AVOIMEEN LÄHDEKOODIIN POHJAUTUVA JÄRJESTELMÄ ELÄINTEN JA IHMISTEN VÄLISEEN KANSSAKÄYMISEEN INTERNETIN VÄLITYKSELLÄ.

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tietotekniikan kandidaatintyö

2024

Oskari Lehtonen

Tarkastaja: TkT Jouni Ikonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Tietotekniikka

Oskari Lehtonen

Avoimeen lähdekoodiin pohjautuva järjestelmä eläinten ja ihmisten väliseen kanssakäymiseen internetin välityksellä.

Tietotekniikan kandidaatintyö

22 sivua, 6 kuvaa, 2 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastaja: TkT Jouni Ikonen

Avainsanat: IoT, Raspberry Pi, lemmikit, lemmikkien viihdyttäminen, askelmoottori, Node.js

Lemmikkieläimiä on ollut ihmisillä kautta aikojen, mutta nyt ne ovat paljon omistajistaan erossa omistajien ollessa esimerkiksi töissä. On siis olemassa huoli lemmikkien tylsistymisestä kotona sekä omistajien huoli lemmikkien pärjäämisestä, kun eivät näe lemmikkejään. Tämän työn tavoitteena on rakentaa avoimen lähdekoodin ympäristössä toimiva järjestelmä, jolla voitaisiin ratkoa näitä ongelmia ja lisätä lemmikkien ja omistajien kanssakäymistä internetin avulla.

Työssä toteutettiin Raspberry Pi:llä toimiva järjestelmä, jolla lemmikin omistaja pystyy internetin välityksellä katsomaan kameralla lemmikkiään, liikuttamaan lemmikin lelua ja antamaan sille herkkuja. Raspberry Pi pitää yllä Node.js palvelinta, joka pystyy suorittamaan komentoja, jotka ajavat askelmoottoria. Palvelin pystyy myös lähettämään suoratoisto kuvaa lemmikin omistajalle HTML pohjaisen verkkosivun kautta.

Tuloksissa todettiin, että lemmikin omistajalle oli viihdyttävää seurata lemmikin toimintaa laitteen kautta ja lemmikki vaikutti kiinnostuneelta laitteesta. Todettiin myös, että hyvin yksinkertainenkin järjestelmä tuotti lemmikin omistajalle viihdettä pelkästään lemmikin kanssa kanssakäymisen takia.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Engineering Science

Software Engineering

Oskari Lehtonen

Open-source system for human-pet interaction over the internet.

Bachelor’s thesis

2024

22 pages, 6 figures, 2 tables and 1 appendix

Examiner: D.Sc. (Tech.) Jouni Ikonen

Keywords: IoT, Raspberry Pi, pets, human-pet interaction, stepper motor, Node.js

Humans have always had pets through the ages but now there are long periods of time during the day when they don’t get to see each other. There might be some concerns that pets get bored at home and their owners get worried about their pets because they cannot see them. The goal of this thesis is to solve these problems and increase human and pet interaction by building a system that can be used to interact with pets over the internet.

The thesis was done using a Raspberry Pi. The pet owner could see a live stream of their pet and move a toy for them to play with or choose to give the pet a treat. The Raspberry Pi ran a Node.js server which could execute commands to a stepper motor to accomplish these tasks and the server sent live footage to an HTML web page where the user could see their pet.

The results showed that people get a lot of entertainment just out of interacting and seeing their pets even with a limited system like this.

Sisällysluettelo

1 Johdanto 6
2 Kirjallisuuskatsaus 7
3 Tutkimusmenetelmät 9
3.1 Suunnittelutiede 9
4 Toteutus 11
4.1 Suunnittelu 12
4.2 Runko ja 3D malli 14
4.3 Node.js palvelin ja HTML verkkosivu 16
4.4 Kamera moduuli ja moottorit 17
5 Tulokset 19
Lähteet 20

Liitteet

Liite 1. Lähdekoodit, demo video ja 3D-mallit.

Kuvaluettelo

Kuva 1. Peffers et al. esittelemä prosessi malli suunnitelmatieteelle (Peffers et al., 2007).

Kuva 2. Systeemikaavio järjestelmälle.

Kuva 3. Rungon 3D malli.

Kuva 4. Valmis runko sisältä ja ulkoa.

Kuva 5. Verkkosivun käyttöliittymä.

Kuva 6. Raspberry Pi GPIO pinnien diagrammi ("documentation/documentation/asciidoc/computers/os/images/GPIO-Pinout-Diagram-2.png at develop · raspberrypi/documentation · GitHub," n.d.).

Taulukkoluettelo

Taulukko 1: Vaatimusmäärittely

Taulukko 2: esimerkki moottorin ajo sekvenssistä.

1 Johdanto

Eri lemmikkien omistus on pitkään ollut yleistä ja lemmikkien omistaminen on tuottanut pitkään ihmisille hyötyä. Aikaisemmin tietenkin oli yleisempää, että lemmikillä oli jokin työ mitä se hoiti kuten metsästäminen, mutta nykyään on yleistä vain omistaa lemmikki ja pitää sitä seurana kotona. Lemmikkien omistus onkin hyvin yleistä ja Yhdysvalloissa eri arvioiden mukaan yli puolella väestöstä on jokin lemmikki, joista yleisempiä ovat koirat ja kissat (Applebaum et al., 2023). Yhdysvaltojen tilastoista päätellen muissakin läntisissä maissa lemmikki eläinten omistus on yleistä.

Kun lemmikit viettävät päiviä yksin kotona omistajien ollessaan esimerkiksi töissä, voi omistaja huolestua miten lemmikki pärjää tai onko sillä tylsää yksin kotona. Tämän kandidaatintyön tutkimuskysymyksinä on, miten lemmikkejä voidaan viihdyttää internetin yli ja miten voidaan toteuttaa lemmikkien viihdytykseen käytettäviä älylaitteita avoimen lähdekoodiin perustuvilla ratkaisuilla.

Kandidaatintyössä tullaan toteuttamaan järjestelmä, jolla lemmikkien omistajat voivat leikkiä lemmikkinsä kanssa internetin välityksellä. Järjestelmässä tulee olemaan kaksi osaa. Ensimmäisenä kotona oleva laite lemmikillä, jota ohjataan Raspberry Pi 4B yhden piirilevyn tietokoneelta. Tässä laitteessa tulee olemaan kiinni kamera ja kissalle tarkoitettu lelu, jota käyttäjä voi ohjata esimerkiksi puhelimella. Toinen osa on omistajan laite, jolla päästään käsiksi HTML pohjaiseen verkkosivuun, josta lemmikin omistaja voi leikkiä lemmikin kanssa.

Toimintoja voi jatkossa kehittää mielenkiintoisemmaksi omistajalle, mutta se ei ole tämän työn kannalta oleellista, sillä haluamme keskittyä lemmikin ja omistajan vuorovaikutukseen ja siihen miten tällaisen laitteen voi toteuttaa käyttäen avointa lähdekoodia apuna. Tuloksia voidaan mitata kysymällä lemmikin omistajalta kysymyksiä, kuten oliko tämä viihdyttävä. Lemmikin viihdyttäneisyyttä onkin vaikeampi mitata, mutta voidaan olettaa, jos lemmikki pelaa peliä se ei ainakaan pelkää tai vieroksu sitä, eikä siitä aiheudu lemmikille haittaa.

2 Kirjallisuuskatsaus

Tässä luvussa tullaan tutustumaan erilaisiin internetin yli toimiviin IoT laitteisiin, joita on aiemmin tehty lemmikkien kanssa toimimiseen. Tulemme katsomaan taustaa siitä mitä aiemmin tämän aiheen saralla on tehty ja mitä johtopäätöksiä he tekivät. Tässä luvussa reflektoidaan myös aikaisemmin hyviksi todettuja asioita ja miten niitä pystytään hyödyntämään tässä työssä tai miksi ei.

Kirjallisuuden löytämisessä käytettiin seuraavia hakusanoja: ”Raspberry Pi pets”, ”Human-pet interaction” ja ”Pet’s IoT”. Human-pet interaction hakusanalla löytyi LUT-Primosta 607 tulosta, johon lisäsin sitten hakusanan computing, joka pienensi määrän kahdeksaan. Raspberry Pi pets hakusanalla löytyi LUT-Primosta 54 tulosta, jonka tarkensin vielä pet animals niin tuloksia oli enää 6. Pet’s IoT haulla löytyi Primosta 157 tulosta, jota tarkennettiin hakuun Pet animals ++ IoT ++devices ja saatiin 19 tulosta. Näistä luettiin abstraktit ja valittiin työhön soveltuvia lähteitä. Tämän lisäksi pystyttiin näiden hakusanojen perusteella löydettyjen julkaisujen lisäksi löytämään lisää katsomalla, ketkä viittasivat näihin töihin ja mihin nämä työt viittasivat. Näistä valitsin lopuksi viisi sen perusteella mitkä olivat relevantteja tämän työn kannalta. Painotin muun muassa tuloksia, joissa käytettiin Raspberry Pi laitteita ja joissa lemmikin kanssa pystyttiin tekemään jotain laitteiden avulla.

Lee et al. toteutti laitteen, jossa oli kaksi osaa. Kukko, jolle puetaan laite ja nukke, jota koskemalla voi antaa virtuaalisia silityksiä kukolle. Tässä laitteessa on käytännössä kaksi osaa kukko, jolla laite on puettuna päälle ja kukko itse on pihalla tai eri huoneessa ja sitten tämä nukke, jota voi koskea ja se antaa virtuaali- silityksiä kukolle kosketuksen mukaan. Tämän todettiin tuottavan ihmisille viihdettä ja kukon todettiin ainakin olevan vähintään välinpitämätön laitteeseen. (Lee et al., 2006.) Tästä voidaan todeta, että jo simppelit asiat tuottavat lemmikkien kanssa viihdykettä ihmisille ja on jo tarpeeksi, jos ihminen pystyy tekemään jotain lemmikin kanssa.

Bembde et al. toteutti lemmikin hoito robotin. Robotti antaa lemmikille lisää vettä ja ruokaa, kun huomaa niiden olevan vähissä. Robotti ei tässä vielä liikkunut, mutta se oli tarkoituksena seuraavassa versiossa. Tässä käytettiin Raspberry Pi 4 tietokonetta ohjaamaan robottia. Robotissa oli sensorit, jotka seurasivat lemmikin kuppien tilaa ja kaatoi niihin lisää vettä tai

ruokaa niiden tyhjetessä. Kameralla omistaja pystyi myös seuraamaan toimintaa. (Bembde et al., 2023.) Bembde et al. luomassa robotissa on monia hyviä asioita, kuten ruokkiminen ja kameran käyttö. Tässä kandidaatin työssä tosin keskitytään enemmän lemmikin ja ihmisen väliseen interaktioon, eikä lemmikin hoidon automatisointiin. Kamera tuo lemmikin omistajalle paremmin tunnetta siitä, että tekee jotain lemmikin kanssa, joten sitä tullaan tässä työssä käyttämään. Ruoan antaminen on toinen asia, mitä aioin hyödyntää omassa järjestelmässä, sillä ruoan tai herkun antaminen lemmikille sen leikkiessä tai käyttäessä järjestelmää palkitsee lemmikkiä.

Shih et al. toteutti lemmikille puettavan laitteen, jolla pystytään seuraamaan lemmikin sykettä ja ruumiinlämpöä, sekä kamera, jolla pystytään katsomaan kuvaa lemmikinperspektiivistä. Laitteessa on Raspberry Pi 2, kamera ja sykemittari. Laite lähettää tiedot puhelin sovellukseen, jolla omistaja sitten pystyy seurata lemmikin toimintaa. (Shih et al., 2016.) Shih et al. toteuttama laite tuottaa arvoa lemmikin omistajalle jo pelkästään lemmikin seuraamisella.

Yonezawa et al. toteutti myös lemmikille puettavan laitteen. Laitteella pystyttiin seuraamaan lemmikin reviiriä, sijaintia ja katsomaan lemmikin silmin kameran läpi. Oli myös mahdollista lähettää lemmikiltä saatuja tietoja sosiaaliseen mediaa, tässä käytettiin esimerkkinä Twitteriä, joka nykyään kulkee nimellä X, jonne laite päivitti lemmikin tekemisiä automaattisesti. Laite myös visualisoi kartalle lemmikin reviiriä. Yonezawa et al. toteaa myös, että laite auttaa ihmisiä ymmärtämään lemmikkejään paremmin. (Yonezawa et al., 2009.) Mielestäni laitteen keskeinen asia oli taas lemmikin tarkkailu, josta omistaja saa itselleen viihdettä ja mielenrauhaa.

Noz & An toteutti pelin, jota kissat pelasivat omistajien kanssa iPadilla. Peli todettiin mieluiseksi kissoille ja omistajat pitivät lemmikkinsä opettamista käyttämään elektroniikkaa mieluisana. Pelissä oli hiiriä, joita kissat koittivat napata ja siinä otettiin huomioon myös kissojen värisokeus. (Noz and An, 2011.) Työn keskeisenä asiana voisi pitää sitä, kuinka voimme todeta, että kissat saivat tästä jonkinlaista viihdykettä, kun he tykkäsivät pelata tätä peliä. Vielä parempana ja paremmin mitattavan asiana varsinkin sitä, että omistajat saivat itselleen paljon viihdettä kissojen leikkimisen seuraamisesta.

Kaikissa edellä mainituissa töissä yksi toistuvasti hyväksi todettu asia oli lemmikin seuraamisen ja sen kanssa touhuamisen tuottaman viihteen omistajalleen. Omistajat tykkäsivät

katsella lemmikkejään kameralla ja myös opettaa lemmikkejään tekemään asioita laitteilla. Puettavaa tekniikkaa myös kokeiltiin, mutta itse näen sen ongelmallisena, koska kaikki lemmikit eivät sitä todennäköisesti suostu käyttämään, siinä on liikaa epävarmuus tekijöitä. Esimerkiksi toisen henkilön kissa saattaa pitää laitetta ilman ongelmia, kun taas toinen kissa repii sen päältään pois heti. Lemmikkien seuraamisesta kameran avulla todettiin myös tulevan omistajalle mielenrauhaa ja kameran kautta lemmikin seuraamista pidettiin jo itsessään omistajalle viihdyttävänä. Se, että lemmikin seuraaminen ja katseleminen tuottaa viihdettä omistajalle tarkoittaa mielestäni sitä, että olisi lähes aina hyvä tuoda tämän kaltaisiin laitteisiin jokin tapa sitä toteuttaa, kuten kamera.

3 Tutkimusmenetelmät

Tämä luku esittelee kandidaatintyössä käytetyn tutkimusmenetelmän eli suunnittelutieteen (eng. design science). Luvussa esitellään lyhyesti mikä tämä menetelmä on ja miten sitä on tämän työn toteuttamiseen käytetty.

3.1 Suunnittelutiede

Suunnittelutiede on vielä aika uusi tapa toteuttaa tutkimusta. Tarkoituksena on määritellä tarkka ongelma mitä lähdetään ratkaisemaan ja tälle ongelmalle on tarkoitus kehittää toimiva ratkaisu eli artefakti (Peffers et al., 2007). Eli tutkimusta lähdetään tekemään siltä pohjalta, että tunnistetaan jokin ongelma ja tälle olisi tarkoitus tehdä jokin tuote tai tämän työn tapauksessa järjestelmä, jolla ongelmaa koitetaan ratkaista.

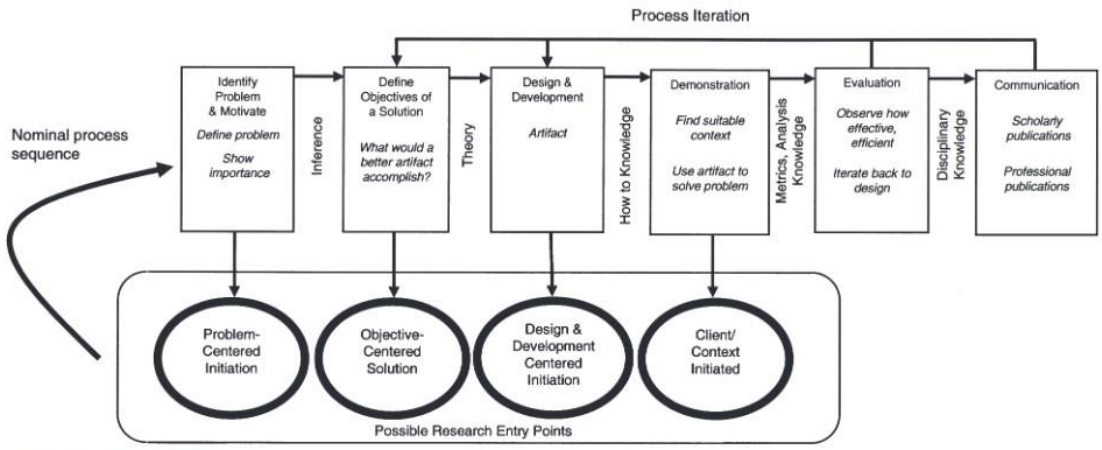


Figure 1. DSRM Process Model

Kuva 1. Peffers et al. esittelemä prosessi malli suunnitelmatieteelle (Peffers et al., 2007).

Kuvasta 1 näemme iteratiivisen prosessi mallin suunnitelmatieteelle, jossa on määritelty kuusi eri vaihetta. Ensimmäisenä tunnistetaan ongelma. Toisessa vaiheessa sitten määritellään tavoitteet tutkimukselle. Kolmannessa vaiheessa kehitetään artefakti ongelman ratkaisuun. Neljännessä vaiheessa käytetään artefaktia ja testataan sitä ongelman ratkaisuun. Viidennessä vaiheessa arvostellaan, kuinka hyvin artefakti onnistui ratkaisemaan ongelman ja kuudes vaihe kattaa tulosten, löydösten ja artefaktin dokumentoinnin, jotta siitä voi myös muut hyötyä (Peffers et al., 2007.)

Tässä työssä ongelmana on tunnistettu lemmikkieläinten tylsistyminen kotona ja tarkemmin omistajien huoli lemmikin pärjäämisestä yksin kotona. Mielestäni suurempi ongelma on nimenomaan omistajien kuvitelma, siitä että lemmikillä on tylsää kuin se, että lemmikillä on asiat huonosti. Toisena tavoitteena on myös tutkia kuinka hyvin avoimella tiedolla ja lähdekoodilla tällaista järjestelmää ja IoT laitteita ylipäänsä voidaan toteuttaa.

Tavoitteena on luoda järjestelmä, joka viihdyttää lemmikkieläintä ja sen omistajaa. Tämä järjestelmä tulee olemaan interaktiivinen järjestelmä, jolla omistaja pystyy tarkkailemaan lemmikkiä ja samalla viihdyttää itseään esimerkiksi töissä ollessaan katsoa lemmikkiä, antaa sille herkkuja ja leikkiä lemmikin kanssa. Viihdyttävyys saavutetaan siten että omistaja

pystyy leikkimään lemmikkinsä kanssa, kuten Shih et al. totesi, on lemmikin kanssa kanssakäyminen omistajalle viihdyttävää (Shih et al., 2016). Tällä voidaan jo saavuttaa riittävä viihdyttävyys. Eli ei keskitytä luomaan kovin monimutkaista systeemiä, joka tekee monia asioita vaan itse lemmikin ja omistajan välinen kanssakäyminen on jo riittävä viihdyke.

Artefakti tulee olemaan tämän työn yhteydessä luotu järjestelmä, joka koostuu Raspberry Pi 4B laitteesta, johon on yhdistetty kamera moduuli, kaksi askelmoottoria ruokkimiseen ja lelun käyttöön, sekä laitteen rungosta.

Artefaktia tullaan testaamaan muutamalla lemmikkikissalla, jotka saan testaamaan järjestelmää. Kissojen määrä tulee olemaan pieni, todennäköisesti 1–3, sillä on vaikea löytää tarpeeksi lemmikkejä testaamiseen. Käytössä tulee olemaan myös vain yksi prototyyppi järjestelmä, jota käyttää testaamiseen, mikä vaikeuttaa testauksen laajentamista.

Arviointi tullaan tekemään, sillä perusteilla, että onko laitteen käyttö omistajasta viihdyttävää. Omistajalta voidaan ihan kysymällä kysyä, oliko sitä helppo käyttää, oliko se viihdyttävää vai oliko siitä enemmän vaivaa, kuin hyötyä. Lemmikkien puolesta voidaan todeta laitteen olevan viihdyttävä tai ainakin neutraali, jos lemmikit sillä suostuvat leikkimään ja käyttämään sitä.

Keskustelu tullaan käymään ja tulokset näyttämään tässä kandidaatintyössä. Eli tämä kandidaatintyö tulee olemaan julkaisu, jolla tulokset esitellään.

4 Toteutus

Tässä kappaleessa esitellään järjestelmän toteutus. Toteutusta lähdettiin tekemään ensin suunnittelusta ja vaatimusmäärittelystä. Sen jälkeen järjestelmää lähdettiin toteuttamaan ensin rungon tekemisestä ja laitteiston hankkimisella. Sen jälkeen laitteen ohjelmiston toteutus, palvelinympäristön teko, sekä moottoreita ja kameraa ajavien ohjelmien ohjelmointi. Lopuksi laitteen osat koottiin valmiiksi testausta varten.

4.1 Suunnittelu

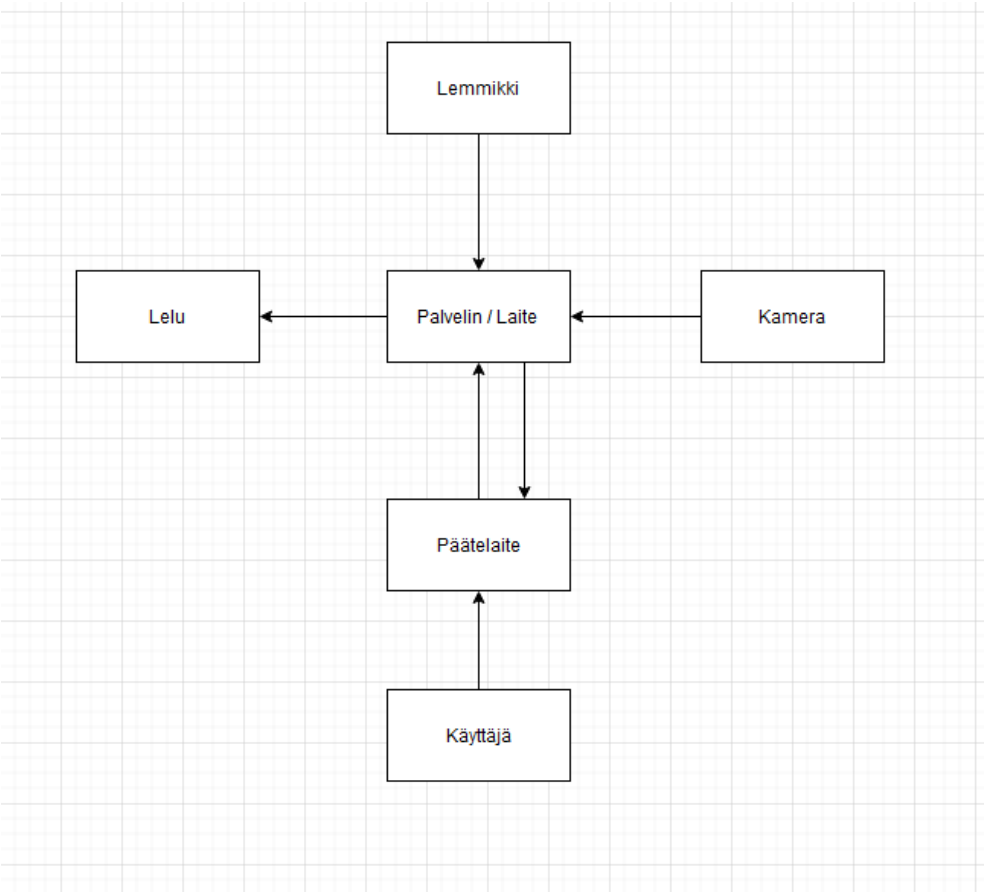
Prototyypin suunnittelu aloitettiin vaatimusmäärittelyllä. Vaatimusmäärittelyssä, joka näkyy taulukossa 1 pyrittiin rajaamaan tarkat rajat, sille mitä järjestelmän tulisi pystyä tekemään ja mitä siltä vaaditaan. Raspberry Pi, vaatimus id 6 taulukossa 1, valittiin tähän työhön koska siihen on olemassa kameramoduuli ja sillä on mahdollista kytkeä laitteita GPIO (General purpose I/O) pinneihin. Muita tärkeitä vaatimuksia on vaatimus id 2 taulukossa 1, joka on HTML pohjainen verkkosivu, josta käyttäjä hallitsee järjestelmää. Tämä valinta tehtiin, koska haluttiin laitetta pystyttävän käyttää ensisijaisesti mobiililaitteilla, mikä on taulukossa 1 vaatimus id 13, mutta mahdollistaa käyttö miltä tahansa laitteelta vaatimuksen 15 mukaan. Toiminnot, joita haluttiin, on leikkiminen. Järjestelmä suunnataan kissalle ja lelu, joka laitteessa on, on kissan lelu, jota voi liikuttaa askelmoottorin avulla. Toinen välttämätön vaatimus on vaatimus 4, herkun antaminen, joka myös tullaan toteuttamaan askelmoottorin avulla. Moottori, jota tullaan molempiin käyttämään, on 28byj-48-5V moottori, joka on erittäin halpa. Moottori ei pysty tuottamaan suurta vääntöä, mutta on tarkka joten se soveltuu tähän työhön hyvin (“28BYJ-48 Stepper Motor Pinout Wiring, Specifications, Uses Guide & Datasheet,” n.d.). Moottorit tarvitsevat myös ajuripiirit toimiakseen ja tämän moottorin kanssa toimii hyvin ULN2003A ajuripiiri, joka myöskin on erittäin edullinen, mikä toteuttaa vaatimuksen 14 ja sillä pystytään toteuttamaan molempiin suuntiin tapahtuvaa moottorin ajoa (“ULN2003A data sheet, product information and support | TI.com,” n.d.).

Taulukko 1 Vaatimusmäärittely.

ID	Vaatimus	Kuvaus	Tärkeys
1	Kamera	Täytyy pystyä lähettämään kuvaa lemmikistä reaaliaikana.	Tärkeä
2	HTML pohjainen verkko sivu	HTML verkkosivu, jolta päästään käyttämään laitetta etänä.	Tärkeä
3	Herkku	Laite palkitsee lemmikkiä herkuilla.	Tärkeä
4	Pudota herkku	Käyttäjä voi päättää antaa herkun, milloin vain.	Tärkeä
5	Herkun automaatio	Herkku putoaa myös automaattisesti, kun lemmikki pelaa oikein.	Kohtalainen
6	Raspberry Pi	Järjestelmän toimittava Raspberry Pi 4b laitteella.	Tärkeä

7	Turvallisuus	Moottorit, joita käytetään oltava teholtaan matala tehoisia, jännitteet matalia ja johtojen näkyvyyttä vähennettävä.	Tärkeä
8	Akku käyttöissyys	Laite mahdollista käyttää pelkällä akulla.	Vähäinen
9	Äänet	Laite voi päästää ääniä, mutta niiden oltava hiljaisia.	Vähäinen
10	Leikkiminen	Omistajan pystyttävä käyttämään lelua etäohjattuna.	Tärkeä
11	Palvelin	Laite Raspberry Pi:n täytyy pystyä toimimaan myös palvelimena.	Tärkeä
12	Kestävä runko	Valmistettava kestävä runko laitteelle, jotta lemmikki ei sitä saa rikottua.	Tärkeä
13	Mobiililaitteilla toimiminen	HTML verkkosivu suunniteltava ensisijaisesti toimimaan mobiililaitteilla.	Tärkeä
14	Edulliset komponentit	Komponenttien valinnassa suosittava edullisia ja priorisoida edullisia komponentteja.	Tärkeä
15	Verkkosivun toiminta millä tahansa laitteella.	Verkkosivun olisi hyvä myös pystyä toimimaan millä tahansa laitteella riippumatta käyttöjärjestelmästä ja koosta.	Kohtalainen

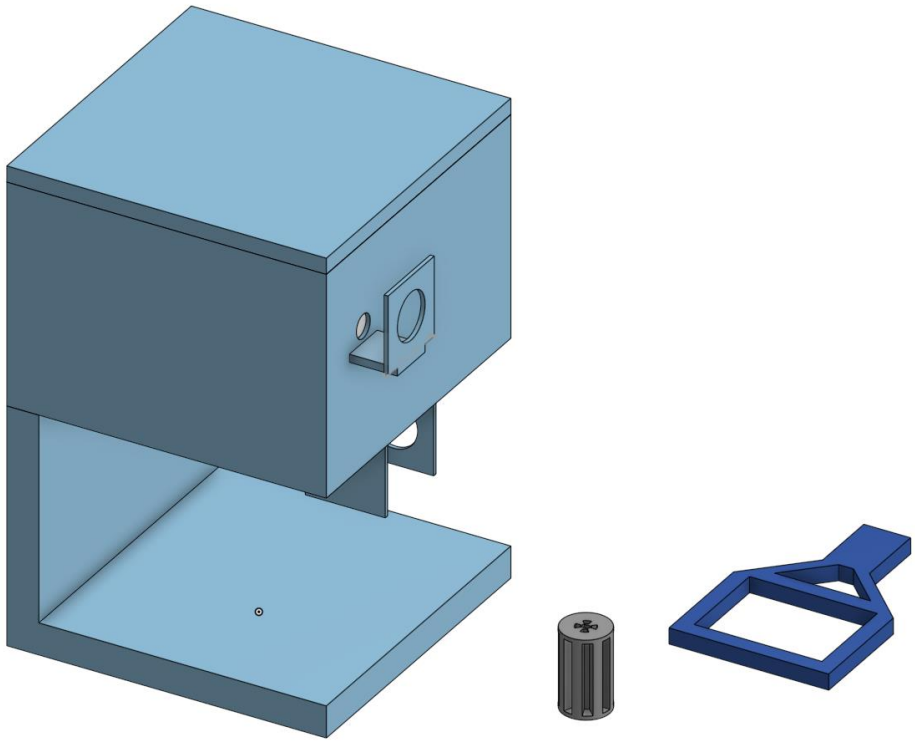
Järjestelmä on suunniteltu toimimaan palvelimen / päälaitteen ympärille. Tämä tulee sijaitsemaan fyysisesti käyttäjän kotona, tai siellä missä lemmikkikin on. Kuvassa 2 on esitetty systeemikaavio, missä on keskellä palvelin/laite. Kuvasta 2 näkyy, että palvelin on yhteydessä moottoreihin ja kameraan. Kamera lähettää kuvaa palvelimelle ja palvelin käskyjä lelulle. Lelu toimii askelmoottorilla. Moottoreiden toiminnallisuus tapahtuu python scripteillä, joita palvelimen tulee pystyä kutsumaan. Kuvasta 2 näkyy myös, että käyttäjä pystyy yhdistämään päätelaitteellaan palvelimelle. Tämä tapahtuu HTML pohjaisen verkkosivun kautta, mistä käyttäjä pääsee käyttämään järjestelmää. Palvelin lähettää kameran kuvaa käyttäjälle. Käyttäjä taas pystyy käyttämään nappeja verkkosivulla ja antamaan lemmikille ruokaa sekä liikuttamaan lelua. Lelu itsessään on kissan lelu, joka roikkuu moottorin päästä. Käyttäjä pystyy liikuttamaan moottoria ja lelu heiluu tämän seurauksesta, jolla saadaan lemmikkikissan huomio.



Kuva 2. Systeemikaavio järjestelmälle.

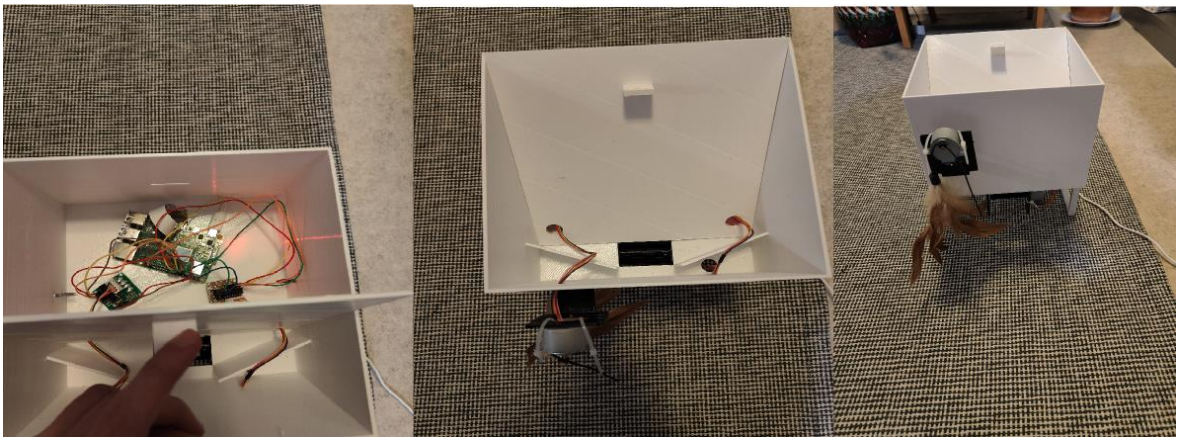
4.2 Runko ja 3D malli

Järjestelmää lähdettiin toteuttamaan ensimmäisenä rungosta. Runko suunniteltiin siten, että se olisi helppo ja yksinkertaista valmistaa mahdollisimman vähäisillä välineillä. Kyseinen prototyyppi, joka tätä työtä varten valmistettiin, tehtiin 3D tulostimella. Runko on kuitenkin siten suunniteltu, että sen pystyy valmistamaan helposti muun muassa vanerista. 3D Mallinnus ohjelmaksi valikoitui OnShape, sen kattavan tuen ja ei kaupalliseen käyttöön tarjottavan ilmaisen lisenssin takia. Apua 3D mallin tekemiseen löytyi myös helposti YouTubesta, esimerkiksi CadSessions YouTube kanavalta. Kanavan opastukset näytti miten ohjelmaa pystyi käyttämään helposti ilman aiempaa kokemusta (*Beginner Tutorial 1/5 - Onshape 3D CAD - Creating Sketches and Objects*, 2017).



Kuva 3. Rungon 3D malli

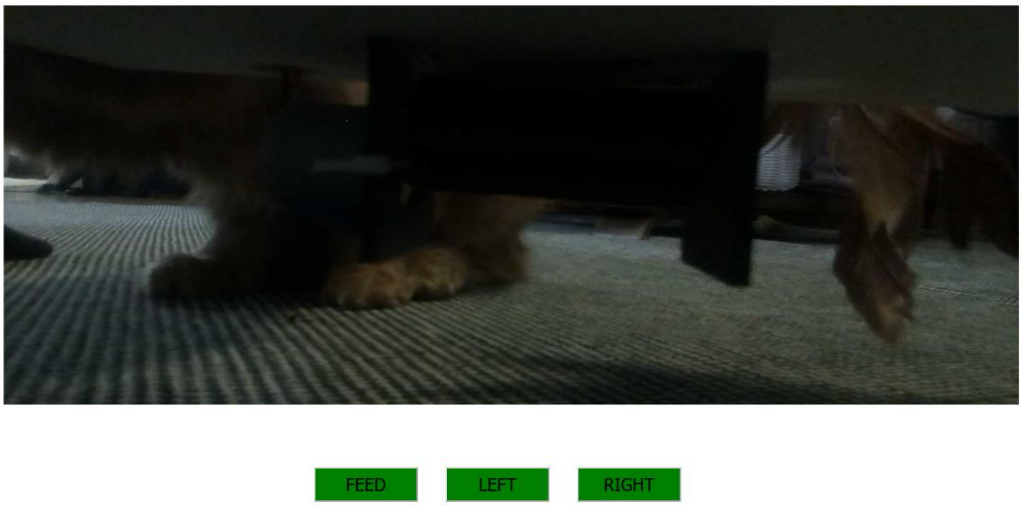
Aluksi runkoon suunniteltiin vesipyörä, joka pudottaa lemmikille herkkuja rungon yläosassa olevasta laatikosta. Vesipyörä näkyy kuvassa 3 harmaana. Sitten itse runko, joka seisoo tuon L-mallisen jalan päällä ja näkyy tumman sinisenä kuvassa 3. Rungon sisällä on luiska ja tila luiskan alla, jonne voi piilottaa johdot, Raspberry Pi:n ja moottorien ajurit. Edessä näkyvä uloke on paikka, johon moottori lelun liikuttamista varten laitetaan kiinni. Laatikon alla olevat ulokkeet taas ovat ruokkimista varten olevaa vesipyörää varten. L-mallista jalkaa lopulta ei ikinä toteutettu, sillä se oli iso ja kömpelö. Sen sijaan mallinnettiin sivuille ruuveilla kiinni tulevat jalat, jotka näkyvät kuvassa 3 tumman sinisellä. Liitteessä 1 löytyy linkki tähän 3D malliin, sekä järjestelmän lähdekoodiin ja demo videoon. Kuvassa 4 näkyy miltä valmis 3D tulostettu runko lopulta näytti, sekä miten elektroniikkaa sinne on piilotettu. Kuvassa 4 näkyy myös, lelu ja moottori mihin se on kiinnitetty.



Kuva 4. Valmis runko sisältä ja ulkoa.

4.3 Node.js palvelin ja HTML verkkosivu

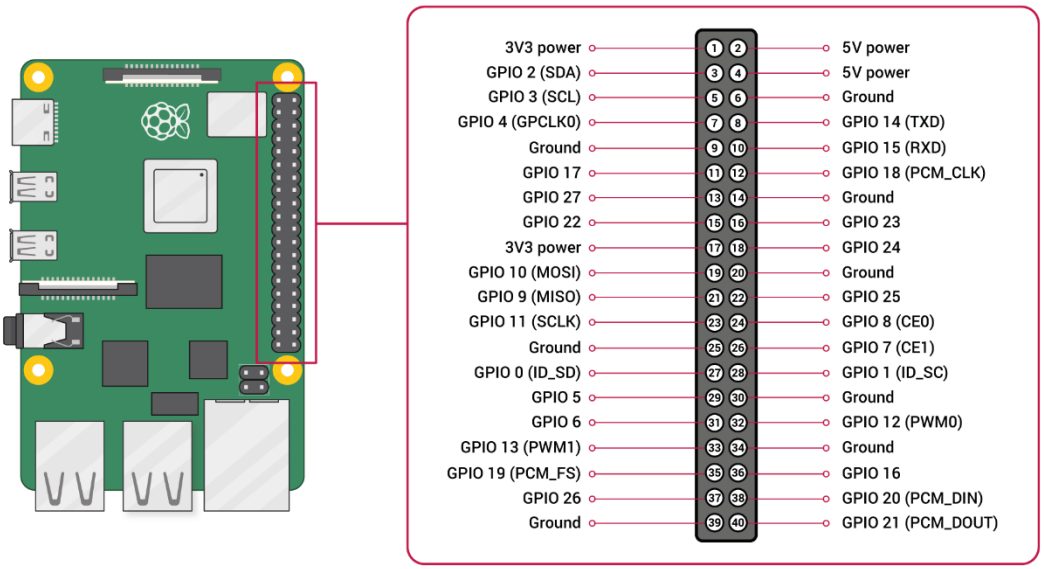
Palvelin toteutettiin Node.js palvelimella. Apuna käytettiin Express pakettia käyttöliittymän ja palvelimen välisen keskustelun toteuttamiseksi. Kuvassa 5 näkyvän käyttöliittymän nappeja painamalla teki se GET kutsuja palvelimelle, joka sitten toteutti haluttuja toimintoja moottoreilla. Node.js palvelimelta pystyttiin suorittamaan komentoja käyttäen ”child_process” pakettia ja sen ”spawn” komentoa (“Child process | Node.js v23.3.0 Documentation,” n.d.). Käyttöliittymä on hyvin yksinkertainen ja on suunniteltu toimimaan ensisijaisesti mobiililaitteilla. Käyttöliittymässä käytettiin mobile first kehitys tyyliä, mitä nykyään suositellaan käytettäväksi, sillä suurin osa käyttäjistä käyttää internettiä puhelimilla (“Responsive Web Design Media Queries,” n.d.). Käyttöliittymä siis suunniteltiin ensisijaisesti mobiililaitteille ja vasta sitten isommille laitteille. Varsinkin tämän työn kannalta tämä lähestymistapa on erittäin hyvä sillä käyttäjän oletetaan haluavan käyttää tätä järjestelmää nimenomaan, kun ei ole kotona, joten pöytätietokoneelle pääsy ei ole tällöin aina mahdollista, mutta puhelin on tänä päivänä ihmisellä aina mukana.



Kuva 5. Verkkosivun käyttöliittymä

4.4 Kamera moduuli ja moottorit

Kameramoduulin vaatimuksina on siis, että sen täytyy pystyä lähettämään live kuvaa Node.js palvelimelle ja sitten edelleen HTML verkkosivulle. Tähän etsin erilaisia Node paketteja, joilla tämä voisi olla mahdollista, mutta suurin osa ei tukenut live videon lähetystä vaan ne ottivat vain käskettäessä kuvia. Löytyi kuitenkin yksi paketti, joka teki juuri sen mitä halusin. Caseymcj nimisen käyttäjän paketti ”raspberrypi_node_camera_web_streamer”, jolla voi lähettää raspberry pi:n kameramoduulin video kuvaa HTML verkkosivulle, tämä toimii siten että se lähettää videota verkkosivulla määritettyy img HTML tagiin (caseymcj, 2024). Kyseisen paketin repositorio piti myös sisällään esimerkki projektin, jota pystyttiin käyttämään osittain hyödyksi tätä työtä varten.



Kuva 6. Raspberry Pi GPIO pinnien diagrammi ("documentation/documentation/asciidoc/computers/os/images/GPIO-Pinout-Diagram-2.png at develop · raspberrypi/documentation · GitHub," n.d.).

Moottorien kytkeminen ja ohjelmointi vaati ensimmäisenä ULN2003A ajuri piirien kytkemistä hyppyjohdoilla kiinni GPIO pinneihin. Molemmat piirit vaativat virtaa toimiakseen ja ne saatiin pinneistä 2 ja 4, maahan kytkeminen myös niin ikään pinneistä 6 ja 14. Kuten kuvasta 6 näkyy, saadaan näin juuri sopivasti kahdelle ajuripiirille virta suoraan GPIO pinneistä ilman erillistä virtalähdettä. Sitten on vielä kytkettävä kumpaankin ajuripiiriin 4 normaalia GPIO pinniä piirin hallintaa varten. Tätä varten voi valita monia pinnejä, mutta tässä valittiin pinnit 7, 11, 13, 15 ja 16, 18, 22, 36. Askelmoottoreita voi ajaa usealla eri tavalla ja yleisimpiä näistä on joko yhdessä tai kahdessa faasissa ajaminen, näillä erona on että yhdessä faasissa ajaminen kuluttaa vähemmän sähköä, mutta tuottaa vähemmän vääntöä ja kahdessa faasissa taas päinvastoin("Arduino Unipolar Stepper Motor Control," n.d.). Tähän työhön moottoreiden ajaminen yhdessä faasissa sopii hyvin, sillä emme tarvitse suurta vääntöä ja virran kulutuksen vähentäminen on aina hyvä asia. Seuraavaksi täytyy vielä ohjelmoida toiminnallisuudet moottoreille. Tämän toteuttamiseen voidaan käyttää Pi OS käyttöjärjestelmässä jo mukana tulevaa Python kirjastoa RPI.GPIO. Moottoreiden ohjaamiseen valitut

pinneillä on asetettava moodiksi ”output” ja sitten ajettava yksi kerrallaan järjestyksessä haluttu määrä askelia. Pinnien ajamisen järjestys esimerkki näkyy taulukoossa 2.

Taulukko 2 Esimerkki moottorin ajo sekvenssistä

Pinni	Tila			
7	1	0	0	0
11	0	1	0	0
13	0	0	1	0
15	0	0	0	1

5 Tulokset

Työn yhteydessä toteutettua järjestelmää, jonka osia oli Raspberry Pi 4 pohjainen laite lemmikin viihdyttämiseen ja lemmikin ja ihmisen väliseen kanssakäymiseen testattiin lopulta vain yhdellä kissalla ja omistajalla. Testaamisessa annettiin lemmikin olla yksin asunnossa ja käyttäjä yhdisti puhelimella laitteeseen. Lemmikki oli kiinnostunut laitteesta ja herkuista mitä sieltä sai. Lemmikki ei pelännyt sitä, vaikka se piti hieman ääniä ja liikkui itsestään. Omistaja kertoi olevan hauskaa katsella lemmikkiä puhelimella, kun se touhuaa laitteen kanssa. Liitteessä 1 on linkki YouTube videoon, jossa näytetään laitteen toimintaa.

Järjestelmää testattiin yhden kissan ja omistajan kanssa. Kissa ei laitetta pelännyt vaan ennemminkin oli siitä kiinnostunut, kun tajusi sieltä saavan herkkuja välillä. Tästä voidaan siis sanoa, että kissaa se saattoi viihdyttää tai sitten se oli neutraali laitetta kohtaan. Kissan omistaja taas piti järjestelmää viihdyttävänä vaikkakin toiminnallisuudet olivat hyvinkin yksinkertaisia. Hän totesi, että oli erittäin kiva nähdä ja kanssa käydä kissan kanssa etänä.

Ohjelmistollinen toteutus avoimen lähdekoodin ympäristössä onnistui hyvin. Palvelimen toteutus avoimella Linux käyttöjärjestelmällä toimi ja palvelimen toteutus Node.js:llä onnistui, sekä toiminnallisuuksien luominen. Vaikka tällaista projektia ei pysty toteuttamaan täysin ilmaisia materiaaleja käyttäen sen laitevaatimusten takia, pystyttiin silti kustannukset pitämään erittäin matalina valitsemalla edullisia komponentteja.

Kaikkia vaatimusmäärittelyn vaatimuksia ei toteutettu niiden hankaluuden, lisähaasteiden tai turhuuden vuoksi. Työstä jätettiin pois akkukäyttöisyys ja äänien välitys pois niiden tuottamien lisähaasteiden vuoksi ja automaattinen herkkujen anto jätettiin pois turhana, sillä todettiin olevan mielekkäämpää, kun omistaja saa itse valita, kun antaa kissalle herkkuja.

Rungon suunnittelussa oli selviä puutteita, joita tulisi parantaa. Jalat todettiin hieman liian mataliksi ja huteriksi. Vesipyörän kiinnitys moottoriin tukevammaksi täytyisi myös jatkossa suunnitella, koska nyt herkkulaatikon ja pyörän välille jäi hieman liian iso tila tehden pienempi kokoisten herkkujen käytön mahdottomaksi. Testausta tulisi myös suorittaa enemmän sillä yhden lemmikin ja omistajan käyttö testaamiseen ei ole riittävän suuri otanta.

Yleisesti työ oli onnistunut ja ihmisten ja eläinten väliseen kanssakäyminen internetin välityksellä todettiin varsinkin ihmisten puolesta mieluisaksi. Olisikin hyvä, jos tulevissa tutkimuksissa pystyttäisiin toteuttamaan vielä monimutkaisempia järjestelmiä, jotka voisivat olla lemmikille ja omistajalle vielä mieluisampia, sekä erilaisia toteutustapoja. Tulevaisuudessa tämän tutkimuksen tuloksia voidaan myös hyödyntää avoimen lähdekoodin ympäristössä toteutettaviin IoT projekteihin.

Lähteet

28BYJ-48 Stepper Motor Pinout Wiring, Specifications, Uses Guide & Datasheet [WWW Document], n.d. URL https://components101.com/motors/28byj-48-stepper-motor (accessed 12.10.24).

Applebaum, J.W., Peek, C.W., Zsembik, B.A., 2023. Examining U.S. pet ownership using the General Social Survey. Soc. Sci. J. 60, 110–119. https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1728507

Arduino Unipolar Stepper Motor Control [WWW Document], n.d. URL https://simple-circuit.com/arduino-unipolar-stepper-motor-control/ (accessed 12.11.24).

Beginner Tutorial 1/5 - Onshape 3D CAD - Creating Sketches and Objects, 2017.

Bembde, M., Ranjan, N.M., Kamble, P., Chavan, A., Yelmar, A., Mane, R., 2023. Robotic Day-Care for Pets using Sensors and Raspberry Pi, in: 2023 International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS). Presented at the 2023 International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS), IEEE, Coimbatore, India, pp. 994–999. https://doi.org/10.1109/ICSCSS57650.2023.10169742

caseymcj, 2024. caseymcj/raspberrypi_node_camera_web_streamer.

Child process | Node.js v23.3.0 Documentation [WWW Document], n.d. URL https://nodejs.org/api/child_process.html#child_processspawncommand-args-options (accessed 12.11.24).

documentation/documentation/asciidoc/computers/os/images/GPIO-Pinout-Diagram-2.png at develop · raspberrypi/documentation · GitHub [WWW Document], n.d. URL https://github.com/raspberrypi/documentation/blob/develop/documentation/asciidoc/computers/os/images/GPIO-Pinout-Diagram-2.png (accessed 12.11.24).

Lee, S.P., Cheok, A.D., James, T.K.S., Debra, G.P.L., Jie, C.W., Chuang, W., Farbiz, F., 2006. A mobile pet wearable computer and mixed reality system for human–poultry interaction through the internet. Pers. Ubiquitous Comput. 10, 301–317. https://doi.org/10.1007/s00779-005-0051-6

Noz, F., An, J., 2011. Cat cat revolution: an interspecies gaming experience.

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., Chatterjee, S., 2007. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. J. Manag. Inf. Syst. 24, 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Responsive Web Design Media Queries [WWW Document], n.d. URL https://www.w3schools.com/css/css_rwd_mediaqueries.asp (accessed 12.11.24).

Shih, Y.-S., Samani, H., Yang, C.-Y., 2016. Internet of Things for human — Pet interaction, in: 2016 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE). Presented at the 2016 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), IEEE, Puli, Taiwan, pp. 1–4. https://doi.org/10.1109/ICSSE.2016.7551607

ULN2003A data sheet, product information and support | TI.com [WWW Document], n.d. URL https://www.ti.com/product/ULN2003A (accessed 12.10.24).

Yonezawa, K., Miyaki, T., Rekimoto, J., 2009. Cat@Log: sensing device attachable to pet cats for supporting human-pet interaction, in: Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. Presented at the ACE ’09: International Conference in Advances in Computer Entertainment Technology, ACM, Athens Greece, pp. 149–156. https://doi.org/10.1145/1690388.1690414

Liite 1. Lähdekoodit, demo video ja 3D-mallit.

3D mallit, joita tähän työhön käytettiin:

https://cad.onshape.com/documents/58aed672cb796e15b7c9a303/w/1c986797100e880372583292/e/31dc3a936b3d0cef76653341

Linkki, josta löytyy tämän kandidaatin työn lähdekoodi:

https://github.com/OskariLeh/animal-entertainment

Demo video, jossa näytetään tämän järjestelmän toimintaa:

https://youtu.be/Ze6Im-zMA9g