

Aalto-yliopisto, Sähkötekniikan korkeakoulu

ELEC-D0301 Protopaja

2018

Loppuraportti

Projekti #11 Lasten älyranneke



Päivämäärä: 30.8.2018

Heidi Kulmala

Topias Tyni

Liisa Seluska

Opiskelijat

Heidi Kulmala

Topias Tyni

Liisa Seluska

Projektipäällikkö

Heidi Kulmala

Yhteistyökumppani

Beibamboo Oy

Yhteyshenkilö: Nina Ignatius

Aloituspäivämäärä

31.7.2018

Palautuspäivämäärä

30.8.2018

Tiivistelmä

Tämä raportti esittelee Aalto-yliopiston ELEC-D0301 - Protopaja 2018 -kurssilla P11-ryhmän oppilastyönä toteuttaman, alle esikouluikäisille tarkoitetun älyrannekkeen prototyypin muotoilun, tekniset toiminnot ja työvaiheet. Prototyyppi ideoitiin ja toteutettiin yhdessä projektiryhmää sponsoroivan yritysasiakkaan, Beibamboo Oy:n, kanssa, ja kurssin on tarkoitus toimia alkuna tuotekehitysprosessille. Projektiryhmä P11 koostuu kahdesta tekniikan opiskelijasta ja yhdestä muotoilun opiskelijasta.

Kurssilla toteutettu älyranneke on tarkoitettu pääosin unen aikana käytettäväksi. Se mittaa lapsen lämpötilaa, sykettä ja happisaturaatiota, ja raportoi sekä tarvittaessa hälyttää näistä toiminnoista vanhemman älypuhelimelle ladattavaan sovellukseen. Mittaamalla hengitystä ja sykettä pyritään minimoimaan etenkin pienillä vauvoilla riskinä olevia kätkykuolemapauksia, joihin on usein yhdistetty yllättävä ja selittämätön hengityksen lakkaaminen. Lämpötilaa mittaamalla saadaan tarkkailtua etenkin kipeänä olevan lapsen lämpötilaa, mutta myös ympäröivien olosuhteiden vaikutusta lapsen ruumiinlämpöön. Lapsen lämpötilaa tarkkailemalla on mahdollista ennakoida myös kuumekouristuksille alttiiden lasten kouristuskohtauksia. Sykkeen ja happisaturaation monitorointiin voidaan käyttää yhtä anturia, ja lämpötilaa varten on oma lämpötila-anturi.

Mittaustoimintojen lisäksi ranneke reagoi liikkeeseen kiihtyvyysanturin avulla ja laitteessa olevan mikrofonin avulla voidaan tarkkailla lapsen äänenvoimakkuutta. Kun liike on riittävän nopeaa, tai lapsen ääni tarpeeksi voimakas, rannekkeen äänentoisto aloittaa toistamaan esimerkiksi musiikkia. Musiikin tai muun äänitteen toistolla pyritään rauhoittelemaan tai viihdyttämään lasta. Puhelimen sovelluksella äänentoisto voidaan kytkeä pois päältä.

Prototyypin työstäminen aloitettiin taustatyöllä ja yritystapaamisella. Yrityksen edustajan kanssa sovittiin tuotteen ja projektin suhteen alustavat, yhteiset suuntaviivat. Yritystapaamisen jälkeen tehtiin projektisuunnitelma ja kartoitettiin vastaavien, lapsille tarkoitettujen älytuotteiden markkinatilannetta. Markkinatilanteen kartoituksen jälkeen tuotetta ideoitiin sekä itsenäisesti että ryhmässä, ja esiin tulleista ideoista kolme kehityskelpoisinta esiteltiin yritykselle. Rannekkeen lisäksi ideoitiin housut, joihin integroitaisiin kätkyhälytin, sekä paita, joka havainnoi asentoa. Näistä kolmesta ideasta yritys ja projektiryhmä näki eniten potentiaalia rannekkeessa.

Abstract

This report presents the outcome of a student work by group P11 developed during Aalto University's course ELEC-D0301 - Protocamp 2018. It showcases the design, technical features and work phases of the prototype of a smart bracelet targeted to kids under preschool age. The prototype was ideated and executed together with the sponsoring company, Beibamboo Oy, and the course aims to work as a start for a product development process. The project group P11 consists of two technology students and one design student.

The bracelet executed during the course is meant to be used mostly during sleep. It measures the kid's body temperature, pulse and oxygen saturation and reports and if necessary alarms these functions to an application the parent can download on their smartphone. By measuring breathing and heart rate one can minimize SIDS (sudden infant death syndrome) that is a risk especially for infants. SIDS is commonly connected with sudden and unexplained discontinuation of breathing. By measuring body temperature one is able to monitor especially the temperature of a sick child but also the effects of the surrounding circumstances to the body temperature. By monitoring the child's temperature one is also able to predict febrile seizures with kids with a higher risk for them. One sensor is for monitoring both pulse and oxygen saturation and one sensor for monitoring the body temperature.

In addition to measuring features, with an accelerometer and a microphone, the bracelet reacts to movement and sounds of a waking child when it is happening. When the movement or sound is strong enough, the bracelet starts to play an audio making the waking up more relaxed or to entertain the child. The audio can be controlled with a smartphone application.

Working with the prototype started by doing research and by meeting with the company. The product's and project's initial guidelines were agreed together with the company's representative. After meeting with the company, the group made a project plan and did research on similar smart products targeted for kids. After surveying the markets, the product was brainstormed both independently and in the group, and from the emerging ideas the three most developable ideas were presented to the company. Along with the bracelet there was also an idea of trousers that would have a SIDS alarm integrated into them. Another idea was a child's position observing shirt. From these three ideas both the company and the group saw most potential in the bracelet.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Sisällysluettelo	5
1. Johdanto	6
2. Tavoite	7
3. Taustatyö	8
3.1. Markkinatilanteen kartoitus	8
3.2. Ideointivaihe	9
4. Ranneke	10
4.1. Muotoilu	10
4.2. Materiaali	12
5. Elektroniikka	14
5.1. Teensy 3.2 + Teensy audio shield	14
5.2. Anturit	16
5.3. Bluetooth + App	19
6. Ohjelma ja testaus	21
7. Verkkosivut	22
8. Projektitoiminta	23
8.1. Tavoitteet	23
8.2. Aikataulu	25
8.3. Riskianalyysi	25
8.4. Jatkokehitys	27
8.5. Kustannuslaskelmat	27
9. Yhteenveto ja johtopäätökset	29
Liitteet	30
Lähteet	30

1. Johdanto

ELEC-D0301 - Protopaja 2018 -kurssin tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa ryhmätyönä yhteistyössä sponsoroivan yrityksen, Beibamboo Oy:n, kanssa prototyyppi innovatiivisesta älyvaatteesta tai vastaavasta tuotteesta yrityksen toiveiden ja tarjolla olevien resurssien mukaan. Projektin työvaiheet dokumentoitiin läpi projektin ja lopulliset tulokset esiteltiin ryhmän toteuttamilla verkkosivuilla sekä 23.8.2018 pidetyssä demopäivässä.

Beibamboo Oy on lastenvaatteiden- ja tarvikkeiden vähittäiskauppa, joka on perustettu vuonna 2009. Toimitusjohtaja Nina Ignatius perusti Beibamboon keskoslapsensa syntymän innoittamana huomatessaan, että markkinoilla olevat keskosvaatteet eivät mahdollista keskoslapsen pukemista ilman, että elintärkeitä letkuja poistetaan vaatteiden vaihdon yhteydessä. Ignatius koki myös, että sairaalaympäristössä lapsen ja vanhemman yhteys ei pääse kehittymään toivotulla tavalla.

Ignatius suunnitteli malliston, jonka vaatteet ovat kokonaan avattavia, koon puolesta säädettäviä ja joissa saumat ja pesuohjeet sijaitsevat vaateen ulkopuolella ärsyttämättä lapsen ohutta ja herkkää ihoa. Vaatteet on tehty pehmeästä kankaasta, josta puolet on bambua ja puolet luomupuuvillaa. Beibamboon vaatteita käytetään suurimpien suomalaisten sairaaloiden keskososastoilla, mutta mallistosta löytyy tuotteita myös kotikäyttöön aina 2,5-vuotiaille lapsille asti.



Kuva 1. Beibamboon säädettävä ja avettava pyjama

2. Tavoite

Projektin tavoitteena oli ideoida ja toteuttaa toimiva prototyyppi älyvaatteesta tai -asusteesta alle esikouluikäiselle lapselle. Varusteen tuli mieluiten olla vaate, mutta se sai olla myös esimerkiksi ranneke tai lelu. Projektin jälkeen prototyyppiä oli tarkoitus voida kehittää ja jalostaa siitä markkinoille kelpaava tuote. Jotta älyvarusteesta olisi potentiaalia markkinoille, tuli sen olla innovatiivinen, uniikki tai markkinoilla olevaa tuotetta selkeästi parempi tuote. Tuote voi olla markkinoilla olevaa tuotetta parempi, jos se on esimerkiksi käytettävämpi tai halvempi. Tuote sai olla tarkoitettu joko kotikäyttöön, sairaalaympäristöön tai molempiin.

Älyvarusteen tuli mahdollisesti mitata ja havaita vauvan elintoimintoja tai käytöstä. Tämän jälkeen varusteen tuli tehdä asialle jotain. Sen ajateltiin esimerkiksi ilmoittavan siitä vanhemman puhelimeen tai keräävän dataa myöhempää tarkastelua varten. Toiveena oli, että varuste sisältäisi monia tällaisia toimintoja.

Älyvarusteen tarkoituksena oli tekniikan avulla lisätä luottamusta vanhemman ja vauvan välillä. Sen tuli lisätä vanhemman mielenrauhaa lapsen suhteen, kuitenkin estämättä luonnollisen ihmissuhteen syntymistä vauvan ja vanhemman välille. Varuste tuli kuitenkin suunnitella täysin vauvan hyvinvointi edellä.

Beibamboon arvojen mukaisesti tuotteen suunnittelussa otettiin huomioon ympäristöystävällisyys. Ympäristöystävällisyys tässä tapauksessa tarkoitti sen huomioimista laajassa kokonaiskentässä. Siinä huomioitiin valmistuksen ja materiaalien ekologisuuden lisäksi käyttötarkoituksen ja käyttöiän vaatimukset. Toiveena oli, että tuotteen käyttöikä yhdellä henkilöllä on mahdollisimman pitkä. Osassa Beibamboon vaatteissa tämä on otettu huomioon lisäämällä vaatteisiin koon säätö. Varustetta ajateltiin jatkojalostettavaksi käyttöön myös vanhuksille.

3. Taustatyö

3.1. Markkinatilanteen kartoitus

Projektissa toteutettavan prototyypin suunnittelu aloitettiin tarkastelemalla nykyistä markkinatilannetta. Tutkimusta siivittivät kysymykset: Mitä voidaan mitata? Mitä mitataan jo? Miten mittaukset suoritetaan? Kuka palvelua tarjoaa?

Näiden kysymysten parissa jokainen ryhmäläinen työskenteli itsenäisesti, etsien kilpailevan yrityksen markkinoimia tuotteita, kehitteillä olevia metodeja sekä markkinarakoja. Alla olevasta taulukosta 1 on nähtävillä markkinatilanteen vertailua.

Taulukko 1 - Markkinatilanteen vertailua

Yritys	Hinta	Syke	Sp02	Lämpötila	Asento	Käyttöikä	App	Muuta?
Owlet ¹	\$299.99	x	x			0-18 kk	x	Ulkoinen asema
Suit ²		x						Vaate, joka mittaa
Sproutling ³	€228,83	x		x	x		x	Nilkkaan kiinnitys, huoneen äänitaso, liike
Mimo Onesie ⁴	\$199		x	x	x		x	Ulkoinen osa bodya, Data kiertää aseman kautta, Ääni ulkoinen asema
MonBaby ³	\$169		aktii		x		x	Clip-on, infon valinta
TempTraq ³	\$25			x		24 h	x	Laastari, vain kipeälle lapselle
Pacifi ⁵	\$39.99			x			x	Paikannus - värinä
Angelcare AC1200 ⁶	£139.99				liike		x	Two-way-talk-back, patjanalussensori, kamera, musiikintoisto

Lisäksi markkinoilla oli saatavilla UV-B ja UV-A altistusta mittaava ranneke, puheen kehitystä tukemaan suunniteltu ranneke sekä pullo joka seuraa vauvan ruokailutottumuksia. Projektin ideointivaiheessa yrityksen edustaja oli mukana Barcelonassa järjestettävässä tuotteiden esittelytilaisuudessa. Sieltä hän antoi myös markkinoille tulossa olevien tuotteiden kuvauksia, esimerkiksi vyöstä, joka mittaa lapsen hengitystaajuutta ja vaipan reunaan kiinnitettävästä katkyhälyttimestä.

Markkinatilanteen selvityksen jälkeen yhdessä yrityksen kanssa sovittiin suuntalinjoja siitä, että millainen ideoitavan tuotteen tulisi olla. Yrityksen aiempien linjausten mukaisesti tuotteeseen haluttiin mahdollisimman vähän saumojä, säätövaraa sekä lappujen sijoittamista ulkopuolelle. Lisäksi projektille asetettiin tavoitteeksi kehittää mahdollisimman innovatiivinen älyvaate tai -asuste, joka voisi toimia sairaalassa, kotona tai molemmissa. Tarkoituksena tuotteella olisi lisätä vanhemman ja lapsen välistä luottamusta, haittaamatta luonnollisen luottamussuhteen syntymistä. Haluttiin luoda innovatiivinen tuote, joka olisi jollain lailla vastaavia tuotteita parempi. Lisäksi tuotteen kuluttajahinnaksi haluttiin mahdollisimman monelle sopiva, joten kohtuullinen hintakin oli tärkeä. Tuotteen tuottamisen tuli olla myös kokonaisuudessa ympäristöystävällistä.

3.2. Ideointivaihe

Ideointivaiheessa jokainen ryhmän jäsen mietti itsekseen muutamia ideoita, joita ei vielä markkinoilla ollut saatavilla. Ryhmä käsitteli alustavat ideat yhdessä ja jatkokehitti ideoita, ennen kuin karsittiin parhaiten kurssin vaatimuksiin sekä omaan osaamistasoon sopivia ideoita. Ideointivaiheen lopussa ryhmä esitti kolme ideaa välipresentaatiossa sekä yrityksen edustajalle. Nämä kolme ideaa olivat kätkythousut, unipussi sekä ranneke. Näistä on alle luotuna taulukko 2, jolla voidaan verrata niiden ominaisuuksia.

Taulukko 2 - Ideoiden vertailua

Tuote	Syke	Sp02	Liike	Asento	Ääni	Lämpötila	Muuta
Ranneke	x	x	x		x	x	Lelumainen, kosketeltava, säätövara
Unipussi	x				x	x	Pohjana Beibamboon valmistuote, kosteuden mittaus
Kätkythousut		x	x	x		x	Pohjana Beibamboon valmistuote, jatkojalostettavuus vanhuksille ja vammaisille

Rannekkeeseen kaiken tekniikan suunniteltiin sijoittuvan rannekkeen sisälle, kun taas muiden tuotteiden tekniikka (lähetin, akku ja kontrollerit) tulisi sijoittaa osittain ulkopuolisesti ja tuotteen läheisyyteen. Tuotteiden vertailussa nousi ilmi näiden ulkoisesti sijoitettavien tekniikoiden haasteet arkisessa käytössä. Kätkythousujen toimintojen samankaltaisuus markkinoille tulevan vyön kanssa karsi kätkythousut kilpailusta. Unipussin ja rannekkeen vertailussa rannekkeen monipuolisuus, sekä lapsiystävällisyys lelumaisuudessa saivat suurempaa kannatusta. Lisäksi yrityksen näkökulmasta rannekkeen kaupallistaminen nosti rannekkeen kannatusta. Näin ollen ranneke valittiin toteutettavaksi prototyypiksi. Rannekkeeseen ei haluttu ulkoista asemaa, joten pandan sisään integroitiin myös akun latausluukku.



Kuva 2 Beibamboon unipussi

Best for Baby®
BEIBAMBOO



Kuva 3 Beibamboon housut

4. Ranneke

4.1. Muotoilu

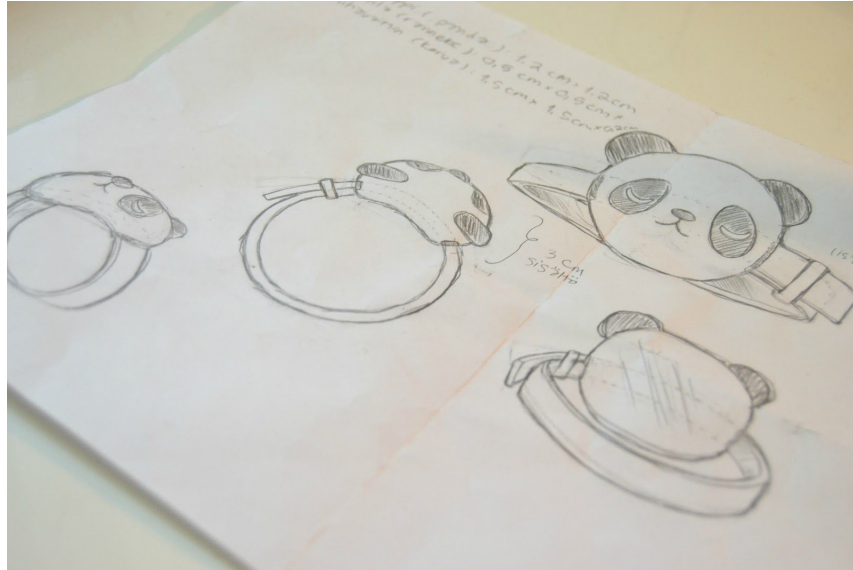
Rannekkeen muotoilussa kiinnitettiin huomiota sen kohderyhmään, joka on alle esikouluikäiset lapset. Kohderyhmä huomioitiin rannekkeen yksinkertaisessa ja leikkisässä muotoilussa ja lelumaisuudessa - älylaitteen lisäksi se soveltuu leikkiin tai esimerkiksi unileluksi, jonka koskettaminen luo usein etenkin vauvalle tai taaperoikäiselle turvallisuuden tunnetta. Rannekkeessa ei myöskään ole irtoavia tai teräviä osia, ja sen kiinnitysmekanismi on yksinkertainen. Ranneke suunniteltiin mukailemaan rannetta niin ettei se paina tai ärsytä, ja kohderyhmä sekä pitkä käyttöikä huomioiden siinä on runsaasti säätövaraa.

Yrityksen toiveena oli, että yrityksen brändille tärkeä bambu näkyisi tuotteessa jollain tavalla. Bambu ei soveltunut rannekkeen materiaalivalintoihin, sillä vaikka bambun sanotaan olevan antibakteerinen materiaali tulisi tuotetta kuitenkin voida puhdistaa, ja kangasbambu ei siihen tarkoitukseen olisi ideaali. Bambua edustamaan rannekkeeseen päätettiin suunnitella leumainen panda, jonka sisään myös tekniikan saa upotettua. Pandan korviin mallinnettiin kohoumia, jotka stimuloisivat lapsen tuntoaistia ja voisivat toimia purulelun tavoin. Pandan nenän oli tarkoitus toimia nappina, jota painamalla audiota saa toistettua. Tämä toiminto jouduttiin materiaalin jäykkyyden vuoksi karsimaan lopullisesta prototyypistä. Panda on suunniteltu rannekeosaan niin päin, että lapsen on sitä helppo katsoa ja koskea.

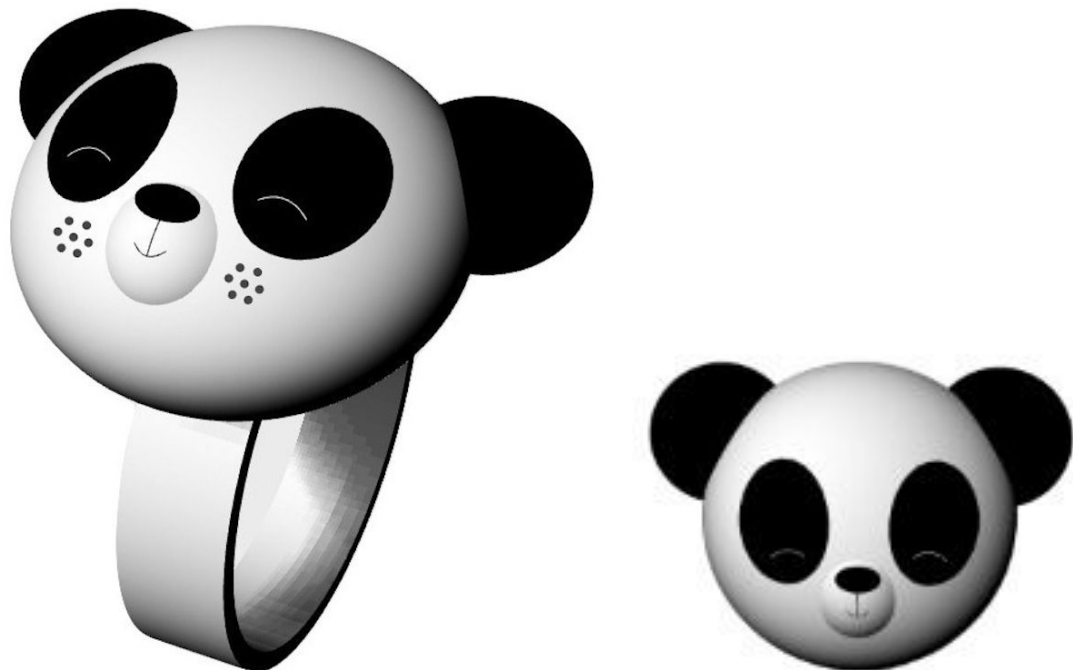
Rannekkeen prototyyppiin jätettiin tavallista suurempi säätövara testausvaiheen helpottamiseksi. Mallinnuksessa käytettiin Rhinoceros -mallinnusohjelmaa, ja malli tulostettiin sähköpajan Ultimaker -tulostimella. Varsinaisen 3D-mallin mallinnus aloitettiin siinä vaiheessa, kun tekniset komponentit olivat löytäneet lopullisen paikkansa. Rannekeosaan jäi pelkästään lämpötila-anturi ranteen sisäpuolelle. Muu tekniikka saatiin upotettua pandan sisälle. Syke- ja happisaturaatioanturi mittasi

tarkimmin ranteen ulkosyrjältä. Se sijoittui kuitenkin myös pandan ihonpuoleiselle pinnalle, pandan pään alapinnalle.

Rannekkeen kiinnitysmekanismi suunniteltiin prototyypivaiheessa yksinkertaiseksi, ja ranneke saatiin tulostettua kahtena kappaleena - rannekeosana ja pandan päänä. Rannekeosa alkaa toiselta puolelta pandaa ja se saadaan vietyä ranteen ympäri takaisin pandan sisällä menevään uraan.



Kuva 4. Rannekkeen kiinnitysmekanismiin luonnostelua



Kuva 5. Rannekkeen 3D-malli

4.2. Materiaali

Eri materiaalien vertailun tuloksena ja yhteisymmärryksessä yrityksen kanssa rannekkeen materiaalissa päädyttiin silikoniin. Silikonisen prototyypin valmistaminen osoittautui kuitenkin aikataulun huomioon ottaen liian haastavaksi ja aikaa vieväksi muottien valmistuksen takia, joten rannekkeen 3D-mallin tulostusmateriaaliksi valikoitui silikonia parhaiten saatavilla olevista materiaaleista imitoiva, taipuisa PLA-flex, jota sähköpajalla oli valmiina. Prototyyppi pyrittiin tulostamaan kaksivärisenä ottaen huomioon pandan mustavalkoinen väritys. Kuitenkin muutaman kokeilun jälkeen tästä luovuttiin tiukan aikataulun myötä, ja prototyyppi tulostettiin yksivärisenä, valkoisella PLA-flexillä. Ajateltiin, että kaksivärinen tuloste toteutettaisiin mikäli aikaa jäisi. Lopullisen prototyypin vaihtoehtoista värjäämistä esim. tussien avulla mietittiin, mutta havaittiin värin muuttuvan sekä näyttävän huonolta PLA-FLEX pinnalla. Tästä syystä lopullinen prototyyppi toteutettiin yksivärisenä.



Kuva 6. Rannekkeen 3D-tulostusmateriaaliksi valikoitui PLA-flex



Kuva 7. Tekniikka pandan sisällä



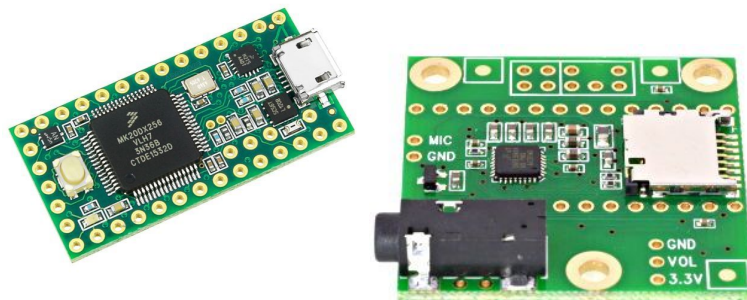
Kuva 8. Valmis prototyyppi

Elektroniikalle kaavailtiin alunperin vesieristystä, mutta ryhmä koki, ettei sen opetteleminen ja tekeminen ehkä aikatauluun mahtuisi, ja ettei se näin aikaisen vaiheen prototyypissä olisi niin välttämätön. Vesieristys ja iskunkestävyys toteutettaisiin kuitenkin siinä tapauksessa mikäli aikaa jäisi. Valitettavasti tätä protopajan ajan puitteissa ei ehditty suorittamaan.

5. Elektroniikka

5.1. Teensy 3.2 + Teensy audio shield

Prototyypissä käytettiin Teensy 3.2 -kehitysalustaa. Kyseinen kehitysalusta valikoitui alustaksi siitä syystä, että siihen saa liitettyä audion toistamiseen tarkoitetun lisäalustan. Käyttämällä Teensy audio -lisäalustaa ja siihen kuuluvaa kirjastoa audion toisto saatiin toimimaan. Lisäksi lisäalustassa on paikka mikrofoniin. Sen avulla toteutettiin äänihavainten lapsen äänentason mittaamiseen.



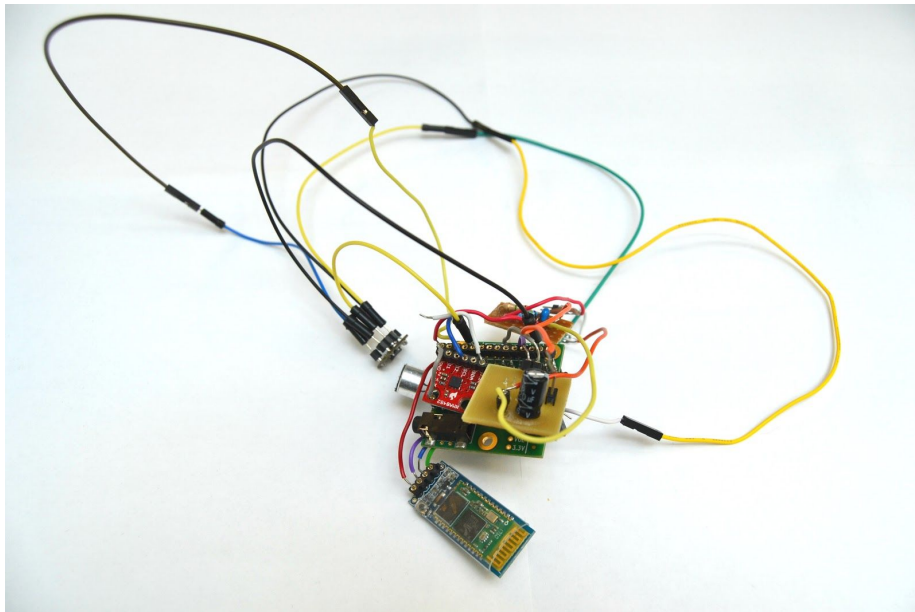
Kuva 9. Teensy 3.2 ja Teensy Audio Shield.

Audio tulee ulos lopulta kaiuttimen kautta. Ensimmäisenä kaiuttimeksi kokeiltiin 8 ohmin kaiutinta, jonka teho oli 700 mW, herkkyys 86 desibeliä ja taajuusalue 0 hertzistä 20 kilohertziin. Tämä kaiutin osoittautui hieman liian pieneksi. Tämän jälkeen erilaisia kaiuttimia tilattiin testiin kolme kappaletta. Kaiuttimilla oli hieman erilaiset herkkyydet, taajuusalueet ja tehot. Lopulliseksi kaiuttimeksi valikoitui Pro signal ABS-239-RC, jonka teho on 700mW, herkkyys 93 desibeliä ja taajuusalue 0 hertzistä 20 kilohertziin.

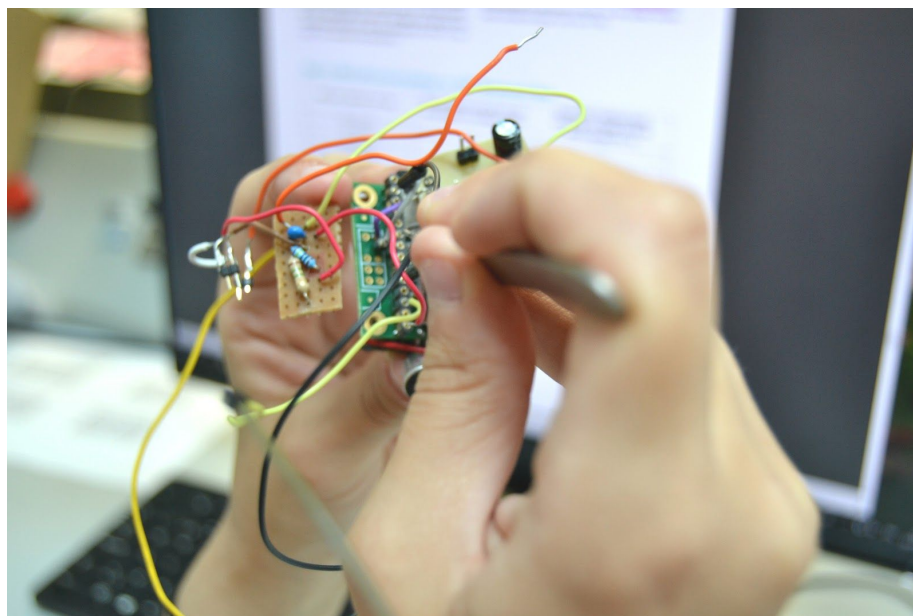


Kuva 10. Prototyypin kaiutin.

Kaiuttimelle tehtiin vahvistinpiiri. Piirilevy tehtiin sähköpajalla syövyttämistekniikalla. Vahvistinpiirin piirilevykaavio löytyy Liitteestä 1 - Vahvistinpiiri. Ensimmäisen version vahvistinpiirin kiinnityskohdat olivat liian pienet ja ne irtosivat muutaman juottamiskerran jälkeen. Tästä johtuen vahvistinpiiristä tehtiin toinen versio, johon padien kokoa kasvatettiin. Tämä ei vaikuttanut merkittävästi elektroniikan kokonaisuuden kokoon.



Kuva 11. Rannekkeen sisältämät audiopiirit ja sykeanturi testivaiheessa



Kuva 12. Komponenttien liittämistä sekä kytkentöjen varmistamista

5.2. Akku ja anturit

Prototyypissä käytettiin jännitelähteenä litiumpolymeeriakkua. Sen nimellisjännite oli 3,7 voltia ja kapasiteetti 200 mAh. Akun todellista kestoja ei testattu. Prototyyppi käytti virtaa 50 ja 150 milliampeerin välillä riippuen siitä, mitä toimintoja siitä käytettiin kyseisellä hetkellä. Tästä laskemalla akun kesto on korkeintaan muutamia tunteja.

Liikkeen havaitsemiseen käytettiin Sparkfun MMA8452Q -kiihtyvyyssanturia. Se keskustelee Teensyn kanssa I2C-väylän välityksellä. Tämä kiihtyvyyssanturi toimi koko testauksen ajan suunnitellusti, ja alussa valikoitunut tuote päätyi lopulliseen prototyyppiin.

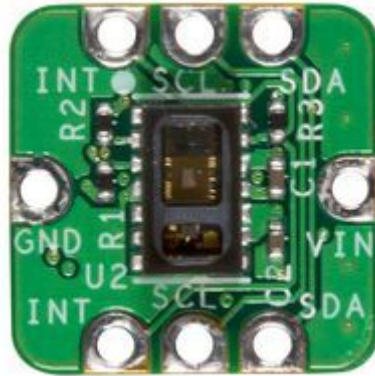
Lämpötilan mittaamiseen käytettiin DS18B20 -anturia. Tällainen lämpötila-anturi löytyi sähköpajalta valmiina, minkä johdosta sen parissa työskentely voitiin aloittaa heti. Lämpötila-anturin kotelo oli hiottu hieman pienemmän koon sekä paremman muodon saamiseksi. Hiontaa testattiin halvemmalla anturilla, josta löytyi samanlainen kotelo. Hionta suoritettiin käsityönä, jolloin hionnan syvyyttä oli mahdollista kontrolloida paremmin. Anturin toiminta vaatii 4,7 kOhmin ylösvetovastuksen, joka juotettiin anturin jalkoihin ja sijoitettiin rannekkeen sisään. Lämpötila-anturi sijoitettiin rannekkeen sisäpinnalle, josta saadaan parempaa mittaustulosta lämpötilalle.

Lämpötila-anturia testattiin projektiryhmäläisten toimesta, ja ranteen sisäpinnan havaittiin antavan lähempänä ruumiinlämpöä olevia tuloksia. Lopullisessa tuotteessa tulee kuitenkin huomioida, ettei ranteesta saatava lämpötila ole sama kuin ruumiin lämpötila vaan muutaman asteen alhaisempi. Kuitenkin tämän arvon avulla saadaan hyvin tietoa lapsen olotilasta, sekä ympäristön vaikutuksesta raajojen lämpötilaan.^{1,2} Lämpötila-anturin vastuksen hajoaminen projektin loppuvaiheessa aiheutti sen ettei lopullisen prototyypin lämpötila-anturia ehditty ajan puitteissa hiomaan.



Kuva 13. DS18B20 -anturi

Prototyyppiin lisättiin lisäksi LED-valot ilmaisemaan lämpötilan suuruutta. Tämä koettiin helpottavan informaation välittymistä vanhemmalle ilman jatkuvaa puhelinsovelluksen seuranta. LED:einä käytettiin perinteisiä ledejä, joihin juotettiin vastukset. Punaiselle LEDille laitettiin 180 ohmin vastus ja siniselle 120 ohmin vastus. LEDit ohjelmoitiin palamaan himmeämmin, mikäli tapahtui yhden celsius asteen erotus optimialueelta. Esimerkiksi jos lämpötila laskee yhden celsius asteen optimin alle, palaa sininen LED himmeään ja kuuluttaa pandan poskilta tiedoksi vanhemmille. Mikäli erotus optimialueeseen on yli kaksi celsius astetta, palavat LEDit kirkkaamalla voimakkuudella.

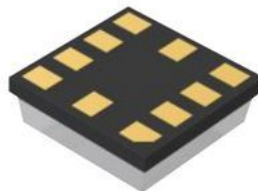


Kuva 14. MAXREFDES 117 -anturi

Sydämen sykkeen ja happisaturaation mittaamiseen valittiin alussa MAXREFDES 117 -anturi. Anturi valikoitui tuotteeseen sen pienen koon, ominaisuuksien sekä hintansa puolesta. Lisäksi sen etuna oli mahdollisuus mitata arvoja muualta kuin sormenpästä.

Anturin koodaukseen on saatavilla valmiita pohjia, jotka toimivat hyvin Arduino UNO-levyn kanssa. Jotkut saatavilla olevista kirjastoista eivät toimineet hyvin Teensyn kanssa, jonka vuoksi vaihtoehtoisia kirjastoja jouduttiin hakemaan. Lisäksi ongelmaksi muodostui Teensyn nopeampi toiminta, joka ilmeni sensorin testauksen kautta. Anturin testauksessa havaittiin anturin antamien arvojen suuret vaihtelut, sekä epäselvät lukemat, ranteen sisäpinnalta mitattuna. Tästä syystä anturin testaukseen sekä data-analyysiin kului odotettua enemmän aikaa. Tarkimmat mittaustulokset testauksessa saatiin peukalon juuresta thenar-lihaksistosta, sekä ranteen ulkopinnalta. Tästä syystä sensori tullaan siirtämään ranteen ulkosyrjään, alkuperäisen suunnitelman vastaisesti.

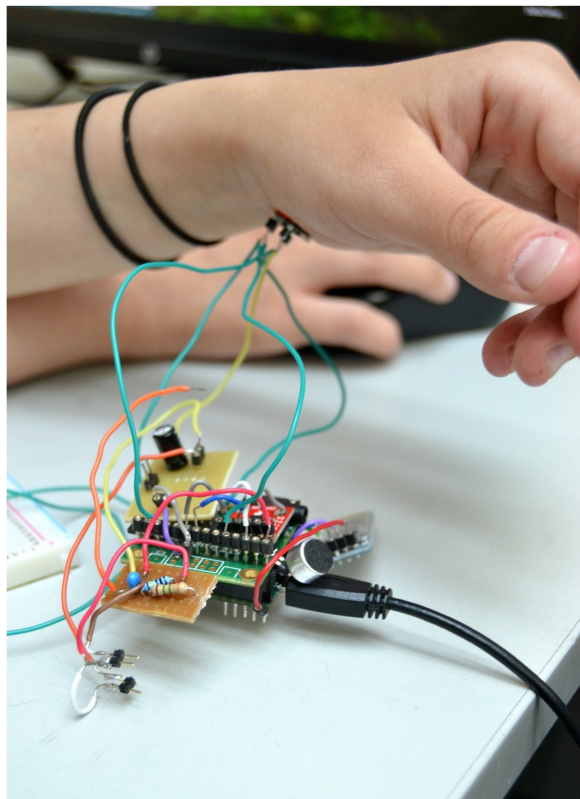
Datan testaukseen tilattiin myös toinen sykeanturi - BH1792GLC-E2, joka yhdistettynä ledeihin ja valmiiseen pohjaan löytyi koodilla BH1792GLC-EVK-001. Tämän anturin avulla ryhmä haki mittaustulosten varmistamista sekä parempaa luotettavuutta. Kyseisen anturin avulla ryhmä saikin parempaa dataa, mutta tilauksen viivästymisen vuoksi raaka datan käsittely numerollisiksi arvoiksi jouduttiin jättämään kesken. Aikataulun priorisoinnin takia prototyypissä käytettiin alkuperäistä syke ja happisaturaatio-anturia.



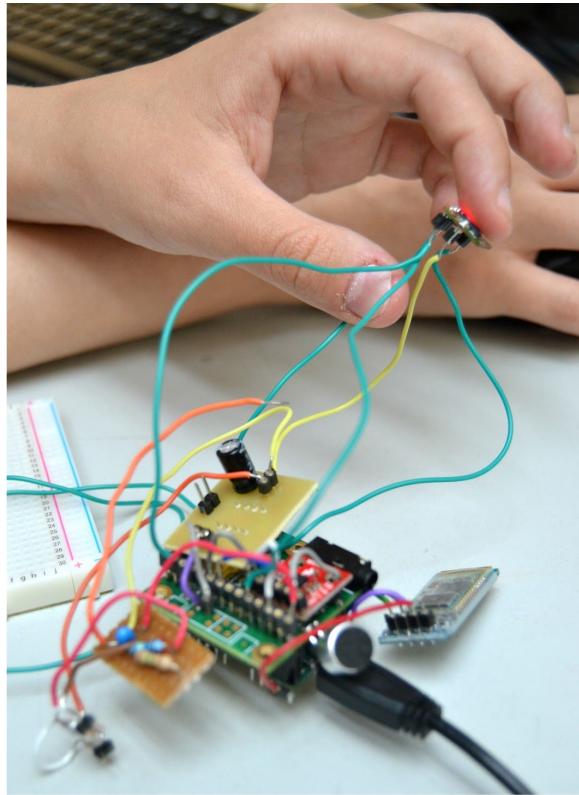
Kuva 15. BH1792GLC-E2 anturi

MAXREFDES 117 -anturi keskustele Teesyn kanssa I2C-väylän kautta. MAXREFDES 117 -anturin sekä kiihtyvyyssanturin käyttämät osoitteet ovat erit, jonka vuoksi ne voidaan liittää samaan I2C-väylään. MAXREFDES 117:n ohjelmistossa käytetään kuitenkin SlowSoftI2CMaster-kirjastoa, joka mahdollistaa datapinnien muuttamisen I2C-väyliksi. Tämän avulla MAXREFDES 117 -anturi on mahdollista kiinnittää myös muihin pinneihin.

Anturien testauskäytössä havaittiin vaikeuksia saada anturi pysymään paikoillaan, joka lisää virheellisen datan saamista. Tämän ominaisuuden muuttuminen asetti koodille ja sen tuottamiin hälytyksiin rajoitteita. Yhtenä virhettä lisäävänä tekijänä pidettiin myös liitosjohtojen liikkuvuutta, juotoskohtien tarkistamattomuutta sekä tietokoneesta tulevan taustakohinan vaikutusta. Rannekkeeseen integroituna tietokoneesta tulevan taustakohinan vaikutus häipyi, sekä anturin johdot saatiin pysymään paremmin paikoillaan. Kuitenkin sensorin ja ihon väliin jäi vielä hieman liikaa liikkumatilaa, jonka vuoksi muutamia virheellisiä lukemia saatiin.



Kuva 16. Mittauksen testaamista



Kuva 17. Mittauksen testaamista

5.3. *Bluetooth + App*

Rannekkeesta on yhteys puhelimen sovellukseen. Lähettimeksi rannekkeeseen valittiin sähköpajalta löytyvä HC-05 bluetooth-moduuli. Puhelimessa käytettiin valmista sovellusta Arduino BlueControl, joka on ladattavissa Play kaupasta. Sovelluksessa on kuusi erilaista nappia ja monitori, josta voidaan lukea vauvan sykkeen, lämpötilan ja happisaturaation arvot. Lisäksi monitoriin tulee erilaisia ohjeita liittyen rannekkeen käyttöön, josta esimerkkinä "Heiluta ranneketta!". Nappeja painamalla voidaan laittaa kiihtyvyyssanturi ja mikrofoni pois päältä, vaihtaa soitettavaa kappaletta ja testata onko laite päällä. Lisäksi sillä on mahdollista toteuttaa hälytystoiminto elintoimintojen laskiessa asetettujen arvojen alle. Hälytystoiminto on toteutettu sovelluksen monitoriin ilmoitettavalla tekstillä, joka kehottaa tarkistamaan lapsen hyvinvoinnin.



Kuva 18. Bluetooth-moduuli HC-05



Kuva 19. Visualisointia mahdollisesta sovelluksesta

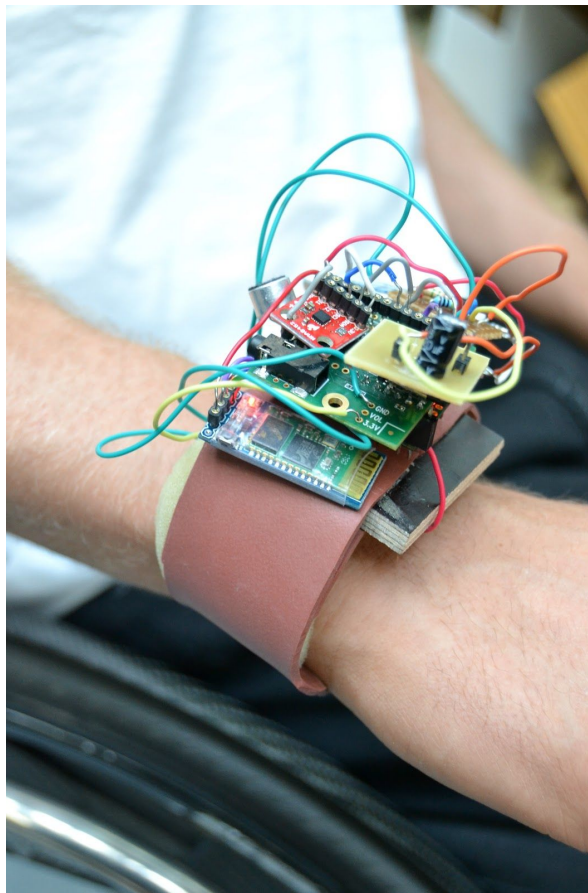


Kuva 20. Koonti rannekkeen toiminnoista

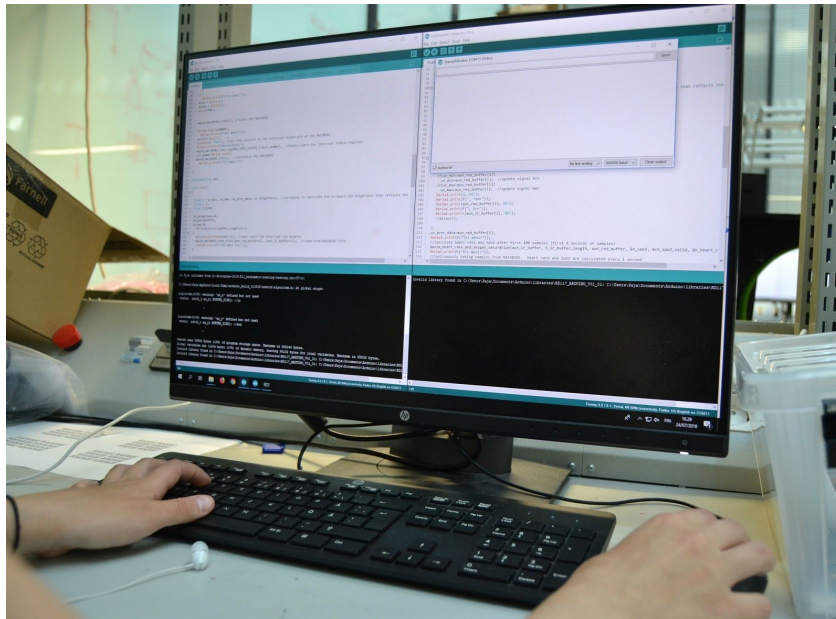
6. Ohjelma ja testaus

Väliraporttiin mennessä jokainen anturi ja toiminto oli testattu ja saatu toimimaan erikseen. Kokonaisversioon ohjelmasta oli liitettyä audion toistaminen, mikrofoni, kiihtyvyyssanturi ja bluetooth-yhteys puhelimeen. Lisäksi syke- ja happisaturaatioanturien ohjelmistot olivat toimivasti yhdistettyinä. Riittävän voimakas ääni tai liike aloitti audion toistamisen. Tämän jälkeen audiota toistettiin määrätyn ajan verran. Äänen ja liikkeen havaitsemistoiminnot voitiin laittaa pois päältä puhelimen sovelluksesta. Väliraportin aikoihin kokonaisohjelmiston kokoaminen oli aloitettu, ja sen toimintaa testattiin kokoamisen edetessä.

Elektroniikan toimintaa oli kokeiltu testirannekkeella (Kuva 13). Testauksessa oli käytetty sähköpajalta saatavia erillisiä jännitelähteitä.



Kuva 21. Testiranneke



Kuva 22. Arduino-koodien yhdistämistä kokonaisversioksi

Lopulliseen koodiin saatiin kaikki toiminnot yhdistettyä siten, että ne toimivat vuorotellen. Äänentoiston tila on päällä 30 sekuntia ja elintoimintojen mittaus on päällä toiset 30 sekuntia. Ranneke ilmoittaa käynnistymisestä ledien vilkkumisella ja äänimerkillä. Samaa äänimerkkiä käytetään laitteen käynnissä olemisen testaamiseen. Rannekkeen muistikortille tallennettiin useampia ääniä, jolloin ääniä on mahdollista vaihtaa puhelimen sovelluksen kautta. Äänit löytyvät Liitetiedostosta koodit_ja_kirjastot.zip. Tiedostosta löytyvät myös ohjelmistojen lisenssi tiedot. Ranneke mittaa lapsen elintoimintoja puolen minuutin välein. Alussa tulee ilmoitus “Mittaa elintoimintoja”, jonka jälkeen tapahtuu kerätyn datan päivittäminen ennen kuin uudet elintoiminnot ilmaantuvat puhelimen näytölle. Kerättyä dataa jouduttiin päivittämään hetken, sillä samanaikaisesti mittaaminen ja datan jatkuva kerääminen ei onnistunut muiden toimintojen suorittamisen kanssa. Elintoimintojen mittauksen loppuksi puhelimen sovellukseen tulee näkyviin lapsen lämpötila. Näin ollen käyttäjä saa tietää lapsen lämpötilan minuutin välein. Ranneke ilmoittaa, kun akun varaus on alhainen. Lopullisen prototyypin tekniikan kytkentäkaavio löytyy liitteestä 4 - Kytkentäkaavio.

7. Verkkosivut

Verkkosivut toteuttiin Weeblylla ennen materiaalin siirtämistä varsinaiselle Protopaja-sivustolle. Prototyypin muotoilun ja teknisten tietojen kuvauksen lisäksi verkkosivuilla informaatiota ja kuvia myös Protopaja-kurssista, yhteistyöyrityksestä sekä projektiryhmästä. Ryhmän ottamien kuvien lisäksi sivuilla käytetään myös yritykseltä saatuja kuvia esimerkiksi layoutissa. Sivuston yläreunassa sijaitsee navigaatiopalkki, ja sivuston etusivulla on myös osioista erilliset, lyhyet infotekstit linkkeineen. Verkkosivut toteutettiin englanninkielisinä. Verkkosivuilla löytyy myös lyhyitä videoita rannekkeen toiminnasta sekä rannekkeen toteutuksessa käytetyt koodit ja kirjastot sekä vahvistinpiirin pohjat. Weebly-sivujen osoite on <http://protocampbeibamboo.weebly.com> Verkkosivut eivät valitettavasti suojausasetusten takia näy Aallon verkon kautta.



Kuva 23. Projektin verkkosivujen layout

8. Projektitoiminta

8.1. Tavoitteet

Liisa kokee oppineensa kesällä paljon uusia asioita. Alkukesän uudesta tiedosta aiheutuva hämmennys vaihtui projektin edetessä jäsennellyksi tiedoksi. Hän on oppinut projektisuunnitelman toteutumisesta ja seurannasta käytännössä, sekä vahvistanut hänen kykyään toimia projektiluontoisessa työssä. Hän kokee että hänellä on selkeämpi kuva verkkosivujen luomisesta ja niiden sisällön rakentamisesta, vaikkakin käytimme verkkosivujen luomiseen valmista add-on pohjaa. Hän on päässyt kesän aikana esimerkiksi juottamaan erikokoisia komponentteja sekä tekemään piirilevyjä, lisäksi ymmärrys mitä teknologiasta laitteiden taustalla on lisääntynyt merkittävästi. Lisäksi Liisa osallistui ohjelmointiin, josta löysi kurssin jälkeiselle ajalle tavoitteeksi opetella ohjelmoimaan monen toiminnan yhtäaikaista toteutusta. Liisa on erittäin iloinen saadessaan osallistua protopajaan ja oppiessaan teknillisestä yhteistyöstä niin eritaustaisten opiskelijoiden kuin yrityksen kanssa.

Topiaksen tavoitteena oli saada lisää tietoa ja oppia sähkötekniikasta ja elektroniikasta. Topiaksen opintoihin on kuulunut kurseja aiheisiin liittyen, mutta ne ovat painottuneet enemmän teoriaan. Protopaja tarjosi erittäin tärkeää käytännön kokemusta, jonka avulla ajatus elektroniikan suunnittelusta on nyt paljon selkeämpi. Tieto olemassa olevista elektroniikan ratkaisuista ja komponenteista on lisääntynyt huomattavasti kesän aikana. Lisäksi prototyypin tekniikkaan liittyen ohjelmointi oli Topiakselle miellyttävää ja opettavaista työtä. Yritysyhteistyö antoi uusia näkökulmia tuotekehitykseen ja sen vaiheisiin tuotekehityksen alkuvaiheessa.

Heidi oppi paljon perusteellisesta projektityöskentelystä, jollaisesta hänellä ei ollut kovin paljoa kokemusta. Hän kokee projektityöskentelykokemuksen kokonaisuudessaan erittäin hyödylliseksi tulevaisuutensa kannalta. Projektityöskentelyn lisäksi hän oppi paljon sähkötekniikasta ja elektroniikasta, ja kurssi herätti hänessä kiinnostuksen alaa kohtaan. Heidi uskoo omaksumilleen tiedoille ja taidoille olevan paljon käyttöä muotoilun parissa työskennellessään, kun muotoiluun yhdistetään tekniikkaa. Hänen ennakkotietonsa tekniikasta ja elektroniikasta oli melkolailla nollan

tasoa, ja kurssin jälkeen hänellä on selkeämpi käsitys siitä millaisia asioita tulee ottaa huomioon silloin kun tuotteessa yhdistyy muotoilu ja tekniikka. Hänellä on nyt myös peruskäsitys sähkötekniikan mahdollisuuksista, josta on suuri hyöty tulevilla ideointiprosesseissa. Heidi tutustui kurssin aikana useisiin uusiin materiaaleihin ja menetelmiin. Ryhmän toiminnan ohjaamis- ja ryhmätyötaitojensa Heidi kokee kurssin aikana kehittyneen. Hän kokee saaneensa myös yritysysteistä selkeämmän kuvan jatkoa ajatellen.

Ryhmä asetti yhdessä tavoitteeksi onnistumisen tunteen saavuttamisen kesän lopuksi, joka koettiin demopäivänä saavutetuksi sekä oman että yrityksen tyytyväisyyden muodossa. Suuri kiinnostus prototyyppeimme kohtaan vahvisti onnistumisen tunnetta ja konkretisoi uusien asioiden oppimisen jokaiselle ryhmäläiselle. Ryhmätyöskentelyssä kannustimme toisiamme oppimaan uutta, annoimme tilaa kokeilla uusia asioita sekä tuimme toisiamme uusien asioiden sisäistämässä. Vastuuassistenttien avustuksella jokainen oppi valtavasti uusia asioita, ja näitä taitoja osasimme opettaa myös toisillemme ryhmätyöskentelyn edetessä. Ryhmätyöskentelystämme tuli sujuvaa, ja opimme ammentamaan uusia taitoja ja tietoja toistemme opiskelutaustoista. Jokainen ryhmäläinen hoiti omat vastualueensa, sekä viestintä toimi hyvin poissaolojen tai avun tarpeen ilmaantuessa. Lisäksi opimme paljon yrityksen kanssa tapahtuvasta yhteistyöstä, ja yrityksen roolista sekä näkökulmista prototyyppien kehityksessä.



Kuva 24. Projektiryhmä, Beibamboon toimitusjohtaja Nina Ignatius ja vastuuassistentti Joel Tolonen

Prototyypin tavoitteiden osalta saavutimme toimivan prototyypin, jonka saimme järkevään kokoluokkaan. Tavoitteena oli suunnitella lapsen koolle sopiva, mutta prototyyppeimme valmistui aikuisen kokoon sopivaksi. Projektiryhmä sai integroitua prototyyppeihin useita toimintoja, kuten sykkeen mittauksen, happisaturaation, lämpötilan, äänentoiston, ja liikkeen havainnoinnin. Projektiryhmä onnistui tavoitteessa luoda jotain uutta ja innovatiivista, jolla olisi potentiaalisia näkymiä lastentarvikemarkkinoilla. Lisäksi projektiryhmä onnistui luomaan tuotteeseen kaivattua säätövaraa siten, että tekniikan sijoittelu ei siitä kärsinyt. Muutamia yrityksen toiveita jouduimme rajaamaan pois prototyypistämme, kuten vesieristyksen, lukitusmekanismin ja värillisyyden. Prototyypin tavoitteita mukautettiin projektin edetessä, ja esimerkiksi yrityksen toiveesta prototyyppeihin lisättiin LED-valot ilmaisemaan lämpötilan muutoksia.

8.2. Aikataulu

Projektin aikataulua tarkasteltiin tarvittaessa, mutta pääosin aikataulussa pysyttiin ja kaikki varmasti toteutettavaksi suunniteltu rannekkeen vesieristystä ja iskunkestävyyttä lukuunottamatta ehdittiin tehdä. Yksittäisiin osioihin saattoi mennä eri aika, kuin suunnitelmassa oltiin määritelty. Toisiin osioihin meni enemmän ja joihinkin suunnitelmaa vähemmän aikaa, joten aikataulussa kokonaisuudessaan pysyttiin.

Prototyypin 3D-mallinnus ja tulostus päästiin aloittamaan melko myöhäisessä vaiheessa, sillä sitä oli haastavaa aloittaa ennen kuin teknisten komponenttien lopullinen muoto oli selvillä. Materiaalina käytetty PLA-Flex osoittautui melko haasteelliseksi printattavaksi ja oikeiden asetusten selvittämiseen meni ylimääräistä aikaa. Tulostus aloitettiin kuitenkin tarpeeksi ajoissa ottaen huomioon sen, että demopäiväksi saatiin siisti, tulostettu prototyyppi, mutta näin jälkikäteen ajatellen sille olisi voinut varata enemmän aikaa. Malliversioiden tulostaminen ja materiaalin käyttäytymisen testaaminen olisi voitu aloittaa aiemmin.

Projektin alkuvaiheessa määritettiin henkilöresursseja työtunteina. Projektiryhmä suoritti työtuntien seurantaan koko protopajan ajan, ja havaittiin että alussa työtunteja meni suunniteltua vähemmän. Ajoittain suunnitellut viikkotuntimäärät ylittyivät, mutta tämä oli myös osoitus ryhmäläisten joustavuudesta työskentelyssä ja aikataulun suunnittelussa. Projektin työvaiheisiin oli varattu hieman enemmän aikaa kuin niihin lopulta projektiryhmältä kului, mutta yllättävästi esimerkiksi mallintaminen ja tulostaminen veivät suunniteltua enemmän aikaa.

Viimeistelyvaiheessa aikaa jäi huomattavasti vähemmän projektiryhmän käytettäväksi, sillä prototyypin kanssa ilmaantui yllättäviä ongelmia. Näitä ongelmia olivat komponenttien hajoaminen lämpötilamittarin sekä Teensy -levyjen kanssa, sekä SD-kortin oikosulku. Tästä syystä muutamat viimeiset testaukset sekä viimeistely jäi niukemmalle ajalle kuin projektisuunnitelmassa oli määritetty.

Loppuraportin kirjoittamiseen varattiin reilusti enemmän aikaa kuin lopullinen kirjoitustyö lopulta vei. Loppuraportin kirjoittaminen aloitettiin kuitenkin hyvissä ajoin aikataulun mukaisesti, mutta siihen käytettävät työtunnit per päivä olivat huomattavasti pienemmät.

Uuden oppimiseen arvioitiin kuluvan 13 viikkoa, ja tämä on selkeästi pitänyt paikkansa. Vaikkakin paljon oppimista tapahtui alkukesästä, jolloin myös luennot pidettiin, ei uuden oppiminen ryhmältä loppunut koko kesänä. Uudet ongelmat ja niihin käytettävät ratkaisumetodit toivat uusia oppimisen alueita aivan viimeisillä hetkillä myös.

8.3. Riskianalyysi

Projektiryhmä kohtasi joitain riskianalyysissä mainittuja ongelmia. Projektin alussa ryhmä kohtasi haasteita ryhädynamiikan ja viestinnän suhteen. Projektiryhmä pyrki käsittelemään väärinkäsitykset asiallisesti ja rakentavasti samalla kuitenkin huolehtien siitä, että varsinainen projekti etenee aikataulussa.

Toisena ennakoituna riskinä kohdattiin myös toimitusajan ja tilauksen etenemättömyys. Sykeanturin kohdalla tilauksen saapuminen kesti kolme viikkoa, jonka vuoksi ryhmä joutui jättämään raakadatan käsittelyyn tehtävän koodin kirjoittamisen pois. Prototyypin jouduttiin viime hetkellä tilaamaan myös uusi Teensy 3.2 sekä Teensy Audio Board. Näiden tilausten kanssa projektiryhmällä oli onnea, ja tilaukset saapuivat oletettua nopeammin perille. Näissä tilanteissa ryhmäläiset keskustelivat ja mukauttivat aikataulua priorisoimalla tehtävissä oleviin työvaiheisiin.

Ennakoituna riskinä oli myös virheelliset kytkennät, ja näitä sattui muutamia. Nämä ongelmat olivat pääsääntöisesti nopeasti ratkaistavissa, ja projektiryhmä kykeni luontevasti jakamaan vastuuta ongelman nopean paikallistamisen mahdollistamiseksi. Virheellinen akun kytkentä aiheutti ilmeisesti SD-kortin oikosulun, jonka paikantaminen vei projektiryhmältä 6 tuntia. Tämän ongelman ratkaisemiseen projektiryhmä sai valtavasti apua assistenteilta sekä ulkopuolelta saatavalla lämpökameralta.

Komponenttien rikkoutuminen riskinä oli ennakoitavissa, mutta suurten komponenttien kuten Teensyn levyjen kohdalla riskiin ei oltu varauduttu tilaamalla ylimääräisiä komponentteja. Myöskään latauspiirejä ei oltu tilattu kuin yksi ja muutama päivä ennen demopäivää sen huomattiin olevan rikki. Uutta ei enää kerennyt tilaamaan, joten USB-latauspistoke katkaistiin levystä pois ja tilalle juotettiin erilliset latausjohdot. Ne vedettiin perinteiseen liittimeen pandan ulkokuorelle, josta akkua voi ladata Lipo-akkujen lataukseen tarkoitettulla laturilla. Muiden komponenttien rikkoutuessa pajalta löytyi välineet komponenttien korjaamiseen ja korvaamiseen.

Teknisen toteutuksen toimimattomuusriski koski erityisesti prototyypissämme koodin rakentamista. Kun lopullinen koodi oli kasattu prototyypin varten, keskusteltiin koodin oleellisista toiminnoista. Havaittiin ettei kaikkia toimintoja ollutkaan mahdollista toteuttaa siten kuten alussa ryhmä oli suunnitellut. Käytiin keskustelua koodin erilaisesta rakentamisesta, sekä usean toiminnan yhtäaikaista toiminnasta. Kuitenkin ryhmä tuli siihen tulokseen, ettei ajan priorisoiminen tällaisen ohjelmoinnin opetteluun ja koodin rakentamiseen olisi prototyypin kannalta järkevää. Tästä syystä prototyypin koodi jaoteltiin tietyissä ajanjaksoissa tapahtuvaksi.

Epävarmuus 3D-tulostuksessa oli riski, jota ei riskianalyysissä oltu otettu huomioon. Osa 3D-tulostimista toimi alussa melko vaihtelevasti, etenkin tulostin jota yritimme käyttää mallin tulostukseen kaksivärisenä. Osan tulostukseen liittyvistä asioista ryhmäläiset joutuivat opettelemaan tulostusta aloittaessa. Tällaisessa tilanteessa ryhmämme teki ratkaisun tulostaa pandan ulkokuori yksivärisenä, sekä suorittamaan sille hiontaa sekä käsin että dremelin avustuksella.

Rannekkeen kuori liimattiin yhteen demopäivää edeltävänä päivänä sen jälkeen, kun tekniikka oli saatu sen sisälle. Pikaliimaa oli päässyt valumaan kytkimeen, joka liimautui jumiin. Kytkimen jumittuminen huomattiin demopäivän aamuna, jolloin kytkin jouduttiin vielä vaihtamaan.

Demopäivän presentaatiota harjoitellessa huomattiin, että presentaation videot eivät auenneet normaalisti kun videot oli upotettuina suoraan presentatioon. Tästä syystä videot jouduttiin lisäämään presentatioon linkin taakse.

8.4. Jatkokehitys

Prototyyppi toteutettiin kurssin puitteissa aikuisten koossa. Jatkokehityksessä ideaali koko olisi kuitenkin noin 45-50 % prototyypin koosta. Materiaaliksi kaavailtiin jo ideointivaiheessa silikonia pehmeytensä, joustavuutensa ja puhdistamisen helppouden ansiosta, ja se toimisi varmasti hyvin lopullisessa tuotteessa. Yksivärisestä prototyypistä poiketen ranneke toteutettaisiin jatkossa värillisenä.

Prototyypissä kaiutinreiät sijoituivat pandan päälle. Yrityksen toiveena oli kuitenkin, että reiät sijoittuisivat poskiin, joten tämä olisi jatkokehitystä ajatellen myös mahdollista. Prototyypin kaavailtiin myös painonappia nenän kohdalle, jolla rannekkeen musiikkia saisi esimerkiksi vaihdettua. Sitä ei kuitenkaan kurssin puitteissa ehditty toteuttaa, mutta se olisi jatkokehityksessä mahdollinen lisä. Tällä hetkellä pandan poskissa on toisessa sininen ja toisessa punainen ledi viestimässä lapsen lämpötilan muutoksia - ledeiksi voisi jatkossa vaihtaa ledit, jotka vaihtavat väriä sinisestä punaiseen esimerkiksi jonkin sinisen ja punaisen värin välille asettuvan värin kautta. Lisäksi jatkossa molemmat posket voisivat loistaa samassa värissä.

Prototyypin tekniikkaa voi jatkokehittää myös suunnittelemalla uuden piirilevyn, johon voitaisiin yhdistää Teensy 3.2:n, Teensy Audio Boardin, kiihtyvyyssanturin, latauspiirin sekä vahvistinpiirin toiminnot yhdelle levyille. Tämä mahdollistaisi huomattavasti pienemmän koon käyttämisen. Lisäksi syke- ja happisaturaatioanturi voidaan integroida paremmin osaksi ranneketta suunnittelemalla näille oma, käyttöön paremmin soveltuva levy. Jatkokehityksen kannalta projektiryhmä suosittelee anturin vaihtamista tarkempaan anturiin kuten BH1792GLC-E2-anturiin.

Ohjelmiston jatkokehityksessä tulisi kiinnittää huomiota toimintojen samanaikaiseen suorittamiseen, sekä datan keräämiseen. Kerätyn datan avulla voitaisiin piirtää esimerkiksi graafeja puhelimen näytölle vuorokauden tai viikon happisaturaation tai lämpötilan vaihtelusta. Lisäksi rannekkeen kantavuuden rajoituksiin voitaisiin kehittää ratkaisuja. Prototyypissä on käytettävissä Bluetooth-yhteys, jonka kantama on rajallinen.

Osana jatkokehitystä olisi myös hyvä huomioida prototyypistä puuttuvat iskun- ja vedenkestävyys. Tämä olisi hyvä huomioida esimerkiksi latausluukun sekä poskien reikien kohdalla.

8.5. Kustannuslaskelmat

Projektin kokonaisbudjetiksi oli asetettu 900 €, ja budjetin käyttämistä seurattiin kesällä jokaisen palaverin yhteydessä. Kesän jälkeen ryhmämme oli käyttänyt budjetista 192,43 €, sisältäen myös prototyypin päätyttömät testikomponentit. Lopullisen budjetin jäädessä siis +707.57 €, joka siirtyy sähköpajan tarvikehankintoihin.

Kustannuslaskelmassa komponenttien hinnat ovat suuntaa antavia ja ne ovat pyöristetty 50 sentin tarkkuudella. Osa komponenteista saatiin sähköpajalta ja näin ollen tarkka hankintahinta ei ole tiedossa. Näiden komponenttien hinnat on katsottu eri verkkokaupoista.

Vertailun vuoksi prototyypin kustannuslaskelman viereen on tehty laskelmaa siitä, kuinka paljon komponentit maksaisivat sarjatuotannossa. Tätä laskelmaa on mahdotonta tehdä tällä hetkellä

täydelliseksi, koska kaikkia käytettäviä komponentteja ei tiedetä ja niiden selvittäminen vaatisi paljon suunnittelua. Prototyyppi tulisi eroamaan kaupallisesta tuotteesta ratkaisuiltaan, joten on turha tehdä sarjatuotantoon liittyvää hinta-arviota samoilla komponenteilla. Esimerkiksi muistikortti korvattaisiin luultavasti sisäisellä muistilla. Laskelmaan on saatu joidenkin komponenttien sarjatuotantohintoja (+100 kappaletta) verkkokaupoista. Lisäksi hinnassa on vain pääkomponentti, joka vaatii lisäksi elektroniikan peruskomponentteja toimiakseen. Sarjatuotannossa olisi kannattavaa vaihtaa erilliset levyt yhteen optimoituun piirilevyyn. Tämän suunnittelu vaatisi useamman työtunnin, mutta komponentin massatuottaminen tulisi halvemmaksi sekä mahdollistaisi rannekkeen pienemmän koon.

Taulukko 4. Kustannuslaskelmat.

Komponentti	Hinta prototyypissä	Hinta sarjatuotannossa
Teensy 3.2	20 e	6 e (Pelkkä mikrokontrolleri)
Teensy Audio Board	16,5 e	2 e (Pelkkä SGTL5000)
Akku Lipo 3.7 V	5 e	
Kytkin	0,5 e	
Kiihtyvyyssanturi	8 e	1,5 e
Kaiutin	4 e	2 e
Mikrofoni	1,5 e	1 e
Muistikortti	10 e	
Bluetooth-moduuli	7 e	3,5 e
Latauspiiri	7 e	0,5 e
Lämpötila-anturi	2,5 e	2,5 e
Syke- ja happisaturaatioanturi	16,5 e	15,5 e
Muut elektroniikan komponentit (Vahvistinpiiri, vastukset, kondensaattorit, johdot...)	5 e	
PLA Flex	2-5 e	
Kokonaiskustannus	107,5 e	

9. Yhteenveto ja johtopäätökset

Protopajan puitteissa projektiryhmä pääsi näkemään koko prototyypin kehityksen elinkaaren, markkinatilanteen selvittämisestä valmiiseen prototyyppiin. Alkuvaiheen markkinatilanteen kartoitus ja ideointivaihe vei useamman viikon ajasta, joka aiheutti projektiryhmälle hieman painetta tekniikan kanssa työskentelyyn. Lopullisen konseptin päättämisen jälkeen työskentely oli sujuvaa ja vastuunjako selkeä. Projektityöskentely opetti ryhmätyöskentelytaitoja, oman vastualueen etenemisen huolehtimista sekä viikottaista raportointia ja projektiin liittyvää vaiheiden kirjallista toteutusta ja seurantaa. Jokainen ryhmäläinen oppi yrityksen kanssa tehtävästä yhteistyöstä sekä yrityksen antamien suuntaviivojen mukailusta. Prototyypin luomisen eri vaiheissa projektiryhmä joutui suorittamaan priorisointia, sekä perustelemaan tehtyjä valintoja sekä yritykselle että ryhmän sisäisesti. Yrityksen kanssa työskentely loi positiivista painetta ilmaisemaan itseään selkeästi tekniikan etenemisen kanssa sekä saada aikaiseksi toimiva prototyyppi. Jälkeenpäin tarkasteltuna yrityksen kanssa olisi voitu järjestää muutama tapaaminen enemmän.

Prototyypin kehityksen aikana jokainen ryhmäläinen oppi uusia asioita. Pääsimme suunnittelemaan ja luomaan vahvistinpiirin, 3D-printtaamaan, käyttämään erilaisia hiontametodeja ja käyttämään oskiloskooppia projektia edistävässä mielessä. Projektityöskentelyssä huomasimme, että kytkentäkaavion olisi voinut tehdä aiemmin yhtenäiseksi. Tämä olisi ajoittain helpottanut ongelmien paikantamista. Jälkeenpäin ajateltuna 3D-mallinnus olisi tullut aloittaa aiemmin, jotta haasteellisen materiaalin kanssa ilmenneiden ongelmien ratkaisemiseen olisi jäänyt enemmän aikaa. Tällöin lopullisen prototyypin viimesilaukset eivät olisi jääneet demopäivän aamuun. Lisäksi näin prototyypin kokonaisuuteen olisi jäänyt enemmän myös testausaikaa. Myös tekniikan kiinnitykseen ja lopulliseen kokoamiseen olisi voitu käyttää mahdollisesti muutakin kuin erityyppisiä liimoja.

Projektiryhmän sujuva yhteistyö mahdollisti monipuolisen oppimisen sekä viihtyisän työskentelyn läpi projektin. Jokainen ryhmäläinen sai tuoda jotain itsestään prototyyppiin, ja vastuuassistenttien avustuksella suurin osa ideoista kyettiin toteuttamaankin. Projektiryhmän joustavuus mahdollisti jokaiselle mukavan kesän, jossa yllättävät menot tai sairastelut eivät aiheuttaneet tarpeetonta stressiä. Suurimmat tavoitteet ryhmällä olivat luoda toimiva prototyyppi, oppia paljon uutta, viettää mukava kesä työskentelyn parissa sekä saada onnistumisen tunne kesän loppuksi. Ryhmä kokee onnistuneensa näissä tavoitteissa erityisen hyvin.

Liitteet

Liite 1 - Vahvistinpiiri (jpg-muodossa, alkuperäiset toimitettu yritykselle)

Liite 2 - Vahvistinpiiri1 (jpg-muodossa, alkuperäiset toimitettu yritykselle)

Liite 3 - koodit_ja_kirjastot.zip

Liite 4 - KytKentäkaavio

Lähteet

1. Owlet <https://owletcare.com/products/> (Haettu 17.8.2018)
2. Huffpost - Smart Baby Suit Works To Prevent Sudden Infant Deaths (2013) Saatavilla : <https://www.huffingtonpost.com/> (Haettu 17.8.2018)
3. Smartwatches - Top 10 Wearables for Your Baby for Peace of Mind saatavilla: <https://smartwatches.org/fitness/top-10-wearables-for-your-baby/> (Luettu 24.7.2018)
4. Mimo - kotisivut Saatavilla: <https://www.mimobaby.com/>(Luettu 24.7.2018)
5. Pacif-i -kotisivut: Saatavilla: <https://www.pacif-i.io/collections/frontpage> (Luettu 24.7.2018)
6. Angelcare UK - Our products Saatavilla: <https://angelcare.co.uk/products> (Luettu 24.7.2018)
7. MyHealth, Body Temperature -artikkeli saatavilla: <https://myhealth.alberta.ca/Health/pages/conditions.aspx?hwid=hw198785> (Luettu 24.7.2018)
8. Microlife, Ihmisen ruumiinlämmön mittaus Saatavilla: <https://www.microlife.fi/healthguide/fever/management/> (Luettu 24.7.2018)

Kuva 1 - <https://www.beibamboo.com/> (haettu 27.8.2018)

Kuva 2 - Beibamboo Unipussi Saatavilla <https://www.beibamboo.com/product/set-baby-pod-bonnet/> (haettu 27.8.2018)

Kuva 3 - Beibamboo Housut Saatavilla: <https://www.beibamboo.com/product/trousers-2/> (Haettu 27.8.2018)

Kuva 9 - PJRC - Teensy Audio Board, Saatavilla: https://www.pjrc.com/store/teensy3_audio.html (haettu 24.7.2018)

Kuva 10 - Farnell - ABS-239-RC, Saatavilla: <https://www.ebay.ie/itm/SPEAKER-8OHM-93DB-0-7W-ABS-239-RC-Fnl-/272683892176> (haettu 27.8.2018)

Kuva 13 - Farnell - DS18B20, Saatavilla: <http://fi.farnell.com/maxim-integrated-products/ds18b20/temperature-sensor/dp/2515553?st=DS18B2> (haettu 24.7.2018)

Kuva 14 - Farnell - MAXREFDES 117, Saatavilla:

<http://fi.farnell.com/maxim-integrated-products/maxrefdes117/ref-des-brd-heart-rate-pulse-oximeter/dp/2627165> (haettu 24.7.2018)

Kuva 15 - Farnell - BH1792GLC-E2, Saatavilla :

<http://fi.farnell.com/rohm/bh1792glc-e2/heart-rate-monitor-sensor-3-6v/dp/2846497?st=heart-rate> (haettu 24.7.2018)

Kuva 18 - HC-05 Wireless Bluetooth Serial Module, Saatavilla:

https://www.banggood.com/HC-05-Wireless-Bluetooth-Serial-Module-With-Baseplate-For-Arduino-p-959393.html?cur_warehouse=CN (haettu 24.7.2018)