

Sami Mourujärvi

# Algoritmikehitys koiran asentotiedon rekisteröimiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointi- ja terveysteknologia

Insinöörityö

1.6.2018

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Sami Mourujärvi Algoritmikehitys virkakoiran asentotiedon rekisteröimiseen 35 sivua 1.6.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Hyvinvointi- ja terveysteknologia
Ohjaajat	Lehtori Sakari Lukkarinen Yliopettaja Mikael Soini
<p>Insinööriyön päätavoitteena oli luoda prototyyppi apuvälineestä virkakoirien asentotietojen rekisteröimiseen. Työ toteutettiin yhteistyössä Kaunila Oy:n kanssa ja kyseinen apuväline on suunniteltu viranomaisten käyttöön. Työn tavoitteena oli toteuttaa algoritmi sulautettuun järjestelmään, tavoite oli selvittää, soveltuuko pelkkä kiihtyvyyssanturi asentotietojen määrittämiseen, jotta saavutettaisiin energiatehokas ratkaisu.</p> <p>Insinööriyössä laadittiin koirien asentotietojen mittaamiseen protokolla, jonka pohjalta mitaukset toteutettiin. Työssä kerättiin mittaustietoja neljästä koirasta käyttämällä Suunnon kehittämää Movesense-sensoria ja Android-laitteita. Mittauksissa kerättiin vain kiihtyvyydataa, jota käsiteltiin RStudiolla, joka soveltui myös alustavan algoritmin kehitykseen. Lopullinen algoritmi integroitiin Movesense-sensorille ja testattiin kahdella labradorinnoutajalla. Molemmat koirat nousivat seisomaan kahdelle takajalalle ja laskeutui normaaliin asentoon 30 kertaa.</p> <p>Työn tuloksien perusteella voidaan sanoa, että koiran asentotietojen määrittäminen käyttämällä vain kiihtyvyyssanturia on mahdollista. Kiihtyvyydatasta pystytään laskemaan kiihtyvyyssanturin kallistuskulmia ja liikkeitä, jonka myötä gyroskooppia ei ole tarpeellista käyttää. Tämä edellyttää sitä, että sensori kiinnitetään tukevasti mitattavaan kohteeseen. Lopulliset algoritmin testituloksista ilmeni, että järjestelmä havaitsi kahdelle jalalle nousemisen (45/60) 75 %:n tarkkuudella, mutta laskeutuminen havaittiin (33/60) 55 %:n tarkkuudella. Algoritmi tunnisti laskeutumisen liian herkästi, koska osassa mittauksista noususta johtuva kiihtyvyys rekisteröitiin myös laskeutumiseksi.</p> <p>Työn jatkokehityksen kannalta olisi merkittävää kerätä mittaustietoja suuremmalla testiryhmällä. Tämä mahdollistaisi laajemman data-analyysin, joka tekisi algoritmin tarkkuuden parantamisesta helpompaa.</p>	
Avainsanat	Algoritmi, C++, Eläinten hyvinvointitekniikka, Movesense

Author Title Number of Pages Date	Sami Mourujärvi Algorithm Development for Canine Posture Recognition 35 pages 1 June 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme in Information and Communication Technology
Professional Major	Health Technology
Instructors	Sakari Lukkarinen, Senior Lecturer Mikael Soini, Principal Lecturer
<p>The main goal of this thesis was to build a prototype of the canine posture recognition system. This work was carried out in co-operation with Kaunila Ltd. and the prototype was planned to be an assistive device for the authorities. The purpose of the work was to develop an algorithm for an embedded system and to research if it's possible to recognize postures using single accelerometer to achieve an energy efficient solution.</p> <p>The protocol for a canine posture measurement was created and used in this work. Accelerometer data of the postures was collected by using Suunto Movesense sensor and Android devices. Collected data was analyzed in RStudio which was also a suitable platform for an initial algorithm development. The final algorithm was integrated into Movesense sensor and tested by using two Labrador Retrievers. Both dogs stood up on their hind legs and then resumed to a normal position for 30 times.</p> <p>Results of this work confirm that canine posture recognition is achievable by using a single accelerometer. It's possible to calculate angle of the tilt and movements from the accelerometer data, which means that it's not necessary to use a gyroscope. This requires that the sensor is attached in a fixed position. Final test results of the algorithm confirmed 45 out of the total 60 upward motions, having 75 % accuracy, but the downward motion was confirmed in 33 out of the total 60, having 55 % accuracy. The algorithm was too reactive for the downward motion. In some of the tests it reacted incorrectly to the data from the upward motion.</p> <p>For the future development, it would be highly significant to collect data from a larger test group. This facilitates a more comprehensive data analysis, which would make improving the accuracy of the algorithm easier.</p>	
Keywords	Algorithm, C++, Animal welfare technology, Movesense

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taustaa	1
2.1	Virkakoirat ja haasteet	1
2.2	Eläinten hyvinvointitekniologia ja Kaunila Oy	3
2.3	Liikkeen mittaaminen	4
2.3.1	MEMS-sensorit	4
2.3.2	Kiihtyvyyssanturi	5
2.3.3	Gyroskooppi	7
2.3.4	Magnetometri	8
2.4	Liikkeen mittaaminen eläimillä	8
2.5	Suunto Movesense	9
2.6	Algoritmit	11
2.7	Työn tavoite	14
3	Materiaalit ja menetelmät	15
3.1	Mittauksissa käytettävät koirat	15
3.2	Tiedonkeruuprosessi	16
3.2.1	Mittausprotokolla	16
3.2.2	Mittautiedonkeruu	17
3.3	Tiedonkeruulaitteet	18
3.3.1	Suunto Movesense	18
3.3.2	Android-laitteet	18
3.4	Algoritmikehitys	20
3.4.1	RStudio	20
3.4.2	Microsoft Visual Studio 15	23
3.5	Tulosten analysointi	24
4	Tulokset ja pohdinta	24
4.1	Mittautulokset	24
4.2	Algoritmin validointi	28
4.3	Haasteelliset tilanteet	29
5	Pohdinta ja johtopäätökset	30



## Lyhenteet

ARM	Advanced RISC Machines. Mikroprosessoriarkkitehtuuri, jota sovelletaan mm. sulautetuissa järjestelmissä.
BLE	Bluetooth Low Energy. Bluetooth 4.0 lyhyenkantaman langaton yhteys, jolla on alhainen virrankulutus.
CSV	Comma-Separated Values. Yleinen tiedostomuoto, johon voidaan tallentaa taulukkotietoja tekstitiedostona.
EKG	Elektrokardiografia. Sydämen sähköisen toiminnan mittaaminen.
FIFO	First-In First-Out. Tietorakennemalli, jota hyödynnetään purkurimuisteissa.
MEMS	Micro-Electro-Mechanical-System. Miniatyrisoiduista komponenteista koostuva teknologia, jota hyödynnetään sensoreissa.
MTT	Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa toimiva ruokajärjestelmän vastuullisuutta valvova tutkimuskeskus.
RAM	Random Access Memory. Muisti väliaikaiseen tiedon tallentamiseen.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli luoda algoritmi kiihtyvyyssanturidatan käsittelyyn, mikä mahdollistaa viranomaistoiminnassa työskentelevien virkakoirien asentotiedon monitoroimisen reaaliaikaisesti työtehtävien aikana sekä työtehtävien jälkeen. Useiden virkakoirien työtehtäviin kuuluu esimerkiksi ajoneuvojen tarkastus ja tutkiminen, minkä vuoksi koira joutuu seisomaan kahden takajalan varassa. Virkakoirien asentotietojen rekisteröimistä ei ole aikaisemmin tehty teknologiaa hyödyntäen, minkä vuoksi tarkkoja seisomisen kokonaisaikoja tai määriä ei ole mitattu. Viranomaiset ovat tietoisia liikarasituksen mahdollisista haittavaikutuksista ja pyrkivät ennaltaehkäisemään mahdollisia vammoja, jotka syntyvät koiran takaraajojen liikarasituksesta. [1.]

Työ toteutettiin Kaunila Oy:n toimeksiantona ja tarkoituksena oli luoda uuden sovelluksen prototyyppi asentotietojen monitoroimiseen hyödyntäen MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems) -sensoritekniologiaa. Työssä keskityttiin vain algoritmin kehittämiseen, jonka vuoksi esimerkiksi mobiilisovelluksen ulkoasun kehitykseen ei oteta kantaa.

Luvussa kaksi perehdytään virkakoiriin ja niiden haasteisiin, eläinten hyvinvointitekniologiaan, liikkeen mittaamiseen eläimillä sekä muihin työn kannalta merkittäviin taustatietoihin. Luvussa materiaalit ja menetelmät esitellään mittauksissa käytetyt koirat sekä työssä käytettäviä tekniikoita, joita käytettiin koirien mittauksiin, tiedonkäsittelyyn, algoritmin kehitykseen sekä testaamiseen. Luvussa neljä esitellään mittausten, tiedonkäsittelyn ja algoritminkehityksen tulokset sekä työssä kohdatut haasteet. Viimeinen luku on pohdintaa, jossa tiivistetään työn suunnitelma, toteutus, tulokset ja pohditaan työn jatkokehitystä. Työssä kuvataan algoritmin kehitysprosessia ja siinä käytettävää teknologiaa.

## 2 Taustaa

### 2.1 Virkakoirat ja haasteet

Virkakoirat ovat koiria, jotka ovat osana viranomaistoimintaa. Nämä koirat työskentelevät poliisipartioissa, varuskunnissa, valtion raja-asemilla, lentokentillä, satamissa sekä vankeiloissa. Näiden koirien työtehtävät ovat raskaita, niiden kehot ovat suuren rasituksen

alla, jonka vuoksi koirien täytyy olla hyvässä kunnossa välttääkseen vammoja. Viranomaisten haasteena on pitää koirat työkykyisinä ja ennaltaehkäistä rasituksesta johtuvia vammoja, jotka voivat päättää työkoiran uran ja pahimmassa tapauksessa vammat voivat johtaa eutanasiaan.

Suomessa on useita viranomaisten pitämiä koirakouluja, joissa koulutetaan koiria erilaisiin virkatehtäviin. Useilla virkakoirilla on samankaltaisia työtehtäviä, jonka vuoksi myös niiden kouluttamisessa käytetään samoja harjoitteita. Virkakoiria yhdistävä tekijä on se, että kaikki virkakoirien yksiköt pyrkivät kitkemään sekä ehkäisemään rikollisuutta Suomessa. [2, s. 2–5.]

Yleisimmät virkakäytössä olevat rodut kuten labradorinnoutaja, saksanpaimenkoira ja belgianpaimenkoira ovat saman kokoluokan koiria. Labradorinnoutajan säkäkorkeus on noin 54–57 cm, saksanpaimenkoiran on noin 55–65 cm ja belgianpaimenkoira malinoisin säkäkorkeus on noin 56–66 cm. Kyseiset säkäkorkeudet ovat keskimääräisiä säkäkorkeuksia, mikä tarkoittaa sitä, että rotukohtaiset säkäkorkeudet voivat hieman vaihdella. Taulukosta 1 ilmenee Kennelliiton ilmoittamien yleisimpien virkakoirien rodut viranomaisittain. [3; 4; 5.]

Taulukko 1. Virkakoirien yleisimmät koirarodut tehtävittäin [2, s. 2–5].

Rodut viranomaisittain	Labradorinnoutaja	Saksanpaimenkoira	Belgianpaimenkoira
Tulli	x		
Poliisi	x	x	x
Puolustusvoimat		x	x
Raja-vartiosto	x	x	x
Rikosseuraamusvirasto	x		

Vuonna 2001 julkaistussa amerikkalaisessa tutkimuksessa analysoitiin vuosien 1993 ja 1996 aikavälillä sisäisiin vaivoihin kuolleiden sekä lopetettujen sotakoirien vammoja. Kyseisenä ajanjaksona kuoli 927 sotakoiraan, näistä 178 eli 19,2 % jouduttiin lopettamaan raajojen niveliin kohdistuneiden vammojen vuoksi. Näistä 178 koirasta 62 % oli belgianpaimenkoiria ja 30,6 % saksanpaimenkoiria. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan sanoa, että saksanpaimenkoirilla ja belgianpaimenkoirilla on raajojen nivelissä merkittävästi vammoja, jotka voivat johtaa eutanasiaan. Tutkimuksessa keskityttiin vain sotakoiriin, jotka on jouduttu lopettamaan tai ne on kuollut vammoihinsa. Kyseiset koirarodut ovat suosittuja myös Suomen viranomaisten käytössä. [6, s. 210–211.]

## 2.2 Eläinten hyvinvointiteknologia ja Kaunila Oy

Teknologian kehittyessä markkinoille on tullut hyvinvointiteknologia-alan tuotteita ja palveluita, jotka on kehitetty ensisijaisesti ihmisille, mutta samaa teknologiaa pystytään soveltamaan myös eläinten mittaamiseen. Esimerkiksi aktiivisuusranneke on tuote, jota on sovellettu sillä tasolla, että se mittaa eläimen kalorien kulutuksen, hengitystiheyden, pulssin ja sykevälivaihtelun. Mittausmenetelmät on toki toteutettu ihmisen ja eläimen välillä osittain erilaisilla tekniikoilla, koska esimerkiksi pulssin mittaaminen pitkäkarvaiselta koiralta ei onnistu perinteisellä sykevyöllä. [1; 7.]

Eläinten hyvinvointiteknologian kehityksen myötä, lemmikkieläimen omistajien arki on helpottunut uusien teknisten ratkaisujen myötä siten, että lemmikin kehon lämpötilan, aktiivisuuden sekä elintoimintojen monitoroiminen onnistuu pienen sensorin ja sovelluksen avulla etänä. Nämä ominaisuudet ovat koiranomistajalle tarpeellisia, esimerkiksi jos on syytä epäillä koiran viihtyvyyttä kotiooloissa, kun omistaja ei ole paikalla. [7; 8.]

Koiran lämpötilan seuranta on kesäaikana erityisen tärkeää, koska koiran keho ei toimi kuten ihmisen keho, vaan koirat eivät hikoile. Ne pyrkivät säätämään kehon lämpötilaa läähättämällä. Kuumien kesäpäivien lämpötilat koituvatkin joidenkin koirien kohtaloksi, koska ne on jätetty kuumaan autoon ilman ilmastointia ja vettä. Mikäli etänä toimivaa kehon lämpötilan mittausta käytettäisiin, niin se voisi pelastaa myös nämä lämpöhalvauksen saaneet koirat. [9.]

Kansainvälisen eläinten hyvinvointiraportin mukaan eläinten hyvinvoinnin seurannassa keskeisin tarkastelun kohde on käyttäytyminen, koska se muuttuu ensimmäisenä silloin, kun eläimellä on sisäisiä tai ulkoisia paineita. Käytöksen muuttumiseen voi olla syynä esimerkiksi hyvinvoinnin heikkeneminen tai ympäristön muutos. Tämän vuoksi eläinten hyvinvoinnin seurantaan kehitetään mahdollisimman vähän häiritseviä automatisoituja ratkaisuja. [10, s. 18.]

Kaunila Oy on vuonna 2014 perustettu suomalainen yritys, joka on erikoistunut eläinten hyvinvointia edistävän teknologian kehitykseen. Yrityksen kehittämässä tuotteissa hyödynnetään uusinta langatonta sensori- ja mobiiliteknologiaa eläinten monitoroimiseen. Kaunila on kehittänyt tuotteita muun muassa karjatalouteen, hevosharrastajille sekä koiraihmisille. [11.]

Tässä insinööriyössä tullaan kehittämään koirien aktiivisuuspantaan uusi ominaisuus, joka palvelee uutta kohderyhmää, virkakoiria. Koiran aktiivisuutta mitataan Suannon Mo-vesense-sensorille kehitettyjen algoritmien avulla. Kuvassa 1 on Kaunilan aktiivisuuspanta sekä mobiilisovellus, jonka avulla voidaan seurata koiran aktiivisuutta vuorokauden ympäri.



Kuva 1. Koirien aktiivisuuspanta ja mobiilisovelluksen päivänäkymä [11].

## 2.3 Liikkeen mittaaminen

### 2.3.1 MEMS-sensorit

MEMS on teknologiaa, joka koostuu miniatyrisoiduista mekaanisista sekä elektronisista komponenteista. Mikroteknologialla kehitetyissä laitteissa on neljä toistuvaa mikroelementtiä: sensori, elektroniikka, rakenne ja toimilaite. Merkittävimmät elementit ovat mikrosensorit ja mikrotoimilaitteet, jotka toimivat signaalin muuntajana. Ne muuntavat MEMS-sensoreissa mekaanisen signaalin sähköiseksi signaaliksi. Mikrovalmistusmenetelmät mahdollistavat jopa alle 1 mikrometrin kokoisten elementtien valmistamisen. [12.]

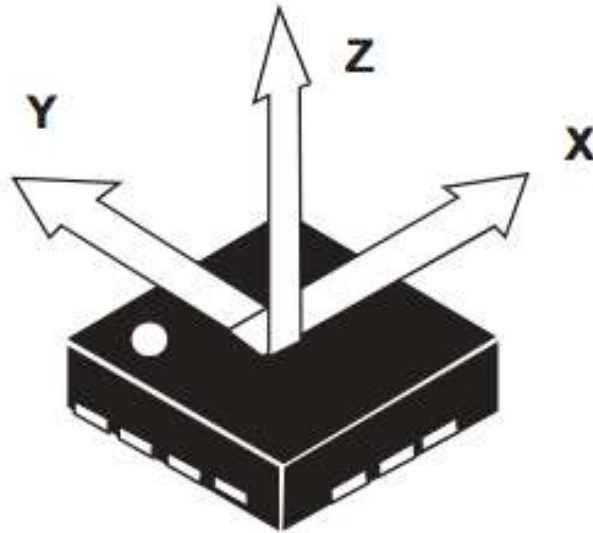
MEMS-laite voi koostua yksinkertaisista liikkumattomista elementeistä, tai sitten se voi olla yhdistelmä monimutkaisista liikkuvista elementeistä, jotka on integroitu yhdelle piirille. Vaikka laitteen elementit eivät fyysisesti liikkuisikaan, niin siinä on oltava mekaaninen toiminto, jotta se täyttää MEMS-laitteen määritelmän. [12.]

MEMS-teknologia on hyvin yleisessä käytössä, ja markkinoilla olevilla laitteilla on mahdollista mitata lämpötilaa, painetta, kiihtyvyyttä, magneettikenttää, säteilyä, nesteen ja kaasun virtausta sekä tunnistaa kemikaaleja. Mikroskooppisen kokonsa puolesta laitteet ovat edullisia valmistaa, ja ne soveltuvat lukemattomiin käyttötarkoituksiin. Kiihtyvyyssanturi on yksi esimerkki MEMS-teknologian hyödyntämisestä. [12.]

### 2.3.2 Kiihtyvyyssanturi

Kiihtyvyyssanturi on laite, joka havaitsee kiihtyvyyttä, tärinää ja iskuja. Kiihtyvyydellä tarkoitetaan nopeuden muutosnopeutta, ja sen yksikkö on  $\text{m/s}^2$ . Kiihtyvyys voidaan myös ilmoittaa suhteessa maan vetovoimaan, joka kansainvälisen standardin mukaan on  $1\text{ g} = 9.80665\text{ m/s}^2$ . Maan vetovoima ei todellisuudessa ole vakio, vaan sen vaikutus vaihtelee leveyspiirin mukaan. [13, s. 137; 14.]

Kiihtyvyyssanturit ovat elektromekaanisia laitteita, jotka havaitsevat staattista sekä dynaamista kiihtyvyyttä. Maanvetovoima lukeutuu staattiseen kiihtyvyyteen, kun taas värähtely ja liike ovat dynaamista kiihtyvyyttä. Kiihtyvyyden mittaamiseen on kehitetty antureita, jotka mahdollistavat mittaamisen kolmelta eri akselilta X, Y ja Z. Nämä 3-akseliset kiihtyvyyssanturit mahdollistavat eteen-, sivulle- ja ylöspäin suuntautuvien kiihtyvyyksien mittaamisen. Kaikilla akselilla mitataan positiivista sekä negatiivista kiihtyvyyttä, jonka perusteella tiedetään, minkä suuntaista kiihtyvyyttä on havaittu. Esimerkiksi Movesense-sensorissa kiihtyvyys ylöspäin on positiivista kiihtyvyyttä ja alaspäin on negatiivista kiihtyvyyttä. [12; 13, s. 137; 15.]



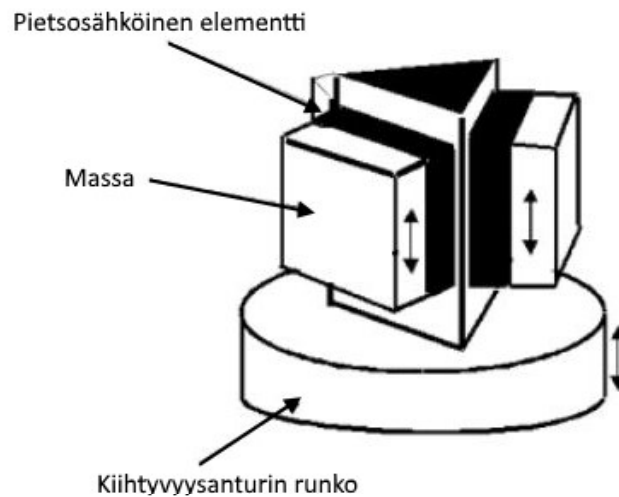
Kuva 2. Kiihtyvyyssanturin kolme akselia [16].

Kiihtyvyyssantureiden mittaustekniikoissa on eroja, mutta yleisimmin kiihtyvyyden mittaamiseen käytetään pietsosähköisiä kiihtyvyyssantureita. On olemassa myös kiihtyvyyssantureita, jotka on toteutettu eri tekniikoilla, kuten pietsoresistiivisesti, kapasitiivisesti tai servolla. [13, s. 137; 17.]

Pietsosähköisellä kiihtyvyyssanturilla mitataan kiihtyvyyttä, joka muodostuu massan kohdatessa pietsosähköisen materiaalin. Anturin toiminta perustuu pietsosähköisen materiaalin polaroitumiseen, kun siihen kohdistuu massa ( $m$ ) vaikuttava voima ( $F$ ). Massaan ( $m$ ) kohdistuva voima ( $F$ ) antaa kappaleelle kiihtyvyyden ( $a$ ). Voima lasketaan kertomalla massa ja kiihtyvyys keskenään. Tämä on Newtonin toinen laki ( $F=ma$ ). Polaroituminen on mekaanisen jännityksen aiheuttama ilmiö, joka ilmenee sähköisenä jännitteenä. Pietsosähköiseen materiaaliin kohdistuvan voiman kasvaessa myös sähköinen ulostulojännite kasvaa. Kyseisten anturien etuna on erittäin alhainen virrankulutus, yksinkertainen elektroninen rakenne, korkea herkkyys ja sen stabiilius eri lämpötiloissa. Kuvassa 3 on esimerkki pietsosähköisestä kiihtyvyyssanturista. [13, s.138; 17.]

Kiihtyvyyssanturit ovat nykyaikana erittäin laajassa käytössä, ja ne soveltuvat pienen koon ja alhaisen hinnan vuoksi lähes kaikkiin laitteisiin, joilla tarvitsee mitata kiihtyvyyttä. Kiihtyvyyden avulla pystytään mittaamaan tärinää, liikettä ja nopeutta, jonka vuoksi se soveltuu esimerkiksi seuraaviin käyttötarkoituksiin: [13, s. 137–151; 17.]

- ajoneuvon jarruissa
- maanvetovoiman mittaamisessa
- hissien liikkeen laadun monitoroimiseen
- ajoneuvojen hälytysjärjestelmissä
- turvatyynyjen laukaisimena
- ihmisten ja eläinten mittaamisen
- törmäystesteissä.



Kuva 3. Esimerkki pietsosähköisestä kiihtyvyyssanturista [13, s. 138].

### 2.3.3 Gyroskooppi

Kulmanopeuksia voidaan mitata gyroskoopilla, joka koostuu pyörivästä hyrrästä, mikä on kiinnitetty liikkuvaan kehikkoon. Laitteen kallistuessa laitetta tasapainottelevat kolme rengasta alkavat pyöriä akselinsa ympäri, jonka johdosta laitteen keskiosa pysyy alkiasennossa. Renkaiden pyöriessä akseleiden kallistuminen pystytään mittaamaan kulmanopeuden perusteella, joka on yksinkertaisesti rotaation nopeus ja sen yksikkönä on  $^{\circ}/s$  eli astetta sekunnissa. Gyroskooppi soveltuu esimerkiksi kaatumishälyttimeen, koska sen avulla havaitaan kulman muutokset. [17.]

MEMS-gyroskoopit ovat värähtelyä mittaavia kiihtyvyyssantureita, jotka mittaavat coriolis-voimaa. Värähtelevät gyroskoopit koostuvat massasta, joka on kiinnitetty jousistoon. Tämä sallii massan liikkumisen kahteen ortogonaaliseen suuntaan. Coriolis-voiman tuottamiseksi on massan oltava liikkeessä. Tämän vuoksi massa pakotetaan elektronisesti värähtelemään piirin pinnan suuntaisesti. Jos gyroskooppia pyöritetään akselin ympäri, joka on suorassa piirin pinnalla, niin coriolis-voima saa massan taipumaan toiseen suuntaan. Tämän värähtelyn aiheuttama taipumisen amplitudi on verrannollinen pyörimisnopeuteen, joka voidaan mitata kapasitiivisella menetelmällä muuntaen ulostulojännite pyörimisnopeudeksi. [17.]

#### 2.3.4 Magnetometri

Magnetometrin magneettisten ominaisuuksien avulla pystytään mittaamaan sekä maan että muita magneettikenttiä ja niiden vaihtelevuutta. Magneettikentän mittaamisen avulla pystytään paikantamaan kohteita sekä navigoimaan, minkä vuoksi sitä käytetään navigointijärjestelmissä. Laitteella on mahdollista havaita myös sähkövirtojen luomat sähkökentät ja jopa aivojen magneettikenttää. Magnetometrin ei tarvitse olla fyysisessä kosketuksessa mittaustilanteessa, jonka myötä se soveltuu useisiin teollisuus- sekä navigointijärjestelmiin. Yksikkö, jolla magneettikentän voimakkuus ilmoitetaan, on kansainvälisen yksikköjärjestelmän mukaan tesla (T), mutta myös gaussia (G) käytetään. Yksi tesla vastaa  $10^4$  gaussia. [13, s. 330–331; 18.]

#### 2.4 Liikkeen mittaaminen eläimillä

Eläinten hyvinvoinnista on kiinnostuttu yhä enemmän vuosien varrella, jonka vuoksi on kehitetty uusia laitteita ja palveluluja lemmikkien sekä tuotantoeläinten monitoroimiseen. Uudet laitteet ovat teknisiltä ratkaisuilta usein samankaltaisia kuin ihmisten hyvinvoinnin seurantaan käytettävät laitteet, mutta eläimillä niitä sovelletaan antamaan tietoja, joita eläin ei osaa tai pysty kertomaan.

Vuonna 2013 valmistui MTT:n (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) Remowel-hanke, joka keskittyi tuotantoeläinten terveyden ja hyvinvoinnin seurannan kehittämiseen. Remowel-hankkeessa luotiin tuotantoeläimien pitkäaikaiseen hyvinvoinnin seurantaan anturiteknologia, joka ei häiritse eläintä. Kehitetty sensori on ihon alle asennettavan moduuli, jonka avulla tutkitaan lehmän aktiivisuutta kolmiakselisella kiihtyvyyssan-

turilla, sydämen toimintaa yksikanavaisella EKG-signaalilla sekä lämpötilaa. Projektin aikana testattiin laitteen soveltuvuutta esimerkiksi tulehduskipulääkkeiden vaikutusta sykevälvaihteluun leikkauksen jälkeen sekä sykevälvaihtelun muutosta poikimisen aikana ja sen jälkeen. [19.]

Toisessa tutkimuksessa pyrittiin luomaan ihmisen ja työkoiran välille kommunikaation apuväline, joka tunnistaa koiran eri liikkeitä. Koiralle opetettiin neljä eri liikettä, jotka tuli toteuttaa kyseisen liikkeen käskystä. Nämä liiketiedot tallennettiin sensoripannalla, joka oli kiinnitetty koiran kaulaan mittausten ajaksi. Sensori sisälsi kolmiakselisen kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin ja magnetometrin. Tutkimustulosten perusteella koiran jatkokoulutuksessa olisi mahdollista linkittää kyseiset liikkeet johonkin tiettyyn tilanteeseen. Tämän pohjalta olisi mahdollista kehittää järjestelmä, jonka avulla koulutettu työkoira voi viestittää esimerkiksi etsintätehtävän aikana ihmiselle mahdollisesta löydöstä, kun näkö tai kuulohavainto ei ole mahdollinen. [20.]

## 2.5 Suunto Movesense

Suunto Oy on 1936 perustettu suomalainen yritys, joka on osa urheiluvälinekonserni Amer Sports Oyj. Suunto sai alkunsa nestekäyttöisen kompassin kehittämisestä, ja myöhemmin toiminta laajentui sukellustietokoneisiin, urheilukelloihin sekä urheiluinstrumentteihin. Yritys on kansainvälisesti tunnettu luotettavista laitteista sekä niiden monipuolisesta valikoimasta. Suunto on kehittänyt lajikohtaisia ominaisuuksia urheilukelloihin, jotka soveltuvat esimerkiksi laitesukeltamiseen, vuorikiipeilyyn, maastohiihtoon sekä pyöräilyyn. Osa yrityksen tuotteista on hyvinvointiteknologia-alan tuotteita, ja yhtenä näistä on insinööriyössä käytettävä Movesense-sensori. Sensoria käytetään Suunnon sykevälvissä, ja se soveltuu myös uinnin aikaisen sykkeen mittaamiseen. [21; 22.]

Movesense-sensori on Suomessa kehitetty ja valmistettu, liikettä mittaava sensoria. Laite soveltuu erinomaisesti esimerkiksi urheilusuoritusten seurantaan sen sisältämien anturien vuoksi. Sensorissa on kiihtyvyyssanturi, gyroskooppi ja magnetometri, jotka mahdollistavat kokonaisvaltaisen 9-akselisen liikkeen mittaamisen. Laitteella on myös mahdollista mitata yksikanavaista EKG:tä sekä lämpötilaa. [15.]

Pieni napin muotoinen sensoria on halkaisijaltaan 36,6 mm, syvyydeltään 10,6 mm, ja se painaa 10 grammaa. Sensorin takapuolella olevien metallisten liittimien avulla se voidaan kytkeä sykevälvään. Pienen kokonsa, Bluetooth-yhteyden ja vedenpitävyyden

myötä se soveltuu moniin eri käyttötarkoituksiin. Sensori on suunniteltu alun perin urheilukäyttöön, mutta sensorin komponentit mahdollistaisivat sen käytön myös esimerkiksi sairaalaympäristössä. Kuvassa 4 on Movesense-sensori kuvattuna edestä ja takaa. [15.]

Movesense-sensorissa on Nordic Semiconductorin valmistama nRF52832 -järjestelmäpiiri, joka sisältää 32-bittisen ARM (Advanced RISC Machines) Cortex® - M4 prosessorin, 64 kB RAM- (Random Access Memory) ja 512 kB Flash-muistin, johon on asennettu Movesense-käyttöjärjestelmä. Tiedon välitys toteutuu BLE-tekniologialla (Bluetooth Low Energy), joka mahdollistaa reaaliaikaisen tiedon monitoroimisen mobiilisovellukselta. Movesense-sensorissa on STMicroelectronicsin valmistama kiihtyvyyssanturi-gyrokooppi LSM6DS-inertiaalimoduuli. Moduulissa on 8 kB jono-puskurimuisti väliaikaiseen mittaustiedon säilömiseen. [15.]



Kuva 4. Movesense-sensori [15].

Sensorin näytteenottotaajuus on valittavissa 12.5/26/52/104/208 Hz. Näytteenottotaajuus tarkoittaa yhden sekunnin aikana tallennettavien näytteiden määrää esimerkiksi, jos mitataan 50 Hz:n taajuudella, näytteitä rekisteröidään yhden sekunnin aikana 50 kappaletta, toisin sanoen näytteitä otetaan 20 ms:n välein. [15.]

Sensorilla pystyy mittaamaan kiihtyvyyksiä, jotka ovat  $\pm 2/\pm 4/\pm 8/\pm 16$  g:n mittausalueella, mikä tarkoittaa suurimmillaan yli  $156 \text{ m/s}^2$  kiihtyvyyttä. Kiihtyvyyden mittaamisen herkkyys vaihtelee  $0.061\text{--}0.732 \text{ mg/LSB}$  (Least Significant Bit) välillä, ja se riippuu valitusta mittausalueesta. Gyroskoopilla mitataan kulmanopeuksia  $\pm 125/\pm 250/\pm 500/\pm 1000/\pm 2000$  °/s mittausalueella. Gyroskoopin herkkyys on  $\pm 125$  °/s mittausalueella  $8.75 \text{ m}^\circ/\text{s/LSB}$  ja  $\pm 2000$  °/s mittausalueella  $70 \text{ m}^\circ/\text{s/LSB}$ . Sensori sisältää myös LIS3MDL-magnetometrin, jonka mittausalue on  $\pm 4/\pm 8/\pm 12/\pm 16$  G. Magnetometrin herkkyys vaihtelee  $\pm 4\text{--}\pm 16$  G mittausalueilla  $0.146\text{--}0.584 \text{ mG/LSB}$ . Lisäksi löytyy LIS3MDL-lämpötila-anturi, joka pystyy mittaamaan lämpötiloja  $0$  °C ja  $+65$  °C välillä  $\pm 0.5$  °C tarkkuudella ja  $\pm 1.0$  °C tarkkuudella  $-45$  °C ja  $+125$  °C välillä. [15; 16; 23.]

## 2.6 Algoritmit

### Mitä ovat algoritmit?

Oxfordin sanakirja kuvaa algoritmia vapaasti käännettynä seuraavasti: Se on prosessi tai käskysarja, jota on noudatettava erityisesti tietokoneella suoritettavissa laskutoimituksissa tai muissa ongelmanratkaisuooperaatioissa. Algoritmi luodaan usein haastavien ja vaikeatajuisten tehtävien ratkaisemiseksi ja sen merkitsevimmät hyödyt ovat sen nopeus, tarkkuus ja luotettavuus sen sijaan, että ihminen toteuttaisi samat tehtävät. [24; 25, s. 7.]

Algoritmit ovat nykyaikana pääosin tietokoneen keskusyksiköllä tai sulautetussa mikrokontrollerissa suoritettavia käskyjä, jotka toteuttavat määritetyt toimenpiteet vaaditulla tavalla. Käskyt kuvataan tehtävän ratkaisemisen kannalta niin täsmällisesti, että keskusyksikkö tai järjestelmä ei voi erehtyä seuraavaksi suoritettavan askeleen valitsemisessa. Peräkkäiset käskyt muodostavat käskysarjan, ja ne ovat tietokoneelle niin kuin ihmiselle resepti ruoanvalmistamiseen, jota edetään askel kerrallaan. Toisin kuin tietokone, ihminen ymmärtää ilman erityismainintaa, että mikäli uunissa halutaan valmistaa ruokaa, niin ensin se pitää käynnistää ja säätää haluttuun lämpötilaan. Tätä seuraa uunin luukun avaaminen, jonka jälkeen sinne voi laittaa ruokaa. Tietokoneelle tämä käskysarja pitää kertoa askel kerrallaan, rivi riviltä tai ruoka jää valmistamatta. [26, s. 26.]

Tässä työssä algoritmilla tarkoitetaan sensorilla suoritettavaa C++-ohjelmointikielellä toteutettua käskysarjaa, joka analysoi kiihtyvyydatavirtaa reaaliajassa ja toteuttaa ennalta määrätyt toimenpiteet sekä tallentaa tarvittavat tiedot mobiililaitteeseen.

## Miten algoritmeja luodaan?

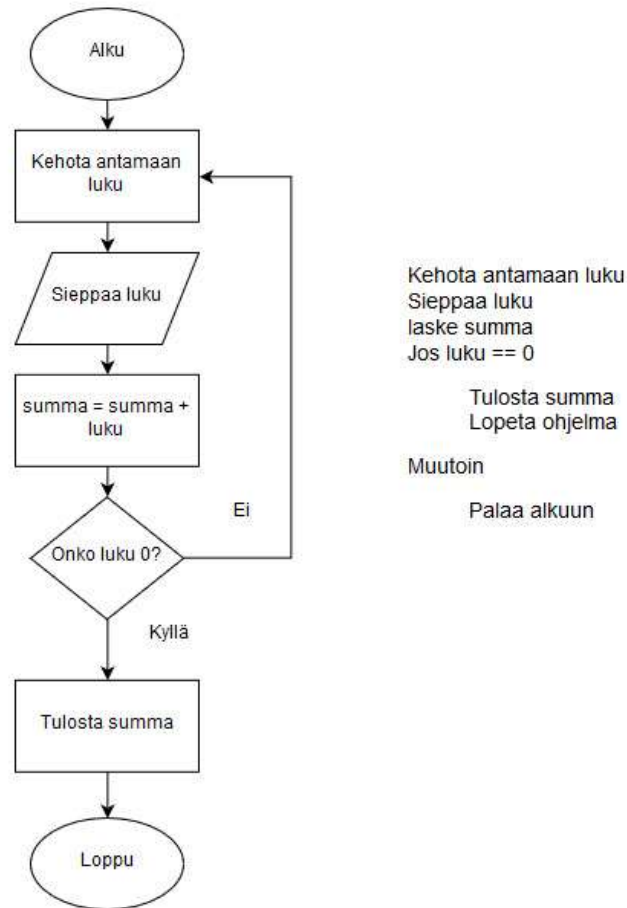
Algoritmin kehitys aloitetaan tarkalla ongelman kuvauksella, jonka pohjalta kehitetään vuokaavio tai pseudokoodi. Ne toimivat algoritmikehityksessä suunnitelmana, jonka pohjalta algoritmi toteutetaan. Pseudokoodi on erittäin yksinkertainen tapa kuvata ohjelman toimintaa. Vuokaavion etuna on monimutkaisten ongelmien jäsentely, joka helpottaa kehitettävän algoritmin logiikan ymmärtämistä. Loogiset sekä matemaattiset toiminnot kuvataan prosessi kerrallaan. Työn aloitusvaiheessa vuokaaviossa ei aina pystytä huomiomaan yllättäviä seikkoja, jotka vaikuttavat algoritmin toimivuuteen ei-toivotulla tavalla. Tämän vuoksi siihen voi tulla muutoksia, ja sitä kehitetään työn edetessä. [25, s. 7–8.]

Kuvassa 5 on esimerkki vuokaaviosta, joka kuvaa laskinohjelman toimintaa. Ohjelman alussa käyttäjää kehoitetaan syöttämään luku. Kun se on syötetty, niin ohjelma poimii sen. Tätä seuraa yhteenlaskutoimitus, jossa syötetty luku lisätään summamuuttujaan. Seuraavaksi ohjelma tarkistaa, että jos syötetty luku on 0, niin ohjelma tulostaa lasketun summan ja lopettaa ohjelman. Jos syötetty luku ei ole 0, niin ohjelma kehottaa käyttäjää syöttämään uuden luvun. Ohjelma pysyy käynnissä niin pitkään, kun käyttäjä syöttää luvun, joka ei ole 0.

Vuokaaviossa käytettävät symbolit ovat standardeja, jonka avulla sen ymmärtäminen on helppoa. Ellipsin muotoinen kuvio kuvaa ohjelman aloitusta sekä lopetusta. Toteutettava ohjelma sijoitetaan näiden kahden symbolin väliin. Suorakaide tarkoittaa tietokoneen suorittamaa toimintaa tai käsittelyä ja kuvan 5 esimerkissä se pyytää käyttäjää syöttämään numeron, suorittaa laskutoimituksen ja tulostaa summan. Puolisuunnikas kuvaa vuorovaikutusta ihmisen ja koneen välillä. Esimerkissä tietokone sieppaa käyttäjän syöttämän luvun. Vinoneliö tarkoittaa ehtoa, eli ohjelma tarkistaa kuvan 1 tapauksessa, onko käyttäjän syöttämä arvo 0 vai jokin muu. Mikäli ehto ei toteudu niin ohjelma hyppää alkuun ja pyytää syöttämään uuden arvon. [25, s. 9.]

Kone noudattaa syötettyjä käskysarjoja täsmällisesti, jonka vuoksi algoritmin luotettavuuden perustelussa käytetään usein pysyväisväittämiä. Tämä tarkoittaa sitä, että luodaan jokin tietoa käsittelevä pysyväisväittäjä, joka määritellään olemaan voimassa algoritmin ajon ajan. Tässä työssä käytetään for-silmukkaa pysyväisväittäjänä, joka py-

syy käynnissä niin kauan, kunnes sen lopetusehto toteutuu eli tässä tapauksessa data-syöte loppuu. Jos silmukaan ei lisätä lopetusehtoa, niin se on niin kutsuttu ikuinen silmukka. [26, s. 28–29.]



Kuva 5. Vasemmalla on esimerkki vuokaaviosta ja oikealla on pseudokoodia [25, s. 8–10].

Algoritmin kehittäjä voi kohdata aiemmin kehitettyjä ratkaisuja samoihin ongelmiin, joita itse on ratkaisemassa, mutta toteutus voi olla täysin erilainen. Löydetty algoritmi voi toteuttaa samat toimenpiteet kuin kehittäjän algoritmi, mutta siinä voi olla huomattavasti vähemmän koodirivejä ja olla samalla nopeampi. Toisaalta löydetty koodi voi olla nopeampi, mutta epätarkempi kuin kehittäjän oma. Ohjelmoinnissa on mahdollista päätyä samankaltaisiin lopputuloksiin erilaisilla menetelmillä. [25, s. 7–8.]

## Missä algoritmeja käytetään?

Ihmiset kohtaavat arkisessa elämässä paljon erilaisia algoritmeja niitä sen enempää ajattelematta. Hyvänä esimerkkinä toimivat erilaiset hakukoneet, joiden on tutkittava valtava määrä tietoa erilaisten hakukriteerien perusteella ja tulostaa paras hakutulos mahdollisimman nopeasti. Toisena esimerkkinä on sosiaalisessa mediassa käytössä olevat algoritmit, jotka tallentavat käyttäjän tietoja sekä klikkauksia. Tämän jälkeen mainonta kohdennetaan tallennettujen tietojen perusteella. Liikennevalot ovat myös hyvä esimerkki algoritmien hyödyntämisestä. Julkisella liikenteellä on käytössä liikennevaloetus, jonka myötä liikennevalot vaihtuvat vihreäksi tai pysyvät vihreänä normaalia pidempään, kun bussi tai raitiovaunu lähestyy liikennevaloja. Tämän mahdollistaa algoritmi, joka havaitsee vastaanotetusta sensoridatasta sen, että julkisen liikenteen ajoneuvo lähestyy, joten liikennevalojen on reagoitava. [25, s. 311; 27; 28.]

Nykyään tietotekniikassa algoritmeja käytetään taulukoiden ja lukujonojen käsittelyyn, tiedon hakemiseen ja lajitteluun, merkkijonoihin, matemaattisiin tehtäviin, tilastollisiin laskelmiin, tietorakenteisiin, grafiikkoihin, liiketaloudellisiin arviointimenetelmiin sekä muunoksiin ja teknisiin laskelmiin. [25, s. 1–6.]

### 2.7 Työn tavoite

Työn tarkoitus on luoda prototyyppi koiran asentotietojen monitoroimiseen esimerkiksi tullikoirien ohjaajille, joilla on ilmennyt tarve rekisteröidä tullikoirien kahdella jalalla seisomista työpäivän aikana niin ajallisesti kuin määrällisestikin. Lonkkanivelen kasvuhäiriö eli lonkkavika on koirien yleisimpiä hoidettavissa olevia sairauksia, mutta voi pahimmassa tapauksessa johtaa virkakoiran työtehtävien päättymiseen tai jopa eutanasiaan. Viranomaiset haluavat ennaltaehkäistä mahdollisia vammoja, jotka syntyvät koiran liikkamisesta. [6, s. 210–211; 29.]

Insinöörityön tavoitteena on luoda algoritmi, joka havaitsee, kun koira seisoo kahden takajalan varassa. Tämän edellytyksenä on se, että algoritmi tunnistaa asennon muutoksen nousu- ja laskeutumisvaiheessa eli kun koira nousee seisomaan ja laskeutuu takaisin maantasolle. Toteutettava algoritmi tulee käsittelemään sensorilla kiihtyvyyssanturidattaa reaaliajassa vähentäen datamäärän lähettämistä mobiilisovellukseen.

Tässä työssä pyritään toteuttamaan ratkaisu kiihtyvyyssanturidatan käsittelyyn, jolloin muita antureita ei tarvitse käyttää asentotiedon määrittämiseen. Tässä työssä pyritään selvittämään, pystyykö pelkällä kiihtyvyyssanturilla määrittämään koiran asentotietoja hyvällä tarkkuudella. Saman työn pystyisi toteuttamaan kiihtyvyyssanturin sekä gyroskoopin yhdistelmänä, mutta tämä ratkaisu vaatisi kahden anturin käyttöä. Mikäli työ toteutettaisiin kiihtyvyyssanturin ja gyroskoopin yhdistelmänä, niin virrankulutus olisi lähes kuusin-kertainen verrattuna pelkän kiihtyvyyssanturin käyttöön. [30.]

Tämän työn suunnitelmana on käyttää vain yhtä anturia, joka takaa alhaisemman virrankulutuksen ja suppeamman datamäärän. Lisäksi sensorilla suoritettava kiihtyvyyssanturin analysointi supistaa mobiilisovellukseen lähetettävän tiedon määrää, joka myös vaikuttaa virrankulutukseen.

### 3 Materiaalit ja menetelmät

#### 3.1 Mittauksissa käytettävät koirat

Valtaosa virkakoiraroduista on säkäkorkeudeltaan keskimäärin 54 cm – 66 cm. Tämän johdosta mittaustiedon keräämiseen pyrittiin saamaan koiria, jotka olisivat samaa kokoluokkaa ja mielellään saman rotuisia kuin yleisimmät virkakoirat. Työssä kerättiin mittaustietoa myös pienempikokoisista koirista, koska algoritmin kehitysvaiheessa on tärkeää tietää eri kokoisten koirien maksimi kiihtyvyyksiä ja kulman muutoksia. Taulukossa 2 on listattuna koirat testausjärjestyksessä.

Taulukko 2. Mittauksissa ja testauksissa käytetyt koirat.

Nimi	Rotu	Säkäkorkeus
Fredi	amstaffordshirenterrieri	52 cm
Nasu	labradorinnoutaja	52 cm
Vempi	schapendoes	45 cm
Teri	beaglemix	42 cm
Räyhä	labradorinnoutaja	50 cm
Rusina	labradorinnoutaja	45 cm

## 3.2 Tiedonkeruuprosessi

### 3.2.1 Mittausprotokolla

Mittauksissa käytetty protokolla (ks. taulukko 3) jaettiin pannan asettamisen tehtäviin sekä mittauksen aikaisiin tehtäviin. Pannan asettaminen oikein oli erityisen tärkeää, koska sensori havaitsee maanvetovoiman, joka vaikutti eri akseleiden kiihtyvyyteen riippumatta laitteen asennosta. Mikäli laite olisi pyörähtänyt koiran niskassa, niin kiihtyvyys olisi kohdistunut eri akselille kuin referenssimittauksissa.

Taulukko 3. Mittausprotokolla

<b>Sensorin kiinnittäminen koiraan:</b>
Aseta sensori pannan taskuun niin päin, että sensorissa oleva Movesense teksti on luettavissa takaapäin
Aseta panta niin, että pannan Kaunilan logo on luettavissa takaapäin
Varmista, että panta on horisontaalisesti oikein
Varmista, ettei panta pääse pyörimään koiran kaulalla.
<b>Mittaustilanne:</b>
Valitse näytteenottotaajuudeksi 52 Hz
Tee testimittaus ja varmista, että mittaustieto tallentuu tekstitiedostoon tablet-tietokoneelle
Mittausten aloitusasentona toimii koiran neljällä jalalla seisominen
Käynnistä mittaus vähintään 2 sekuntia aikaisemmin kuin mitattavan liikkeen suoritus alkaa
Lopeta mittaus aikaisintaan 2 sekuntia suorituksen jälkeen
Suorita vähintään 5 sekunnin mittauksia
Mittaa vähintään 3 onnistunutta suoritusta per liike
Jos koira ei pysty keskittymään, niin pidä tauko.

Mittaukset suoritettiin tarkan protokollan mukaan, jotta mittaustulokset olivat vertailukelpoisia keskenään. Sensori oli asetettava ennalta määrättyyn kohtaan koiran niskaan niin, että Y-akseli kulki koiran selkää pitkin positiivinen akseli eteenpäin. Sensorissa olevan logon tuli olla luettavissa koiran takapuolelta. Sensori ei saanut päästä liikkumaan vapaasti mittauksen aikana, kun koira nousi seisomaan kahdelle jalalle. Tämä varmistettiin kaulapannan kireyden säätämällä. Panta oli venyvää materiaalia, joten se oli mahdollista asettaa haluttuun kohtaan koiran niskaa.

Mobiililaitteen ja sensorin välinen Bluetooth-yhteys oli varmistettava testimittauksella, ennen virallisia mittauksia, virheellisten mittausten välttämiseksi. Esitestauksissa sensorin ja Android-sovelluksen välinen yhteys ei ollut toiminut täysin virheettömästi, minkä vuoksi testaus oli pakollinen.

Mittaukset otettiin vähintään 5 sekunnin näytteinä ja jokaisesta asennosta otettiin vähintään kolme näytettä. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin 52 Hz:n näytteenottotaajuudella, jonka jälkeen tavoitteena oli löytää matalin mahdollinen näytteenottotaajuus, jota olisi voinut käyttää mittauksessa luotettavien tulosten saavuttamiseksi.

Koiran asennot olivat:

- makaa
- istuu
- seisoo
- syö / juo
- seisoo kahdella jalalla
- hyppy sohvalle.

### 3.2.2 Mittaustiedonkeruu

Fredi-koiralla oli tarkoitus kerätä testidataa kahdella eri mittauskerralla. Ensimmäisissä mittauksissa suoritettiin jokaisen eri asennon mittaaminen. Näiden mittaustulosten perusteella oli tarkoitus supistaa testattavien asentojen määrää ja keskittyä asentoihin, jotka olivat kiihtyvyyden kannalta yhteneviä kahdella jalalla nousemisen kanssa. Ensimmäiset mittaustulokset toimivat referenssinä seuraavien mittaustulosten analysoinnissa. Toisissa mittauksissa oli tarkoitus keskittyä ensimmäisten mittaustulosten kannalta merkittävimpiin asentoihin ja pyrittiin keräämään puhdasta, vertailukelpoista tietoa beta-algoritmin kehitykseen.

Seuraavaksi mittauksissa käytettiin Nasu-koiraa. Nasun rotu on yksi yleisimmistä virkakoira-roduista, jonka vuoksi näiden mittausten arvo oli todella suuri algoritmin kehittämisen kannalta. Mittauksissa kerättiin tietoa vain merkittävimmistä asennoista, jotka olivat selvinneet Fredi-koiran mittaustuloksista.

Mittauksia tehtiin myös Vempillä ja Terillä, vaikka ne eivät olleet rotunsa puolesta soveltuvia virkakoiriksi. Näiden mittausten tarkoituksena oli kerätä mittaustietoja erilaisista koirista ja tutkia, eroavatko pienempien koirien kiihtyvyydet virkakoira-rotujen kiihtyvyyksistä. Nämä mittaukset toteutettiin Kaunilan työntekijän toimesta, minkä vuoksi vastuulleni jäi vain tiedonkäsittely. Molemmilta koirilta mitattiin istumaan meno, sohvalle hyppääminen ja kahdella jalalla seisominen.

Ensimmäiset mittaukset suoritettiin aikaisessa vaiheessa, koska tiedonkäsittely sekä uusien ohjelmistojen opettelemiseen kului paljon aikaa ja harjoitusmateriaalia oli saatava mahdollisimman aikaisin. Mittaustilanteiden suorittaminen tarvitsi myös harjoittelua, jonka vuoksi etukäteen laadittiin tarkka suunnitelman. Muistiinpanoja pyrittiin ottamaan mittausten aikana ja tarkoituksena oli myös videoida mittaustilanteet.

### 3.3 Tiedonkeruulaitteet

#### 3.3.1 Suunto Movesense

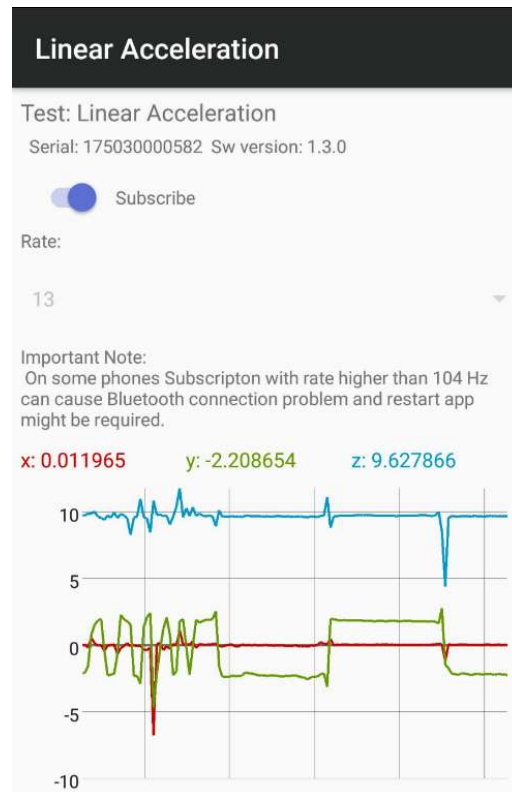
Työssä päädyttiin käyttämään Suunnon Movesense-sensoria, koska kyseinen tuote oli jo käytössä Kaunilan muissa tuotteissa. Sensori soveltuu koiran mittaamiseen hyvin, koska se on kevyt ja pieni, jotka ovat tärkeitä ominaisuuksia koiran mittaamisessa. Tavoitteena on mitata koiran liikkeitä aiheuttamatta koiralle ylimääräistä vaivaa. Movesense-sensorilla on mahdollista tutkia kiihtyvyyssanturin soveltuvuutta asentotietojen määrittämiseen. Kaunilan kehittämä joustava mittauspanta tuki myös sensorin käyttöä tässä työssä, koska sen on todettu soveltuvan huomaamattomaan koiran mittaamiseen.

#### 3.3.2 Android-laitteet

Tässä työssä käytettiin Suunnon kehittämää Movesense-mobiilisovellusta tiedonkeruuseen, jota tässä insinööriyössä tehtiin Sony Xperia M5 Android -älypuhelimella, jossa on Android 6.0 Marshmallow -käyttöjärjestelmä. Toisena tiedonkeruulaitteena käytettiin Acer B3-A20 tablet -tietokoneella, jossa oli Android Lollipop 5.1 -käyttöjärjestelmä. Tiedonkeruusovelluksessa valittiin käytettävä anturi kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin, magnetometrin, EKG:n ja lämpötilan väliltä. Sovelluksella on mahdollista tehdä mittauksia useamman anturin yhdistelmänä.

Tässä työssä käytettiin vain lineaarista kiihtyvyyttä mittaavaa kiihtyvyyssanturia. Anturin lisäksi valittiin näytteenottotaajuus, joka valitaan sen mukaan, kuinka monta näytettä halutaan rekisteröidä yhden sekunnin aikana. Kun mittaus käynnistettiin, mobiilisovellus alkoi tallentamaan sensorilta saapuvaa mittaustietoa mobiililaitteelle. Mittaustiedot tallentuivat tekstitiedostoihin, joista tämä tieto siirrettiin tietokoneelle jatkokäsittelyä varten. Kuvassa 6 on näkymä Android-puhelimen tiedonkeruusovelluksesta, kun mittaus on käynnissä. Kuvan yläosassa on mittauksen käynnistyspainike ja näytteenottotaajuuden

alasetoivalikko. Kuvan alaosassa näkyy reaaliaikaisesti päivittyvä kuvaaja sekä X-, Y- ja Z-akselien kiihtyvyyssarvot. Esimerkkikuvaan valittiin näytteenottotaajuudeksi 13 Hz.



Kuva 6. Kuva datankeruu-sovelluksesta mittauksen aikana.

Tiedonkeruutoiminnon lisäksi sovellukseen on kehitetty alusta kehitettävälle algoritmille. Tässä työssä kehitetään toimintoja, joiden avulla mobiilikehittäjä voi luoda uusia ominaisuuksia mobiilisovellukseen. Kuvassa 7 on Kaunilan testisovellus, jolla seurataan koiran asentoa (Dog Standing State) ja sitä, kuinka kauan yksi seisomiskerta on kestänyt (Standing Time). Muut tarvittavat parametrit, kuten koiran takajaloilla seisomisen toistojen määrä ja kokonaisaika tallentuvat mobiililaitteelle tekstitiedostona. Kuvan keskiosassa on tallennuksen käynnistävä Subscribe-painike.



Kuva 7. Kuva algoritmin testaamiseen kehitetystä sovelluksesta, kun koira seisoo.

### 3.4 Algoritmikehitys

#### 3.4.1 RStudio

Tiedonkäsittely tehtiin ensisijaisesti RStudiolla, joka on graafinen ohjelmointiympäristö R-kielelle. R on integroitu ohjelmistokokonaisuus tietojen manipulointiin, tieteelliseen laskentaan ja graafiseen esittämiseen. Valitsin RStudion Matlabin sijaan, koska se on maksuton avoimen lähdekoodin ohjelmisto. [31.]

Mittaustietojen analysoinnilla oli tarkoitus löytää raja-arvot sekä kiihtyvyydelle että kulman muutoksille, jotka johtuivat koiran kahdella jalalla seisomisesta. Nämä raja-arvot selvitettiin kerätyn mittaustiedon perusteella, jonka jälkeen itse algoritmin kehitys RStudiolla aloitettiin. Tiedonkäsittelyssä hyödynnettiin avoimen lähdekoodin kirjastoja, jotka pitivät sisällään kehittäjien luomia funktioita.

#### **Tietojen esikäsittely**

Android-sovelluksella tallennettu tekstitiedosto esikäsiteltiin suodattamalla ylimääräiset merkit tähän luodulla sovelluksella. Tekstitiedosto tallennettiin CSV-tiedostoksi (Comma-Separated Values), joka on yleisesti käytössä oleva tiedostoformaatti. CSV-tiedosto on tuettu tiedostoformaatti RStudiolla sekä Kaunilan analysointiohjelmassa. Analysointiohjelma laskee automaattisesti CSV-tiedoston kiihtyvyydatasta parametreja, kuten kokonaiskiihtyvyyden sekä kallistuskulmat. Oletuksena tekstitiedosto sisälsi muun muassa näytteenottotaajuuden ja sensorin tallentaman järjestelmän ajan, joita ei tarvittu datankäsittelyssä. Esikäsitelyssä luotiin datasetti, johon oli eroteltu pilkulla kiihtyvyyssanturidatan X-, Y- ja Z-akselit.

## RStudion tietojenkäsittely

Esikäsitteilyn jälkeen datasetti tuotiin RStudioon, ja tallennettiin datakehikseksi, joka piti sisällään kiihtyvyyssdatan muuttujat X, Y ja Z. Rstudio havaitsi automaattisesti tiedon tuontivaiheessa eri muuttujat, mikäli datasetti oli esikäsitelty oikeaan muotoon. Jos datasetin muuttujilla ei ollut kuvaavaa nimeä, niin tässä vaiheessa se oli hyvä lisätä myöhemmän tiedonkäsittelyn helpottamiseksi. Tämän jälkeen muuttujat olivat datakehiksessä sarakkeittain helposti käytettävissä. Ennen tiedonkäsittelyä oli tarkistettava, onko muuttujissa tyhjiä rivejä. Mikäli niitä löytyy, niin ne rivit oli poistettava.

Kiihtyvyyssdatan analysoinnissa pyrittiin havaitsemaan X-, Y- ja Z-akseleilla tapahtuvaa kiihtyvyyden muutosta, kun koira nousee seisomaan takajaloilleen. Kun tämä tieto oli vahvistettu, niin eri näytteitä voitiin analysoida ja vertailla keskenään. Näytteiden vertailussa pyrittiin löytämään toistuvia kiihtyvyyden raja-arvoja, joiden pohjalta algoritmin kehitys pystytään aloittaa. Alustavan algoritmin kehitys voitiin toteuttaa RStudiolla, koska kehitettävän algoritmin logiikka on mahdollista toteuttaa kaikilla ohjelmointikielillä.

Kiihtyvyyksien visuaaliseen tarkasteluun työssä käytettiin kiihtyvyyssdatan kuvaajia, jotka muodostettiin R-scripteillä. Samaan kuvaajaan oli tärkeä saada kaikki kolme kiihtyvyyssakselia. Työssä käytettävänä menetelmänä toimi kuvaajien luominen rajaamalla pois tarpeettomat tulokset. Kuvaajia muodostettiin siten, että näytteen 100 kohdalla on ensimmäinen kiihtyvyyssiikki. Tämä helpotti kuvaajien silmämääräistä vertailua keskenään. Näyte 100 valittiin, koska se vastasi mittausprotokollan 2 sekunnin kohtaa. Kiihtyvyyden ja kulman muutokset, jotka liittyvät kahdella jalalla seisomiseen, ilmenevät 100 näytteen aikana, eivätkä tätä aikaisemmat tapahtumat olleet analysoinnin kannalta merkittäviä.

## Rstudio alustava algoritmi

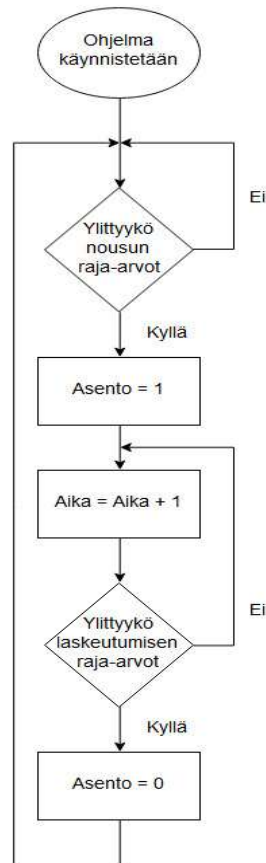
Alustava algoritmi kehitettiin RStudiolla, koska mittaustietoja käsitellään kyseisellä ohjelmalla ja se soveltuu hyvin ohjelman logiikan kehittämiseen. Datakehikoita on helppo ajaa R-skripteillä, jotka toimivat alustavina algoritmeina. Tällä tavalla algoritmin logiikan toimivuutta saatiin testattua helposti ja nopeasti. Algoritmi oli käännettävissä toiselle kielelle jälkikäteen, kun kehitys siirtyi seuraavalle tasolle.

Alustavasta algoritmista luotiin yksinkertainen vuokaavio, joka kuvasi karkeasti ohjelman toimintaa. Ohjelman logiikka toteutettiin pysyväisväittämällä sekä ehtolauseilla, jotka

määrittävät kiihtyvyydatan perusteella ohjelmassa suoritettavat toiminnot. Algoritmin tehtävänä oli tunnistaa kahdella jalalla seisominen, laskea kumulatiivisesti kahdella jalalla seisomisen määrä sekä kokonaisaika. RStudiolla tehtyjen analyysien ja alustavan ohjelman logiikan perusteella aloitettiin sensorille kehitettävän C++-ohjelman kääntäminen. Kuvassa 8 on suuntaa-antava vuokaavio algoritmista. Siihen on lisätty vain merkittävimmät komponentit, jotta lukija saa käsityksen ohjelman logiikasta.

Ohjelman logiikka suunniteltiin toimimaan seuraavasti:

1. Ohjelma käynnistyy oletusarvoilla, jotka on määritelty muuttumattomina raja-arvoina. Seisomisen alustetaan tilaan "EPÄTOSI", joka on ohjelmassa arvona 0. Seisomisen aikalaskuri ja nousemiskertalaskuri alustetaan käynnistämisen yhteydessä.
2. Sovelluksen täytyy havaita kahdelle jalalle nousemisesta aiheutuva kiihtyvyys, joka ylittää määritetyt kiihtyvyyden sekä kulman muutoksen raja-arvot.
3. Raja-arvojen ylittyessä, seisomisen tila vaihtuu tilaan "TOSI", joka on ohjelmassa arvona 1. Tämä käynnistää laskurin, joka laskee seisomisen kokonaisaika ja kumulatiiviseen nousemiskertalaskuriin lisätään yksi seisomiskerta.
4. Seisomisen tila on totta, ja kokonaisaikalaskuri on käynnissä, kunnes laskeutumisen ehdot toteutuvat. Kun laskeutumisen ehdot toteutuvat, asetetaan seisomisen totuusarvo tilaan "EPÄTOSI".



Kuva 8. Kehitetyn algoritmin pelkistetty vuokaavio.

### 3.4.2 Microsoft Visual Studio 15

Microsoft Visual Studio on ohjelmankehitysympäristö, jossa voidaan ohjelmoida useilla ohjelmointikielillä. Ohjelmankehitysympäristössä on mahdollista luoda esimerkiksi työpöytäsovelluksia, web- sekä mobiilisovelluksia. Algoritmin lopullinen kehitys ja testaus tapahtuivat Visual Studio -ohjelmointiympäristössä C++-kielellä, jonka jälkeen valmis algoritmi integroitiin Movesense-sensorin järjestelmään. Kaunila Oy käyttää Visual Studiota algoritmien kehittämiseen, jonka myötä työssä päädyttiin käyttämään sitä. [32.]

Työssä käytetyltä kolmiakseliselta kiihtyvyyssanturilta saatiin kiihtyvyydataa, joka tallennettiin väliaikaisesti taulukkoon. X-, Y- ja Z-akseleiden datalle oli luotu kolmisarakkeinen taulukko, josta tieto käsiteltiin. C++-ohjelmassa käytettiin sensoridatan analysointiin jono-tietorakennetta, joka toimii väliaikaisena muistina. Jono-tietorakenteen toiminta tapahtuu FIFO-periaatteella (First-In First-Out) tarkoittaen sitä, että kun ennalta määritellyt muistipaikat täyttyvät, niin tietorakenteen vanhin alkio vedetään pois jonosta, jonka jälkeen uusi alkio työnnetään jonon perälle. Jonon toteuttamiseen suositellaan rengaspuksuria, jonka etuna on tiedon automaattinen siirtyminen tietorakenteessa, eikä tietorakenteen alkioita tarvitse siirtää erikseen. [25, s. 238; 26, s. 55.]

### 3.5 Tulosten analysointi

Algoritmin testauksessa keskitytään seuraaviin vaatimuksiin:

- Tunnistaako algoritmi koiran kahdelle jalalle nousemisen?
- Tunnistaako algoritmi koiran kahdelta jalalta laskeutumisen?
- Käynnistyykö seisomisen aikalaskuri?
- Sammuuko seisomisen aikalaskuri?
- Nollautuuko aikalaskuri suoritusten välissä?
- Toimiiko kokonaisaikalaskuri?

Algoritmin testauksessa käytetään kahta labradorinnoutajaa ja molemmilta otetaan 30 näytettä siitä, kun koira nousee seisomaan kahdelle jalalle ja laskeutuu takaisin neljälle jalalle. Kahdella jalalla seisominen toteutetaan koiran kanssa siten, että se houkutellessaan seisomaan ihmistä vasten. Seisomista monitoroidaan mobiilisovelluksesta, jonka avulla listauksessa esitellyt vaatimukset pystytään tarkistamaan. Listassa viimeisenä oleva kokonaisaikalaskuri ei näy mobiilisovelluksessa, vaan se tarkistetaan mobiililaitteelle tallentuvasta tekstitiedostosta.

Validointivaiheessa testataan, kuinka varmasti algoritmi havaitsee kahdelle jalalle nousemisen sekä laskeutumisen neljälle jalalle. Insinööriyössä tehtävä validointi tehdään pienellä otannalla, koska kyseessä on tuotteen prototyyppi. Tuotteen jatkokehityksessä toteutetaan testaus suurella otannalla.

## 4 Tulokset ja pohdinta

### 4.1 Mittaustulokset

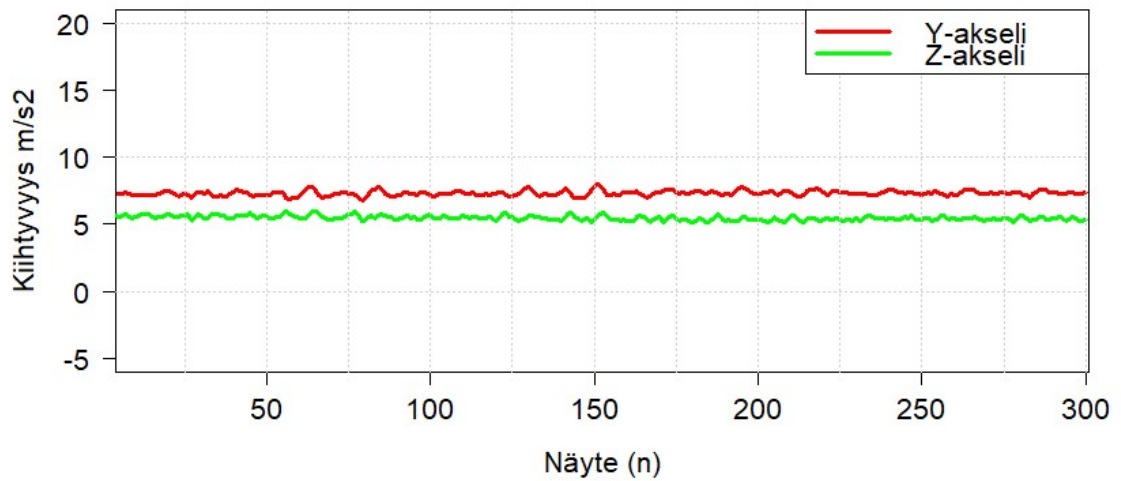
Fredi-koiran ensimmäiset mittaukset osoittautuivat pääosin epäonnistuneiksi mittausteknisistä syistä. Kaikki näytteet, jotka otettiin koiran eri asennoista, olivat noin 3 sekunnin mittaisia, koska Movesense-sensorin ja Android-laitteen yhteys katkesi mittausten aikana toistuvasti. Tämä ongelma johtui siitä, että sensori ei tue kaikkia Android-versioita. Vaikka mittaukset katkesivat, niin eri asentotietoja saatiin tallennettua, jonka johdosta pystyttiin rajaamaan jatkossa mitattavien asentojen määrää. Syö/juo, istuminen ja maahan meno pystyttiin rajaamaan pois seuraavista mittauksista, koska liikkeistä syntyvä

kiihtyvyys ei ollut verrannollista kahdella jalalla seisomisen kanssa. Mittaustulosten perusteella pystyi kuitenkin tekemään suuntaa-antavia arvioita kiihtyvyyksistä sekä kulman muutoksista, jotka johtuvat kahdella jalalla seisomisesta. Ensimmäisten mittausten yksi tavoite oli saada mittaustietoa, jonka pohjalta voidaan erotella eri asennot ja luoda suunnitelma kahdella jalalla seisomisen löytämiseksi.

Fredin mittaukset oli tarkoitus toistaa eri Android-laitetta käyttämällä, mutta nämä testit peruttiin, koska kyseisellä testikoiralla havaittiin vakavaa nivelrikkoa. Tämän johdosta kyseinen koira jouduttiin lopettamaan, jonka vuoksi toiset mittaukset tehtiin suunnitelmasta poiketen Nasu-koiralla.

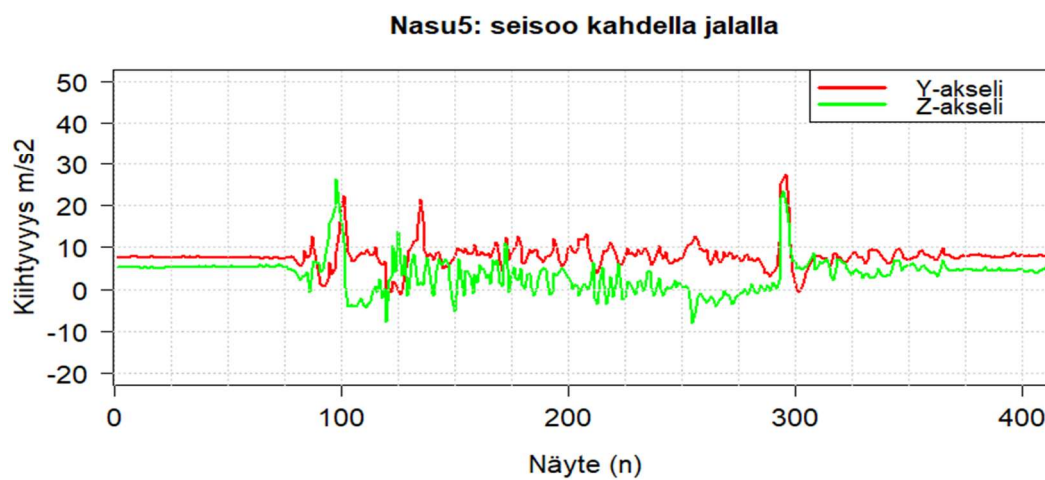
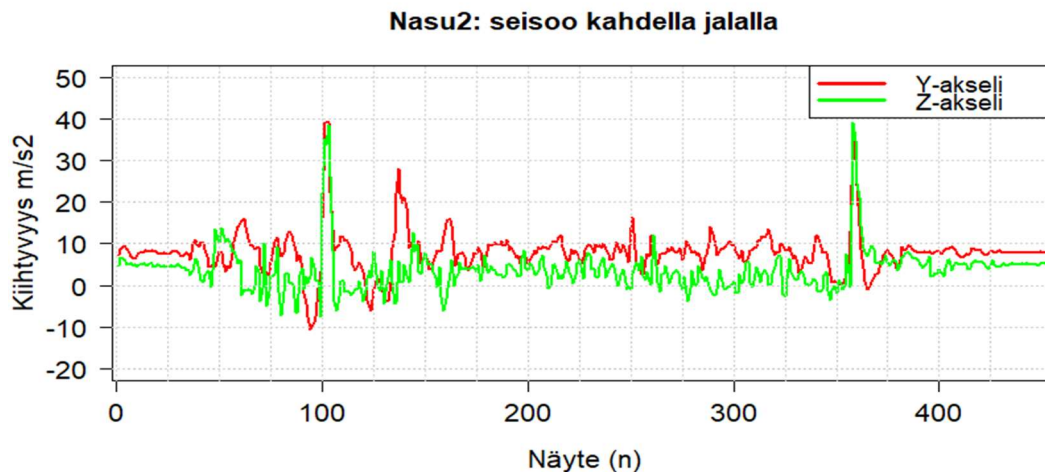
Ensimmäiset täysin onnistuneet mittaukset suoritettiin Nasu-koiralla. Nasun mittauksissa kerättiin mittaustietoja pääosin koiran kahdella jalalla seisomisesta, koska Fredin mittausten perusteella pystyttiin rajaamaan asentojen määrää. Kuvassa 9 on Nasun asento ennen nousua kahdelle jalalle, jolloin katse suuntautuu yläviistoon. Asennosta johtuva staattinen kiihtyvyys näkyy yläpuolella olevassa kuvaajassa. Koira ei liikkunut kyseisen näytteenoton aikana, jonka vuoksi akselien arvoihin vaikuttaa pääosin maan vetovoima, joka vaikuttaa sekä Y- että Z-akseliin. Toistuvia kiihtyvyyden raja-arvoja ja kulman muutoksia löytyi Nasun tulosten analysoinnin aikana, jonka pohjalta alustavan algoritmin kehitystyö aloitettiin. Algoritmin kehittäminen ja testaus onnistui Rstudiolla helposti, koska mittaustiedot olivat tallentuneet ohjelmaan datakehikoiksi. Mittaustuloksia analysoitaessa koiran sivuttaisliikettä (X-akselia) ei huomioida kiihtyvyyden raja- arvojen osalta, koska se ei ole merkittävää kahdella jalalla seisomisen tarkistelemissä.

### Nasu neljällä jalalla



Kuva 9. Yläpuolella on kuvaaja koiran neljällä jalalla seisomisen kiihtyvyydestä ja alapuolella Nasu mittaustilanteessa, jonka Y- ja Z-akselit on esitetty.

Nasun mittaukset onnistuivat kahden jalan seisomisen osalta hyvin, ja puhtaita referenssimittauksia saatiin kerättyä. Näiden mittaustulosten perusteella alustavan algoritmin kehittäminen oli mahdollista aloittaa RStudiolla. Kiihtyvyyden ja kulman muutokset olivat hyvin havaittavissa, joten alustavan algoritmin raja-arvoja pystyttiin määrittämään. Kuvasssa 10 on kaksi kuvaajaa Nasun nousemisesta kahdelle jalalle sekä siitä laskeutumisesta. Kaikissa näytteissä varsinaisesta kahdelle jalalle noususta aiheutuva kiihtyvyyden piikki on sijoitettu näytteen 100 kohdalle. Kuvaajan apuruudukko vaakatasossa on 25 näytteen välein ja pystytasossa  $10 \text{ m/s}^2$  välein.



Kuva 10. Kuvaaja koiran neljällä jalalla seisomisen kiihtyvyydestä.

Ennen nousua kiihtyvyys putoaa Y- ja Z-akseleilla, jonka jälkeen tulee korkea piikki. Silmäääräisesti kuvaajasta näkee ensimmäisen piikin kohoavan ensimmäisessä näytteessä lähes  $40 \text{ m/s}^2$  ja Nasu5-näytteessä piikki on yli  $20 \text{ m/s}^2$ . Nämä mittaukset on suoritettu samalla koiralla. Tehtiin sama liike, mutta kiihtyvyyden suuruudet eroavat toisistaan merkittävästi sekä nousun että laskeutumisen kohdalla.

Mittauksia tehtiin kahdelle pienemmälle koiralle, jonka myötä ymmärrys eri kokoisten koirien kiihtyvyyksistä eri asennoissa lisääntyi. Vempin ja Terin asentotietojen perusteella oli mahdollista rajata tulevaisissa testauksissa mitattavien asentojen määrää, koska esimerkiksi koiran istumisesta johtuva kiihtyvyyden määrä eikä kulman muutos ole verrannollista kahdella jalalla seisomiseen riippumatta koiran kokoluokasta. Sama johtopäätös tehtiin syömisen tai juomisen ja makaamisen kohdalla. Mittauksia tehtiin myös koiran hyppäämisestä sohvalle, joka tulosten perusteella ei ollut verrannollista kahdella jalalla seisomisen kanssa. Kiihtyvyyden suuruudet esimerkiksi kahdelle jalalle nousemisessa vaihtelevat huomattavasti riippuen koiran kokoluokasta ja koiran aktiivisuudesta.

## 4.2 Algoritmin validointi

Mittaukseen valittiin Rähä ja Rusina, jotka ovat rotunsa puolesta soveltuvia algoritmin validointiin. Testikoirat näkyvät kuvassa 11. Koska kyseessä on prototyyppi eikä lopullinen tuote, niin algoritmia päädyttiin testaamaan vain kahdella koiralla. Molemmat koirat nousivat testitilanteessa 30 kertaa seisomaan kahdelle jalalle, ja näiden tulosten perusteella algoritmin toimivuutta arvioidaan.



Kuva 11. Kuvassa vasemmalla puolella on Rusina ja oikealla Rähä.

Rusinan mittaustulokset osoittautuivat tyydyttäväiksi. Algoritmi tunnisti 23/30 nousua, joten nousun tunnistamisen tarkkuus on 77 %. Näistä 23 kahdella jalalla seisomisista laskeutuminen tunnistettiin 18 mittauksesta, ja laskeutumisen kokonaistarkkuudeksi saatiin 18/30, joka on 60 %:n tarkkuus.

Rähän mittaustulokset olivat tyydyttävät. Algoritmi tunnisti 22/30 nousua, joten nousun havaitseminen toimi 73 %:n tarkkuudella. Näistä 22 kahdella jalalla seisomisista laskeutuminen tunnistettiin 15 mittauksesta. Kokonaisuudessa laskeutuminen tunnistettiin 15/30 noususta eli laskeutumisen tarkkuudeksi saatiin 50 %.

Kokonaisuudessaan algoritmi tunnisti kahdelle jalalle nousemisen 45/60 noususta, jolloin tarkkuudeksi saatiin 75 %. Näistä 60 kahdella jalalla seisomisesta laskeutuminen tunnistettiin 33 kertaa, joka on 55 %. Koirien mittaustuloksien perusteella algoritmi on toimiva, mutta tarkkuudessa on parantamisen varaa. Nousemisen havaitsemisen tarkkuus on 75 %, joka on kohtuullisella tasolla ja on riittävän tarkka. Laskeutumisen tarkkuus on 55 %, joka ei ole vielä riittävän tarkka. Prototyyppiksi tulokset kuitenkin ovat kohdalliset, ja työn tulokset ovat insinööriyöksi varsin riittäviä.

Taulukko 4. Algoritmin testauksen tulokset.

Koira	Nousu	Laskeutuminen
Rusina	23/30	18/30
	77 %	60 %
Räyhä	22/30	15/30
	73 %	50 %
Kokonaisarvio		
Määrä	45/60	33/60
Osuus %	75 %	55 %

Nämä tulokset osoittavat sen, että kehitetty järjestelmä on toimiva ja sillä pystytään havaitsemaan koiran kahdella jalalla seisominen kohtalaisella tasolla. Työn tarkoituksena oli kehittää prototyyppi, jonka pohjalta todellista tuotetta on mahdollista kehittää. Työssä käytetty mittaustieto oli vähäistä, jonka vuoksi algoritmia ei pystytty kehittämään tämän tarkemmaksi, mutta suuremman otannan mittaustietojen käsittelyllä algoritmia saa kehitettyä tarkemmaksi.

Laskurien toiminta perustuu nousemisen ja laskeutumisen havaitsemiseen, minkä vuoksi laskurit toimivat aina, kun liike rekisteröidään. Aikalaskureiden toimivuus on siis riippuvainen kahdella jalalla seisomisen tunnistamisesta, minkä johdosta testien tulokset ovat identtiset, kuten taulukossa 4 esitettiin. Kokonaisaikalaskuri, yksittäisen seisomisen aikalaskuri sekä seisomisen toistoja laskeva laskuri toimii samalla logiikalla.

Algoritmin heikoimmaksi puoleksi ilmeni laskeutumisen tunnistaminen, joka toimi liian herkästi. Laskeutuminen rekisteröitiin, vaikka koira ei ollut todellisuudessa ehtinyt laskeutumaan. Tämä johtuu siitä, että osassa mittauksista algoritmi huomioi noususta johdettavat parametrit myös laskeutumisen havaitsemisessa. Tämä puolestaan johtui siitä, että koiran tekemät nousut olivat niin voimakkaita, jonka vuoksi kulman muutokset ja kiihtyvyydet rekisteröitiin myös laskeutumisessa.

### 4.3 Haasteelliset tilanteet

Insinöörityön aikana oli haastavaa löytää labradorinnoutajia mittauksiin, minkä vuoksi mittauksia jouduttiin tekemään myös muun rotuisille koirille. Lähipiirissäni on vain yksi labradorinnoutaja, joka vanhan ikänsä puolesta suostui nousemaan kahdelle jalalle vain ensimmäisissä mittauksissa. Kun ensimmäistä algoritmia oli aika testata, niin koira ei

halunnut nousta seisomaan kahden jalan varaan. Työn loppupuolella löysin mittauksista kiinnostuneen henkilön ja kävi ilmi, että hänen läheinen kasvattaa labradorinnoutajia.

Useat mittaukset epäonnistuivat Movesense-sensorin ja mobiililaitteen Bluetooth-yhteyden pätkimisen vuoksi. Tämä selvisi tulosten analysoinnin aikana siten, että kaikki mitaukset olivat kestoiltaan noin kolmen sekunnin mittaisia, eikä varsinainen mitattava liike ollut aina tallentunut tekstitiedostoon. Tiedon lähetysten kanssa oli ongelmia tietyillä Android-laitteilla, mikä ilmeni yhteyden katkeamisena, mutta myös siten, että mobiililaitteeseen ei tallentunut riviäkään kiihtyvyydataa. Ongelman syyksi epäiltiin yhteensopimatonta Android-versiota, varsinkin Sony Xperia M5-älypuhelimien kanssa. Yhteyden ongelmat olivat yleisiä, minkä vuoksi algoritmin kehityksessä käytettiin vähemmän kiihtyvyydataa kuin alun perin suunniteltiin.

## 5 Pohdinta ja johtopäätökset

Insinööriyössä pyrittiin selvittämään, onko ainoastaan kiihtyvyyssanturia käyttämällä mahdollista määrittää koiran asentotietoja. Työn tuloksien perusteella asentotietojen määrittäminen onnistuu pelkän kiihtyvyyssanturin avulla, koska 3-akselisen kiihtyvyyssanturin mittaustiedoista pystytään laskemaan kulman muutokset eri suuntiin. Kiihtyvyyssanturin perusteella pystytään selvittämään koirien liikeratojen ja kulman muutosten myötä niiden asentotiedot erilaisten algoritmien avulla. Tämä edellyttää sensorin kiinnittämistä tukevasti koiraan. Sensorin voisi esimerkiksi kiinnittää koiran valjaisiin, mikä lisäisi sensorin oikeanlaisen kiinnittämisen varmuutta. Yhden anturin algoritmien kehittäminen on kannattavaa, koska virrankulutus on huomattavasti alhaisempaa vain yhtä anturia käyttämällä.

Työssä tavoiteltu virkakoirien kahdelle jalalle nousua rekisteröivän järjestelmän prototyyppi valmistui, ja se on jatkokehitettävissä. Insinööriyössä käytettiin Suunnon Movesense-sensoria kiihtyvyyden mittaamiseen, RStudiota tiedonkäsittelyyn ja alustavan algoritmin kehittämiseen sekä C++-ohjelmointikieltä lopullisen algoritmin kehittämiseen, mikä vietiin sensorille. Työssä saavutetut tulokset algoritmin toimivuudesta olivat kohtalaiset, ja näiden tietojen pohjalta virkakoirille on mahdollista kehittää luotettava tuote.

Mittaustietojen keruu oli haastavaa, koska testeissä käytettiin koiria. Koirat toimivat oman harkintakykynsä mukaan, eivätkä ne aina toimineet toivotulla tavalla. Ylimääräinen

liikehdintä ja yli-innostuneisuus tuotti haasteita mittauksissa, koska tavoite oli saada mahdollisimman puhtaita mittaustuloksia. Toisena suurena haasteena oli sensorin ja Android-laitteiden välinen Bluetooth-yhteys, joka ei toiminut toivotulla tavalla. Tästä syystä useat mittaukset ja testaukset epäonnistuivat. Haasteista huolimatta mittaustietoja onnistuttiin keräämään kohtalainen määrä, jonka pohjalta työtä pystyttiin edistämään.

Työssä ilmeni haasteita työn rajauksen kanssa. Rajaaminen olisi pitänyt tehdä tarkemmin suunnitelmassa, koska laaja työmäärä tuotekehitysprojektissa paisui todella suureksi, jonka vuoksi työn valmistuminen viivästyi. Oli odottamattomia haasteita testikoirien rekrytoinnin kanssa. Yhteysongelmia tai ohjelmointityön vaativuutta ei ollut huomioitu riittävän hyvin suunnitelmassa, vaikka suunnitelmaa muokattiin työn edetessä.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan työn tavoitteena oli toteuttaa algoritmi, joka havaitsee kahdella jalalla seisomisen lisäksi myös koiran lyhytkestoisen hypähdyksen kahdelle jalalle. Lyhytkestoisen hypähdyksen rekisteröiminen kiihtyvyyssanturin mittaustiedoista manuaalisesti oli odotettua haastavampaa, koska nopea hypähdys on kiihtyvyydeltään huomattavasti pienempää kuin kahdelle jalalle nouseminen. Työn ohjaavan opettajan ohjeistuksella päädyttiin rajaamaan insinööriä aikarajoitteen vuoksi siten, että algoritmi ei reagoi pieniin hypähdyksiin. Kehitetty ratkaisu havaitsee vain pidempikestoisen kahdella jalalla seisomisen, jonka rekisteröiminen toteutettiin raja-arvojen ja suhteellisen kulman muutoksen avulla. Työn jatkokehityksessä olisi tärkeää tunnistaa myös lyhytkestoiset hypähdykset, koska myös nämä rasittavat koiran takaraajoja.

Yksi työn tavoitteista oli selvittää alhaisinta näytteenottotaajuutta koiran asentotiedon määrittämiseen, mutta tästä luovuttiin suuren työmäärän sekä ajoittaisen testikoirien puutteen vuoksi. Tämän tiedon määrittäminen olisi vaatinut mittaustietojen uudelleen näytteistämistä tai laajempien mittausten suorittamista eri näytteenottotaajuuksilla. Prototyypin kannalta tämä ei ollut merkittävää tietoa, jonka vuoksi tämä rajattiin työn ulkopuolelle.

Suunnitelman mukaan valmista algoritmia oli tarkoitus testata tullikoirilla heidän oikeassa työympäristössä, jonka myötä tuloksien merkittävyys olisi kasvanut. Tämä jouduttiin rajaamaan ulos työn loppu puolella, koska algoritmin kehitystyö venyi odotettua enemmän. Tämän vuoksi testaukseen valittiin kaksi virkakoirien rotuista koira, jotka pystyivät osallistumaan testaukseen lyhyellä varoituksella.

Algoritmin jatkokehityksessä tulisi keskittyä luotettavuuteen virheellisten asentotietojen suodattamiseksi. Nykyinen algoritmi voi tunnistaa virheellisiä liikkeitä, jotka se voi määrittää kahdella jalalla seisomiseksi. Asentojen tunnistuksen luotettavuutta voisi parantaa laajalla tiedonkeruulla, jossa tutkitaan mahdollisia asentoja, jotka voivat rekisteröityä kahdella jalalla seisomiseksi. Koiran asentotietojen tunnistaminen olisi mahdollista toteuttaa myös koneoppimisen menetelmillä, jonka myötä algoritmi opettaisi itse itseään. Tämä toteutustapa vaatisi suuren määrän mittaustietoja, jonka myötä kone pystyisi luomaan hyvällä tarkkuudella toimivan algoritmin. Tämä edellyttäisi, että koulutusdatasettiin merkattaisiin eri asennot, jonka pohjalta järjestelmä voisi kehittyä.

Työ ja aihe olivat mielenkiintoisia ja siinä käytettävät teknologiat eivät olleet minulle kovin tuttuja ennen työn aloittamista, jonka vuoksi kiinnostuin tästä aiheesta. Työn aikana perehdyin mielenkiintoiseen aiheeseen hyvinvointiteknologian soveltamisesta eläinten mittaamiseen, mikä on yleistynyt uusien teknologioiden myötä. Työ oli laaja, ja se käsitti koiran mittaamista, mittausprotokollan kehittämistä, anturitekniologiaa, tiedonkäsittelyä, ohjelmoimista C++-kielellä ja algoritmin testausta. Opin tämän työn aikana paljon myös startup-yrityksen toimintatavoista, joilla vastaavanlaisia projekteja hoidetaan eri vaiheissa.

## Lähteet

- 1 Piipponen, Petri. 2017. Toimitusjohtaja. Kaunila Oy. Kuopio. Keskustelu 9.11.2017.
- 2 Hyötykoirat yhteistyössä. 2013. Verkkoaineisto. Kennelliitto. <<https://www.kennelliitto.fi/brochures/hyotykoirat/files/assets/common/downloads/publication.pdf>>. Luettu 3.12.2017.
- 3 Rotu. 2018. Verkkoaineisto. Labradorinnoutajakerho ry. <<https://www.laboratori.fi/rotu/>>. Luettu 7.3.2018.
- 4 Saksanpaimenkoira. 2012. Verkkoaineisto. Suomen Kennelliitto-Finska Kennelklubben ry. <<https://docs.google.com/viewer?url=http://www.spl.fi/component/edocman/rotumaaritelma/download?p=1>>. Luettu. 7.3.2018.
- 5 Rotumääritelmä (FCI). 2015. Verkkoaineisto. Suomen Belgianpaimenkoirayhdistys ry. <<https://www.finbelge.fi/rotuesittely/rotumaaritelma-fci/>>. Luettu. 7.3.2018.
- 6 Moore, George E.; Burkman, Kay D.; Carter, Margaret N. & Peterson, Michael R. 2001. Causes of death or reasons for euthanasia in military working dogs: 927 cases (1993–1996). Journal of the American Veterinary Medical Association. Vol. 219, No. 2.
- 7 Sara Logan Wilson. 2017. Verkkoaineisto. Best Dog Activity Monitor: Fitbark vs Tagg vs Whistle vs Link AKC & More!. Canine Journal. <<https://www.caninejournal.com/dog-activity-monitor/>>. Luettu 23.2.2018.
- 8 Koirien aktiivisuuspanta. 2018. Verkkoaineisto. Kaunila Oy. <<http://kaunila.fi/>>. Luettu 20.4.2018.
- 9 Koiran lämpöhalvaus. 2016. Verkkoaineisto. Agria. <<https://www.agria.fi/koira/artikkeleita/sairaudet-ja-terveys/koiran-lampohalvaus/>>. Luettu 4.4.2018.
- 10 Eläinten hyvinvointi Suomessa-kansainvälinen eläinten hyvinvointiraportti. 2012. Loppuraportti. Evira. <[http://www.elaintieto.fi/wp-content/uploads/2015/12/EHV\\_raportti\\_valmis\\_16.5.2012-27hf7uk.pdf](http://www.elaintieto.fi/wp-content/uploads/2015/12/EHV_raportti_valmis_16.5.2012-27hf7uk.pdf)> Luettu 6.3.2018.
- 11 Inhimillistä teknologiaa eläinten hyvinvoinnin parhaaksi. 2018. Verkkoaineisto. Kaunila Oy. <<http://kaunila.fi/eng>>. Luettu 6.3.2018.
- 12 What is MEMS Technology?. Verkkoaineisto. MEMS & Nanotechnology Exchange. <<https://www.mems-exchange.org/MEMS/what-is.html>>. Luettu 2.4.2018.

- 13 Wilson, Jon S. 2004. E-kirja. Sensor Technology Handbook. Elsevier Science & Technology.
- 14 Tähtitiede. Verkkoaineisto. Taulukot.com. <[http://www.taulukot.com/fysiikka/tah-titiede/#putoamiskiihtyvyyys\\_merenpinnan\\_tasolla](http://www.taulukot.com/fysiikka/tah-titiede/#putoamiskiihtyvyyys_merenpinnan_tasolla)>. Luettu 9.3.2018.
- 15 Movesense sensor. 2017. Verkkoaineisto. Suunto Oy. <[https://www.movesense.com/wp-content/uploads/2017/11/Movesense-Sensor-Datasheet\\_-\\_20171109.pdf](https://www.movesense.com/wp-content/uploads/2017/11/Movesense-Sensor-Datasheet_-_20171109.pdf)>. Luettu 3.12.2017.
- 16 iNEMO inertial module: always-on 3D accelerometer and 3D gyroscope. 2017. Verkkoaineisto. STMicroelectronics. <<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/a3/f5/4f/ae/8e/44/41/d7/DM00133076.pdf/files/DM00133076.pdf/jcr:content/translations/en.DM00133076.pdf>>. Luettu 12.3.2018.
- 17 Sazonov, Edward; Neuman, Michael R. 2014. E-kirja. Wearable Sensors. Academic Press. Chap. 2.2.
- 18 Tesla, unit of energy measurement. Verkkoaineisto. Encyclopedia Britannica. <<https://www.britannica.com/science/tesla>>. Luettu 19.4.2018.
- 19 Mononen, Jaakko; Frondelius, Lilli; Vuorela, Timo; Pastell, Matti & Hietaoja, Juha. 2013. Loppuraportti. Remowel: Uudet hyvinvointiteknologiat tuotantoeläinten terveyden ja hyvinvoinnin pitkäaikaisseurannassa. <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/maaninka/tutkimus/elainten-hyvinvointi-ja-tuotantoymparisto/Hankkeet/Remowel%20loppuraportti2.pdf>>. Luettu 18.4.2018.
- 20 Valentin, Giancarlo; Alcaidinho, Joelle; Howard, Ayanna; Jackson, Melody M.; Starner, Thad. 2016. E-aineisto. Creating Collar-sensed Motion Gestures for Dog-Human Communication in Service Applications. <[https://www.researchgate.net/publication/309204333\\_Creating\\_Collar-sensed\\_Motion\\_Gestures\\_for\\_Dog-Human\\_Communication\\_in\\_Service\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/309204333_Creating_Collar-sensed_Motion_Gestures_for_Dog-Human_Communication_in_Service_Applications)>. Luettu 18.4.2018.
- 21 Tietoa Suunnosta. Verkkoaineisto. Suunto Oy. <<http://www.suunto.com/fi-FI/Tietoa-Suunnosta/>>. Luettu 6.3.2018.
- 22 Suunto Smart Sensor. Verkkoaineisto. Suunto Oy. <<http://www.suunto.com/fi-FI/Tuotteet/Sykevyot/Suunto-Smart-Sensor/>>. Luettu 22.3.2018.
- 23 LIS3MDL Datasheet. 2017. Verkkoaineisto. STMicroelectronics. <<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/54/2a/85/76/e3/97/42/18/DM00075867.pdf/files/DM00075867.pdf/jcr:content/translations/en.DM00075867.pdf>>. Luettu 11.5.2018.

- 24 Definition of algorithm in English. Verkkoaineisto. Oxford Dictionaries. <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/algorithm>>. Luettu 20.3.2018.
- 25 Kolehmainen, Kauko. 2006. C++-ohjelmointi – Algoritmit ja mallit. 1 painos. Jyväskylä: Gummeruksen Kirjapaino Oy.
- 26 Kokkarinen, Ilkka & Ala-Mutka, Kirsti. 2002. Tietorakenteet ja Algoritmit. 2 painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 27 Meriläinen-Tenhu, Minna. 2017. Algoritmit tulevat. Verkkoaineisto. <<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/datatiede/algoritmit-tulevat>>. Luettu 21.3.2018.
- 28 Sane, Kari. Joukkoliikenteen etuudet. Verkkoaineisto. <<http://www.liikennevalot.info/tieto/joukkoliikenteenetuudet.shtml>>. Luettu 28.3.2018.
- 29 Koiran lonkkavika eli lonkkadysplasia. 2016. Verkkoaineisto. Evidensia eläinlääkäriasemat. <<https://www.evidensia.fi/hoitovinkit/koirat/koiran-lonkkavika-lonkkadysplasia/>>. Luettu 12.3.2018
- 30 Movesense sensor power consumption measurements. 2018. Verkkoaineisto. Suunto Oy. <<https://bitbucket.org/suunto/movesense-docs/wiki/Current%20consumption%20table.md>>. Luettu 7.3.2018
- 31 What is R?. Verkkoaineisto. R-Project. <<https://www.r-project.org/about.html>>. Luettu 4.12.2017.
- 32 Visual Studio IDE. Verkkoaineisto. Microsoft Visual Studio. <<https://www.visualstudio.com/vs/>>. Luettu 9.3.2018.