



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

NYKYTEKNOLOGIAN HYÖ- DYNTÄMINEN LEMMIK- KIELÄINTEN HYVINVOIN- NIN SEURANNASSA

TEKIJÄ: Markus Mattola

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Markus Mattola	
Työn nimi Nykyteknologian hyödyntäminen lemmikkieläinten hyvinvoinnin seurannassa	
Päiväys 8.6.2017	Sivumäärä/Liitteet 23/16
Ohjaaja(t) Yliopettaja Arto Toppinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kaunila Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli nykyteknologian hyödyntäminen lemmikkieläinten hyvinvoinnin seurannassa. Työssä perehdyttiin lemmikkieläinten aktiivisuuspantoihin, jotka vastaavat niin teknisesti kuin ominaisuuksiltaan ihmisten aktiivisuusrannekkeita, älykelloja ja aktiivisuutta mittaavia urheilukelloja. Tavoitteena oli työn toimeksiantajan Kaunila Oy:n lemmikkieläinten aktiivisuuspantatuotteen jatkokehittäminen.</p> <p>Opinnäytetyö rakentui kahdesta osasta. Työn ensimmäinen osio koostui selvitysosasta, jossa vertailtiin markkinoilla olevien aktiivisuuspantojen ominaisuuksia, teknologioita sekä ratkaisuja. Osion tavoitteena oli perehtyä markkinoilla tällä hetkellä oleviin tuotteisiin sekä kehitysvaiheessa oleviin tuotteisiin Kaunilan aktiivisuuspannan jatkokehitystä varten. Toinen osio oli kehitysosa, jossa suunniteltiin ja kehitettiin uusi ominaisuus Kaunilan aktiivisuuspantaan. Ominaisuudeksi valittiin kalorinkulutuksen toteuttaminen. Aluksi perehdyttiin koirien kalorinkulutukseen, josta saatujen tietojen pohjalta kehitettiin algoritmi kumulatiivisen kalorinkulutuksen laskemiseksi. Viimeisenä vaiheena oli ominaisuuden testaaminen ja tuloksien luotettavuuden arvioiminen mahdollista algoritmin muokkaamista varten.</p> <p>Työn lopputuloksena kehitettiin algoritmi kalorinkulutuksen laskemiseksi kiihtyvyysanturin datan perusteella. Tulosten samansuuntaisuutta muihin koirien kalorinkulutusta mittaaviin laitteisiin oli vaikea arvioida vertailukohdan puuttuessa. Kalorinkulutuksen suuruus suhteutettiin erilaisista koirista saatuihin tietoihin sekä arvioihin. Kehitettyä ominaisuutta tullaan hyödyntämään Kaunilan aktiivisuuspannan uudessa versiossa.</p>	
Avainsanat aktiivisuuspanta, kiihtyvyysanturi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Markus Mattola			
Title of Thesis Use of Modern Technology in Monitoring of Pet Welfare			
Date	8 June 2017	Pages/Appendices	23/16
Supervisor(s) Mr Arto Toppinen, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Kaunila Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was the utilization of modern technology to monitor pet welfare. The focus was on activity collars for pets, which correspond to the human activity trackers, smart watches and sports watches both technically and by their features. The aim of the thesis was to develop further the dog activity collar by Kaunila Oy.</p> <p>The thesis consisted of a research part that compared the features, technologies and solutions of the pet activity collars in the market and a development part in which a new feature for Kaunila's activity collar was created. After exploring the products on the market as well as those under development, dogs' calorie consumption was chosen as the feature to be developed. The development part consisted of a cumulative calorie consumption algorithm, testing the feature and evaluating its reliability.</p> <p>As a result, an algorithm which calculates the calories burned based on accelerometer sensor data was developed. It was difficult to estimate and compare the calorie consumption feature to other devices because of the absence of a reference point. The magnitude of calorie consumption was related to data from different dogs and estimates. The algorithm will be utilized in the new version of Kaunila's activity collar.</p>			
Keywords activity collar, accelerometer			

ESIPUHE

Kaunila Oy:lle tekemäni opinnäytetyö tarjosi hyvää jatkoa edellisen kesän harjoittelulle Kaunilalla. Opinnäytetyö yhdisti sekä urheilusta että hyvinvointiteknologiasta kiinnostuneisuuteni, joten en olisi voinut toivoa parempaa aihetta. Juuri tämän kaltaista työtä haluaisin jatkossa tehdä.

Haluan kiittää Kaunila Oy:tä todella mielenkiintoisesta ja monipuolisesta aiheesta sekä opastuksesta ja neuvoista opinnäytetyötä koskien. Työ oli hyvin opettavaista. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa yliopettaja Arto Toppista.

Kuopiossa 8.6.2017

Markus Mattola

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	LEMMIKKIELÄINTEN AKTIIVISUUSPANNAT	7
2.1	Kaunilan aktiivisuuspanta lemmikeille	7
2.2	Aktiivisuuspinnan yleinen rakenne	9
2.3	Kiihtyvyyssanturi aktiivisuuspantojen perustana	10
3	AKTIIVISUUSPANTOJEN TUOTEVERTAILU	13
3.1	Ominaisuudet	13
3.2	Teknologiat	15
3.2.1	Sensorit.....	15
3.2.2	Teknologiset ratkaisut	15
3.3	Mobiilisovellukset	17
3.4	Markkinoille tulevat lemmikkieläinten aktiivisuus- ja älypannat.....	17
4	KALORINKULUTUKSEN TOTEUTTAMINEN KOIRALLE	19
5	YHTEENVETO.....	21
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	22
	LIITE 1: TUOTEVERTAILUN TAULUKKO	24
	LIITE 2: ARVIOIDUN PÄIVITTÄISEN KOKONAISENERGIANKULUTUKSEN LASKEMINEN.....	24
	LIITE 3: KUMULATIIVISEN KALORINKULUTUKSEN LASKEMINEN	24
	LIITE 4: KUMULATIIVISEN KALORINKULUTUKSEN TULOSTEN TARKASTELU	24

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö nykyteknologian hyödyntämisestä lemmikkieläinten hyvinvoinnin seurannassa keskittyy lemmikkieläinten aktiivisuuspantoihin (älypantoihin), jotka vastaavat niin teknisesti kuin ominaisuuksiltaan ihmisten aktiivisuusrannekkeita, älykelloja sekä urheilukelloja. Pantojen valmistajia on maailmalla lukuisia ja lisää tulee kovaa vauhtia.

Opinnäytetyö rakentuu selvitysosasta ja kehitysosasta. Selvitysosa koostuu markkinoilla olevien lemmikkieläinten aktiivisuuspantojen tuotevertailusta, jossa vertaillaan pantojen ominaisuuksia, teknologioita ja käytettyjä ratkaisuita. Lisäksi osa pitää sisällään katsauksen kehitysvaiheessa oleviin pantoihin. Kehitysosa rakentuu kalorinkulutusominaisuuden suunnittelusta ja testaamisesta Kaunilan lemmikkieläinten aktiivisuuspantatuotteen ympärille. Opinnäytetyötä varten tehdyn salassapitosopimuksen nojalla työssä ei julkaista kalorinkulutusominaisuuden eikä algoritmin yksityiskohtia, koska kehitettyä ominaisuutta tullaan hyödyntämään Kaunilan tuotteen uudessa versiossa. Lisäksi työn kaikki liitteet sisältävät salassa pidettävää tietoa, minkä vuoksi ne on poistettu julkaisusta.

Kaunila Oy on vuonna 2014 perustettu kuopiolainen teknologiayritys, joka hyödyntää langatonta anturi- ja mobiiliteknologiaa eläinten hyvinvoinnin seurantaan ja valvontaan. Kaunilan tuotteita ovat karjasuojien äänenvalvontajärjestelmä, koirien aktiivisuuspanta sekä aktiivisuuspantaa vastaava tuote hevosille. (Kaunila Oy, 2017a.)

2 LEMMIKIELÄINTEN AKTIIVISUUSPANNAT

Lemmikkieläinten hyvinvointia ja päivittäistä aktiivisuutta mittaavat aktiivisuuspannat tai toiselta nimeltään älypannat ovat yleistyneet maailmalla kovaa vauhtia. Lemmikkieläinten terveydestä ollaan entistä kiinnostuneempia ja niiden hyvinvointiin ollaan valmiita satsaamaan entistäkin enemmän. Suomessa on kotitalouksissa tällä hetkellä noin 800 000 koiraa eikä niiden määrän räjähdysmäiselle kasvulle näy loppua. Kissojen määrä on pysynyt ennallaan 600 000 yksilössä. Kaiken kaikkiaan yhä useammalla suomalaisella on jotain lemmikkejä. (Oy Suomen Tietotoimisto, 2016.) Lemmikkieläinten aktiivisuuspannat pyrkivät näille kasvaville markkinoille niin maailmalla kuin Suomessakin.

Lemmikkieläinten aktiivisuuspanna on vastine ihmisten aktiivisuusrannekeille sekä äly- ja urheilukelloille. Ne mittaavat samoja asioita, kuten päivittäistä aktiivisuutta, kalorinkulutusta, matkaa, unen laatua ja jopa sykettä. Monissa pannoissa on myös GPS-paikannus eksyneiden lemmikkien löytämiseksi ja liikkumisen seuraamiseksi. Teknisesti ihmisten ja lemmikkieläinten hyvinvointia tarkkailevat laitteet ovat miltei identtisiä. Ainoa suurempi ero niiden välillä on mitattava kohde. Aktiivisuuspannojen ytimessä on peruskomponenttina kiihtyvyysanturi ihmisille tarkoitettujen laitteiden tapaan ja muita sensoreita, kuten gyroskooppeja, magnetometrejä, barometrejä ja lämpötilasensoreita käytetään samalla tavalla. Tiedonsiirto pannasta mobiilisovellukselle ja pilvipalveluille toteutetaan tavallisesti langattomasti bluetoothilla (BLE), mutta sen rinnalle on tullut myös Wi-Fi-yhteys. GPS-paikannuksen sisältävissä tuotteissa käytetään paikkatietojen välitykseen usein miten GSM-matkapuhelinverkkoa.

Lemmikkieläinten aktiivisuuspannojen valmistajia ja myynnissä olevia laitteita on maailmalla melkoisen paljon ja lisää tulee kovaa vauhtia. Valmistajat tulevat pääasiassa Yhdysvalloista ja Euroopasta. Tuotteiden tärkeimpänä kohderyhmänä ovat tavalliset koiranomistajat, mutta joitakin malleja myydään myös eläinlääkäreiden ja ammattilaisten käyttöön. Uusien ominaisuuksien turvin pannot pyrkivät myös aloille, joissa käytetään apuna koiria, kuten asevoimien tietyissä tehtävissä, poliisi-, etsintä- ja pelastustyössä. Tietyt pannot on suunniteltu koirien lisäksi kissoille sopiviksi laajentaakseen käyttäjäkuntaa. Markkinoilla olevien aktiivisuuspannojen hinnat vaihtelevat muutamasta kymmenestä eurosta useisiin satoihin euroihin.

2.1 Kaunilan aktiivisuuspanna lemmikeille

Kaunilan aktiivisuuspanna on kehitetty koiran hyvinvoinnin tukemiseksi ja seuraamiseksi. Se tallentaa koiran ympärivuorokautiset liikkeet jopa silloin, kun omistaja ei ole paikalla. Päivittäistä aktiivisuutta seuraamalla omistaja voi saada uutta tietoa lemmikin tilasta, unenlaadusta, palautumisesta, rasituksesta sekä monista muista asioista. (Kaunila Oy, 2017b.)

Tuotepaketti (kuva 1) koostuu sensorista sekä koiran koon (S, M, L) mukaisesta pannasta. Panna kiinnitetään koiran kaulaan, jonka jälkeen se alkaa mitata päivittäisiä tapahtumia. Tiedonsiirto pannasta älypuhelimelle ladattavalle ilmaiselle mobiilisovellukselle tapahtuu bluetoothin (BLE) avulla. Sensori on paristokäyttöinen ja sen pariston kesto on käytöstä riippuen noin 500 tuntia. Tuote on

kehitetty ja valmistettu kokonaan Suomessa ja sen sensoriosa on Suunnon valmistama. (Kaunila Oy, 2017b.)



KUVA 1. Kaunilan koirien aktiivisuuspanta (Mattola, 2017-05-07.)

Ilmainen mobiilisovellus (iOS, Android) koostuu livenäkymästä, kalenterinäkymästä ja päivänäkymästä. (Kuva 2.) Livenäkymällä voidaan seurata koiran senhetkistä aktiivisuutta ja sitä, miten sensori reagoi koiran erilaisiin liikkeisiin. Kalenterinäkymä on tarkoitettu koiran pidemmän aikavälin aktiivisuuden seurantaan sen näyttäessä kuukauden kaikkien päivien kokonaisaktiivisuusajat. Haluttua kalenterin päivää painamalla päästään päivänäkymään eli päivän yksityiskohtaisempaan seurantaan. Päivänäkymä koostuu päivän kokonaisaktiivisesta ajasta sekä kuvaajasta, joko näyttää aktiivisuuden jakautumisen päivän jokaisen tunnin välillä. Aktiivisuus jakautuu sovelluksessa kolmeen intensiteettitasoon. Vaalea väri vastaa hyvin kevyttä liikkumista, vaaleanvihreä kävelyä ja tummanvihreä kovempi tasoista liikkumista. Tarkemmin koiran liikkeiden vaikutusta intensiteettitasoihin voidaan seurata livenäkymällä. (Kaunila Oy, 2017b.)

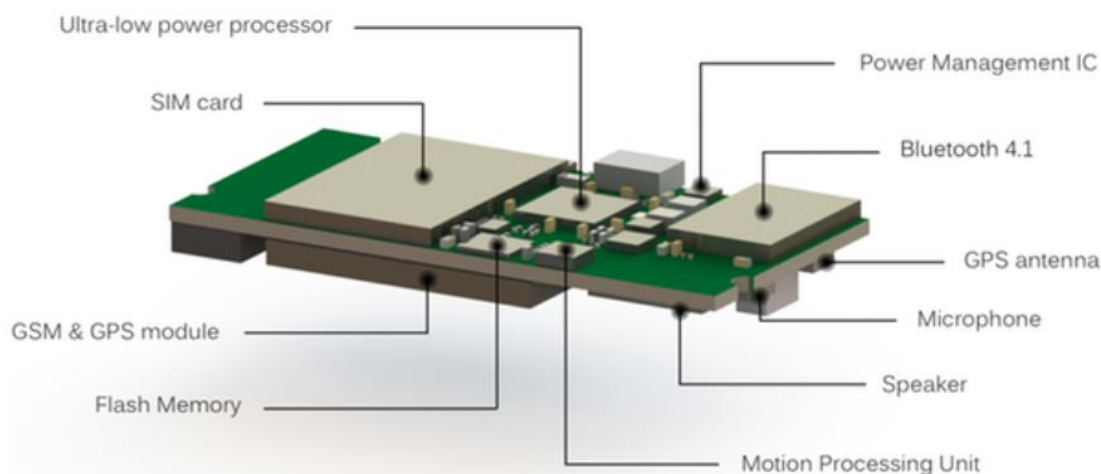


KUVA 2. Kaunilan sovelluksen live-, kalenteri- ja päivänäkymä (Mattola, 2017-05-03.)

2.2 Aktiivisuuspannan yleinen rakenne

Lemmikkieläinten aktiivisuuspantojen yleinen piirikortin rakenne on hyvin samanlainen ihmisten aktiivisuutta mittaavien laitteiden kanssa. Piirikortilla on yleensä aina vähintään mikroprosessori datan käsittelyä ja laskentaa varten, kiihtyvyysanturi aktiivisuuden seuranta varten ja bluetooth/BLE- tai Wi-Fi-moduuli langatonta tiedonsiirtoa varten pannalta mobiilisovellukselle tai pilvipalvelulle. Lisäksi tarvitaan muistia (flash/EEPROM/RAM) varastoimaan esimerkiksi aktiivisuusdataa seuraavaan tiedonsiirtoon saakka. (Dipert, 2015.) Muita usein käytettyjä piirejä ovat integroidu tehonhallintapiiri (Power Management IC) tehon jakamiseen, hallitsemiseen ja valvontaan tai latauspiiri litium-akulle sekä jännitemuunnin virran syöttöön eri komponenteille, kuten prosessorille ja muistille (Tang, 2014). Tehonhallintapiirit suojaavat laitteita yli- ja alijännitteiltä sekä oikosuilta (WÜF, 2017). Mikroprosessoreissa on tavallisesti ARM-pohjaiset Cortex-sarjan ytimet, joiden yleisiä valmistajia ovat muun muassa STMicroelectronics ja Freescale Semiconductor. Bluetooth-moduulit ovat tyypillisesti Nordic Semiconductorin tai Texas Instrumentin valmistamia. STMicroelektronics ja Kionix ovat taas tyypillisiä 3-akselisten kiihtyvyysantureiden valmistajia. (Dipert, 2015.)

Piirikortti voi sisältää monia erilaisia moduuleja ja sensoreita halutuista ominaisuuksista ja teknisistä ratkaisuksista riippuen. Lemmikin paikantamiseksi tarvitaan yleensä GSM & GPS-moduuli paikkatietojen välittämiseen matkapuhelinverkolla pannalta puhelimelle, GPS-antenni sekä yleensä SIM-korttipaikka matkapuhelinverkon liittymälle. Alla on esitetty Wüf:in mallintama aktiivisuuspannan piirikortti (kuva 3), josta erottuvat yleiset komponentit (prosessori, bluetooth-moduuli, flash-muisti, kiihtyvyysanturi) sekä muutama ei niin tyypillinen komponentti (GSM & GPS-moduuli, kaiutin, mikrofoni). (WÜF, 2017.)



KUVA 3. Wüf:in mallintama piirikortti komponentteineen (WÜF, 2017.)

Piirikortin lisäksi aktiivisuuspana tarvitsee energianlähteeksi joko pariston tai ladattavan litium-akun. Aktiivisuuspannoista pyritään tekemään energiatehokkaita, joten piirille valitaan vähän energiaa kulluttavia komponentteja. GPS-moduuli ei ole kovin energiatehokas, jonka vuoksi sen sisältämät laitteet toimivat akulla. Jos piirillä on vain riittävän vähävirtaisia komponentteja, sensoreita ja moduuleja, hyvä vaihtoehto energianlähteeksi on paristo. Pannoista pyritään tekemään myös mahdollisimman pieniä ja kevyitä lemmikkejä ajatellen, joten komponenttien täytyy olla hyvin pieniä. Esimerkiksi MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)-anturien koko on vain muutama millimetri suuntaansa. Tuotteen käytettävyyden kannalta vedenkestävyys on myös tärkeää, joten kaikki johtavat osat suojataan tavallisesti erilaisilla muovisuojilla.

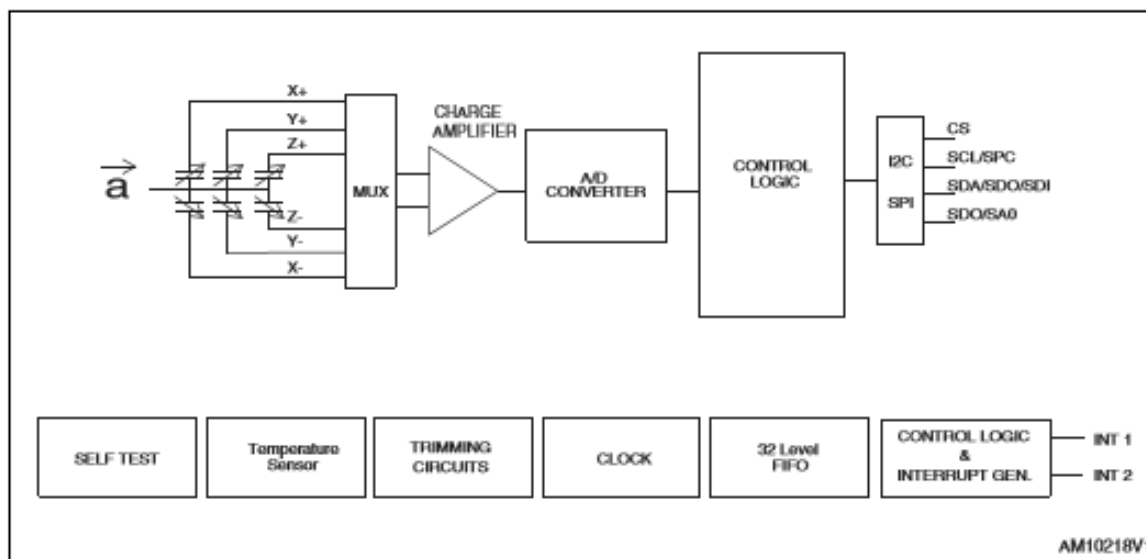
Aktiivisuuspannan älykkyys tulee aina siihen suunnittelusta ja toteutetusta ohjelmistosta. Vaikka piirikortti sisältäisi paljon erilaisia sensoreita ja moduuleita erilaisten asioiden mittaamiseen, ne eivät itsessään aikaansaa laitteen älykkyyttä. Laitteen yksityiskohtaisella ohjelmiston suunnittelulla ja toteutuksella on näin valtava merkitys laitteen älykkyuden tuottajana ja toiminnallisuuden tarjoajana.

2.3 Kiihtyvyyssanturi aktiivisuuspantojen perustana

Kaikki niin ihmisten kuin lemmikkieläinten aktiivisuutta mittaavat laitteet perustuvat kiihtyvyyssanturiin. Kiihtyvyyssanturit (accelerometer) mittaavat nimensä mukaisesti kiihtyvyyttä eli nopeuden muutosta tietyssä ajanjaksona. Anturilla on hyvin laajat käyttökohteet hyvinvoinnin seurannassa. Kiihtyvyyssanturilla voidaan seurata ympärivuorokautista aktiivisuutta eli sitä, kuinka kauan kohde on ollut liikkeessä tietyssä aikana ja millä intensiteetillä eli tehotasolla liikkuminen on suoritettu. Aktiivisuuden perusteella voidaan taas laskea monenlaisia asioita, kuten kohteen kalorinkulutusta. Lisäksi anturia käytetään unen seurantaan ja laadun tarkkailuun havaitsemalla yön aikaista liikehdintää ja sen kautta levottomuutta.

Tyypillinen aktiivisuuspannan kiihtyvyyssanturi on digitaalinen 3-akselinen kapasitiivinen hyvin pienikokoinen MEMS-anturi. Kapasitiivisen sensorin toimintaperiaatteena on mitata liikkeestä syntyvän kiihtyvyyden aikaansaamaa epätasapainoa yleensä kapasitiivisessä puolisolissa eli toisin sanoen sensorelementin liikkeestä aiheutuvia kapasitanssieroja. Epätasapaino syntyy sensorelementin mas-

san liikkumisesta nimellisasennostaan. Kapasitanssiero muutetaan kiihtyvyyteen verrannolliseksi analogiseksi jännitteeksi varausvahvistimen avulla ja viedään lopuksi analogia-digitaalimuuntimelle (ADC tai AD) digitaaliseksi arvoksi muuntamista varten. (Kuva 4.) Muunnoksen jälkeen data siirretään mikrokontrollerille I²C- tai SPI-rajapinnan kautta. (STMicroelectronics, 2011.)



KUVA 4. Lohkokaavio LIS2DH-anturin rakenteesta (STMicroelectronics, 2011.)

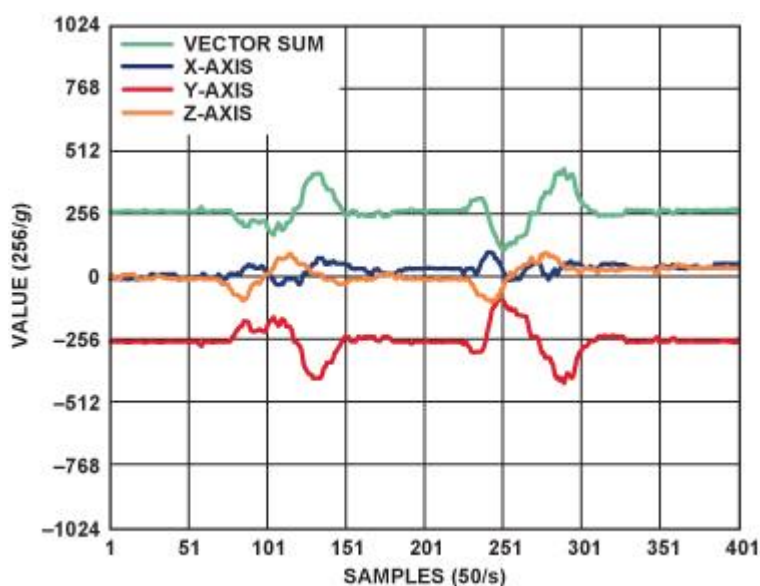
Kiihtyvyyssantureiden perusyksikkönä kiihtyvyydestä käytetään 1g:tä, joka on yhtä suuri kuin maanpinnan vetovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyys $9,807 \text{ m/s}^2$ (Kionix Inc, 2007). Maa vetovoimaan perustuen kiihtyvyydet yhdellä tarkasteltavalla akselilla voivat olla positiivisia tai negatiivisia. Tämä arvon positiivisuus ja negatiivisuus aiheutuu vaikuttavan voiman suunnasta eli siitä onko tarkasteltava anturin akseli kohti maanpintaa vai taivasta. Näin paikallaan tasaisella pinnalla olevan sensorin yhteen akseliin vaikuttaa aina $\pm 1g$ voima ja muihin kahteen akseliin $0g$ voima. (STMicroelectronics, 2011.) Ihmisten tai lemmikkieläinten aktiivisuuden mittaamiseen valitaan antureita, joiden kiihtyvyyalueet ovat $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ tai $\pm 16g$:tä eli pienten kiihtyvyyksien antureita. Suurten kiihtyvyyksien antureita käytetään esimerkiksi iskujen tunnistuksessa ja iskunvaimennuksessa.

Kiihtyvyyteen verrannollinen analoginen jännite perustuu käyttöjännitteeseen (vdd). Yleisesti käytössä olevan käyttöjännitteen $3,3 \text{ V}$ nollakiihtyvyytaso (zero-g offset) on puolet käyttöjännitteestä ($3,3 \text{ V} / 2 = 1,65 \text{ V}$). Nollatason jännitettä alemmat jännitteet kuvastavat negatiivisia kiihtyvyyksiä ja suuremmat positiivisia kiihtyvyyksiä. Yhden g:n kiihtyvyyttä vastaava jännite saadaan kaavalla $(vdd / 2) / g$ eli $\pm 4g$ alueella $1g$ kiihtyvyyttä vastaa arvo $(3,3 \text{ V} / 2) / 4g = 0,4125 \text{ V/g}$ tai $412,5 \text{ mV/g}$. (Kionix Inc, 2017.)

Kiihtyvyyssanturien AD-muuntimet ovat hyvin erilaisia. Joissakin malleissa AD-muunnin on 8-bittinen, mutta se voi yhtä hyvin olla 10-, 12-, 14- tai 16-bittinen. Muuntimen lähdon lukemat voidaan esittää joko etumerkittömänä tai kahdenkomplementtimuodossa. kahdenkomplementtimuodossa 12-bittisen muuntimen arvo vaihtelee -4095 ja $+4094$ välillä, jolloin kiihtyvyyttä $0g$ vastaa muuntimen arvo 0 . Etumerkittömän lähdon arvot vaihtelevat välillä $0 - 4095$ ($2^{12} = 4095$). Nollatasoksi (Zero-g offset) yleensä määräytyy standardiolosuhteissa puolet maksimiarvosta eli 12-bittisellä muuntimella 2048 .

Nollatasoa suuremmat lukemat ovat positiivisia kiihtyvyyksiä ja pienemmät negatiivisia. Sensorin herkkyys määräytyy käytetyn kiihtyvyyalueen mukaan. $\pm 4g$ kiihtyvyyalueella sensorin herkkyys on yleisesti 12-bittisellä muuntimella 512 counts/g (2048 counts / 4g) eli yhden g:n kiihtyvyyttä vastaa muuntimen lukeman kasvu 512:sta. Tämän perusteella kiihtyvyys voidaan laskea kaavalla $a = (A_{out} - 2048) / (512 \text{ counts/g})$ jakamalla muuntimen lähdöstä vähennetyn zero-g offsetin arvon anturin herkkyydellä. (Kionix Inc, 2017.) Counts/g -arvojen sijasta osa antureista näyttää kiihtyvyydet mV/g -arvoina. Silloinkin tietty g:n arvo vastaa tiettyä mV-lukemaa counts-arvoja vastaavasti. Counts-lukemat ovat kiihtyvyyteen verrannollisia skaalattuja arvoja.

Edellä esitetyllä tavalla saadaan kiihtyvyyttä vastaava yksittäinen lukema (näyte) jokaiselta X-, Y-, Z-akselilta. Akseleiden arvoista muodostetaan tavallisesti kokonaiskiihtyvyys. (Kuva 5.) Se kuinka tiheään näytteitä otetaan, riippuu näytteenottotaajuudesta. Monissa aktiivisuutta mittaavissa laitteissa näytteiden kokonaiskiihtyvyydet lasketaan yhteen halutun pituisen ajanjakson (epoch) usein miten minuutin ajalta counts/min-aktiivisuuslukemaksi. Asettamalla haluttuja intensiteettitasoja vastaavat raja-arvot (counts) voidaan määrittää, kuinka kauan aikaa on vietetty kullakin intensiteettitasolla tietyssä ajanjaksossa.



KUVA 5. X-, Y- ja Z-akselilta saadut kiihtyvyyttä vastaavat lukemat ja niiden vektorien summa (Jia, 2009.)

3 AKTIIVISUUSPANTOJEN TUOTEVERTAILU

Markkinoilla olevien aktiivisuuspantojen teknisessä tuotevertailussa vertailtiin tuotteiden ominaisuuksia, teknologioita erityisesti käytettyjä sensoreita sekä laitteissa käytettyjä ratkaisuja. Ratkaisut keskittyivät pääasiassa siihen, oliko käytössä pilvipalvelu ja miten tiedonsiirto pannalta mobiilisovellukselle oli toteutettu. Osa vertailun tuotteista oli ennakkotilausvaiheessa. Uusia kehitysvaiheessa olevia tuotteita, jotka eivät ole vielä ennakkotilausvaiheessa käsitellään myöhemmin luvun lopussa. Kaikkien vertailun tuotteiden tiedot kerättiin taulukkoon, joka on esitetty liitteessä 1.

3.1 Ominaisuudet

Lemmikeille tarkoitettujen tuotteiden ominaisuudet olivat pääsääntöisesti hyvin lähellä toisiaan samaan tapaan kuin ihmisille tarkoitettujen aktiivisuusrannekkeiden ja älykellojen ominaisuudet. Tavallisia ja yleisiä aktiivisuuspannoissa olevia ominaisuuksia olivat:

- päivittäisen (24/7) aktiivisuuden seuranta
- kalorinkulutus
- päivittäisen aktiivisuus- ja/tai kalorinkulutustavoitteen asettaminen
- unen seuranta ja laatu
- muistutuksien asettaminen (muistio)
- GPS-paikannusominaisuudet
 - paikannus
 - liikkumishistoria (reitti lemmikin liikkumisesta kartalla)
 - geoaidat (virtuaalinen turva-alue, josta lemmikin poistuessa syntyy hälytys/varoitus)
 - matka
- erilaiset sosiaaliset yhteisöominaisuudet.

Näiden tavanomaisten ominaisuuksien ja niiden yhdistelmien lisäksi markkinoilla olevissa tuotteissa on muitakin ominaisuuksia. Yhdeksi poikkeavaksi ominaisuudeksi nousi ihmisen päivittäisen aktiivisuuden tuominen verrattavaksi koiran aktiivisuuden rinnalle. Tämä tapahtuu liittämällä yhteensopiva ihmisten aktiivisuusranneke mobiilisovellukseen, jolloin käyttäjä sallii tietojen jakamisen toiselle laitteelle. Ominaisuuden avulla voidaan seurata, kuinka aktiivinen koiran omistaja on ollut suhteessa lemmikkiinsä ja ovatko molemmat saavuttaneet päivittäisen aktiivisuustavoitteen. (FitBark Inc, 2017.) Ominaisuuden huonona puolena on se, että tarvitaan toinen erillinen laite vertailun suorittamiseksi.

Yksi markkinoilla oleva panta nousi esille useammankin ominaisuuden turvin. Panta mittasi lemmikin sykettä, sykeväli vaihtelua, hengitystiheyttä sekä asentotietoja (makaaminen, istuminen, syöminen jne.). Tuote mahdollistaa myös lemmikin terveyden seurannan maksullisella palvelulla. Tämä palvelu analysoi lemmikin dataa ja lähettää hälytyksen havaitusta terveysongelmasta. Näin laite soveltuu tavallisten koiran omistajien lisäksi ammattikäyttöön. (PetPace LLC, 2017.)

Jotkut aktiivisuuspannat yrittävät erottua joukosta erilaisilla sensoriosaan lisättävillä moduuleilla. Moduulit ovat lisälaitteita, joista asiakas voi valita mieleisensä alkuperäiseen sensoriosaan liitettäväksi. Tällaisella järjestelyllä yritetään täyttää mahdollisimman monen asiakkaan erityistarpeita. Tällaisia moduuleja on esimerkiksi LED-valomoduuli lemmikin näkyvyyden parantamiseksi pimeällä liikkuttaessa, äänimoduuli turvallisuuden ja lemmikin löytämisen helpottamiseksi, ultraäänimoduuli koulutuksen ja kontrollin tarpeen täyttämiseksi sekä lisäakku laitteen virran kapasiteetin lisäämiseksi. Mahdollista on myös hankkia USB-moduuli laitteen liittämiseksi ajoneuvoihin, kuten veneisiin tai moottoripyöriin. USB-moduulin avulla laite soveltuu siis lemmikkieläinten seurannan lisäksi ajoneuvoihin laajentaen kohdemarkkinoita. (Pod Trackers Pty Ltd, 2017.)

Jotkut pannot sisältävät aktiivisuuden seurannan ja lemmikin paikannuksen lisäksi koulutusominaisuuksia. Lemmikin kouluttamista yritetään helpottaa erilaisilla äänimerkeillä, värinöillä sekä eritasoisilla stimulaatioilla. Niiden avulla voidaan yrittää estää myös tarpeetonta haukkumista. Yhden valmistajan tarjoama älypuhelimien mobiilisovellus kirjaa ylös haukkumisen lukumäärän pantaan sijoitetun värähtelysensorin avulla. (Garmin Ltd, 2017.) Haukkumista voidaan estää pantaan sisäänrakennetun ultraäänimoduulin avulla. Ultraäänimoduulia voidaan hyödyntää haukkumisen pysäyttämisen lisäksi estämään mahdollisia tappeluita koirien välillä tai rauhoittamaan koira. Yhdessä tuotteessa tämä on mahdollista tehdä joko manuaalisesti sovelluksesta käsin, mutta myös automaattisesti mukana tulevan erillisen tukiaseman kautta. Tukiaseman sisältämä mikrofoni aistii koiran haukkunnan, jolloin ultraäänimoduuli käynnistyy pysäyttäen haukkumisen. (KYON Ltd, 2017.)

Joissakin tapauksissa voi olla hyödyllistä estää lemmikin meno epätoivotuille alueille, kuten roskiksille. Tällöin tarvitaan erillinen laite, joka luo pienen virtuaalisen turva-alueen hälyttäen lemmikin tullessa liian lähellä. (Garmin Ltd, 2017.) Koulutusominaisuudeksi lasketaan myös kaksisuuntainen äänijärjestelmä. Sitä voidaan käyttää hyväksi todella moniin eri tarkoituksiin koulutuksesta haukkumisen pysäyttämiseen. Pannan sisältämän mikrofonin ja kaiuttimen avulla omistaja kuulee lemmikin äänet, mutta voi myös puhua lemmikilleen vaikkapa työpaikalta käsin. (WÜF, 2017.)

Virtuaaliseksi tai näkymättömäksi hihnaksi kutsutaan ominaisuutta, jonka avulla lemmikkiä voidaan kävelyttää ilman hihnaa. Ominaisuus kuitenkin vaatii lemmikin tottelevaisuutta, koska sovellus vain ilmoittaa lemmikin siirryttyä liian kauaksi käyttäjästä keskitetystä säteestä. Lemmikin poistuessa alueelta se täytyy kutsua takaisin. (Findster Inc, 2017b.) Ominaisuus perustuu pannan ja älypuhelimien väliseen bluetooth-yhteyteen. Virtuaalinen hihna on käytössä muutamassa markkinoilla olevassa tuotteessa.

Markkinoilla on useampia pantoja, jotka mittaavat lämpötilaa. Ominaisuuden avulla lemmikin omistaja voi seurata ympäristön lämpötilaa ja havaita sitä kautta milloin lemmikillä on liian kuuma tai kylmä. Panta voi myös antaa automaattisia hälytyksiä liian korkeasta lämpötilasta, jos koira on jätetty kesällä liian kuumaan autoon. Yksi ennakkotilausvaiheessa oleva panta antaa myös hälytyksiä liian matalasta aktiivisuudesta ohjeistaen lemmikin omistajaa lisäämään lemmikkinsä liikunnan määrää.

3.2 Teknologiat

3.2.1 Sensorit

Yhteistä kaikilla vertailun aktiivisuus- ja älypannoilla on se, että ne sisältävät 3-akselisen kiihtyvyyssanturin. Kiihtyvyyssanturi on yleensä tuotteiden tärkein sensori, koska sen ympärille rakentuu monia eri perusominaisuuksia. Gyroskooppien ja magnetometrien käyttö oli sen sijaan paljon harvinaisempaa. Gyroskoopit ovat sensoreita, jotka havaitsevat sensorin kiertymän asteina yleensä kolmen akselin ympärillä. Magnetometrit ovat taas laitteita, jotka mittaavat maan magneettikentän voimakkuutta useilla akseleilla. (Kionix Inc, 2017.) Valmistajista vain yksi ilmoitti käyttävänsä 9-akselista kiihtyvyyssanturia (3-akselinen kiihtyvyyssanturi + 3-akselinen gyroskooppi + 3-akselinen magnetometri) ja muutama 6-akselista kiihtyvyyssanturia (3-akselinen kiihtyvyyssanturi + 3-akselinen gyroskooppi). Luultavasti näitä sensoreita on käytössä parilla muullakin valmistajalla, mutta jotkut valmistajat kertoivat käytetyistä teknologioista todella niukasti.

Lämpötilasensoreita oli käytössä useammassa tuotteissa. Erona niissä oli se, että suurin osa tuotteista mittasi vain ulkoista lämpötilaa eikä lemmikin omaa lämpötilaa, johtuen mitattavan kohteen aiheuttamista haasteista. Valoisuusantureiden, värähtelysensoreiden ja barometrinen korkeusanturien käyttö oli todella vähäistä. Valoisuusanturia käytetään mittaamaan ympäristön valoisuutta, värähtelysensoria havaitsemaan koiran haukkumista sekä haukuntakertojen lukumäärää ja barometristä korkeusanturia nimensä mukaisesti havaitsemaan lemmikin korkeutta. Korkeustiedolla voidaan lisätä paikannuksen tarkkuutta tietämällä esimerkiksi, millä korkeudella lemmikki sijaitsee kerrostalossa.

Harmittavasti monet valmistajat eivät julkistaneet minkäänlaista tietoa käyttämistään sensoreista. Kiinnostavaa olisi ollut tietää, millä menetelmillä mitataan lemmikkien sykettä (optisella sykesensorilla, bioimpedanssisensorilla vai jollakin muulla menetelmällä) ja hengitystiheyttä. Optiset sykesensorit perustuvat sydämen pumppaaman veren virtauksen mittaamiseen havaitsemalla verestä heijastuvan valon voimakkuuksien vaihtelua fotodiodin avulla. Menetelmässä valonlähteenä käytetään LED-valoja. Sydämen lyödessä veren virtaus voimistuu, jolloin heijastuu vähemmän valoa. Vastaavasti lyöntien välissä virtaus heikkenee, jolloin heijastuu enemmän valoa. (Polar Electro Oy, 2017.) Bioimpedanssisensorit perustuvat ihon sähkönjohtavuuden mittaamiseen elektrodien avulla. Tästä tuttua esimerkkinä toimivat sykemittareiden sykevyöt.

3.2.2 Teknologiset ratkaisut

Lemmikkieläinten aktiivisuuspannoissa ja älypannoissa tiedonsiirto eli synkronointi toteutetaan pan-nalta älypuhelimelle BLE:llä (Bluetooth Low Energy). Synkronointi suoritetaan yleensä automaattisesti taustalla tai sovelluksen käynnistettäessä, mutta se on mahdollista tehdä myös manuaalisesti. Joissakin halvemman hintaryhmän pannoissa oli vain manuaalinen synkronointi puhelimesta käsin. Joissakin uudemmissa monesti kalliimmissa pannoissa käytettiin synkronointiin bluetoothin lisäksi Wi-Fi-verkkoa, jota käytetään yleensä tiedonsiirtoon pilvipalveluille. Pilvipalveluja käytetään varastoimaan ja analysoimaan saatua dataa. Muutamien valmistajien tuotteet sisälsivät erillisen tukiaseman suorittamaan synkronoinnin Wi-Fi:llä.

GPS-paikannuksen sisältämät pannat käyttävät paikkatietojen välitykseen yleensä matkapuhelinverkon tietoliikenneyhteyttä (GSM). Paikkatietojen välittämisen yhteyteen tarvitaan monesti matkapuhelinverkolle SIM-kortti sekä matkapuhelimeen että pantaan, jotta liittymän kustannukset eivät kasvaisi hallitsemattomasti. Koska pannan SIM-kortti on yleensä sisäinen eli valmistajan tarjoama, GPS-paikkatietojen saamiseksi on ostettava yleensä valmistajan tarjoama palvelupaketti kuukausihintaan. Muutama markkinoilla oleva tuote käytti pelkästään matkapuhelinverkkoa kaikkeen tiedonsiirtoon.

Muutamit valmistajat tarjoavat GPS-paikannusta ilman kuukausimaksuja. Tällöin palvelumaksu on monesti sulautettu osaksi tuotteen hintaa. Matkapuhelinverkon käyttö ei ole kustannusten vuoksi kaikista paras ratkaisu käyttäjien kannalta. Tämän vuoksi matkapuhelinverkko on parissa tuotteissa korvattu pitkän kantaman langattomalla radiotekniikalla. Tällainen RF-tekniikka (käyttää tiedonvälityksessä radiotaajuuksia) vaatii kuitenkin toimiakseen älypuhelimien ja koiran pannan sensoriosan lisäksi erillisen moduulin tai tukiaseman. Yhdessä tuotteessa panta kommunikoi moduulin kanssa RF-tekniikalla ja moduuli mobiilisovelluksen kanssa BLE:llä. Tekniikka asettaa kuitenkin rajoituksia kantomatkan suhteen, jonka seurauksena panta ja moduuli kommunikoivat langattomasti enintään muutaman kilometrin säteellä. Moduulin on oltava bluetoothin vuoksi muutaman metrin säteellä puhelimesta eli käytännössä omistajan taskussa. (Findster Inc, 2017a.) Toisessa vastaavanlaisessa tekniikassa paikkatietojen välitys toteutetaan pitkän kantaman radiolla pannan ja erillisen tukiaseman välillä. Tässäkin vaihtoehdossa radion kantama on useita kilometrejä riippuen käyttöympäristöstä. Kaupungeissa kantama on lyhempi kuin maaseudulla, johtuen vähäisistä esteistä siirtotiellä. Tukiasema vastaanottaa viestit ja välittää ne eteenpäin Wi-Fi-verkkoa käyttämällä pilveen ja siitä eteenpäin matkapuhelimelle. Kantomatkan ylittyessä tukiasema lähettää hälytyksen älypuhelimeen kantaman loppumisesta. Tällöin käyttäjä voi valita näyttääkö sovellus viimeisen tunnetun sijainnin vai odottaako laitteen paluuta kantaman sisäpuolelle. Etuna näissä tekniikoissa on pitkä akun kesto ja kuukausimaksuttomuus GPS-pantoihin verrattuna. (Iotera Inc, 2017.) Haittana niissä on suhteellisen lyhyt kantomatka.

Lemmikki voidaan paikantaa myös ilman GPS-moduulia bluetoothin mesh-verkon avulla. Ominaisuuden tarjoava valmistaja kutsuu ominaisuutta sosiaaliseksi GPS:ksi, koska ominaisuus perustuu sosiaaliseen yhteisöpalveluun. Lemmikin kadotessa sovelluksesta valitaan tila, joka ilmoittaa lemmikin kadonneeksi. Sijaintitieto saadaan, kun lemmikki kävelee muiden laitetta käyttävien bluetoothin vaikutusalueen sisäpuolelle. (Poof, 2017.) Ominaisuus vaatii kuitenkin suuren kyseisen tuotteen käyttäjämäärän toimiakseen, jotta kadonnut lemmikki osuisi jonkun tuotetta käyttävän lähietäisyydelle. Tämän vuoksi menetelmää ei juurikaan käytetä, eikä se korvaa GPS-moduulin tuomia etuja.

Muutamit tuotteet hyödyntävät käyttäjän älypuhelimien sisäistä GPS:ää lemmikin omistajan matkan ja kävelyreitien seurantaan. Näin omistaja voi seurata lemmikkinsä kanssa kulkemiaan lenkkejä ja jakaa niitä karttanäkymän kanssa muille käyttäjille. Näiden tuotteiden pannoissa ei ole GPS-moduuleja, joten tällä keinolla pyritään korvaamaan tiettyjä GPS-ominaisuuksia yhteisten lenkkien seurannalla.

3.3 Mobiilisovellukset

Älypuhelimeen ladattavat mobiilisovellukset ovat ainoa keino aktiivisuuspantojen mittaamien tietojen tarkasteluun, koska pannoissa ei ole tavallisesti näyttöä, kuten ihmisten älykelloissa ja urheilukelloissa. Sovellukset ovat ladattavissa ilmaiseksi ja ne ovat yleensä tarjolla sekä Android- että iOS-käyttöjärjestelmien puhelimille. Mobiilisovelluksien tarkoituksena on olla mahdollisimman helppo-käyttöisiä, selkeitä ja informatiivisia, sillä jokaisen tulisi osata käyttää sovellusta ja analysoida sen tarjoamia tietoja. Tässä toiset tuotteet ovat onnistuneet paremmin ja toiset huonommin. Miltei kaikissa sovelluksissa käyttäjä voi lisätä oman lemmikkinsä kuvan taustalle yksilöidäkseen sovellusta mieleisekseen. Monesti sovellukset tukevat useita lemmikkiprofileita, jolloin käyttäjä voi tarkastella useita omia lemmikkejään samalla sovelluksella, kuitenkin aina yksi kerrallaan.

3.4 Markkinoille tulevat lemmikkieläinten aktiivisuus- ja älypannat

Markkinoille tulevat lemmikkieläinten älypannat keskittyvät yhä enemmän lemmikin käyttäytymisen, terveyden, hyvinvoinnin ja tuntemusten tarkkailemiseen ja seuraamiseen. Elintoimintoja pyritään mittaamaan entistä tarkemmin ja hahmottamaan niiden avulla mielialoja ja tunteita, kuten onnellisuutta, stressiä, ahdistuneisuutta ja uupumusta. Käyttäytymistä seuraamalla voidaan hahmottaa lemmikin poikkeavaa toimintaa ja näin ennakoida mahdollisia sairauksia tai muita ongelmia. Pilvipalvelujen käyttö tulee entisestään laajentumaan ja monipuolistumaan. Sensorit mittaavat dataa ja välittävät tiedon pilvipalveluille analysoitaviksi. Uudet tuotteet tulevat olemaan entistä monipuolisempia. Ne pyrkivät yhdistämään jo markkinoilla olevien tuotteiden parhaat ominaisuudet ja olemaan entistä älykkäämpiä.

Sykkeen mittaaminen on avainasemassa monien edellä olevien merkkien ilmaisemiseen. Juuri tämän vuoksi sykettä mittaavia pantoja on tulossa lisää markkinoille. Sykkeen mittaamisen ongelmana on luotettavien tulosten saaminen johtuen lemmikkien paksuista karvapeitteistä. Tästä syystä sykettä mittaavat pannat eivät ole vielä yleistyneet. Sama ongelma on myös lemmikin kehon lämpötilan tarkassa mittaamisessa.

Markkinoilla olevista tuotteista yllättävän harvassa pannassa oli kiihtyvyyssanturin lisäksi gyroskooppeja, magnetometrejä sekä lemmikin korkeutta mittaavia barometrisiä korkeusantureita. Nämä sensorit tulevat yleistyneet tulevilla pannoissa. Gyroskooppeja ja magnetometrejä tarvitaan lemmikin asentotietojen selvittämiseksi ja käyttäytymisen seuraamiseksi. Korkeusanturilla korkeutta tarkkailemalla voidaan antaa esimerkiksi varhainen diagnoosi liikuntaelinten tilasta.

Käyttäytymisen ja terveyden seuraamiseen on tulossa uusia tapoja. Erillisten langattomien laitteiden avulla voidaan havaita lemmikin tulo laitteiden vaikutuspiiriin. Laitteet voidaan asettaa sisätiloissa minne tahansa kohteeseen, kuten ruokakuppiin, portaikkoon tai sohvalle. Lemmikin tullessa laitteen vaikutuspiiriin laite havaitsee pannan ja rekisteröi vaikutuspiiriin tulokerrat. Seuraamalla päivittäistä käyttäytymistä ja rutiineja pyritään havaitsemaan muutoksia ja ilmoittamaan niistä lemmikin omistajalle. Laitteet ovat kuin sisätilan paikantimia, joilla voidaan seurata lemmikin liikkeitä. (Nolan, 2017.)

Tiedonsiirto toteutetaan tavanomaisesti bluetoothilla ja joissakin tapauksissa Wi-Fi:llä. Tämä tulee muuttumaan uusien IoT (Inthernet of Things)-anturiverkkoihin kehitettyjen pitkän kantaman langattomien radiotekniikoiden myötä. Nopeinten yleistyviä on luultavasti LoRa ja Sigfox, joiden suurimmat edut ovat pitkä kantama ja energiatehokkuus (pariston kesto jopa 10 vuotta). Tekniikat soveltuvat loistavasti GPS-paikkatietojen välitykseen pannalta älypuhelimelle korvaten matkapuhelinverkon käytön. Lisäksi näitä tekniikoita voitaneen tulevaisuudessa käyttää myös lemmikin paikantamiseen ilman GPS-moduulia sekä ulko- että sisätiloissa. Tämä perustuu laitteen signaalin vastaanottamiseen useissa tukiasemissa, jolloin sijainti voidaan laskea tukiasemiin saapuneen signaalin voimakkuuden tai saapumisajan perusteella. (Actility, 2016; Sigfox, 2017.) Yksi valmistaja on jo tuomassa LoRa-yhteensopivuuden lemmikeiden älypantoihin.

4 KALORINKULUTUKSEN TOTEUTTAMINEN KOIRALLE

Opinnäytetyön kehitysosan tavoitteena oli uuden ominaisuuden rakentaminen Kaunilan lemmikkieläinten aktiivisuusspannan kiihtyvyyssanturista saadun datan ympärille. Ominaisuudeksi valikoitui monista eri vaihtoehdoista kalorinkulutuksen toteuttaminen. Kehitystyö koostui koirien kalorinkulutukseen perehtymisestä saatavilla olleista materiaaleista, kumulatiivisen kalorinkulutusalgoritmin kehittämistä sekä ominaisuuden testaamisesta. Lisäksi suunniteltiin erilaisia toteutuksia ominaisuuden sovellusnäkyväksi.

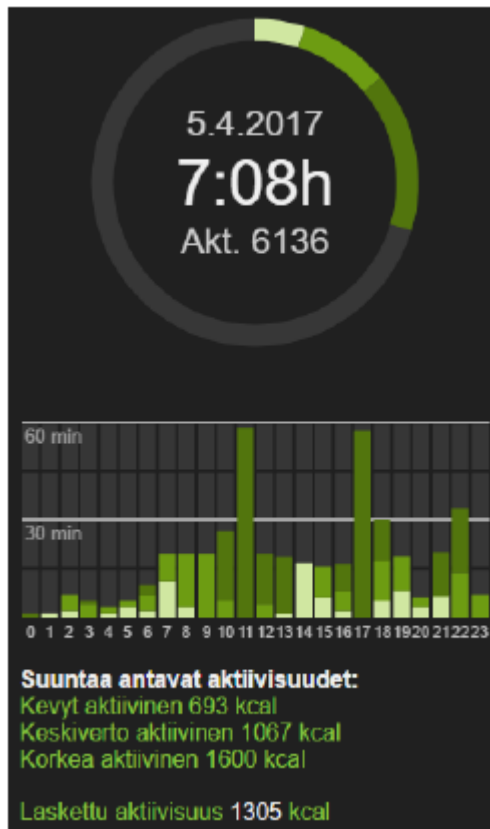
Kumulatiivinen kalorinkulutus on lukema, joka lasketaan liukuvasti halutulta ajanjaksolta. Tämä tarkoittaa sitä, että päivän kokonaiskalorinkulutus muodostuu haluttujen ajanjaksojen kulutusten yhteenlasketusta summasta. Kun kulutus on laskettu yhdeltä tai useammalta ajanjaksolta, se päivittyy synkronoinnin yhteydessä sovelluksen näytölle.

Toteutettu algoritmi hyödyntää kiihtyvyyssanturista saatua aktiivisuusdataa ja se huomio koiran fyysisen aktiivisuuden kuormittavuuden. Mitä rasittavampaa lemmikin tekeminen tai liikunta on, sitä suurempaa on kalorinkulutus. Nukkuessa ja levossa kulutus on pienimmillään niin kuin ihmiselläkin. Yksityiskohtainen kuvaus algoritmin toteuttamisesta on esitetty liitteessä 3.

Kiihtyvyyssanturiin perustuvan kalorinkulutuksen ongelmana on se, että anturi ei voi huomioida ympäristön vastuksen aiheuttamaa kuormitusta. Kiihtyvyyssanturi ei esimerkiksi tunnista juostaanko ylämäkeen vai alamäkeen tai työnnetäänkö jotakin. Tämän takia sykemittarit tarkentavat harjoituksen aikaista kalorinkulutusta sykkeen perusteella, joka indikoi paremmin rasituksen muutoksia. Kaikki markkinoilla olevat lemmikkieläimille tarkoitetut tuotteet kuitenkin laskevat kalorinkulutusta hyödyntämällä kiihtyvyyssanturia samalla tapaa kuin ihmistenkin aktiivisuusrannekkeet, jos käytössä ei ole sykkeen mittausta. Vaikka kalorinkulutusta tarkennettaisiin sykkeellä, se on siitäkin huolimatta aina suuntaa-antava arvio johtuen lukuisista muista kulutukseen vaikuttavista tekijöistä.

Algoritmin toteuttamisen jälkeen vuorossa oli testaus- ja arviointivaihe, jossa vertailtiin kulutusta eri painoisilla, eri rotuisilla ja eri aktiivisuustasoisilla koirilla. Algoritmilla saatuja tuloksia verrattiin erikseen laskettuihin päivän kokonaisenergiankulutuksen arvioihin sekä muihin saatavilla olleisiin materiaaleihin. Päivittäisen kokonaisenergiankulutuksen laskeminen on esitetty liitteessä 2. Vertailussa apuna käytettiin Microsoft Excelillä tehtyjä laskentoja. Saatavilla ei ollut toisen valmistajan lemmikkieläinten aktiivisuuspannaa, joten suoraa toiseen tuotteeseen tuloksia ei voitu verrata. Kalorinkulutuksen tulosten tarkastelusta on nähtävillä yksi osa liitteessä 4.

Testausvaiheen sovellusnäkyvä (kuva 6) koostui erikseen lasketuista päivän kokonaisenergiankulutuksen arvioista kevyt-, keskiverto- että korkea aktiiviselle koiralle sekä algoritmilla muodostetusta kumulatiivisesta kalorinkulutuksesta.



KUVA 6. Testausvaiheen sovellusnäkyminen kalorinkulutukselle (Mattola, 2017-05-22.)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli nykyteknologian hyödyntäminen lemmikkieläinten hyvinvoinnin seurannassa. Työ keskittyi lemmikkieläinten hyvinvointia ja suoritusta seuraaviin aktiivisuuspantoihin ja älypantoihin, jotka ovat yleistyneet maailmalla kovaa vauhtia lemmikkieläinten varsinkin koirien määrän räjähdysmäisen kasvun vuoksi. Aktiivisuuspannat ovat vastineita ihmisten aktiivisuusrannekeille, äly- ja urheilukelloille ja ne mittaavat päivittäistä aktiivisuutta, kalorinkulutusta, matkaa, unen laatua sekä monia muita asioita.

Työn toimeksiantajana oli kuopiolainen Kaunila Oy. Opinnäytetyössä vertailtiin markkinoilla olevien tuotteiden ominaisuuksia, teknologioita ja käytettyjä ratkaisuita sekä kehitettiin uusi ominaisuus Kaunilan lemmikkieläinten aktiivisuuspannatuotteeseen. Kehitettäväksi ominaisuudeksi valittiin koiran kalorinkulutuksen mittaaminen, minkä seurauksena kehitettiin algoritmi kumulatiivisen kalorinkulutuksen laskemiseksi.

Työn lopputuloksena syntyi kalorinkulutusalgoritmi koiran päivittäisen kalorinkulutuksen seuraamiseksi. Algoritmi hyödyntää kiihtyvyyssanturista saatua dataa ja se huomio fyysisen aktiivisuuden kuormittavuuden. Lisäksi kilpailevien tuotteiden vertailusta tehty erillinen raportti tarjosi Kaunilalle koostettua tietoa markkinoilla olevista pannoista ja niissä käytetyistä ratkaisuista.

Algoritmillä saatuihin tuloksiin oltiin tyytyväisiä, vaikka tulosten tarkastelu oli haasteellista toisen kalorinkulutusta mittaavan laitteen puuttuessa. Algoritmia tullaan hyödyntämään markkinoille tulevassa Kaunilan tuotteen uudessa versiossa. Työ tarjosi tekijälleen mielenkiintoisen ja monipuolisen aiheen lisäksi hyvää kokemusta tuotekehityksestä ja sen vaiheista sekä opetti paljon aktiivisuutta mittaavien laitteiden tekniikasta ja toimintaperiaatteesta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- Actility. (2016). *LoRaWAN for geolocation: easy, cheap and long lasting tracking*. Haettu 24. 5. 2017 osoitteesta [actility.com: https://www.actility.com/wp-content/uploads/2016/12/LoRaWAN-tracking_Infographics_02.pdf](https://www.actility.com/wp-content/uploads/2016/12/LoRaWAN-tracking_Infographics_02.pdf)
- American Animal Hospital Association. (2014). *2014 AAHA Weight Management Guidelines for Dogs and Cats*. Haettu 9. 5. 2017 osoitteesta [jaaha.org: http://www.jaaha.org/userimages/ContentEditor/1408454294130/2014_AAHA_Weight_Management_Guidelines_for_Dogs_and_Cats.pdf](http://www.jaaha.org/userimages/ContentEditor/1408454294130/2014_AAHA_Weight_Management_Guidelines_for_Dogs_and_Cats.pdf)
- Dipert, B. (12. 3. 2015). *Whistle canine activity monitor tracks doggie doings*. (Cypress Inc) Haettu 24. 5. 2017 osoitteesta [core.cypress.com: http://core.cypress.com/article/whistle-canine-activity-monitor-tracks-doggie-doings/#.WSVfp4VOKCg](http://core.cypress.com/article/whistle-canine-activity-monitor-tracks-doggie-doings/#.WSVfp4VOKCg)
- Findster Inc (a). (2017). *What is Findster Duo and how does it work?* Haettu 5. 5. 2017 osoitteesta [getfindster.com: https://support.getfindster.com/hc/en-us/articles/115000092565](https://support.getfindster.com/hc/en-us/articles/115000092565)
- Findster Inc (b). (ei pvm). *Findster Duo - The 1st GPS Pet Tracker Free of Monthly Fees!* Haettu 31. 5. 2017 osoitteesta [kickstarter.com: https://www.kickstarter.com/projects/findster/findster-duo-the-gps-pet-tracker-free-of-monthly-f](https://www.kickstarter.com/projects/findster/findster-duo-the-gps-pet-tracker-free-of-monthly-f)
- FitBark Inc. (ei pvm). *How can I link a human activity monitor?* Haettu 3. 5. 2017 osoitteesta [fitbark.com: https://www.fitbark.com/articles/link-human-activity-monitor/](https://www.fitbark.com/articles/link-human-activity-monitor/)
- Garmin Ltd. (ei pvm). *Delta Smart™ Dog Training System*. Haettu 22. 5. 2017 osoitteesta [garmin.com: https://buy.garmin.com/en-US/US/p/527284#overview](https://buy.garmin.com/en-US/US/p/527284#overview)
- Iotera Inc. (ei pvm). *Iota: Never lose sight of what's important*. Haettu 5. 5. 2017 osoitteesta [kickstarter.com: https://www.kickstarter.com/projects/1226890823/iota-never-lose-sight-of-whats-important](https://www.kickstarter.com/projects/1226890823/iota-never-lose-sight-of-whats-important)
- Jia, N. (7. 2009). *Detecting Human Falls with a 3-Axis Digital Accelerometer*. (Analog Devices Inc) Haettu 10. 5. 2017 osoitteesta [analog.com: http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/detecting-falls-3-axis-digital-accelerometer.html](http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/detecting-falls-3-axis-digital-accelerometer.html)
- Kaunila Oy (a). (ei pvm). *Inhimillistä teknologiaa eläinten hyvinvoinnin parhaaksi*. Haettu 27. 5. 2017 osoitteesta <http://kaunila.fi/>
- Kaunila Oy (b). (ei pvm). *Tiedätkö mitä koirallesi kuuluu?* Haettu 7. 5. 2017 osoitteesta <http://www.kaunila.fi/lemmikeille>
- Kionix Inc. (ei pvm). *FAQ*. Haettu 7. 5. 2017 osoitteesta [kionix.com: http://www.kionix.com/faq](http://www.kionix.com/faq)
- Kuono.fi. (1. 10. 2014). *Koiran energiantarve kasvaa aktiivisuuden mukaan – Lue faktat aiheesta!* Haettu 3. 5. 2017 osoitteesta [kuono.fi: http://kuono.fi/koiran-energiantarve-kasvaa-aktiivisuuden-mukaan-lue-faktat-aiheesta/](http://kuono.fi/koiran-energiantarve-kasvaa-aktiivisuuden-mukaan-lue-faktat-aiheesta/)
- KYON Ltd. (ei pvm). *Introducing the all new location tracking collar that communicates with you*. Haettu 22. 5. 2017 osoitteesta [kyontracker.com: http://www.kyontracker.com/index.html](http://www.kyontracker.com/index.html)
- Nolan, G. (20. 4. 2017). *Why Felcana is more than just a Fitbit for dogs*. (Pet Techonogy Limited) Haettu 5. 5. 2017 osoitteesta [felcana.com: https://felcana.com/insights-blog/not-just-a-fitbit-for-dogs](https://felcana.com/insights-blog/not-just-a-fitbit-for-dogs)
- Oy Suomen Tietotoimisto. (3. 11. 2016). *Koirien määrä kasvaa valtavaa vauhtia Suomessa: Yhä useammalla on jo kaksi koira*. (Alma Media) Haettu 30. 4. 2017 osoitteesta [aamulehti.fi: https://www.aamulehti.fi/kotimaa/koirien-maara-kasvaa-valtavaa-vauhtia-suomessa-yha-useammalla-on-jo-kaksi-koiraa-24043455/](https://www.aamulehti.fi/kotimaa/koirien-maara-kasvaa-valtavaa-vauhtia-suomessa-yha-useammalla-on-jo-kaksi-koiraa-24043455/)

- PetPace LLC. (ei pvm). *The PetPace Smart Collar – Health Monitoring Solution for cats & dogs*. Haettu 22. 5. 2017 osoitteesta petpace.com: <http://petpace.com/>
- Pod Trackers Pty Ltd. (ei pvm). *Track what matters most to you*. Haettu 22. 5. 2017 osoitteesta <https://www.podtrackers.com/>
- Polar Electro Oy. (ei pvm). *Polarin ranteesta tehtävän sykkeenmittauksen perusteet*. Haettu 29. 5. 2017 osoitteesta polar.com: http://support.polar.com/fi/tuki/polarin_ranteesta_teht_v_n_sykkeenmittauksen_perusteet
- Poof. (ei pvm). *How does Community Lost Pet Alert work?* Haettu 5. 5. 2017 osoitteesta mypoof.com: <https://www.mypoof.com/faqs/>
- Sigfox. (4. 5. 2017). *Sigfox to transform global asset tracking with Spot'it, the world's lowest cost Internet of Things (IoT) GPS-free geolocation service*. Haettu 24. 5. 2017 osoitteesta sigfox.com: <https://www.sigfox.com/en/news/sigfox-transform-global-asset-tracking-spotit-worlds-lowest-cost-internet-things-iot-gps-free>
- STMicroelectronics. (25. 11. 2011). *MEMS digital output motion sensor: ultra low-power high performance 3-axis "femto" accelerometer*. Haettu 1. 5. 2017 osoitteesta st.com: <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/c1/e1/62/31/d2/b1/4d/bb/DM00042751.pdf/files/DM00042751.pdf/jcr:content/translations/en.DM00042751.pdf>
- Tang, P. (4. 6. 2014). *Mobiililaitteen tehosuunnittelu uusiksi*. (Elektronikkalehti) Haettu 25. 5. 2017 osoitteesta etn.fi: http://etn.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=1462
- Veterinary Medical Center. (ei pvm). *Basic Calorie Calculator*. Haettu 9. 5. 2017 osoitteesta vet.osu.edu: <https://vet.osu.edu/vmc/companion/our-services/nutrition-support-service/basic-calorie-calculator>
- WALTHAM Centre for Pet Nutrition (a). (ei pvm). *Dog Nutrient Requirement*. (Mars Inc) Haettu 17. 5. 2017 osoitteesta waltham.com: <https://www.waltham.com/document/nutrition/dog/dog-nutrient-requirement/286/>
- WALTHAM Centre for Pet Nutrition (b). (ei pvm). *WALTHAM pocket book of healthy weight maintenance for cats and dogs (2nd Edition)*. (Mars Inc) Haettu 3. 5. 2017 osoitteesta waltham.com: https://www.waltham.com/dyn/_assets/_pdfs/waltham-booklets/WALTHAMPocketBookOfHealthyWeightMaintenanceForCatsAndDogs.pdf
- WÜF. (ei pvm). *Meet WÜF, The World's Smartest Dog Collar*. Haettu 24. 5. 2017 osoitteesta Kickstarter.com: <https://www.kickstarter.com/projects/wuf/meet-wuf-the-worlds-smartest-dog-collar>

LIITE 1: TUOTEVERTAILUN TAULUKKO

LIITE 2: ARVIOIDUN PÄIVITTÄISEN KOKONAISENERGIANKULUTUKSEN LASKEMINEN

LIITE 3: KUMULATIIVISEN KALORINKULUTUKSEN LASKEMINEN

LIITE 4: KUMULATIIVISEN KALORINKULUTUKSEN TULOSTEN TARKASTELU