa voi siirtää?
- Miten sykedata siirretään luotettavammin PC:lle, langaton ANT+ on kantamaltaan lyhyt ja häiriöherkkä.
- Varmistetaan riittääkö H10:n sykerajat koiralle eli toimiiko sykeanturi koiran mittaukseen kaikissa olosuhteissa.

Tämä iteraatiokierros vastasi Lean Startup -metodin yhtä rakenna-mittaa-opi-palautesykliä, jota Kuva 1 kuvaa. Iteraatiokierroksella rakennettiin laitteisto vision mukaisesti, testattiin sitä, kerättiin dataa sen ennalta määritettyjen, hypoteesin mukaisten, datapisteiden suhteen ja opittiin. (Ries 2016, 96.)

Huomiona todettakoon, että Lean Startupissa datan keräys ei tarkoita aina kvantitatiivisen datan keräystä, vaan käytetään termiä *uskomusolettamus*, jota vasten mitataan myös kvalitatiivisia asioita (Ries 2016, 97–98).

Toinen iteraatiokierros

Toinen iteraatiokierros kehityksessä tapahtui 18.6.2023, tutkimuskerralla oli mukana kirjoittaja ja tietoturva-asiantuntija. Viime kerran ongelmista ensimmäiseen oli löytynyt vastaus – GitHubissa tosiaan oli myös toinen tapa kerätä ANT+-donglen avulla dataa, mutta se vaati käyttöjärjestelmäkseen Linuxin.

Tietoturva-asiantuntija oli aiheita tutkiessaan tullut analyysissään siihen tulokseen, että vaivannäkö tässä vaiheessa Linuxin asentamiselle kannattaa, jotta sykedatan siirto saadaan hallintaan. Lisäksi saatavilla oleva oppiminen ANT+-protokollan toiminnasta ja datan muodosta ANT+-protokollasiirroissa olisi saatavilla vain, jos tätä Linuxille suunniteltua ratkaisua käyttää.

Vaihtoehtokustannus jatkoa ajatellen on kokonaisuuden arkkitehtuuri, mutkistaako Linuxin ja Microsoftin käyttö riskiin prosessia liikaa tuoteomistajan aspektista. Lisäksi kuluttajanäkökulmasta Linux on kohtuullisen marginaalinen käyttöjärjestelmä verrattuna Microsoft Windowsiin. Päätettiin kuitenkin tutkia asiaa ja miettiä jatkoa ja mahdollista pivointia, kun on opittu lisää.

Vastaavasti ensimmäisen ja toisen iteraatiokierroksen välissä kirjoittaja selvitti ensimmäisen iteraatiokierroksen kolmatta ongelmaa liittyen sykealueisiin. Tiedonhaun perusteella koirien sykealueet eivät poikkeakaan kovinkaan merkittävästi ihmisistä, sillä molemmat ovat nisäkkäitä. Syke-erot mahtuvat Polar H10 -sykeanturin mittausrajojen sisään, joten voitiin todeta, että projektin sykeanturia voidaan käyttää jatkossakin.

Toisella iteraatiokierroksella asennettiin Linuxin Ubuntu Microsoft Windows PC:n Virtual Boxiin, jolloin voitaisiin käyttää PC:ssä Linuxia. Tämän ratkaisun avulla voitaisiin käyttää mallina GitHubista löytyvää Open ANT -projektia datan siirtoon. Asennukset olivat suhteellisen yksinkertaiset, ohjeet löytyivät GitHubista.

Asentamisen jälkeen testattiin yhdellä ihmisellä sykedatan siirtymistä ja millaista dataa siirtyi. Data siirtyi onnistuneesti, kuten ensimmäisellä iteraatiokierroksella oli saatu siirto toimimaan. Kuva 10 on kuvakaappaus missä muodossa data tulee näkyviin Linuxille.

```

root@testi-ubuntu:/usr/local/lib/python3.10# openant scan --auto_create
Starting scanner for #0, type 0, press Ctrl-C to finish
Found new device #7110 DeviceType.HeartRate; device_type: 120, transmission_type: 1
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=16476672, beat_time=63.6982421875, beat_count=63, heart_rate=72, operating_time=16777215
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=62.853515625, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=16698112, beat_time=0.5673828125, beat_count=64, heart_rate=72, operating_time=16777215
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=63.6982421875, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=16698112, beat_time=0.5673828125, beat_count=64, heart_rate=72, operating_time=16777215
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=63.6982421875, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=148736, beat_time=1.4248046875, beat_count=65, heart_rate=72, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=0.5673828125, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=373504, beat_time=2.22265625, beat_count=66, heart_rate=72, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=1.4248046875, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=582656, beat_time=2.9853515625, beat_count=67, heart_rate=72, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=2.22265625, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=582656, beat_time=2.9853515625, beat_count=67, heart_rate=72, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=2.22265625, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=782592, beat_time=3.7626953125, beat_count=68, heart_rate=72, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=2.9853515625, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=986368, beat_time=4.7041015625, beat_count=69, heart_rate=73, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=3.7626953125, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=1233152, beat_time=5.83203125, beat_count=70, heart_rate=73, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=4.7041015625, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=1528932, beat_time=6.703125, beat_count=71, heart_rate=71, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=5.83203125, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=1757184, beat_time=7.564453125, beat_count=72, heart_rate=70, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=6.703125, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=1757184, beat_time=7.564453125, beat_count=72, heart_rate=70, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=6.703125, battery_percentage=255)
Device heart_rate_07110 broadcast heart_rate data: HeartRateData(page_specific=1982976, beat_time=8.5283203125, beat_count=73, heart_rate=70, operating_time=16777215,
manufacturer_id_lsb=255, serial_number=65535, previous_heart_beat_time=7.564453125, battery_percentage=255)

```

Kuva 10 Open ANT -projektin mukainen dataotanta Linuxissa.

Data vaikuttaa huomattavasti paremmalta, sillä se on tekstitiedosto siinä missä Pulse Monitor piirtää suoraan grafiikan omaan ohjelmaansa. Tekstimuotoinen raakadata on kompaktimpaa, helpommin muokattavampaa ja sen voi siirtää tietokantaan, sillä data on tarkoitus varastoida erilliseen tietokantaan ja raportointi on aikomus tehdä Power BI:llä.

Iteraatiokierros nähtiin vaillinaisesti onnistuneena. Onnistuminen koettiin siinä, että Linuxille suunniteltu Open ANT -ohjelmisto toimi, kuten pitikin. Samalla saatiin data huomattavasti projektia varten suotuisampaan muotoon. Lisäksi datan sisällöstä opittiin lisää. Myös sykeanturin käyttö koiralle vahvistui, joten kolmas ongelmakohta selvitettiin.

Vastaavasti edellisen iteraatiokierroksen toiseen ongelmaan, eli miten saadaan rakennettua luotettava tiedonsiirto sykeanturin ja ANT+-donglen välille ei ratkennut. Vaikka Open ANT osoittautui parannukseksi ensimmäisestä versiosta, ei se ratkaise kuitenkaan ANT+-protokollan kantavuuteen liittyvää ongelmaa.

Seuraavalle iteraatiokierrokselle jäävät ratkaisemattomat ongelmat:

- Datann siirron arkkitehtuuria on vielä mietittävä lisää, jotta siitä saadaan riittävän yksinkertainen ja luotettava. Nykyisessä mallissa on vielä puutteita.
- Suunniteltava myös prosessin work flow'ta, jotta siitä saadaan mahdollisimman käyttäjäystävällinen ja yksinkertainen.

Tämä iteraatiokierros vastasi Lean Startup -metodin yhtä rakenna-mittaa-opsi-palautesykliä, jota Kuva 1 kuvaa. Iteraatiokierroksella jatkokehittiin laitteistoa edelliseltä kierrokselta kerätyn datan analysoinnin mukaisesti, testattiin sitä jälleen, kerättiin lisää dataa sen ennalta määritettyjen, hypoteesin mukaisten, datapisteiden suhteen ja opittiin jälleen uusia asioita.

Kolmas iteraatiokierros

Kolmas iteraatiokierros ajoittuu 31.7.2023 – 5.8.2023. Projektiryhmää päätetään kasvattaa yhdellä henkilöllä, jolla on kokemusta ja osaamista ohjelmoinnista eri ohjelmointikielillä. Kirjoittajalla ja projektiryhmän kahdella muulla jäsenellä ei vastaavaa osaamista ole. Toisen ja kolmannen iteraatiokierroksen välissä on käyty useampaan otteeseen keskusteluja erilaisista toteutustavoista kirjoittajan ja tietoturva-asiantuntijan välillä, mutta asioiden ratkaiseminen kahdestaan ei ole onnistunut.

31.7.2023 pidettiin suunnittelupalaveri, jossa koolla oli kirjoittaja, tietoturva-asiantuntija ja uutena jäsenenä, ohjelmointiasiantuntija. Palaverissa piirrettiin, käyttäen Microsoft Whiteboardia, hieman prosessin työn kulkua ja käytiin läpi mihin asti on päästy projektissa ja mitä ongelmia yhä on.

Suurimmat ongelmat olivat yhä, miten datan siirtyminen saadaan toimimaan luotettavasti, mutta rakenteesta ei tule liian vaikeaa. Suunnitelma Virtual Boxin käytöstä ja selainpohjaisen käyttöliittymän käytöstä päätetään hylätä liian monimutkaisena. Ongelmia ovat muun muassa:

- Miten se rakennetaan.
- Mitä ohjelmointikieltä olisi käytettävä.
- Mitä tapahtuu, jos data siirto katkeaa, koska ANT+ on häiriöherkkä.

Yhtenä vaihtoehtona harkittiin ohjelman kirjoittamista C#-ohjelmointikielillä, mutta sen yhteensovittaminen Linuxissa Python-kielillä toimivan Open ANT -ohjelman kanssa on vaikeaa. Lisäksi oman sovelluksen rakennus on erittäin työläs – lähes oma projektinsa itsekkin. Samat ongelmat tulevat vastaan myös selainpohjaisen sovellukset tekemisessä. Kaiken kaikkiaan ohjelman juurena on liiallinen monimutkaisuus ja integraatioiden puute.

Lopputuloksena syntyi ajatus käyttää Raspberry Pi -minitietokonetta, jolloin erillistä ohjelmaa ei tarvitsisi kirjoittaa, vaan ANT+-dongle olisi kiinni Raspberry Pi:ssä, jossa on oletusarvoisesti Linuxin käyttöjärjestelmä ja siihen voisi asentaa Open ANT -ohjelmiston suoraan. Haasteita tässä ratkaisussa ovat seuraavat asiat:

- Miten tallennus aloitetaan ja lopetetaan?
- Alkuperäinen ongelma ANT+-tiedonsiirron lyhyestä kantamasta ja häiriöherkkyydestä ei poistu edelleenkään.

Ensimmäiseen ongelmaan harkittiin ratkaisuksi Raspberry Pi:hin asennettavaa fyysistä on/off-nappia. Nappi tulisi GPIO-kampaan ja Raspberry Pi:n Linuxiin voisi ohjelmoida napin antamien fyysisten signaalien toiminnallisuudet Open ANT -ohjelmistossa.

Fyysisen napin etuna olisi äärimmäisen yksinkertainen käyttäjäkokemus. Haittana pidettiin meta-datan tiedonkulkua: mistä käyttäjä tietää onko sykemittaus aloitettu vai lopetettu sekä mistä tiedetään, että oikeanlaista sykedataa vastaanotetaan ja siirretään eteenpäin tietokantaan.

Mittauksen aloituksen ja lopetuksen indikaattoriksi sekä sykedatan monitoroimiseksi pohdittiin ratkaisua, jossa samaan GPIO-kampaan asennettaisiin myös pieni Led-näyttö, Näytössä voisi olla muutaman pikselin valomerkki tallennuksen päällä olemiselle ja Raspberry Pi:hin voisi ohjelmoida ohjelman näyttämään sykedataa näytössä reaaliajassa.

Tämä ratkaisu lopulta hylättiin, sillä rakenteesta tulisi liian painava, kallis sekä häiriöherkkä. Sen tuottama lisäarvo olisi minimaalinen suhteessa riskeihin. Projektiryhmä päätti, että selvitetään vielä jotain mahdollista toista ratkaisua, joka olisi sopiva Proof Of Conceptiin sekä ajatellen tulevaa todellista käyttöä – koirakokeita ajatellen.

ANT+-tiedonsiirron kantavuusongelmaan Raspberry Pi olisi ratkaisu, sillä siinä on SD-muistikortti-paikka, joka voisi toimia datan välivarastona, jos yhteys PC:n ANT+-dongleeseen katkeaisi. Luonnollisesti Raspberry Pi on tällöin kiinnitettävä valjaisiin. Toisena vaihtoehtona harkittiin ANT+-yhteyden vahvistamista erilaisilla vahvistimilla ja antennilla, mutta niiden tarjoamat hyödyt suhteessa kustannuksiin oli palaverissa epäselvät.

Palaveri päättyi siten, että sovittiin kukin tahollaan miettivän edellä mainittuja ongelmia ja tutkia eri lähteitä, tällä tavalla kuvin tahoillaan oppii aiheesta lisää ja voi tarjota seuraavalle iteraatiokierrokselle lisää dataa.

Kolmas iteraatiokierros oli poikkeuksellinen ensimmäiseen ja toiseen verrattuna, sillä se sisälsi it-sessään useita iteraatiokierroksia, missä ongelmaa pilkottiin osiin ja haettiin ratkaisua jokaiseen ongelmaan erikseen sekä arvioitiin niiden vaikutusta kokonaisuuteen. Tätä tapaa ratkaista suuria ongelmia pilkkomalla niitä pienemmiksi ongelmiksi, jotka voidaan ratkaista yksi kerrallaan, on käyttänyt esimerkiksi Risto Siilasmaa. Siilasmaa teoksessaan *Paranoidi Optimisti* (2018) kuvaa tätä metodia useassakin yhteydessä.

Kolmas iteraatiokierros sisälsi myös ensimmäisen suuremman pivotoinnin projektissa. Lean Start-upissa pivotista puhutaan suurena edetyn kurssin korjauksena, jossa aikaisempaa suunnitelmaa muutetaan opitun perusteella (Ries 2016, 169). Vastaavasti kolmas iteraatiokierros päättyi projektiryhmän harkintaan muuttaa käytettävän fyysisen teknologian olemusta merkittävästi. Tätä päätöstä ei kolmannen palaverin aikana tehty, vaan päätettiin kerätä vielä hieman lisää dataa vaihtoehtoisista ratkaisuista ennen lopullista pivotoinnin päätöstä.

Neljäs iteraatiokierros

Projektin neljän iteraatiokierros käytiin 3.9.2023. Läsnä oli kirjoittaja, tietoturva-asiantuntija sekä ohjelmointiasiantuntija. Palaverissa keskusteltiin paljon projektin fyysisen teknologian rakenteesta ja miten lopputuote saadaan tehtyä parhaalla mahdollisella tavalla. Edellisen palaverin päätöksen mukaisesti jokainen jäsen oli pyrkinyt omatoimisesti kasvattamaan tietojaan asiaan liittyvistä seikoista.

Lopulta päätettiin, että toteutetaan Proof Of Concept käyttäen Raspberry Pi:tä, jossa on ANT+-dongle kiinni. ANT+-dongle ottaa vastaan sykeanturin datan ja tallentaa sen suoraan Raspberry Pi:ssä kiinni olevaan SD-korttiin, joka toimii välimuistina. Suorituksen jälkeen muistikortti liitetään PC:hen, josta data imetään tietokantaan jatkokäsittelyä varten. Tietokantana toimii ulkoinen kova-levy, joka on liitetty PC:hen.

SD-korttiin päädyttiin sen vuoksi, että Raspberry Pi:ssä on valmiina yksi SD-korttipaikka, jota käyttää. Toinen vaihtoehto olisi käyttää USB-porttiin liitettävää ulkoista muistia, niin kutsuttua muistikukua. Kuitenkin Raspberry Pi:ssä on kaksi USB-porttipaikkaa, josta toinen on käytössä virtalähteelle ja toiseen on liitetty ANT+-dongle. Yhden USB-portin lisäys vaatisi lisätyötä, Raspberry Pi:n muokkausta sekä lisäksi kustannuksia.

Samana palaverin aikana todettiin, että ANT+-signaalin kantavuusongelmat saadaan ratkaistuksi, kun Raspberry Pi kiinnitetään koiralla päälle oleviin valjaisiin virtalähteen kera. Tällöin sykeanturin ja ANT+-donglen etäisyys on aina hyvin lyhyt.

Vastaava ratkaisu toimii ihmisillä, urheilevalla ihmisellä on rinnan ympärillä sykevyö ja kädessä rannetietokone, joka ottaa sykedatan vastaan ja tallentaa sen sinne väliaikaisesti ennen datasiirtoa pilveen. Yhtä lailla, myös hevosille tarkoitettu Polar Equine toimii samalla periaatteella, koska hevosen ohjaaja joko ratsastaa tai ajaa hevoseen kiinnitetyillä kärryillä ranteessaan rannetietokone, joka kerää datan ja tallentaa sen.

Neljäs iteraatiokierros päättyi onnistuneesti, sillä koko projektin ajan innovaation valmistumista häitännut ANT+-protokollan kantavuusongelma saatiin vihdoinkin ratkaistua. Tämä pivotti osoittautui myöhemmässäkin vaiheessa onnistuneeksi ratkaisuksi.

Pivotti ei kuitenkaan ratkaissut kaikkia olemassa olleita ongelmia ja ratkaisun muuttaminen loi myös muutamia uusia ongelmia, jotka on syytä ratkaista. Seuraavaan palaveriin jäi ratkaistavaksi seuraavat ongelmat:

- Vaadittavan laitteiston hankinta. Projektiryhmän täytyy hankkia lisää tarvikkeita projektin edistämiseksi.
- Osaako Raspberry Pin Open ANT -ohjelma eritellä suoritukset, vai onko datasiirto PC:lle tehtävä joka suorituksen jälkeen – runsas muistien räpläily varsinkin talvella on epämukavaa ja lisää erityyppisiä epäonnistumisen riskejä mittauksen suhteen.
- Miten koirayksilön suoritus yhdistetään tehtyyn mittaukseen. Toisin sanoen ilmoitetun koiran case-ID on saatava jotenkin tallennettua suorituksen dataan, jotta jälkikäteen tiedetään minkä tapauksen data on kyseessä.
- Raspberry Pi:n ollessa valjaissa kiinni tarvitsee se silti virtalähteen, tässä tapauksessa akun. Tuleeko rakenteesta liian raskas koiralle haitaten suoritusta?

Päätettiin tilata Raspberry Pi oheislaitteistoinen, jota tilatessa havaittiin siitä olevan markkinalla versio, jossa sisäänrakennettu WLAN eli langattoman lähiverkon tuki. Tämä malli päätettiin tilata, koska keksittiin, että datan siirto Raspberry Pi:stä PC:lle voidaan tehdä luodun WLAN-yhteyden avulla, jolloin säästytään SD-kortin siirtelyltä. Tämä helpottaa ja yksinkertaistaa käyttäjäkokemusta merkittävästi.

Seuraava iteraatiokierros sovittiin tapahtuvan, kun tilatut tavarat ovat tulleet ja silloin aloitetaan tiedetyn ratkaisun asennus sekä testaus. Vastaantulevat ongelmat ja jatkotoimenpiteet suunnitellaan myös seuraavalla iteraatiokierroksella Lean Startupin rakenna-mittaa-opsi-syklin mukaisesti. Vastavasti myös Siilasmaan periaate ratkaista ongelmat yksi kerrallaan oli läsnä.

Kirjoittaja tutkii myös olemassa olevaa ilmoittautumislomaketta sekä onko sitä muutettava, jotta koirista saadaan mahdollisimman kattava tietopohja. Tämä tietokanta pitäisi voida yhdistää koirakohtaisesti mitattuun suoritukseen, jolloin saadaan mahdollisimman laadukas data analysoitavaksi.

Kirjoittaja tutkii myös, miten vuoden 2023 aikana pakolliseksi tullut Koirarekisteri toimii, tuleeko jokaiselle koiralle jatkossa yksilöivä rekisterinumero, jota voisi käyttää myös Koirat-tietokannan avaimena.

Viides iteraatiokierros

Projektin viides iteraatiokierros tapahtui 23.9.2023. Läsnä olivat kirjoittaja, tietoturva-asiantuntija ja ohjelmointiasiantuntija. Viime kerralla päätetyn mukaisesti tietoturva-asiantuntija oli tilannut osia ja nyt rakennettavassa laitteistossa on asennettuna seuraavat komponentit:

- Raspberry Pi W -minitietokone
- Raspberry Pi virtalähde micro-USB
- SD-muistikortti, jonka saa suoraan Raspberry Pi:hin
- Mini-USB/USB-A-adapteri
- ANT+-dongle USB-A-porttiin, joka kiinnitetään edellä mainittuun adapteriin.

Rakennettu teknologia on valokuvattu Kuvaan 11, josta näkee edellä mainitut komponentit sekä erillisen virtalähteen (kuvan vasen reuna).



Kuva 11 Proof Of Conceptin tekninen ratkaisu.

Kuvassa 11 näkyvä musta kotelo on Raspberry Pi W:lle erikseen 3D-tulostuksella tehty kotelo. Kotelon teki erillinen 3D-tulostukseen erikoistunut yritys. Kotelolla saavutettiin optimaalisuutta koon, painon ja Raspberry Pi W:n suojauksen suhteen.

Lisäksi pidettävään palaveriin oli valmistunut koiravaljaiden prototyyppi, jota päästiin testaamaan kirjoittajan omalla koiralla. Koira on sama, mitä käytettiin ensimmäisen iteraatiokierroksen testauksissa eli viisivuotias dalmatiankoira narttu.

Raspberry Pi W esiasennettiin kytkemällä se kirjoittajan televisioon käyttämällä HDMI-kaapelia ja irtonäppäimistöä. Käyttöönottoasennuksessa asetettiin Raspberry Pi W kirjoittajan kodin WLAN-verkkoon, jotta siihen voidaan ottaa yhteys suoraan PC:llä, joka on kytketty samaan WLAN-verkkoon.

Kun käyttöönottoasennus oli valmis, Raspberry Pi W yhdistetty WLAN-verkkoon ja Raspberry Pi W:n IP-osoite selvitetty oli PC-yhteys valmis. Tämän jälkeen voitiin Raspberry Pi W:stä kytkeä irti näyttö ja näppäimistö. Seuraavaksi avattiin PC:n komentoriviohjelma, jonka kautta Raspberry Pi W:tä voitiin ohjata WLANin välityksellä.

Kun yhteys oli muodostettu, poistettiin käytöstä Raspberry Pi W:n visuaalinen käyttöliittymä, jolloin Raspberry Pi W:n Linux-käyttöjärjestelmä muuttui tekstipohjaiseksi. Tämä nopeuttaa Raspberry Pi W:n toimintaa, kun muistia grafiikan pyörittämiseen ei tarvita. Visuaalista käyttöjärjestelmää ei tarvita, sillä se ei näy PC:n komentoriviohjelmassa.

Kuva 12 näyttää Windows PC:n komentoriviohjelman näkymän, kun Raspberry Pi W on kytketty siihen WLAN-yhteyden välityksellä.

```

admin@raspberrypi: ~
Microsoft Windows [Version 10.0.22000.2416]
(c) Microsoft Corporation. Kaikki oikeudet pidätetään.

C:\Users\simo.niemikallio>
C:\Users\simo.niemikallio>ssh admin@192.168.8.119
ssh: connect to host 192.168.8.119 port 22: Connection refused

C:\Users\simo.niemikallio>ssh admin@192.168.8.119
The authenticity of host '192.168.8.119 (192.168.8.119)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:aZDkhixubyDplNraCS1dNKK9qCL5gqTQchIYMRQD1q8.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.8.119' (ECDSA) to the list of known hosts.
admin@192.168.8.119's password:
Linux raspberrypi 5.15.84+ #1613 Thu Jan 5 11:58:09 GMT 2023 armv6l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Sat Sep 23 16:46:41 2023
admin@raspberrypi:~$ sudo reboot
Failed to set wall message, ignoring: Interactive authentication required.
Failed to reboot system via logind: Interactive authentication required.
Failed to open initctl fifo: Permission denied
Failed to talk to init daemon.
admin@raspberrypi:~$ sudo reboot
admin@raspberrypi:~$ client_loop: send disconnect: Connection reset

C:\Users\simo.niemikallio>ssh admin@192.168.8.119
admin@192.168.8.119's password:
Linux raspberrypi 5.15.84+ #1613 Thu Jan 5 11:58:09 GMT 2023 armv6l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Sat Sep 23 16:53:26 2023
admin@raspberrypi:~$
  
```

Kuva 12 Windowsin komentorivin näkymä, kun sen avulla on yhteys Raspberry Pi:hin.

Raspberry Pi W:hen asennettiin tämän jälkeen GitHubin kautta Open ANT -ohjelma, kuten tehtiin aiemmin PC:n Virtual Boxissa toimivaan Linuxiinkin. Tämän jälkeen asennettiin ANT+-dongle paikalleen sekä sen vaatima ajuri sekä ohjaus. Ohjeet näiden suorittamisiin löytyi GitHubin Open ANT -projektin ohjeista ja tiedostoista.

ANT+-donglen asentamisen jälkeen ilmaantui haasteita sykeanturin haussa, kun ei löytynyt sopivaa PATHia, miten laite löydetään. Pipin kautta saatiin suoritetuksi skannaus, joka ei kuitenkaan toiminut kuten piti. Skannaus ei löytänyt sykemittareita ja antoi useita virheilmoituksia. Testattiin samaa sykemittaria aiemmassa ohjelmistossa ja syke löytyi. Tämä antoi viittauksen, että vika on uusimmassa laitteistossa tai sen asennuksessa.

GitHubista löytyi lopulta muutama udev-sääntö, jotka asennettiin ohjeiden mukaan. Skannauksen virheilmoitukset hävisivät, mutta skannaus ei silti löytänyt sykemittareita. Uudelleentestaus vanhalla laitteistolla antoi jälleen sykedataa, joten vika yhä uusimmassa laitteistossa tai asennuksessa.

Kytettiin tämä ensimmäinen, testaukseen käytetty, sovellus pois päältä, kun epäiltiin yhteyden olevan yksilöllinen ja sovelluksen varaavan anturin datan eikä siten Raspberry Pi W löydä sykeanturia. Tämän jälkeen täsmennettiin haku *device type = 120*. 120 tarkoittaa HeartRate, eli skannaus etsii vain sykeantureita eikä muita laitteita. Haku tuotti tulosta ja anturi löytyi.

Koodi, jolla alkoi toimimaan: `python /home/admin/.local/bin/openant scan --device_type HeartRate`.

Kun yhteys saatiin, koitettiin sykemittausta koirasta käyttäen sykevyön kiinnitykseen sitä varten kehitettyjen valjaiden prototyyppiä. Kuva 13 näyttää miltä valjaat näyttävät koiralla ja miten valjaiden sekä sykeanturin kiinnitys ovat prototyyppissä toteutettu.



Kuva 13 Valjaiden prototyypin testauksessa koiralla.

Koiran sykkeen etsintään ja tallennukseen käytettiin komentoa: `python /home/admin/.local/bin/openant scan --auto_create`.

Komennolla aikaisemmassa skannauksessa löydetyn anturin dataa ruvetaan kirjoittamaan. Datan keruu onnistui ja koirasta saatiin selkeää sykedataa. Myös valjaat toimivat, sykeanturi liukastettuna kerää dataa ja yhteys pysyy, vaikka koira liikkuisikin. Testauksessa käytettiin edelleen samaa koiraa.

Lopuksi testattiin, saadaanko valjaisiin asennettua kiinni Raspberry Pi W sekä virtalähde. Tämän tavoitteena on, että Raspberry Pi W:ssä oleva SD-kortti toimii sykedatan vastaanottosijaintina ja väliaikaisena tallennuspaikkana, jolloin ANT+:n kantavuusongelmia ei ole, sillä kaikki ovat kiinni valjaissa, jotka ovat kiinni koirassa.

Yksi iteraatiokierroksella havaittu ongelma koski suoritusten datan poimintaa ja erottelua toisistaan. Tämänhetkinen toiminto kirjoittaa kaiken vastaanottamansa datan putkeen. Datassa on aikaleimat, joten siitä voi päätellä aikajanelta minkä hetken datasta on kyse, mutta se ei ole käyttäjän tai datan analysoijan kannalta mielekäs ratkaisu.

Ongelmaan ratkaisuna testattiin, että tallennettu data tallentuu SD-kortin muistin kansioon erillisinä tiedostoina, jotka tallennuksen alussa nimetään testauksen aloitusajankohdan mukaan. Lisäksi suora raakadata sisältää Proof Of Conceptin kannalta dataa, jolla ei ole käyttötarkoitusta.

Testaukseen käytetty ohjelmakoodi: `python /home/admin/.local/bin/openant scan --device_id 7110 - a > ./$(date +%F_%H:%M:%S') (Device ID = mittarin ID).`

Sen jälkeen siivotaan data siten, että vain sykedata tallentuu ja tallennetaan uudelleen. `cat ./2023-09-23_18:43:06 | grep "^Device heart_rate_" > ./clean_data.`

Viides iteraatiokierros koettiin onnistuneeksi. Lean Startupin mukaisesti edellisen iteraatiokierroksen valitut ongelmat saatiin ratkaistuksi. Tämän lisäksi projektia saatiin edistymään kohti vision mukaista Proof Of Conceptia. Projekti ei kuitenkaan vielä valmistunut ja edistyminen toi esiin uusia ongelmia, joita ratkaistava seuraavassa iteraatiokierroksessa.

Avoimeksi ongelmaksi jäi yhä:

- Miten tallennus aloitetaan ja lopetetaan hallitusti – varsinkin käyttäjäkokemus ja tuoteomistajan käyttömukavuus on keskiössä.
- Miten data saadaan siirrettyä hallitusti Raspberry Pi W:n SD-kortilta WLAN-verkossa PC:n kovalevylle.

Tavoitteeksi projektiryhmässä määriteltiin, että prototyypissä ja Minimum Viable Productin käyttökokeilujen osana, laitteiston toimivuuden edellytykseksi määritetään, että testipaikalle on luotava WLAN-verkko. Tämän avulla voidaan suorituksen jälkeinen data siirtää WLAN-verkossa Raspberry Pi W:stä PC:n tietokantaan.

WLAN-verkon luomiseksi vaihtoehtoina ratkaisuksi on joko matkapuhelimesta mobiilitukiaseman luominen, jolloin matkapuhelin jakaa oman mobiiliyhteytensä WLAN-verkoksi. Toinen vaihtoehto on hankkia erillinen WLAN-reititin, jossa on erillinen internet-liittymä.

Seuraavaan iteraatiokierrokseen kirjoittaja tutkii tällä kierroksella saatua dataa, onko se siinä muodossa, että se voisi olla vaadittu rakenne datan tallentamiseen ja saadaanko sen kanssa yhdistettyä ilmoittautumislomakkeesta saatu data siten, että datamalli on hyödynnettävissä parhaalla mahdollisella tavalla.

Pivotti fyysisen rakennelman suhteen vaatii lisämuokkausta koiravaljaisiin, jotta niihin saadaan kiinnitettyä Raspberry Pi W ja sille varattu virtalähde. Tämän asian hoitamisen tuoteomistaja otti vastuulle puhelinoiton perusteella. Ratkaisuun sisältyy riski, että rakenne muuttuu liian raskaaksi ja häiritsee koira, mutta tuoteomistaja konsultoi tästä aiheesta valjaiden valmistajaa tehdessään

muutospyynnöt valjaisiin.

Kuudes iteraatiokierros

Kuudes iteraatiokierros tapahtui 1.11.2023 ja se tapahtui pelkästään kirjoittajan toimesta, perustuen aiempiin iteraatiokierroksiin ja käytyihin keskusteluihin. Kirjoittaja tutki tuoteomistajan yrityksen koirien kokeeseen ilmoittautumisen lomaketta ja sen kehittämistä siten, että sen luoma tietokanta toimi yhteen sykemittauksen ja projektin kanssa.

Tavoitteena olisi ilmoittautumisen toimivan siten, että koiran omistaja ilmoittautuessaan täyttäisi sykemittaukseen liittyvän tietokannan tietoja mahdollisimman kattavasti. Perusteluina pidetään, että omistaja tietää koirastaan parhaiten tiedot ja lisäksi säästetään koetilaisuudessa runsaasti aikaa, jos koiran tarkennettuja tietoja ei tarvitse koetoimijan kysellä ennen suoritusta.

Mahdollisimman relevantit tiedot koirista ja tapahtumasta sisältöineen rikastaa tietokantaa merkittävästi. Relaatiotietokannan datalla voidaan yhdistää suorituksen data koirayksilöön ja tapahtumaan. Tämä edesauttaa jatkotutkimuksia, jossa voidaan tutkia vaikuttaako esimerkiksi ikä tai rotu koiran sykkeisiin suorituksen aikana. Lisäksi pohjatietokanta tietyn ikäisistä ja rotuisista koirista edesauttaa tulevaisuuden kokeissa tunnistamaan, jos sykkeessä on jotain poikkeavuutta.

Tällä hetkellä ilmoittautumislomakkeella on suunnitelman mukaisesti jo seuraavat tiedot:

- Lista tulevista tapahtumista; suljettu valintalista.
- Testattava eläin; suljettu monivalintalista.
- Testimuoto: yksilö/lauma; suljettu valintalista.
- Koiran NIMI + rekisterinumero; vapaa tekstikenttä.
- Koiran rotu; vapaa tekstikenttä.
- Koiran sukupuoli; suljettu valintalista.
- Koiran ikä testipäivänä; vapaa tekstikenttä.
- Luonnetestipisteet, jos koira on luonnetestattu; vapaa numerokenttä.
- Koiran kasvattaja; vapaa tekstikenttä.
- Koiran omistajan nimi; vapaa tekstikenttä.
- Koiran omistajan puhelinnumero; vapaa numerokenttä.
- Koiran omistajan sähköpostiosoite; vapaa tekstikenttä.
- Toiveita/kommentteja; vapaa tekstikenttä.
- GDPR-lauseke/hyväksyntä.

Ilmoittautumislomake toimii Google Forms -pohjalla, mikä on tässä vaiheessa projektia kohtuullinen ratkaisu, sillä Formsin avulla voidaan tuoda ilmoittautumisdata .csv-muodossa haluttuun sijaintiin. Haittana on se, että siirto on manuaalinen ja dataa joutuu siivoamaan ennen tietokantaan päivittämistä. Tämä ominaisuus hyväksytään tässä vaiheessa projektia ja se ei vaikuta Proof Of Conceptin luomiseen vaan on yksi tulevaisuuden kehityskohteista.

Nykyisen ilmoittautumislomakkeen sisältö on pääasiallisesti hyvä ja kattava. Se listaa tulevat tapahtumat, josta koiran omistaja voi valita tapahtuman mihin ilmoittautuu. Tämän avulla voidaan kohdistaa päivämäärä ja tapahtumapaikka tietokannassa. Ilmoittautuminen on myös käyttäjäystävällinen, sillä se näyttää tulevat tapahtumat eikä anna sijaa vapaamuotoiseen virheilmoittautumiseen.

Seuraavaksi määritellään testattava eläin, josta on valintalistaus. Tämä sen vuoksi, että toiveita ei voi esittää, vaan petoja on tietty määrä. Kokeen järjestämisen kannalta tämä on relevantti tieto, jotta tapahtumapäivän organisointi on sujuvaa. Datan suhteen tieto on tärkeä, sillä jatkoanalyysissä koiran kohtaaman eläimen merkitystä voidaan jatkotutkia.

Kolmantena valitaan, onko kyseessä yksilökoe vai laumakoe. Toisin sanoen, suorittaako koira petotestin yksin vai laumassaan. Tällä on datan ja jatkotutkimusten suhteen merkittävyyttä, sillä koira on laumaeläin ja aikaisempaa tietoa koiran käytöksen vaihtuvuudesta onko koira yksin vai omassa laumassaan on jo olemassa. Katriina Tiira teoksessaan *Koirien käyttäytyminen ja persoonallisuus* (2019) analysoi useassa teoksen osassa koiran käytöksen eroja yksilönä ja laumassa.

Neljäs kohta ilmoittautumisessa on koiran nimi ja rekisterinumero, joiden avulla voidaan identifioida koirayksilö. Tämä on nykymuodossaan ongelmallinen ajatellen tietokantarakennetta, sillä yhteen soluun tulee kaksi tietoa: rekisterinumero ja koiran kutsumanimi. Rekisterinumero toimii avaimena, sillä oletuksena kaikilla koirilla on yksilöivä rekisterinumero siinä missä nimikaimoja voi olla useita.

Viides kohta ilmoittautumisessa on vapaa tekstikenttä, johon kirjoitetaan koiran rotu. Kenttä on hyvä, koska rodulla voi olla merkitystä suorituksessa. Myös koetta järjestävän tuoteomistajan on hyvä varautua minkä rodun koira on tulossa.

Kuudenteen kohtaan täytetään koiran sukupuoli. Valinta on suljettu valintalista, joka sisältää myös tarkennuksia koiran steriiliyden suhteen. Leikatut urokset ja nartut käyttäytyvät eri tavalla, joten tieto on tärkeä analyysissä. Vastaavasti leikatut koirat käyttäytyvät toisia koiria kohtaan eri tavalla, kuin leikkaamattomat, joten kokeen järjestäjälle tieto on merkittävä.

Seitsemäntenä kirjoitetaan koiran ikä testipäivänä. Kenttä on vapaa kenttä, johon koiran omistaja laskee koiran iän koepäivälle. Kenttä on haastavan tuntuinen ajatellen virheiden mahdollisuutta ja ilmoittautujan käyttäjäkokemusta.

Seuraavana kohteena on vapaaehtoinen ilmoittautumiskohta koiran mahdollisesta luonnetestin pisteytyksestä. Tieto antaa kokeen järjestäjälle ennakkotietoa koiran luonteesta ja käytöksestä. Lisäksi tiedolla on jatkoanalysoinnin suhteen arvoa, sillä sen avulla voidaan tutkia korrelaatioita sykkeen suhteen. Koiria ei ole pakko luonne testata, joten tietokenttä on vapaaehtoinen.

Yhdeksäs kohta on vapaa tekstikenttä, johon syötetään koiran kasvattajan nimi. Tämä tarkoittaa kennelin nimeä, josta koira on hankittu. Tieto ei ole suuresti merkittävä akateemisella tasolla, mutta koiraharrastajien keskuudessa kennelnimillä on arvoa ja jos jotain korrelaatiota voidaan päätellä eri kennelien saman rodun koirien eroista, on sillä mahdollisesti myös isompaa jatkotutkimusarvoa. Kennelnimien ansainneiden kasvattajien kautta luovutetut pennut ovat usein perusteellisesti tarkastettuja, joten lisädataa esimerkiksi Kennelliiton OmaKoirasta on mahdollista saada tulevaisuutta ajatellen.

Loput kohdat on tarkoitettu koiran omistajan yhteystiedoille ja vapaalle kommenttikentälle. Kenttä on tarkoitettu ilmoittajan viestikanaavaksi kokeen järjestäjälle. Tämän opinnäytetyön aiheen kannalta koiran omistajuudella ei ole merkitystä ja näitä ilmoittautumislomakkeen kohtia ei käsitellä sen tarkemmin.

Ilmoittautumislomake on peruspohjaltaan hyvä, selkeä ja siinä kerätään paljon tietoa, joka on relevanttia. Kuitenkin kirjoittajalla on opinnäytetyön ja innovaatioprojektin näkökulmasta kehitysehdotuksia muutoksista, jotka lisäävät ilmoittautumislomakkeen arvoa. Arvonlisäys tapahtuu sekä käyttäjäkokemuksen parantumisessa että tietokantarakenne ajatellen.

Tietokannan datan laadun parantaminen jo ilmoittautumisvaiheessa vähentää hukkaa, kun dataa ei tarvitse siistiä tai rikastaa ennen, kuin se tallennetaan lopulliseen tietokantaan. Kirjoittaja henkilökohtaisesti uskoo aikaisemman kokemuksensa perusteella, että mitä vähemmän tarjotaan avoimen tekstin valintoja ja mitä rajatummaksi tiedon saa tehtyä, sen laadukkaampaa dataa ilmoittautumislomakkeesta saa.

Vapaat tekstikentät sisältävät aina riskin kirjoitusvirheiden, muotovirheiden tai muun virheen suhteen, jolloin tietokannan tietorakenne ei säily yhtenäisenä. Esimerkkinä voidaan antaa tämän ilmoittautumislomakkeen mahdollisuus kirjoittaa oman ilmoitetun koiran rotu väärin vaikkapa kirjoitusvirheen muodossa. Tällöin data jää pois hauissa tai suodatuksissa.

Kirjoittajan ehdotukset ilmoittautumislomakkeen muutoksille käydään seuraavissa kappaleissa. Kirjoittaja antaa muutosehdotuksen ja perustelee sen lyhyesti.

Koiran nimen ja rekisterinumeron kentät eriytetään omiksi kentiksi. Tämä sen vuoksi, että nyky muodossa tallennetussa datassa yksi solu sisältää kahden tietueen. Optimaalisemmassa rakenteessa koiran rekisterinumero on oma sarakkeensa ja koiran kutsumanimi omansa. Täten koiran rekisterinumeron saraketta voidaan käyttää tietokannassa yksilöivänä tietokenttänä.

Toinen muutosehdotus koskee koiran rodun kenttää. Nykyinen kenttä on vapaa tekstikenttä, johon koiran omistaja kirjaa itse tekstimuodossa koiransa rodun. Myös tällä on suuri riski tietokannan datan laadun suhteen. Riskit ovat kirjoitusvirheet, erikokoiset kirjaimet sekä ilmaisuvirheet. Saman rodun koirasta voi olla erilaisia vakiintuneita tapoja rodun ilmaisun suhteen, esimerkkinä dalmatiankoira, dalmatian koira ja dalmatialainen.

Lisäksi ilmoittaja ei välttämättä ole tietoinen tai ota huomioon taustalla olevaa tietokantarakennetta ja siten koiran rodun ilmauksella ei koeta olevan niin paljon merkitystä, kunhan rotu tulee selväksi kokeen järjestäjälle. Täten rotukenttään saatetaan kirjoittaa rodun nimi jossain lyhenne- tai murremuodossakin. Esimerkkinä edellisen kappaleen dalmatiankoiran vaihtoehtoiset nimitykset: dalmis, dallu ja dalle.

Kirjoittajan ehdotus on luoda myös koiran rodun suhteen suljettu valintakenttä. Koirarotuja on Suomessa Kennelliiton hyväksymiä noin 320 kappaletta (Suomen Kennelliitto 2023b). Tämä aiheuttaa sen, että suora valintaluettelo olisi kohtuuttoman pitkä ja ilmoittautujan käyttäjäkokemus huono. Ratkaisuna olisi ensin valintaluettelo koiran FCI-ryhmästä, eli roturyhmästä. Tämän jälkeen rotuluettelo tarkentuu vain valitun roturyhmän koiraroduilla ja siten luettelo on lyhyempi.

Roturyhmä on FCI:n, eli Fédération Cynologique Internationale, määrittelemä ryhmittely, jossa koirat jaetaan koirarodun rakenteen peruspiirteiden ja käyttötavan perusteella. FCI on 1911 perustettu maakohtaisten kennelliittojen kattojärjestö, joka vastaa kennelnimien myöntämisestä ja rotumäärittämisestä. (FCI 2023.)

Lisäksi roturyhmä tietokannassa ei ole haitaksi tietokannan rakenteen suhteen. Toisin päin, sillä jatkoanalyysissä tutkiessa koirarotujen välisiä eroja, voidaan suodatukseksi ottaa myös roturyhmä ja analysoida sen tietotason dataa.

Kolmas kehityksen paikka kirjoittajan mielestä oli vapaa kenttä, johon ilmoittaja kirjaa koiran iän koepäivänä. Tämä on tietokannan rakenteen kannalta yhtä lailla riski, sillä vapaa kenttä voi antaa vapautta laittaa dataa korruptoivia lukemia, kuten esimerkiksi "noin 3", "4½" tai "viisi". Lisäksi käyttäjäkokemuksen aspektista ilmoittautumisen ohessa oleva laskutehtävä ei tunnu kaikista mielekkäältä.

Ratkaisuehdotuksena onkin kalenterivalinta, johon ilmoittaja laittaa koiran syntymäpäivän. Tämä luo yhtenäisen datan sarakkeeseen ja koiran tarkka ikä voidaan laskea matemaattisesti koiran syntymäpäivästä ja koepäivästä ollen päivätason tarkkuudella oikea.

Kirjoittajan ehdotukset hyväksyttiin, kun hän ehdotti niitä projektiryhmälle ja niiden toteutuksesta päätti vastata tietoturva-asiantuntija, jolla on pääsyoikeus ilmoittautumislomakkeen muokkaamiseen.

Seuraavalle iteraatiokierrokselle jäi ratkaistaviksi ongelmiksi:

- Ilmoittautumislomakkeesta tulevan datan varastointi ja keräys PC:lle, prosessin määrittäminen.
- Datsiirron rakennus Raspberry Pi W:stä PC:n kovalevylle.

Näiden datojen avulla raportointipohjan rakennus käyttäen Microsoft Power BI:tä. Power BI voi kerätä dataa useista lähteistä ja Power BI:hin voi rakentaa relaatiot eri tietokantojen välille ja näin toimitaankin.

Seitsemäs iteraatiokierros

Seitsemäs iteraatiokierros projektissa tapahtui 11.11.2023. Läsnä olivat projektiryhmästä kirjoittaja, tietoturva-asiantuntija sekä ohjelmointiasiantuntija. Tavoitteena oli saada ratkaistua viimekerran ongelmat sykemittauksen käynnistyksestä ja tallennuksista.

Ohjelmointiasiantuntija oli projektipalaverien välissä ohjelmoinut .exe:n käyttäen C#-ohjelmointikieltä. Ohjelmalla pystyy hakemaan käyttöjärjestelmän ARP-taulusta Raspberry Pi W:n IP-osoitteen MAC-osoitteen avulla. Jatkokehityksessä jos laitteille saadaan määritettyä kiinteät IP-osoitteet verkkoon, ei tätä ominaisuutta tarvita.

Ohjelma myös suorittaa SSH:n avulla komentoja Raspberry Pi W:hen. Ohjelman tarkoitus on yksinkertaistaa käyttäjäkokemusta, kun ei tarvitse kirjoittaa Raspberry Pi W:hen Pythonilla komentoja. Sen sijaan käyttö tapahtuu käyttäen ohjelmaa, jolla voidaan yhdellä komennolla suorittaa sarja toimintoja. Projektin tapauksessa Komento "1" skannaa sykeanturin ANT+:n avulla, havaitsee sen ja aloittaa tallennuksen sekä kirjoittaa näyttöön "Tallennus aloitettu".

Proof Of Conceptin edetessä tämä ohjelma mahdollistaa sen, että ratkaisulle voidaan tehdä mobiiliapplikaatio, jonka avulla mittauksen aloitusta ja lopetusta voidaan kontrolloida älypuhelimien applikaation avulla. Nyt komennot annetaan PC:llä toimivasta komentoriviohjelmasta.

Projektipalaverin aikana pohdittiin myös datan siirtoa kokonaisuutena ja käyttäjäkokemuksena. Pohdittiin olisiko järkevintä ratkaista asia hankkimalla erillinen WLAN-reititin, joka toimisi omalla erillisellä virtalähteellä. Tämän WLAN-reitittimen avulla voisi koetilaisuuksiin tuoda mukanaan oman WLAN-verkon.

Tämä erillinen laitteisto toimisi laitteiston sisäverkkona ja olisi tietoturvan näkökulmasta helppo suojata suhteellisen vahvasti. Lisäksi kiinteään omaan verkkoon voisi laitteille määrittää kiinteät IP-osoitteet, jolloin aikaa vievät skannaukset voisi jättää ohjelmien protokollista pois.

Tuoteomistajan käyttäjäkokemuksenkin näkökulmasta kaikki konfiguraatio voitaisiin tehdä esiasennuksessa, jolloin tuoteomistajan ei tarvitse koetilaisuuksissa tehdä muuta kuin kytkeä reititin virtalähteeseen, jotta verkko saadaan pystyyn.

Palaverissa keskusteltiin myös datasiirrosta tietokantaan. Kun projektin toiminnallisuudet ovat iteroituneet kohti nykyistä ratkaisua, on mahdollista rakentaa datan siirto erilliseksi toiminnoksi, jolle annetaan oma käsky, kun dataa tarvitsee siirtää. Tämä kumoaa aiemman ajatuksen, että jokaisen suorituksen data on siirrettävä tietokantaan suorituksen jälkeen.

Ohjelmointiasiantuntijan tekemän ohjelman ja sen kyvyn eritellä suoritukset toisistaan ansiosta Raspberry Pi W:ssä oleva 64GB SD-kortti voi sisältää useita suorituksia samalta koepäivältä ja jopa useilta päivistäkin. Muisti riittää ja suoritusten järjestyksen kirjanpidosta voi päätellä aikaleimat ja siten kohdistaa suoritukset tietokannassa.

Mainittu ratkaisu olisi käyttäjäkokemuksena erittäin hyvä ja vähentäisi kenttäolosuhteissa tehtäviä toimintoja, jossa jo perustoiminta kokeiden järjestämisessä on hektistä toimintaa. Täten vähennetään myös riskiä toimia väärin, joka voi korruptoida dataa tai muuten vahingoittaa datan keräyksen prosessia.

Ratkaisu on lopullisen käytettävyyden kannalta keskeneräinen, mutta asettuu Lean Startup -metodin mukaisesti ajatukseen vapauttaa Minimum Viable Product tuotantoon nopeastikin. Jatkokehityksessä otettaisiin huomioon projektina, miten datasiirtoja voidaan optimoida ja automatisoida. Tämänhetkisen Proof Of Conceptin vaihtoehtoiskustannus tulee olemaan manuaaliset tietokantasiirrot, jolla varmistetaan tietokantojen laatu.

Palaverissa rakennettiin C#-ohjelmointikieltä käyttävää käyttöliittymäohjelmaa pidemmälle ja edellä mainittujen pivotointien suhteen määriteltiin, että ohjelmaan kirjoitetaan kolme komentoa: *Start*, *Stop* ja *Transfer*.

Start-komennolla ohjelma skannaa Raspberry Pi W:n ANT+-donglen havaitseman sykeanturin ja ottaa siihen yhteyden. Ohjelma myös luo tiedoston, jonka se nimeää tallennuksen aloituksen aikaleiman – kellonaika + päivämäärä – mukaan. Tämän tiedostonimeämisen avulla voidaan verrata koejärjestäjän kirjanpitoa suorituksista ja sen avulla kohdistaa datasta suorituksen ja koirayksilön yhteyden.

Kun yhteys on saavutettu, alkaa Raspberry Pi W tallentamaan SD-kortille sykedataa sekunnin sykeillä aiemmin luotuun tiedostoon tekstimuodossa. Tallennuksen alkuun ohjelma kirjoittaa näytölle ”Tallennus aloitettu” ja mittauksesta kolme riviä, josta käyttäjä voi katsoa saako anturi sykettä tallennettua ja onko lukema järjellinen.

Start-komennon testauksen yhteydessä havaittiin, että *Start*-komennon voi antaa useasti. Tällöin Raspberry Pi W yrittää aloittaa useita tallennuksia samanaikaisesti ja ohjelma kaatuu. Ohjelmointiasiantuntijan analysoitua hetken bugia, hän kehitti ratkaisuksi rutiinin, jossa käyttöliittymä hakee ennen tallennuksen aloitusta, löytyykö Raspberry Pi W:n Open ANT -ohjelmasta käynnissä oleva Process ID. Jos käynnissä oleva Process ID löytyy, ei ohjelma aloita tallennusta, vaan herjaa ”Tallennus jo käynnissä” käyttöliittymän näyttöön.

Toinen *Start*-komennon ohjelmoinnin yhteydessä havaittu ongelma oli alkuperäinen tahtotila luoda yksi komento enemmän. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli mukana myös *Test*-komento, jossa *Start*-komennon kuvauksen mukaisesti skannataan sykeanturi ja kirjoitetaan vain näytölle muutamia rivejä sykedataa. Tämä komento olisi yhteyden ja sykemittauksen tarkastukseen tarkoitettu toiminto.

Toiminnon tekeminen kuitenkin hylättiin, sillä havaittiin, että Open ANT -ohjelman *start scan*, on todella hidas toiminto kokonaisuudessaan, kun etsii antureita ja muodostaa yhteyden. Projektiryhmä koki, että käyttäjäkokemus on ikävä, jos sykemittauksen toimivuuden testausta on odotettava muutama minuutti.

Kaiken lisäksi *Start*-komentoa ei voi ohjelmoida ilman edellä mainittua *start scan* -rutiinia. Tämä tarkoittaa sitä, että jos *Test*-komento olisi annettu, odotettu muutama minuutti testidatan näyttöä ja päätetty aloittaa koirakoe. Tämän jälkeen *Start*-komennon antamisen jälkeen on jälleen odotettava muutama minuutti, jotta anturi skannataan uudelleen ja tallennus aloitetaan.

Näistä syistä *Test*-komento päätettiin integroida osaksi *Start*-komentoa. Käyttäjäkulmasta aloitetaan tallennus ja ennen koiran päästämistä kokeeseen tarkastetaan, onko sykedata oikeellista. Jos sykedata ei näytä oikealta voidaan tässä vaiheessa antaa *Stop*-komento ja tarkastaa anturin kiinnitys sekä aloittaa prosessi alusta.

Stop-komennolla ohjelma lopettaa edellä mainitut toiminnot ja kirjoittaa näytölle ”Tallennus lopetettu”. Tällöin myös tiedosto ja sen sisältämä tekstimuotoinen syke data sinetöityy, sillä tallennuksen uudelleenaloitus luo uuden tiedoston. Tämän avulla suoritukset voidaan eritellä datassa.

Transfer-komennon kehittäminen päätettiin jättää seuraavaan palaveriin, jossa testataan koko laitteen toimintaa kokonaisuutena koiran avulla. Tällöin saadaan oikeaa dataa siinä muodossa, kun se tulee ja tämän avulla realistisempi datan siirto on rakennettavissa. Pohja *Transfer*-komennon ohjelmoinnille oli jo tehty ohjelmointiasiantuntijan toimesta.

Lisäksi, kun oikeaa dataa tulee talteen, pääsee kirjoittaja luomaan Power BI -rutiinit ja raportointipohjat sekä testaamaan tietokannan päivitystä. Viimeisimmän pivotin vaihtoehtokustannuksena pidetään datan manuaalisen käsittelyn tarvetta, mutta sillä varmistetaan datan oikeellisuus.

Iteraatiokierroksella havaittiin vielä muutama ongelma, jotka ratkaistava:

- Aloitetun tallennuksen lopetus, jos yhteys katkeaa, teoriassa ohjelma jatkaa taustalla tallennusta ikuisesti, kun Process ID -kohtaista lopetuskäskyä ei tule. Lisäksi uutta tallennusta ei voi aloittaa, kun käynnissä oleva Process ID löytyy.
- *Start scanner* on hidas komento, kestää jopa minuutin kokonaisuudessaan.

Ensimmäisen ongelmakohdan selvittämiseksi ohjelmointiasiantuntija lupasi hoitaa iteraatiokierrosten välillä. Ohjelmointiasiantuntija omaan tahtiin testaa erilaisia ominaisuuksia ja toimintoja. Tavoitteilana on saattaa prosessi stabiilimmaksi ja käyttäjäystävälliseksi.

Toinen ongelma on *start scanner* -komennon hitaus. Proof Of Conceptin luomisessa tässä vaiheessa tälle ominaisuudella ei ole tehtävissä mitään. Käytännön tasolla ensimmäisissä Minimum Viable Productin kanssa tehtävissä koirakokeissakaan ei aiheuta ongelmia, kun on tiedostettu viive. Ajan saatossa tuotetta ja ohjelmaa on kehitettävä siten, että anturin skannaus on joko nopeampi tai sykeanturin ja Raspberry Pi W:n välinen yhteys on tallennettava, jotta skannausta ei tarvitse tehdä joka tallennuskerran alkuun.

Kahdeksas iteraatiokierros

Viimeinen iteraatiokierros tapahtui 24.11.2023. Paikalla oli projektiryhmästä kirjoittaja, tietoturvasiantuntija ja ohjelmointiasiantuntija. Tavoitteena oli testata Proof Of Conceptin toiminta testikoiralla. Testikoirana toimi edelleen sama dalmatiankoira.

Ohjelmointipuolella ohjelmointiasiantuntija oli edellisestä iteraatiokierroksesta parantanut C#-ohjelmointikielellä kirjoitettua käyttöliittymäohjelmaa sekä toimintavarmuutta. Suurimmat päivitykset tehtiin käyttöliittymän visuaaliselle puolelle, jossa ohjelma kirjoittaa näytölle enemmän tehtyjä toimintoja.

Koiralle puettiin valjaat, kytkettiin laitteisto eli sykevyö antureineen sekä Raspberry Pi W, jossa on kiinni ANT+-dongle. Raspberry Pi W:lle on myös oltava erillinen virtalähde, jona toimi varavirtalähde. Sykeanturi kostutettiin paremman kontaktin saamiseksi.

Käynnistettiin laitteisto, kytkettiin Raspberry Pi W virtalähteeseen ja otettiin WLAN-yhteys PC:stä Raspberry Pi W:hen. Skannaus meni läpi, laitteisto löytyi ja käyttöliittymä jäi odottamaan komentoa. Aloitusnäyttö näkyy Kuvassa 14.

```
Yhdistetään laitteeseen
--- Yhdistetty laitteeseen ---
Valitse toiminto:
 1: Aloita tallennus
 2: Testaa tallennus
 3: Pysäytä tallennus
 4: Lataa datakansio
 9: Lopeta
```

Kuva 14 Käyttöliittymän aloitusnäyttö.

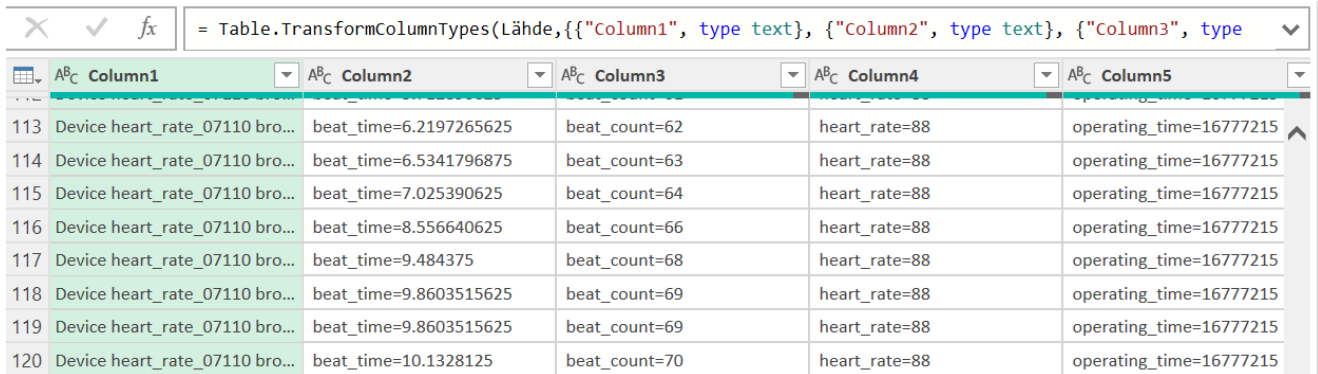
Annettiin komento *Aloita tallennus*. Tallennuksen aloituksen yhteydessä testattiin yhteyttä muutama otteeseen käyttäen *Testaa tallennus* -komentoa. Ohjelmisto toimi kuten piti. Haasteena oli saada sykevyö pysymään koirassa sellaisessa kohdassa, että sykedata tuli jatkuvasti.

Tallennuksen aloituksen jälkeen käytiin koiran kanssa tekemässä fyysinen suoritus ulkotiloissa. Suorituksen aikana koira ja laitteisto kävi kaukana PC:stä ja irtautui hetkellisesti WLAN-verkosta. Palattiin koiran kanssa takaisin ja annettiin komento *Pysäytä tallennus*.

Koetta pidettiin onnistuneena. Proof of Conceptin tavoitteet täyttyivät. PC sai WLAN-verkon välityksellä yhteyden Raspberry Pi W:hen. Raspberry Pi W:n ANT+-dongle vastaanotti sykeanturin datan koiran sykkeestä ja tallensi sen Raspberry Pi W:n SD-kortille. Kokonaisuus saatiin hallitusti aloitettua ja lopetettua.

Suorituksen päättymisen jälkeen annettiin komento *Lataa datakansio*, joka tarkoittaa suorituksen tai suorituksen tiedostojen siirtoa Raspberry Pi W:stä WLAN-verkon välityksellä PC:lle määritettyyn paikkaan. Tässä tapauksessa kyseessä oli ulkoinen tietokanta.

Proof Of Conceptin viimeisen vaiheen tarkastus tapahtui avaamalla tuo tallennettu yhden suorituksen datatiedosto käyttäen Microsoft Exceliä. Datatiedostossa oli kirjoitettuna jokaiselle riville sarake-tieto. Taulukko oli sekava eikä siitä saanut irrotettua sykedataa tai aikaleimaa. Kuva 15 kuvaa miltä raakadata näyttää Microsoft Excelin Power Queryssä.



	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5
113	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=6.2197265625	beat_count=62	heart_rate=88	operating_time=16777215
114	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=6.5341796875	beat_count=63	heart_rate=88	operating_time=16777215
115	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=7.025390625	beat_count=64	heart_rate=88	operating_time=16777215
116	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=8.556640625	beat_count=66	heart_rate=88	operating_time=16777215
117	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=9.484375	beat_count=68	heart_rate=88	operating_time=16777215
118	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=9.8603515625	beat_count=69	heart_rate=88	operating_time=16777215
119	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=9.8603515625	beat_count=69	heart_rate=88	operating_time=16777215
120	Device heart_rate_07110 bro...	beat_time=10.1328125	beat_count=70	heart_rate=88	operating_time=16777215

Kuva 15 Raakadata Microsoft Excelin sisäänluokuhjelmassa.

Datan rikastamiseksi ohjelmointiasiantuntija kirjoitti erillisen ohjelman, joka muokkasi dataa poimien sieltä sykkeluvun ja kirjoittaen sen jokaiselle riville numeroarvona. Samalla ohjelma lisäsi sarakkeen, jonka riveille tuli juokseva numeroarvo.

Tämä ratkaisu tehtiin siksi, että saadaan varmistettua Proof Of Conceptin periaate sekä piirrettyä graafinen käyrä koiran sykkeestä suorituksen ajalta. Jatkokehityksessä lienee paras ratkaisu ohjelmoida datasiirron yhteyteen oma ETL-ratkaisu (Extract, Transfer and Load), jossa dataa muokataan tarpeen mukaan täysin luettavaksi muodoksi. Esimerkkinä ohjelmasta, jolla tämä voitaisiin tehdä, on KNIME.

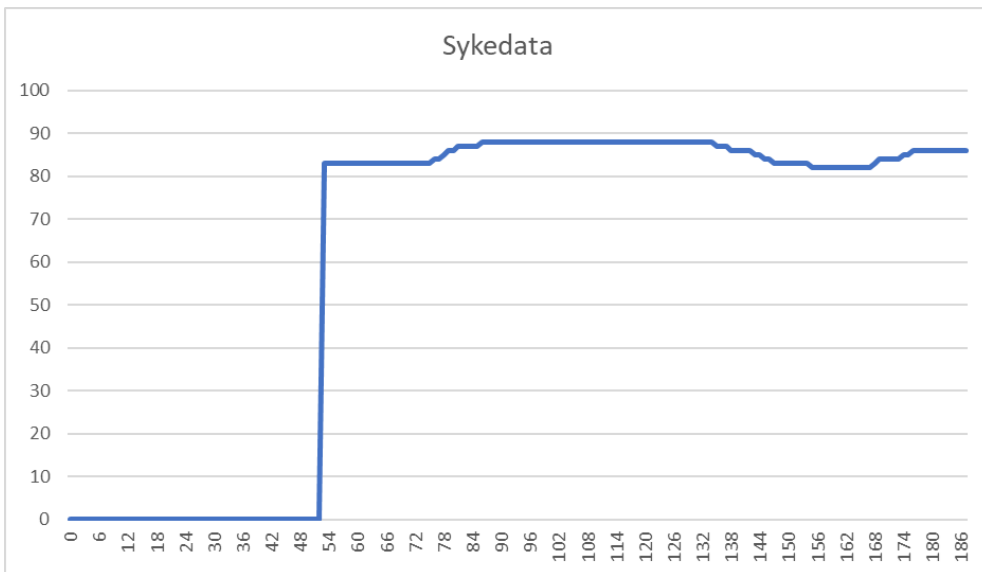
ETL-ratkaisua ei tehty tämän Proof Of Conceptin puitteissa, sillä sen määrittely on monimutkaista ja aikaa vievää. Lisäksi Proof Of Conceptin iteraatiokierrosten kehittyessä on mietittävä, onko nykyinen Pythonilla ohjelmoitu ANT+-protokollan lukeminen lopullinen ratkaisu vai ei. Lisäksi Open ANT -ohjelmassa liikkuva data on FIT-protokollan mukaista ja sen metadatta ei löytynyt projektin aikana.

Proof Of Conceptissa tehdyn ratkaisun puitteissa, käyttöliittymä muokkaa ja siivoaa datan ennen siirtoa. Kuva 16 näyttää uudenmallisen, muokatun datan ulkoasun.

1 ² 3 Column1	ABC Column2	1 ² 3 Column3
50	heart_rate_07110	0
51	heart_rate_07110	0
52	heart_rate_07110	0
53	heart_rate_07110	83
54	heart_rate_07110	83
55	heart_rate_07110	83
56	heart_rate_07110	83
57	heart_rate_07110	83
58	heart_rate_07110	83
59	heart_rate_07110	83
60	heart_rate_07110	83
61	heart_rate_07110	83

Kuva 16 Muokattu data Excelin sisäänlukuohjelmassa.

Muokatusta datasta pystytään poimimaan yhden suorituksen sykedata ja piirtämään siitä viivadiagrammi. Tämä todistaa Proof Of Conceptin lopun, että koiran suorituksen ajalta voidaan mitata sykettä, tallentaa se ja raportoida se luettavassa muodossa. Kuva 17 näyttää miltä viivadiagrammi iteraatiokierroksella testatusta koirasta näyttää.



Kuva 17 Koiran yhden suorituksen sykedata viivadiagrammina.

Proof Of Conceptin alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tavoitteena luoda raportointi käyttäen Microsoft Power BI:tä. Power BI voi lukea Kuvan 17 mukaista dataa ja sen avulla voidaan tehdä suodatuksia ja visualisointeja. Tämän Proof Of Conceptin tapauksessa, kun datapaketti ei ole aivan selkeä, ei visualisointeja kannata tässä vaiheessa tehdä. Kyky lukea data sisään ja piirtää siitä viivadiagrammi käyttäen Power Queryä validoi Proof Of Conceptin.

7 Tulokset ja johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli valmistaa uusi innovatiivinen tuote koirien sykedatan mittaukseen ja tallentamiseen koirakokeiden aikana. Tavoitteena oli rakentaa laitteisto, jossa koiraan kiinnitetään valjaat, jossa on sykemittauksen mahdollistava anturi. Anturi lähettää datan ANT+-protokollaa hyödyntäen PC:hen kytkettyyn ANT+-dongleeseen, joka vastaanottaa datan. PC:ssä on tehtynä erillinen ohjelma, joka kerää, prosessoi ja tallentaa datan ulkoiseen tietokantaan.

Lopullinen tuote, jolla Proof Of Concept valmistui ei teknisesti vastannut hypoteesin tavoitetta, sillä kehityksen iteraatiokierrosten edetessä lopullinen tuote muovaantui erilaiseksi ratkaisuksi. Muutokset tehtiin, jotta lopullinen tuote olisi toimiva ja vastaisi alkuperäisen tavoitteen periaatetta innovatiivisesta ja toimivasta tuotteesta. Lopullinen Proof Of Concept koostui koiraan liitettävistä valjaista, joihin oli integroitu sykemittausanturi, Raspberry Pi W -mikrokontrolleri datan vastaanottoon sekä sen virtalähde.

Laitteistoteknisen ratkaisun muutoksen aiheutti iteraatiokierrosten aikana havaittu ANT+-protokollan kantavuus, joka oli lyhyt. Täten lähetin ja vastaanotin oli kannattavinta sijoittaa lähelle toisiaan, tässä tapauksessa koiran valjaisiin. Raspberry Pi W:hen asennettiin, Python-ohjelmointikielellä kirjoitettu, Open ANT -ohjelma, joka on julkisesti saatavilla GitHubista. Tällä ohjelmalla sykedataa voitiin vastaanottaa, muokata ja tallentaa.

Ratkaisun Raspberry Pi W:tä ohjattiin WLAN-verkon välityksellä, käyttäen PC:n komentorivissä toimivaa, C#-ohjelmointikielellä kirjoitettua, käyttöliittymää. Käyttöliittymän ominaisuudet ovat tallennuksen aloitus, lopetus ja datan siirto. Datan siirto Raspberry Pi W:n ja PC:n välillä tapahtuu WLAN-verkossa, joka on määritetty laitteistoon konfiguroinnissa.

Opinnäytetyön johtopäätöksenä voidaan pitää, että innovatiivisen sykemittauksen laitteisto on rakennettavissa Proof Of Conceptin tasolla. Vaikka lopullinen laitteisto ei vastannut alkuperäistä suunnitelmaa, pidetään opinnäytetyötä kuitenkin onnistuneena. Tämä sen vuoksi, että vaikka kehittämisen vaiheissa laitteisto muuntui, alkuperäiseen tavoitteeseen silti päästiin. Laitteistossa on jatkokehittämiseen sijaa, joka voi luoda pohjan mahdolliselle liiketoiminnalle, jolloin startup-yrityksen perustaminen on mahdollista.

Opinnäytetyöhön kuului myös neljä tutkimuskysymystä, joihin vastataan seuraavissa alaluvuissa, joista jokainen on nimetty tutkimuskysymyksen mukaan.

Minkä käyttäjätarpeen ratkaisuun tämä opinnäytetyö pyrkii?

Tämä opinnäytetyö pyrkii ratkaisemaan käyttäjätarpeen koirien sykkeen mittaukseen ja tallentamiseen luotettavalla tavalla. Koirien sykkeiden mittauksesta ei ole olemassa kaupallista tuotteistusta, joka olisi kuluttajille tarjolla. Käyttäjäkuntaan kuuluisi myös erilaisten koirakokeiden järjestäjät, koiraurheilua harrastavat, metsästäjät ja niin edelleen.

Nykyaikana asenne koiran asemaa kohtaan on muuttunut, koira nähdään enemmän perheenjäsenenä ja harrastuskoirat huippu-urheilijoina. Koirista pidetään huolta ja niiden ominaisuuksia halutaan tutkia ja mitata. Sykedatan keräys ja mittaus on yksi hyvä tapa saada selville koiran fyysistä tilaa. Lisäksi ajan saatossa, kun koirien sykkeistä koostuvat tietokanta kasvaa, voidaan sen dataa käyttää myös tutkimukseen, vertailevaan analysointiin ja muihin akateemisiin käyttötarkoituksiin.

Millainen on koirien sykemittauksen prosessi käytännössä?

Tässä opinnäytetyössä valmistuneessa Proof Of Conceptissa koirien sykemittauksen prosessi on lyhyesti seuraavanlainen:

1. Koiraan kiinnitetään valjaat, jossa on sykemittauksen anturi sekä Raspberry Pi W -mikrokontrolleri.
2. PC:n Komentorivi-ohjelmasta annetaan komento *Start*.
3. Sykearvojen tallennus alkaa, ohjelma kirjoittaa PC:n Komentorivi-ohjelmaan kolme riviä sykedataa, josta voi tarkastaa yhteyden ja arvojen oikeellisuuden.
4. Koira suorittaa ennalta määritetyn tehtävän.
5. PC:n Komentorivi-ohjelmalla annetaan komento *Stop*.
6. Sykemittaus päättyy ja koko suorite tallentuu tekstimuodossa Raspberry Pi W:n SD-muistikortille tiedostoksi, joka on nimetty suoritteen aikaleiman mukaan.
7. Uusi suoritus voidaan tehdä samalla tai eri koiralla.
8. Datan voi siirtää Raspberry Pi W:stä PC:n tietokantaan antamalla Komentorivi-ohjelmassa komennon *Transfer*, jolloin data siirretään WLAN-verkon välityksellä PC:n tietokantaan.

Miten toimiva ja kustannustehokas mittaus on rakennettavissa?

Toimiva ja kustannustehokas mittaus on lopulta rakennettavissa hyvinkin vastaavaan tapaan, miten muutkin markkinalla olevat ratkaisut ovat rakennettu. Tämä tarkoittaa erillistä sykeanturia, joka toimii myös lähettimenä. Tämän datan vastaanotin sijoitetaan hyvin lähelle lähetintä, ANT+-protokollan kantavuuden vuoksi.

Vastaavia rakennelmia on ihmisille suunnatut sykemittauslaitteistot, jossa sykettä mitataan rinnan ympärille kiinnitettävällä anturilla ja data vastaanotetaan ranteessa olevaan rannetietokoneeseen. Toinen vastine on hevosille suunnattu Polar Equine, jossa hevosen sykettä mitataan hevosen ympärille kiinnitettävällä anturilla ja data vastaanotetaan ohjastajan ranteeseen kiinnitettyyn rannetietokoneeseen.

Koirien tapauksessa koiran ja ohjaajan välinen etäisyys saattaa kasvaa merkittävän pitkäksi, joten koiralle puettaviin valjaisiin on integroitava edellä mainittua rannetietokonetta vastaava laitteisto. Tämän opinnäytetyön tapauksessa kyseessä oli Raspberry Pi W -mikrokontrolleri.

Miten kehitystä tulisi jatkaa, jotta ratkaisu avaisi mahdollisuuden startup-yrityksen perustamiseksi?

Tämän opinnäytetyön lopputuote, joka on Proof Of Concept, ei vielä ole projektiryhmän mielestä startup-yrityksen perustamisen vaiheessa. Potentiaalia on, mutta kaupallistettavan tuotteen suhteen on tehtävä hieman kehitystä. Vaikka Lean Startup -metodin periaate on julkaista markkinalle Minimum Viable Product ja kehittää tuotetta siitä annettavan palautteen suhteen, kannattaa julkaistavan tuotteen olla tietyiltä osiltaan jo sen verran kehitetty, että sitä kannattaa julkaista.

Projektiryhmän havaintojen mukaan ainakin valjaiden prototyyppiä on kehitettävä pidemmälle ennen julkaisua, jotta käyttäjäkokemus on parempi. Jo valjaiden tekijä on havainnut parannettavaa valjaiden solkien sekä sykeanturin kiinnityksen suhteen.

Lisäksi mittausteknologia on saatava kompaktimpaan muotoon, paremmin valjaisiin asettuvaksi sekä suojattua olosuhteilta. Ei ole kaupallisesti houkuttelevaa, jos käyttäjä joutuu teippaamaan laitteistoa valjaisiin tai laitteisto ei kestä vesisadetta tai muita luonnon olosuhteita.

Käyttöliittymän kehitystä on jatkettava siten, että käyttö onnistuisi mobiiliapplikaation avulla, jossa selkeät toiminnot. On kohtuutonta odottaa, että kuluttaja pystyisi Windows PC:n Komentorivi-ohjelmaa käyttämällä antamaan kommentoja laitteistolle. Myös käyttöliittymän ohjelmointikoodia sekä toimintoja on syytä jatkokehittää.

Datan tallennus on muutettava paikallisesta tietokannasta kaikille käyttäjille yhteiseen pilvipohjaiseen tietokantaan, jotta kaikkien laitteistojen data kerääntyy samaan paikkaan. Datan suurella määrällä edesautetaan jatkokehittämistä sekä dataa voidaan hyödyntää myös muussa kehityksessä tai tutkimuksessa. Luonnollisesti tämä aiheuttaa tietoturvan suhteen huomioon otettavia asioita sekä myös lainsäädäntö on huomioitava.

Edellä mainittujen neljän suurimman esteen ratkaisun jälkeen, voisi projektiryhmä rakentaa ensimmäisen Minimum Viable Productin. Tämän ottaisi projektiryhmässä mukana oleva tuoteomistaja käyttöönsä omissa liiketoiminnassaan. Tuoteomistajan liiketoiminnassa pääsee tekemään useita

toistuvia koirakokeita erilaisilla koirilla suhteellisen samoissa ympäristöissä. Tämä olisi luontaisesti selkeä seuraava askel tuotekehityksen iteraatioissa, jossa muuttuvia ominaisuuksia tai olosuhteita lisätään hallitusti iteraatiokierrosten lisääntyessä. Kun tuoteomistaja kokee tuotteen olevan hänen käytössään hyvä, voidaan tuotteen jakelua laajentaa. Samalla tutkitaan ratkaisujen yksilöllisyyttä mahdollisten patenttisuojien hankkimiseksi.

8 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön aiheena oli rakentaa innovaatiotuote koirien sykkeen mittaamiseen ja tallentamiseen. Tavoitteena oli luoda Proof Of Concept, jossa todistetusti koiran sykettä mitataan fyysisen suorituksen aikana, syke-data tallennetaan erilliseen tietokantaan ja sitä voidaan analysoida jälkikäteen. Tämä tavoite täyttyi kaikilta osiltaan.

8.1 Startup-yhtiön jatkokehitys

Innovaatioprojektin päätulos on mahdollistettu hypoteesi Proof Of Conceptin luomisesta siten, että tuotteen jatkokehitys on mahdollista. Lisäksi innovatiivisen tuotteen vuoksi on mahdollista perustaa startup-yritys, jossa on perusteltua liiketoimintapotentiaalia. Proof Of Concept on kuitenkin vasta nimensä mukainen prototyyppi, joten kehitystyötä on vielä runsaasti jäljellä. Tämä opinnäytetyö kuitenkin todistaa, että jatkokehittäminen on mahdollista ja se voi olla kannattavaakin.

Liiketoiminta koirien ympärillä on jatkuvasti kasvavaa. Ihmisten halu ymmärtää ja mitata koiriaan on kasvanut merkittävästi. Koirien määrä lemmikkeinä on kasvanut viime aikoina. Suomen Kennelliiton tilastojen mukaan Kennelliittoon rekisteröitiin vuonna 2021 noin 52 800 koiraa. Kasvu edelliseen vuoteen oli noin kahdeksan prosenttia. (Suomen Kennelliitto 2022.) 2023 Kennelliitto arvioi Suomessa olevan yli 800 000 koiraa.

Lisäksi koirien kanssa harrastettavia lajejakin on runsaasti. Koiran omistamisen ympärille on rakentunut paljon liiketoimintaa koirien hoivaamiseen, huoltamiseen ja muuhun. Lisäksi koirien erilainen tutkiminen ja testaaminen on suosittua toimintaa. Esimerkiksi tässä projektiryhmässä mukana olleen jäsenen liiketoiminta perustuu koirien petotestaukseen, joka on suosittu koemuoto, jota tehdään ympäri Suomea, työllistäen projektiryhmän jäsenen kokonaan.

Projektiryhmän kirjoittajalla on perheessään kolme koiraa, joista kaikilla on erilaiset harrastuslajit näyttelyistä rally-tokoon. Lisäksi kirjottajan puoliso on aktiivinen rotujärjestössään sekä Suomen Kennelliiton toiminnassa. Vastaavasti kirjoittaja on aktiivinen koirilla tapahtuvassa metsästyksessä. Kokemuspohjaisesti, tehden osallistavaa havaintoa eri koiraharrastuksista, kirjoittaja toteaa, että kiinnostus koiraa ja sen tuottamaa dataa kohtaan kiinnostaa koirien omistajia ja niiden kanssa harrastajia merkittävästi. Kirjoittajalle on täten vilpitön usko siihen, että kaupallinen potentiaali tuotteella on olemassa kuluttajamarkkinalla.

Proof Of Conceptin jatkokehittäminen kohti kaupallista tuotetta on hankala projekti, sillä pienessä mittakaavassa yhden laitteiston rakentaminen, konfigurointi ja mahdollinen tuki on toteutettavissa. Tulevaisuuden liiketoimintaa ajateltaessa ja startup-yrityksen henkeenkin kuuluvasti on liiketoiminta saatettava skaalattavaan muotoon. Tämän projektin tapauksessa skaalaus on mahdollista tietokannan yhdistämisellä pilveen ja mobiiliapplikaation luomisella.

Skaalauksen suurimmat haasteet ovat fyysisten laitteistojen kustannustehokas tuotanto ja logistiikka sekä järjestelmätuen järjestäminen. Kilpailluilla markkinoilla näiden kustannustehokas saavuttaminen on kriittinen osa jatkoa.

Fyysisenä tuotteena valjaiden ja niihin liitettävän sykemittauslaitteiston suunnittelu kuluttajamarkkinaa ajatellen on tämän innovaation merkittävä kulmapiste. Erityisesti koiran karvan läpi tapahtuva luotettava mittaaminen sekä datan siirto prosessoitavaan muotoon selvisi tämän opinnäytetyön tutkimuksen aikana olevan hankala työ suorittaa.

Tämä luo kirjoittajan ja projektiryhmän mielestä mielenkiintoisen pohjan jatkokehittää tässä opinnäytetyössä luotua Proof Of Conceptia, jotta siitä saadaan Minimum Viable Product. Tämän kenttätesteihin kelpaavan laitteiston jatkokehittäminen jatkuu Lean Startup -metodin mukaisesti, mutta käyttäjäkokemusta saadaan huomattavasti enemmän ja laajemmin.

Kirjoittaja näkee suurimman mahdollisuuden siinä, että Minimum Viable Productin ympärille kehitettyä startup-yritys kehittää tuotetta pienessä mittakaavassa mahdollisimman hyväksi tuotteeksi. Minimum Viable Productin kehitys voisi tapahtua ensin pienissä kehittäjäympäristöissä, kuten koirako-keiden järjestäjissä, valituissa koiraharrastajakerhoissa tai muissa tiettyyn fyysisen lajin harrastamiseen rajoittuvissa koirakkoryhmissä.

Tämän jälkeen, ennen sen merkittävää skaalausta palvelemaan koko kuluttajakunnan kysyntää, pyrkii myymään yrityksen sekä sen patentit taholle, jolla on jo liiketoiminnallinen pohja sekä ole-massa olevat toimitusketjut, vastaavien tuotteiden kanssa ja siten voi yritysostolla laajentaa omaa tuoteportfoliotaan.

8.2 Oman oppimisen reflektio

Opinnäytetyöstä kirjoittaja oppi sen, että hyvä pohjasuunnittelu ja strategian luominen kannattaa aina, sillä vaikeuksien koittaessa ne auttavat suunnan hakemisessa. Toinen merkittävä oppi on se, että iteratiivinen, Lean Startup -metodiin perustuva kehitystyö on työläs, mutta erittäin tehokas tapa kehittää innovatiivista tuotetta. Näiden kahden avulla tässäkin kehitysprojektissa muutaman kerran tehty suunnitelman merkittävä muutos – eli pivotti – ei ollut niin vaikea ratkaisu eikä johtanut luovuttamiseen.

Lisäksi kirjoittaja syvensi ymmärrystään erilaisista langattomista ratkaisuista ja täydensi ymmärrystään Bluetoothiin ja ANT-protokollien eroista. Tietokantarakenteet ja datan analysointi oli kirjoittajalle tuttua aikaisemman työkokemuksen perusteella, mutta asioiden kirjoittaminen uudelleen ja erityisesti olennaisen kuvaaminen syvensi ymmärrystä entisestään. Linux-käyttäjärjestelmä oli kirjoittajalle uusi kokemus kokonaisuudessaan, siitä oli mielenkiintoista oppia uutta. Tuotteen jatkokehityksen kannalta, tätä aihepiiriä kirjoittaja tutkii lisää ja tutustuu Linuxin maailmaan tarkemmin.

Innovatiivinen kehittämisprojekti kokonaisuudessaan oli kirjoittajalle erittäin antoisa kokemus. Tunteiden vuoristorataa on riittänyt onnistumisen euforian, innovoinnin riemun ja vastoinkäymisten kasaantumisen masentuneisuuden vaihdellessa jatkuvassa syklissä. Tämän opinnäytetyön tekemisen yhteydessä kirjoittaja on oppinut tutkimuskohteista syvemmin, tiimityöskentelyn tärkeydestä ja ihmisen rajattomista mahdollisuuksista.

Jos Risto Siilasmaa ikinä lukee tätä opinnäytetyötä tänne asti, niin kiitän Siilasmaata hänen rauhoittavasta tavasta saada ihminen uskomaan, että vastoinkäymisten äärellä, asioiden rauhallinen analysointi, niistä keskustelu muiden ihmisten kanssa ja asioiden pilkkominen tarpeeksi pieniin osiin, kaikki on mahdollista. Tämän opinnäytetyön Proof Of Conceptia ei olisi saatu valmiiksi ilman usean ongelman paloittelua tarpeeksi pieniin osiin, jotta ne saatiin korjattua yksi kerrallaan.

Innovatiivisen tuotteen kehittäminen on hankalaa, kirjoittaja ei olisi pystynyt siihen yksin, joten tärkeä osuus oli hyvän tiimin luominen. Harva yksilö tietää niin monesta osa-alueesta niin paljon, että voisi luoda kokonaisen innovaation yksin. Harva yksilö kykenee omaamaan yksinään niin paljon henkistä voimavaraa tarpoa eteenpäin pelkän vision voimalla. Lisäksi ilman tiimiä ei ole aitoa näkökulmien vaihtoa ja asioiden kyseenalaistamista. Tämän projektin tiimi oli korvaamaton luomaan juuri niin hyvä lopputulos, mikä saavutettiin.

Kirjoittaja onkin kiitollinen kaikille tässä projektissa mukana olleille, ilman teiltä ei tätä innovaatiota olisi tehty. Erityiskiitos Jouni Soitinaholle, joka vielä eläkkeelle jäätyään halusi katsoa tämän innovaation kehittämisen loppuun ja ohjasi kirjoittajan opinnäytetyön suurella tarmolla loppuun asti. Viimeisenä lauseena kiitän vaimoani tuesta ja loputtomasta kärsivällisyydestä, en ymmärrä miten pystyt siihen.

Lähteet

Bluetooth. 2023a. Origin of the Bluetooth Name. Luettavissa: <https://www.bluetooth.com/about-us/bluetooth-origin/>. Luettu: 23.11.2023.

Bluetooth. 2023b. About Us. Luettavissa: <https://www.bluetooth.com/about-us/>. Luettu: 24.11.2023.

Bluetooth. 2023c. Technology Overview. Luettavissa: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>. Luettu: 24.11.2023.

DevicePlus. 2021. The History and Uses of Raspberry Pi! Luettavissa: <https://www.deviceplus.com/raspberry-pi/the-history-and-uses-of-raspberry-pi/>. Luettu: 28.11.2023.

Edwards, P. T., Smith, B. P., McArthur, M. L., & Hazel, S. J. 2022. At the heart of a dog's veterinary experience: Heart rate responses in dogs vary across a standard physical examination. *Journal of Veterinary Behavior*, 51, 23–34. Luettavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2022.03.003>. Luettu: 23.11.2023.

Evidensia. 2023. Koiran sydänsairaudet. Luettavissa: <https://evidensia.fi/palvelut/koiran-sydansairaudet/>. Luettu: 23.11.2023.

Farnsworth, B. 3.8.2021. What is ECG and how does it work? iMotions research fundamentals. Luettavissa: <https://imotions.com/blog/learning/research-fundamentals/what-is-ecg/>. Luettu: 29.11.2023.

Ferrari, A. & Russo, M. 2017. *Analyzing Data with Microsoft Power BI and Power Pivot for Excel*. Microsoft Press. USA.

Ferrari, A. & Russo, M. 2020. *The Definitive Guide to DAX: Business intelligence with Microsoft Power BI, SQL Server Analysis Services, and Excel*. 2. painos. Pearson Education, Inc. USA.

FCI. 2023. History of the FCI. Luettavissa: <https://www.fci.be/en/History-of-the-FCI-1.html>. Luettu: 16.11.2023.

Heikkilä, P. & Hämäläinen, P. 8.9.2023. Power BI – kaikki mitä sinun tulee tietää aloittaaksesi. Luettavissa: <https://sulava.com/liiketoiminnan-digitalisointi-tiedolla-johtaminen/power-bi-kaikki-mita-sinun-tulee-tietaa-aloittaaksesi/>. Luettu: 29.11.2023.

Helsingin Yliopisto. 2023. Tutkimusryhmät. Luettavissa: <https://www.helsinki.fi/fi/tutkimusryhmat/koiratutkimus/tutkimusryhmat>. Luettu: 23.11.2023.

Kaunila. 2023. Aktiivisuuspana lemmikeille. Luettavissa: <https://kaunila.fi/lemmikeille>. Luettu: 10.11.2023.

Khan, Y. 19.11.2020. Microsoft's Gemini Project and the Excel add-ons that birthed Power BI. Luettavissa: <https://thatyousaf.medium.com/microsofts-gemini-project-and-the-excel-add-ons-that-birthed-power-bi-4a8e9ea57b30>. Luettu: 29.11.2023.

Kinnunen, L. 2023. Historia. Luettavissa: <https://www.siperianhusky.net/historia.html>. Luettu: 27.11.2023.

Korhonen, H. 30.11.2021. Linux 30 vuotta. Luettavissa: <https://dimensiolehti.fi/linux-30-vuotta/>. Luettu: 29.11.2023.

Lavia, R. 2.1.2019. Testasimme ranteesta sykettä mittaavat urheilukellot - tarkkuus ei vielä pärjää sykevyölle. Hämeen Sanomat. Luettavissa: <https://www.hameensanomat.fi/tee-mat/5228147>. Luettu: 29.11.2023.

Lempiäinen, S. 17.3.2022. Koirateknologia voi tulevaisuudessa auttaa meitä tulkitsemaan koiria paremmin. Sporttirakin artikkeli. Luettavissa: [Koirateknologia voi tulevaisuudessa auttaa meitä tulkitsemaan koiria \(sporttirakki.fi\)](https://sporttirakki.fi/koirateknologia-voi-tulevaisuudessa-auttaa-meita-tulkitsemaan-koiria-sporttirakki-fi). Luettu: 15.11.2023.

Lukka, K. Konstruktiivinen tutkimusote. 2001. Metodix – metoditietämystä kaikille. www.metodix.com. Menetelmäartikkelit. Luettu: 14.11.2023.

Matti. 23.6.2023. Mikä on Arduino ja miten se toimii? Maastomatti – metsästäjän blogi. Luettavissa: <https://maastomatti.net/arduino-kaikki-mita-sinun-tulee-tietaa/>. Luettu: 29.11.2023.

McKeown, R. 12.12.2019. Why Is Python So Popular? An Introduction to The World's Favorite Programming Language. Luettavissa: <https://learnpython.com/blog/why-is-python-so-popular/>. Luettu: 29.11.2023.

Microsoft. 2023. DAX (Data Analysis Expressions) -kieli Power Pivotissa. Luettavissa: <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/dax-data-analysis-expressions-kieli-power-pivotissa-bab3fbe3-2385-485a-980b-5f64d3b0f730>. Luettu: 29.11.2023.

Moilanen, T., Ojasalo, K. & Ritalahti J. 2015. Kehittämistyön menetelmät - Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 4. uudistettu painos. Sanoma Pro Oy. Helsinki. E-kirja. Luettu: 14.11.2023.

Polar. 2023a. Hevosen sykemittarit. Luettavissa: <https://www.polar.com/fi/horse-heart-rate-sensors>. Luettu: 10.11.2023.

Polar. 2023b. Mikä on Polar-tuotteissa käytettävä ANT+™? Luettavissa: <https://support.polar.com/fi/what-is-ant-in-polar-products>. Luettu: 24.11.2023.

Polar. 2023c. Mitkä ovat erilaisten sykkeenmittaustapojen edut ja haitat verrattuna toisiinsa? Luettavissa: https://support.polar.com/fi/support/what_are_the_pros_and_cons_of_wrist_based_heart_rate_measurement_and_measuring_heart_rate_with_a?product_id=. Luettu: 29.11.2023.

Poole, I. 2018. Bluetooth radio interface, modulation, & channels. Luettavissa: <https://www.radio-electronics.com/info/wireless/bluetooth/radio-interface-modulation.php>. Luettu: 24.11.2023.

Pulse Monitor. 2023. Compatible Devices. Luettavissa: <https://pulsemonitor.net/en/devices>. Luettu: 15.11.2023.

Ries, E. 2016. Lean Startup – kokeilukulttuurin käsikirja. LavasDesign Oy. Latvia.

Ries, E. 2023. The Lean Startup Methodology. Luettavissa: <https://theleanstartup.com/principles>. Luettu: 14.11.2023.

Saville, R. 2020. What Is a Raspberry Pi? Luettavissa: <https://www.lifewire.com/what-is-raspberry-pi-4042337>. Luettu: 28.11.2023.

Siilasmaa, R. 2018. Paranoidi optimisti: Näin johdin Nokkaa murroksessa. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki.

Suomen Kennelliitto. 4.1.2022. Koiranpentujen rekisteröintien kasvu jatkui toisena koronavuonna: Kennelliitto rekisteröi lähes 52 800 koiraa vuonna 2021. Luettavissa: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69928873/koiranpentujen-rekisterointien-kasvu-jatkui-toisena-koronavuonna-kennelliitto-rekisteroi-lahes-52-800-koiraa-vuonna-2021?publisherId=1744>. Luettu: 30.11.2023.

- Suomen Kennelliitto. 2023a. Osallistu koirasi kanssa tutkimusprojektiin. Luettavissa: <https://www.kennelliitto.fi/kasvatus-ja-terveys/terveystutkimuksen-tukeminen/osallistu-koirasi-kanssa-tutkimusprojektiin>. Luettu: 23.11.2023.
- Suomen Kennelliitto. 2023b. Koirarodut ja rotumääritelmät. Luettavissa: <https://www.kennelliitto.fi/koirat/koirarodut-ja-rotumaaritelmat>. Luettu: 16.11.2023.
- Suomen Kennelliitto. 2023c. Sydänsairauksia kartoitetaan sydänkuuntelun ja ultraäänitutkimuksen avulla. Luettavissa: <https://www.kennelliitto.fi/kasvatus-ja-terveys/koiran-terveys/koiran-terveystutkimukset/sydansairauksia-kartoitetaan-sydankuuntelun-ja-ultraaanitutkimuksen-avulla>. Luettu: 23.11.2023.
- Suomen Kennelliitto. 2023d. Uusi koirakanta-arvio kertoo: Suomessa on yli 800 000 koiraa, joista yli 580 000 on Suomen Kennelliiton rekisterissä. Luettavissa: <https://www.kennelliitto.fi/tietoa-meista/uutiset/uusi-koirakanta-arvio-kertoo-suomessa-yli-800-000-koiraa-joista-yli-580-000-suomen-kennelliiton-rekisterissa>. Luettu: 30.11.2023.
- Suomen Lemmikitukku. 2023. Valjaat. Luettavissa: <https://suomenlemmikitukku.fi/c10356/valjaat>. Luettu: 29.11.2023.
- This is ANT. 2023a. ANT+: ANT / ANT+ Defined. Luettavissa: <https://www.thisisant.com/developer/ant-plus/ant-antplus-defined/>. Luettu: 28.11.2023.
- This is ANT. 2023b. ANT+ 101: What is ANT+? Luettavissa: <https://www.thisisant.com/consumer/ant-101/what-is-ant>. Luettu: 28.11.2023.
- Tiira, K. 2019. Koirien käyttäytyminen ja persoonallisuus. 1. painos. Werner Söderström Ltd. E-kirja. Luettu: 16.11.2023.
- Tracker. 2021. 7.1.2021 Ultracom osaksi Open Air Groupia. Luettavissa: <https://tracker.fi/ultracom-osaksi-open-air-groupia/>. Luettu: 8.9.2023.
- Vijalapuram, S. 26.10.2018. Introducing DAX — Data Analysis Expressions. Luettavissa: <https://towardsdatascience.com/introducing-dax-data-analysis-expressions-dca49cb68501>. Luettu: 29.11.2023.
- Østergaard, M. 9.2.2022. Tämän vuoksi tarvitset Raspberry Pi -tietokoneen. Luettavissa: <https://kotimikro.fi/tietokone/taman-vuoksi-tarvitset-raspberry-pi-tietokoneen>. Luettu: 29.11.2023.