

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu
No. 61/2018

Toni Alho, Pekka Neittaanmäki, Pasi Hänninen ja
Olli Tammilehto

Humanoidirobotti Pepper - mahdollisuuksia ja haasteita



Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 61/2018

Editor: Pekka Neittaanmäki

Covers: Petri Vähäkainu ja Matti Savonen

Copyright © 2018

Petri Vähäkainu ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-7559-3 (nid.)

ISSN 2323-5004

Jyväskylä 2018

Humanoidirobotti Pepper – mahdollisuuksia ja haasteita

Toni Alho
Pekka Neittaanmäki
Pasi Hänninen
Olli Tammilehto

Tämä julkaisu on toteutettu osana Watson Health Cloud-hanketta, johon Jyväskylän yliopisto on saanut rahoituksen Business-Finlandilta

LYHENNELUETTELO

AI	Artificial Intelligence eli tekoäly
HRI	Human-Robot Interaction eli ihmisen ja robotin välinen vuorovaikutus
Palvelurobotiikka	Robotiikan osa-alue, johon (määritelmästä riippuen) kuuluvat kaikki ei-teollisuusrobotit

KUVIOT

KUVIO 1. Pepper-robotti	3
KUVIO 2. Choregraphe -ohjelmointiympäristö	4
KUVIO 3. NAOqi-järjestelmän tukemat ohjelmointikielet	5
KUVIO 4. Keskustelun ohjelmointi Choregraphe-ympäristössä	9

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
2	Pepper-robotti	3
2.1	Pepperin ohjelmoinnista.....	4
2.1.1	Choregraphe	5
2.1.2	Software Development kitit, SDK.....	6
2.2	Pepperin mahdollisuudet.....	7
2.3	Pepperin haasteet.....	7
2.3.1	Tunteiden tunnistuksen haasteet	8
2.3.2	Puheentunnistuksen ja dialogin ongelmat	8
2.3.3	Fyysiset ominaisuudet ja Pepperin liikkuminen.....	10
2.3.4	Pepperin toiminta väkijoukoissa	11
2.3.5	Tietoturva.....	11
2.3.6	Uutuudenviehätys.....	12
3	Havainnot Pepper-robotista	13
3.1	Kokemusten ja havaintojen yleistettävyys laajemmin palvelurobotiikkaan.....	13
3.2	Käyttäjien kokemuksia Pepperistä	14
4	Yhteenveto.....	15
	Lähteet	16

1 Johdanto

Robottiikka on tehnyt viime vuosikymmenien aikana suuren harppauksen yksinkertaisista teollisuusroboteista itsenäisiin, vuorovaikutukseen kykeneviin ja älykkäisiin robotteihin, jotka kykenevät toimimaan suljetun kokoonpanolinjan tai muun teollisuusympäristön sijaan avoimessa ja ihmisistä koostuvassa ympäristössä, kuten ostoskeskuksissa, sairaaloissa tai kouluissa (Niemelä, 2017, 2). Kun aiemmin robotteja saattoi tavata vain teollisuuslaitoksissa, nykyään alkaa olemaan vaikea löytää paikkaa, missä robotteja ei voisi odottaa tapaavansa. Jopa kokonaisia hotelleja voidaan nykyään ylläpitää lähestulkoon pelkästään robotiikkaa hyödyntäen! Esimerkiksi japanilainen hotelliketju Henn-na on korvannut ihmistyöntekijät hotelleissaan roboteilla (Kikuchi, 2017). Tämä tuntuu kuitenkin olevan vain alkua robotisaatiolle.

Edellä mainitussa työskentelevät robotit ovat palvelurobotteja. Kansainvälinen robotiikan keskusjärjestö IFR:n (International Federation of Robotics) määritelmän mukaan palvelurobotteja ovat kaikki ei-teollisuusrobotit. Palvelurobotit voidaan luokitella myös tarkemmin käyttötarkoitustensa perusteella yksityiskäyttöisiin (esimerkiksi robotti-imurit ja kotiapurobotit) ja ammattikäyttöisiin robotteihin (esimerkiksi Henn-na hoitorobotit), mutta myös muilla eri tavoilla. (IFR, 2016, 9.)

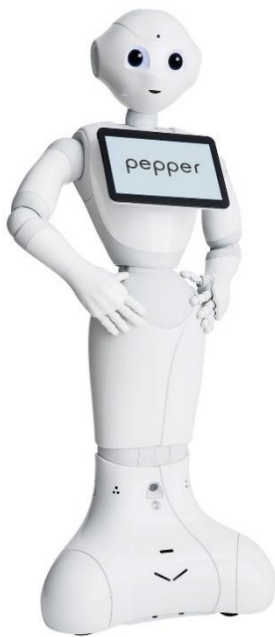
Jyväskylän yliopiston informaatioteknologian tiedekunnan julkaiseman Palvelurobotiikka -raportin mukaan palvelurobotiikalla on havaittu olevan erityisen suuri vaikutus sosiaali- ja terveysalan prosesseihin ja rakenteisiin, merkittävimpiä robotiikan vaikutuksia tällä sektorilla on mm. hoitotyössä tehtävän välillisen hoitotyön väheneminen (esimerkiksi potilaan kuljettaminen osastolta toiselle). Näin hoitajille jää enemmän aikaa varsinaiseen välittömään hoitotyöhön. Kotiapurobotit puolestaan mahdollistavat muun muassa kotona asumisen entistä useammalle ikääntyneelle ja liikuntarajoitteiselle (Alho, Neittaanmäki, Hänninen & Tammilehto, 2018, 5 & 27).

Tämä raportti on kirjoitettu Jyväskylän yliopiston informaatioteknologian tiedekunnan robotiikan tutkimusryhmän kokemuksista koskien japanilaisen suuryhtiö SoftBank Groupin kehittämää ja valmistamaa sosiaalista humanoidirobottia Pepperiä. Pepper on moderni vuorovaikutukseen kykenevä palvelurobotti, tarkemmin määriteltynä sosiaalinen robotti. Tutkimusryhmä sai kokeilukäyttöön Pepper-robotin, johon ohjelmoitiin erilaisia toiminnallisuuksia, kuten pienimuotoinen palveluohjelmisto, jotta robotista muodostuisi syvällisempi käsitys. Tämä raportti perustuu Pepper robottiin, siitä saatuihin kokemuksiin, sekä tutkimusryhmän aiempaan Palvelurobotiikka-raporttiin (Alho ym., 2018, 1 - 30).

Raportin kappaleessa 2 käsitellään Pepperin fyysistä rakennetta ja ominaisuuksia, sekä Pepperin ohjelmointia Choregraphe -nimisellä graafisella ohjelmointiympäristöllä. Samassa kappaleessa käsitellään lisäksi niitä mahdollisuuksia ja haasteita, sekä ongelmia, jotka Pepperiin liittyvät. Raportin kappale 3 keskittyy niihin kokemuksiin ja havaintoihin, jotka liittyvät tutkimusryhmän kokemuksiin ja käsityksiin Pepperistä. Näitä kokemuksia voidaan myös joiltain osin yleistää laajemmin palvelurobotiikkaan. Lopuksi käydään läpi käyttäjien ensikohtaamistilanteista tulleita havaintoja koskien Jyväskylän avoimen yliopiston aularobottina toimivaa Pepperiä. Raportin päättää yhteenveto, jossa käydään läpi raportin sisältöä tutkimusryhmän Pepperiä koskevien kokemusten kautta.

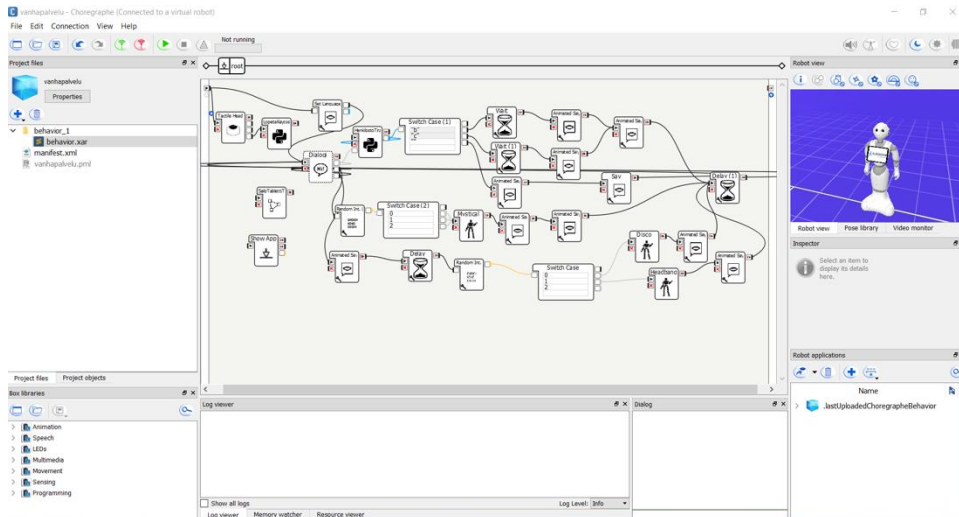
2 Pepper-robotti

Pepper on japanilaisen Softbank Roboticsin valmistama humanoidirobotti, joka kykenee ihmisten kanssa vuorovaikutukseen puheen, liikkeen, eleiden ja ilmeiden sekä tablettinsa välityksellä. Robotti on lapsen korkuinen (noin 120 cm) ja se painaa 29kg. Pepper toimii uudelleenladattavalla omalla akullaan, ja kykenee liikkumaan noin 3km/h nopeudella. Se käyttää ympäristönsä havainnointiin niin laser-, infrapuna- ja tutkasensoreita, kuin kahta kameraansakin. Pepperille tunnusomaista on sen laajat ja ihmismäiset liikeradat, joita se tekee moninivelisten käsiensä, päänsä ja lantionsa avulla. Robotin liikehdintää voikin pitää todella ihmismäisenä. Alla kuva Pepper-robotista.



KUVIO 1. Pepper-robotti (SoftBank Robotics, 2018a)

Ohjelmointiympäristönä Softbank tarjoaa omaa Choregraphe-ohjelmistoaan, joka tukee niin Pepperiä, kuin yrityksen toistakin robottia, NAO:a. Choregraphe on matalan kynnyksen ohjelmointiympäristö, jolla voi luoda ohjelmistoja drag & drop -tyylisesti, vetämällä valmiita toiminnallisuuksia suoritettaviin logiikkapuihin. Tällä tavoin Pepperiin voi luoda yksinkertaisia toiminnallisuksia, kuten ihmisten ja sanojen tunnistamista, tanssia ja puheen tuottamista.



KUVIO 2. Choregraphe -ohjelmointiympäristö

Pepperi voidaan kokea koostuvan itse robotista, sekä sen rintaan kiinnitetystä tabletista. Robotti ja tabletti voivat toimia keskenään tai toisistaan erillään. Raportin kirjoittajien näkemyksen mukaan Pepperin käyttökokemus on parhaimmillaan silloin, kun sen toiminnoissa hyödynnetään sekä tablettia että robotin puhekäyttöliittymää.

2.1 Pepperin ohjelmoinnista

SoftBankin robotit toimivat yhtiön itsensä kehittämällä Linux-pohjaisella NAOqi-käyttöjärjestelmällä. Käyttöjärjestelmä tarjoaa robotin sovellusohjelmointia varten ohjelmistokehyksen, joka huolehtii robotiikassa tavanomaisesti huomioitavista tarpeista, kuten prosessien rinnakkaisuudesta, resursseista, synkronoinnista ja tapahtumista. SoftBank tarjoaa myös eri ohjelmointikielille räätälöityjä kehitystyökaluja, joilla NAOqia voidaan hallinnoida. Tuettuja ohjelmointikieliä ovat Python, C++, Java, JavaScript ja Robot Operating System Interface (ROS). SoftBankin verkkosivuilla on löydettävissä päivittyviä dokumentaatioita ja esimerkkiohjelmistoja ohjelmoinnin tueksi (Pandey & Gelin, 2018). Apua ohjelmoinnin yhteydessä esiintyviin ongelmiin on aiemmin saanut myös Pepper- ja Nao-robotteihin sovelluksia kehittäville toimijoille tarkoitettua, SoftBankin ylläpitämältä ”SoftBank Robotics Community”-keskustelupalstalta. Palstalla pystyi kysymään neuvoa muun muassa robotin ohjelmoinnista ja vikatiloista. Kirjoitushetkellä vaikuttaa kuitenkin siltä, että SoftBank on lakannut tukemasta keskustelupalstaa: uusia keskusteluja ei voi enää luoda eikä vanhoja pääse tarkastelemaan.

Pepper-robottia voidaan ohjelmoida graafisessa ohjelmointiympäristössä Choregraphessa tai käyttämällä tuetuille ohjelmointikielille räätälöityjen kehitystyökalujen ohjelmointirajapintoja. Choregraphe soveltuu aloittelijoiden ja ammattilaisten käyttöön yksinkertaisten ohjelmien rakentamiseen. Käyttöympäristön

sujuva hallinta vaatii kuitenkin perehtymistä valmiiksi ohjelmoitujen laatikkojen sisältöihin ja robotin arkkitehtuuriin. Robotin yksityiskohtaisempi hallinta ja monimutkaisten ohjelmien luonti tapahtuu SoftBankin tarjoamia kehitystyökaluja hyödyntämällä. Työkalut tarjoavat rajapintoja robotin käyttöjärjestelmän ja valikoitujen ohjelmointikielten välille. Monipuolisemmat kehitystyökalut ovat ladattavissa SoftBankin verkkosivuilta (SoftBank Corp). Alla olevassa kuvassa on esitetty NAOqi-käyttöjärjestelmän tukemia ohjelmointikieliä.

Programming Languages	Bindings running on		Choregraphe support	
	Computer	Robot	Build Apps	Edit code
Python	✓	✓	✓	✓
C++	✓	✓	⊘	⊘
Java	✓	⊘	⊘	⊘
JavaScript	✓	✓	✓	⊘
ROS	✓	⊘	⊘	⊘

✓	OK
⊘	Not available

KUVIO 3. NAOqi-järjestelmän tukemat ohjelmointikielät (SoftBank Robotics, 2018b)

2.1.1 Choregraphe

Choregraphe on usean alustan (Linux, Mac OS, Windows) kanssa yhteensopiva, NAOqi-käyttöjärjestelmällä toimivien robottien ohjelmointiin tarkoitettu graafinen kehitystyökalu, jolla voidaan rakentaa robotin käyttäytymistä ohjaavia sovelluksia. Se on suunniteltu helppokäyttöiseksi sekä aloitteleville että kokeneille ohjelmoijille. Ohjelmointi tapahtuu drag & drop -tyyliin raahaamalla valmiiksi python-kielellä ohjelmoituja laatikoita ympäristön tarjoamalle työpöydälle, jossa laatikoiden työnkulku saadaan aikaan yhdistelemällä niitä peräkkäin ja/tai rinnakkain. Laatikot mahdollistavat muun muassa räätälöitävän dialogin luonnin, robotin liikuttamisen ja erilaisiin sensoreihin liittyviä toimintoja. Suuri osa laatikoista on koodiltaan muokattavissa, mikä mahdollistaa niiden moninaisemman käytön. Poikkeuksen laatikko-ohjelmointiin muodostaa tablettia hyödyntävien ja tablettilta ohjattavien sovellusten ohjelmointi. Tablettisovelluksia rakennettaessa voidaan käyttää web-ohjelmoinnin työkaluja kuten Hypertext Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) ja JavaScript. Näillä työkaluilla rakennetut ohjelmat vaativat istunnon luomista robotin ja tabletin välille. Ohjeet tähän löytyvät SoftBankin ylläpitämillä dokumentaationsivuilta (SoftBank Robotics, 2018b).

Choregraphe soveltuu hyvin pienehköjen ohjelmien ja käyttötapausten suunnitteluun. Laajojen ohjelmistojen rakentaminen Choregrapea käyttäen on mahdollista, mutta erittäin työlästä ja hankalaa: koodin luettavuus ja ylläpito kärsivät merkittävästi laatikoiden määrän lisääntyessä. Ohjelmien testaus ja virheiden etsintä työkalulla tehdyistä sovelluksista on paikoin ongelmallista: ohjelmointiympäristö ei aina ilmoita koodissa piilevistä syntaksivirheistä, tai muista syistä, jotka estävät ohjelman ajamisen. Fyysinen robotti voidaan yhdistää Choregraphe-ympäristöön verkkoyhteyden avulla. Mikäli fyysistä robottia ei ole saatavilla, voidaan ohjelmia tietyin rajoituksin testata virtuaalisella robotilla. Virtuaaliselta robotilta kuitenkin puuttuu esimerkiksi puheen- ja hahmontunnistuksen kyvykkyudet ja tablettiin liittyvät toiminnot.

Pepper-robotille soveltuvan Choregraphen ja NAOqin päivitetyn versio kirjoitushetkellä on versio 2.5. Projektissa käytimme Choregraphen versioita 2.4 ja 2.5, jotka erosivat hieman käytettävyyden ja toiminnallisuuden osalta. Vanhemmassa versiossa ohjelmointiympäristö toimii sulavasti, ja ajettavien ohjelmien hallinta ongelmaton. Selvänä heikkoutena on lokitietojen kirjauksen puutteellisuus: robotin tilasta ja python-koodiin lisätyistä, koodin joukkoon lisätyistä indikaattoriviesteistä ei saada tietoa ajon aikana. Versio 2.5 kirjaa lokitiedot ja antaa tarkempaa tietoa mahdollisista ohjelmointivirheistä. Version 2.5 heikkoutena on kuitenkin ohjelmien ajon pysäytyksen ja eräiden Choregraphen toimintojen, kuten animaatioiden luontiin tarkoitetun tilan, viat: nämä toiminnot eivät joko mene päälle tai niitä ei päälle mentyä saada kytkettyä pois päältä ilman robotin sammuttamista tai verkkoyhteyden katkaisemista.

Vaikka SoftBankin tarjoama Choregraphe-ympäristö vaikuttaa helpolta ja yksinkertaiselta, vaatii monimutkaisempien ohjelmien rakentaminen syvällistä ja pitkäkökö perehtymistä ympäristön ja sen tarjoamien työkalujen käyttöön. Ympäristön ohjelmointivirheiden (toisin sanoen bugien) aiheuttamien sudenkuoppien kiertäminen onnistuu käytännön tuoman kokemuksen myötä. Ohjelmoinnin ja erityisesti Python-kielen perusteiden hallinta on välttämätöntä, mikäli robotille halutaan tehdä kattavia sovelluksia. Hyvien tablettisovellusten rakentaminen vaatii perustietoja Web-ohjelmoinnista.

2.1.2 Software Development kitit, SDK

SoftBank tarjoaa Choregraphen lisäksi ohjelmistokehitystyökaluja ja ohjelmointirajapintoja, jotka mahdollistavat sovellusten rakentamisen perinteisin olio-ohjelmoinnin menetelmin ilman graafista ympäristöä. Rajapintoja tarjotaan kaikkiin robotin toiminnallisuuksiin, kuten liikkeiden, sensorien, robotin ytimen sekä äänen hallintaan. Rajapintamoduulit tarjoavat useita valmiita metodeja robotin toiminnallisuuden, kuten konenäön, liikkeen ja ytimen hallintaan. Tuettuja kieliä ovat muun muassa C++, Python ja JavaScript. Kehitystyökaluilla rakennetut

käyttäytymisohjelmat voidaan asentaa robotin sisäiseen muistiin, josta ne voidaan ajaa ohjelmoitujen ehtojen täytyessä. Ehtona voi toimia esimerkiksi tunnussana tai –virke, jolloin robotin sisäinen tilakone käynnistää tallennetun käyttäytymisohjelman.

2.2 Pepperin mahdollisuudet

Pepper-robotteja tuottava SoftBank Robotics markkinoi robottiaan päivittäisenä sosiaalisena kumppanina, joka kykenee tunnistamaan robotin kanssa vuorovaikutuksessa olevan henkilön tunteita ja reagoimaan niihin tarkoituksenmukaisella tavalla (SoftBank Robotics, 2018c). Se on suunniteltu sosiaalisesti ja sosiaalisesti avustavaksi robotiksi liike-elämän PR-tarpeisiin, ja robotti onkin otettu käyttöön ympäri maailmaa muun muassa vähittäiskaupoissa, lentokentillä ja sairaaloissa (esimerkiksi Boxall, 2017). Suomessa Pepper on käytössä ainakin Helsingin Kalasataman terveys- ja hyvinvointikeskuksessa (Aalto, 2018) sekä Itä-Helsingissä sijaitsevassa K-Citymarket Eastonissa (Rimaila, 2017). Pepper voi siis toimia ainakin yksinkertaisissa neuvonta- ja viihdytystehtävissä.

Pepper kykenee vuorovaikuttamaan ihmisen kanssa kosketusta havaitsevien sensoreiden, kuvantunnistuksen, tabletin ja puheentunnistuksen välityksellä. Sosiaalinen vuorovaikutus henkilön ja robotin välillä tapahtuu puheohjatusti. Robotille ohjelmoidaan dialogi, joka koostuu etukäteen ohjelmoiduista syöte-vaste –pareista: käyttäjä puhuu määritellyn sanan tai lauseen, johon robotti vastaa ennalta ohjelmoidulla lauseella. Keskustelu saadaan monipuolisemmaksi kirjaamalla dialogiin mahdollisimman laaja sanavarasto ja useita eri vastausvaihtoehtoja. Dialogin aikana Pepper kykenee laadukkaan oloisen puhesyntetisaattorin lisäksi viestimään äänenpainoa, liikkeitä, eleitä ja rintaan kiinnitettyä tablettia hyödyntäen. Liikkeet ja eleet käynnistyvät dialogin myötä automaattisesti. Pepperin äänenpaino, puhenopeus ja tabletin sisältö ovat muokattavissa ohjelmallisesti. Pepperiä käyttäen voidaankin rakentaa monipuolisia vuorovaikutukseen pohjautuvia kokemuksia ja elämyksiä muokattavuutensa vuoksi.

2.3 Pepperin haasteet

Pitkällisestä kehitystyöstä ja hienostuneesta rakenteestaan huolimatta robotin käyttömahdollisuuksia rajaa joukko haasteita, kuten robotissa valmiina olevien tunteidentunnistuksen, puheentunnistuksen ja navigoinnin heikkoudet. Pepper ei myöskään kykene spontaaniin keskusteluun: se ohjelmoidaan vastaamaan tiettyihin syötteisiin ennalta määritellyillä vasteilla. Robotin hahmontunnistus ja puheentunnistus ovat alttiita ympäristön aiheuttamille häiriöille, kuten valaistuksen muutoksille ja väkijoukon aiheuttamalle melulle. Pepperin toiminnallisuus kärsii väkijoukoissa, missä sen huomiokyky saattaa vaihdella henkilöstä toiseen.

Pepper-robotti ei rakenteensa vuoksi sovellu fyysisesti suoritettaviin tehtäviin, kuten kappaleiden manipulointiin tai henkilön liikkumisen tukemiseen. Kykenemättömyys fyysisiin suoritteisiin johtuu Pepperin suunnittelusta: robottia ei yksinkertaisesti ole suunniteltu näitä toimintoja varten.

2.3.1 Tunteiden tunnistuksen haasteet

SoftBankin mukaan Pepper-robotin tärkein ominaisuus on tunteiden tunnistus (SoftBank, 2018c), jonka robotti saa aikaan analysoimalla kasvopiirteitä tai ottamalla käyttöön käyttöjärjestelmänsä, NAOqin, ALMood-rajapintaa, jolloin robotti arvioi tunnetilaa kolmen komponentin avulla:

1. Valenssi: Onko henkilön mieliala positiivinen vai negatiivinen
2. Huomio / Keskittyminen: Robotin kohteena olevan henkilön robotille suoman huomion määrä
3. Ambianssi: Innostuneisuus / Agitaatio: Indikaattori ympäristön aktiivisuudelle (SoftBank Robotics, 2018b).

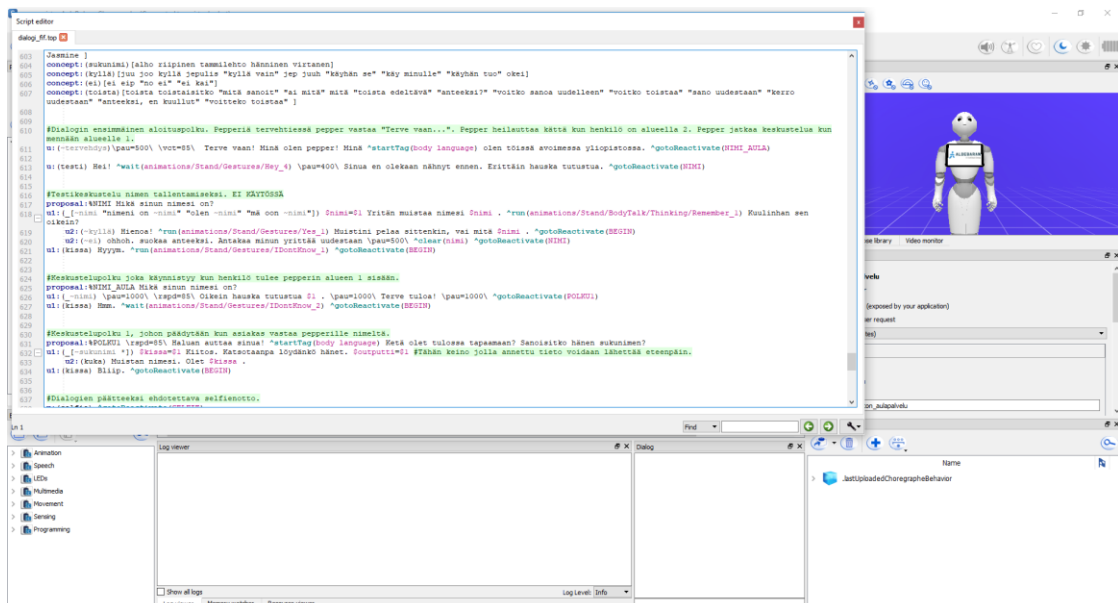
Tunteiden tunnistukseen tarkoitetut ohjelmistot toimivat projektin aikana hyvin kehnosti. Projektin aikana tunteiden tunnistusta testattiin sekä itsenäisesti Choregraphella tehdyllä ohjelmalla, että SoftBankin tarjoamalla esimerkkiohjelmalla. Kumpikaan ohjelmista ei toiminut toivotulla tavalla: Pepper ei vaikuttanut reagoivan, saati tunnistavan tunteita lainkaan. Toimimaan saatiin ainoastaan kasvoniilmeiden perusteella tunnetila-arvion tekevä algoritmi, joka oli hyvin epätarkka: henkilön A hymyillessä robotille tulkitse kone A:n ilmaisevan vihan tunnetta. Testattaessa sovellusta henkilöllä B, tulkitse robotti leveähkön hymyn surullisuuden ilmaisuksi. Pelkkien kasvopiirteiden perusteella tehtävä tunneanalyysi on metodina ongelmallinen: tunteiden kasvojen välitteisessä ilmaisussa on havaittu olevan kulttuurillisia eroja (Jack, Garrod, Yu, Caldara & Schyns, 2012). Mikäli robotti saataisiin tunnistamaan oikeat tunnetilat hyvällä tarkkuudella, vaatisi tunnistettuihin tunteisiin reagoiminen Pepperiltä yksityiskohtaisten keskustelupolkujen ja animaatioiden räätälöimistä jokaiselle tunteelle erikseen.

2.3.2 Puheentunnistuksen ja dialogin ongelmat

Robotin puheentunnistuksen saa käyttöön ALSpeechRecognition-rajapinnan avulla. Rajapinnan avulla robotille määritellään sanasto, minkä jälkeen robotti kykenee tunnistamaan sanastosta löytyviä sanoja. Rajapinta tukee useita eri kieliä. Choregraphen avulla voidaan tarkastella minkälaisina sanoina ja lauseina, ja millä todennäköisyydellä, robotti tulkitsee sen kuulemat äänet. Projektissa havaittiin puheentunnistuksen onnistumisen riippuvan puhujan äänenpainosta, äänen voimakkuudesta, artikulaatiosta ja puheen tauotuksesta. Osalla käyttäjistä puhetta ei pystytty tunnistamaan riittävän

luotettavasti keskustelun aktivoimiseksi robotin kanssa. Puheentunnistus vaikuttaisi siis vaativan oikeanlaista puhetapaa sanojen tunnistuksessa, mikä olennaisesti heikentää robotin käytettävyyttä. Väki joukkojen äänet ja ympärillä olevien ihmisten puheensorina häiritsevät robotin puheentunnistusta: robotti voi tulkita ympäriltä kuuluvat epämääräiset äänet sanoiksi, jotka sille on opetettu. Toisaalta robotti ei kunnolla huomioi sille suoraan osoitettuja puheesityksiä. Parhaiten puheentunnistus toimii hiljaisessa tilassa, kun robotilla on mahdollisuus keskittyä vain yhteen ihmiseen.

Robotin ja ihmisen välinen vuorovaikutus tapahtuu pääosin keskusteluna osapuolten välillä. Keskustelun haasteet liittyvät puheentunnistuksen lisäksi sanastoon, monimuotoiseen keskusteluun ja keskustelun muokattavuuteen. Keskustelun luonti tapahtuu määrittämällä mahdollisina syötteinä toimiville sanoille tai käsitteille robotin tuottamia vastepareja.



KUVIO 4. Keskustelun ohjelmointi Choregraphe-ympäristössä

Keskustelua räätälöidessä robotille voidaan luoda aluksi käsitteistö. Käsitteet koostuvat aihepiiriin tunnistesta (esimerkiksi kulkuneuvot) ja tunnisteen alle kiinnitettävistä sanoista (esimerkiksi henkilöauto, kuorma-auto, linja-auto). Käsitteillä voidaan vähentää yksityiskohtaisen sanaston ohjelmointia, sillä käsitettä käytettäessä keskustelun syötteeksi kelpaa mikä tahansa käsitteen alla oleva sana.

Pepperin keskustelu ei ole kovinkaan älykästä, sillä se ei kykene avoimeen keskusteluun tai antamaan vasteita sille esitettyihin satunnaisiin puheesityksiin. Robotin keskustelu on aina ennalta ohjelmoitua, jolloin robotin on ohjattava käymäänsä dialogia saadakseen ihmisiltä oikeat tilannekohtaiset vasteet keskustelun sujuvuuden takaamiseksi. Keskustelujen luominen vie aikaa ja ylläpitäminen hankalaa: kaikki

keskustelut on tehtävä käsin ja kirjoitettava erikseen muuttuville keskustelupoluille, keskustelun aiheille tai kun halutaan Pepperin reagoivan tunnistamiinsa tunteisiin puheella. Pääasiallinen tapa saada keskustelua elävämmäksi ja luonnollisemmaksi on ohjelmoida käsitteitä, sanastoa ja robotin antamia erilaisia vastausvaihtoehtoja käsin. Keskustelun ongelmia voitaisiin mahdollisesti lievittää kustomoidun tekoälypohjaisen chatbot-ohjelmiston avulla.

2.3.3 Fyysiset ominaisuudet ja Pepperin liikkuminen

Pepper-robotti on suunniteltu jokapäiväiseksi kumppaniksi sosiaalisiin tilanteisiin, kuten neuvontaan ja viihdyttämiseen liittyviin asiakaspalvelutehtäviin (SoftBank Robotics, 2018c). Sosiaalisesti robotiksi suunniteltuna, kevytrakenteisena robottina Pepper ei sovellu raskaisiin fyysisesti avustaviin tehtäviin, kuten liikuntarajoitteisen henkilön tukemiseen tai tavaroiden kuljettamiseen. Fyysisten ominaisuuksien asettamista rajoitteista huolimatta voidaan robotille rakentaa ohjelmisto hyvin keveiden ja yksinkertaisten kappaleiden tarttumista ja nostoa varten (Claudio, Spindler & Chaumette, 2017).

Pepperin mekatroninen rakenne sisältää 17 niveltä, joiden avulla robotti tuottaa eleitä osana vuorovaikutusta, sekä kolme pyörää, joilla se kykenee liikkumaan ympäriinsä. Liikkeitä ja niiden toteuttamista voidaan ohjata ALMotion-rajapinnan välityksellä. Robotista löytyy sisäänrakennettu törmäyksenestojärjestelmä, jonka tarkoituksena on estää robottia kaatumasta tai törmäämästä ihmisiin, esineisiin ja itseensä sen suorittaessa liikeratoja ja liikkua ympäriinsä. Järjestelmä havaitsee edessään, sivuilla ja takanaan olevia ulkoisia esteitä hyödyntämällä kuutta laser-sensoria. Nämä sensorit ovat hyviä havaitsemaan kiinteitä ja tasaisia kappaleita, kuten kirjahyllyjä, lipastoja ja betoniporsaita. Törmäyksenesto ajautuu ongelmiin, kun väistettävä kohde sijaitsee robotin "sokeissa pisteissä" tai kun vastaan tulee epäyhtenäisiä kappaleita, kuten pöytiä ja sähköjohtoja. Huomionarvoinen seikka on, että törmäyksenestojärjestelmä ei pysäytä suoritusvaiheessa olevaa liikettä: jos liike on jo käynnissä, voi robotti huitaista tielle osuvaa kappaletta. Törmäykseneston voi kytkeä pois päältä.

Robotti voidaan ohjelmoida liikkumaan ja navigoimaan ympäristössään turvallisesti. Pepperin voi ohjelmoida tutkimaan ympäristöään, jolloin robotti liikkuu ympäristössä keräten siitä tietoa sensoreidensa avulla. Keräämiensä tietojen pohjalta robotti muodostaa sisäisen kartan, jonka avulla se voi navigoida kartan ympäristössä turvallisesti. Ympäristön tutkimuksen päätyttyä kartan voi palauttaa 2D-kuvana. (SoftBank Robotics, 2018b.)

Pepper ei kykene liikkumaan muuttuvassa ympäristössä ilman vaaraa robotin kaatumisesta tai vahingoittumisesta. Ongelmia aiheuttavat maaston epätasaisuudet ja ympäristön esteet kuten kynnykset, portaikot ja matot.

2.3.4 Pepperin toiminta väkijoukoissa

Pepper on suunniteltu vuorovaikuttamaan yhden ihmisen kanssa kerrallaan. Tavoitetta varten robotti on varustettu ihmisiä jäljittävillä ja tunnistavilla ohjelmilla, jotka saavat robotin kiinnittämään huomionsa ja ylläpitämään katsekontaktia ihmiseksi tunnistetun kohteen kanssa. Huomioidun kohteen kanssa vuorovaikutus vaikuttaa sujuvimmalta: robotti kuuntelee ja tunnistaa pääosin sen huomion kohteena olevan henkilön puhetta. Tunnistukseen onnistumiseen ja tarkkuuteen vaikuttavat puhujan äänen ominaisuudet, kuten äänen kovuus ja paino, sekä artikulaatio.

Väkijoukoissa robotti ei enää kykene kovinkaan sujuvaan vuorovaikutukseen ohjelmistostaan huolimatta. Ympäristön häiriöäänet ja robottia lähellä olevien ihmisten puhe vaikuttavat robotin puheentunnistukseen ja huomiokykyyn. Robotti voi hairahtua etsimään ympärillään olevia ihmisiä kesken vuorovaikutuksen. Puheentunnistus voi takkuilla ja tunnistaa vääriä sanoja, eikä kohteen seuranta enää pysy käynnissä.

2.3.5 Tietoturva

Turvallisuus on erittäin tärkeä ja huomioitava seikka robotiikassa. Robotin ei ole suotavaa aiheuttaa vaaratilanteita, jotka voisivat vahingoittaa ihmisiä ja ympäristöä. Turvallisuuden vaatimukset kasvavat kun kyseessä on palvelurobotiikka ja sen sovellukset, sillä robotit toimivat ihmisten keskuudessa arkipäiväisissä ympäristöissä. Palvelurobotiikan käytöstä aiheutuvia turvallisuushkia voivat olla muun muassa ihmisten ja robottien vahingoittuminen, vakoilu ja verkkourkinta. Riittävän taidokas hakkeri voisi etähallitun robotin kaapattuaan vakoilla robotin omistajia tai jopa saattaa robotin törmäyskurssille samassa tilassa sijaitsevien ihmisten, eläinten tai esineiden kanssa.

Örebron Yliopiston ja Tanskan Teknillisen Yliopiston yhteistyönä tehdyn tutkimuksen mukaan Pepper-robotissa on useita tietoturva-aukkoja, joita hyväksikäyttämällä robotin voi saada hallintaansa (Giaretta, De Donno & Dragoni, 2018). Tietoturvaa arvioitiin sekä automaattisesti että manuaalisesti. Automaattisessa tarkastelussa käytettiin verkkotiedusteluohjelmaa, jolla etsitään avoimia tietoliikenneportteja, ja haavoittuvuus-skanneria, jonka tarkoituksena on tunnistaa robotin haavoittuvuus yleisimmille tietoturvaongelmille. Manuaalisessa tarkastelussa tutkijat käyttivät ARP-huijausta, sanakirja-väsytyshyökkäystä ja välistävetohyökkäystä (Giaretta ym., 2018). Tutkimuksessa kävi ilmi, että mahdollisen hyökkääjän on helppoa päästä käsiksi robotin

pääsy tietoihin, anastaa robotin tallentamaa dataa, hakkeroida muita Pepperin kanssa samassa verkossa olevia laitteita ja jopa fyysisesti vahingoittaa ihmisiä liikuttamalla robottia. Robotin valmistajan on mahdollista tehdä vastatoimenpiteitä havaittuja turvallisuusuhkia vastaan. (Giaretta ym., 2018).

2.3.6 Uutuudenviehätys

SoftBankin Pepper-robotti julkaistiin ensimmäistä kertaa vuonna 2014 (Nagata, 2014). Markkinoilla ja liike-elämän palveluksessa se on toiminut noin kolmen vuoden ajan. Robotin myynti alkoi ensimmäistä kertaa Japanissa vuonna 2015, jolloin ensimmäiset 100 yksilöä myytiin loppuun minuutissa (Mogg, 2015). Pohjois-Eurooppaan ja Suomeen se rantautui ensimmäistä kertaa vuonna 2016, kun Elisa Oyj otti sen käyttöön Helsingin Aleksanterinkadulla sijaitsevaan myymäläänsä (Lukkari, 2016). Suomessa Pepper-robotteja on YLE:n arvion mukaan n. 15 kappaletta (Massa & Numminen, 2018). Robottia käytetään Suomessa ja maailmalla asiakkaiden neuvomiseen, opastamiseen ja viihdyttämiseen muun muassa vähittäiskaupoissa, terveysasemilla ja pankeissa (Mogg, 2018a).

Robotin uutuudenviehätys ei ole vielä täysin kadonnut maista, joissa robotteja on vielä harvakseltaan. Aineistoa ihmisten suhtautumisen muutoksesta robotin pitkäaikaisen käytön suhteen ei juuri ole saatavilla, sillä robotti on ollut laajassa käytössä vasta lyhyen aikaa. Suomessa Pepper on herättänyt kiinnostusta ja se on otettu hyvin vastaan (Aaltonen, Arvola, Heikkilä & Lammi, 2017, 53). Pepper-robotti herätti kiinnostusta Jyväskylän avoimen yliopiston 21.8.2018 järjestämässä ”Ruusupuisto tutkii ja keskustele: Tekoäly ja robotiikka”-tapahtumassa: ihmiset kuvasivat robottia ja halusivat keskustella sen kanssa (Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto).

Hyvästä vastaanotosta huolimatta alkuinnostuksen jälkeisestä viehätysten katoamisesta on havaittu viitteitä Japanissa. Robotiikan supervaltiossa ihmiset eivät enää kiinnitä Pepper-robotteihin huomiota, vaan kävelevät välinpitämättömästi näiden ohi (Boxall, 2017). Näyttää myös siltä, että Pepper ei kykene suoriutumaan kaikista niistä tehtävistä, joihin se on suunniteltu. Eräässä skotlantilaisessa ruokakaupassa työskennellyt Pepper otettiin pois käytöstä kehnon suoriutumisen vuoksi: robotti ei kyennyt avustamaan asiakkaitaan tarpeeksi hyvin (Mogg, 2018b).

Pepperin käyttöön liittyvän puutteellisen aineiston vuoksi on hankalaa arvioida sen soveltuvuutta erilaisiin palvelutehtäviin. Näyttää kuitenkin siltä, että Pepperin tuoma arvo ei yksin löydy sen kohtalaisesta kyvystä toimia yksinkertaisissa ja strukturoiduissa sosiaalisissa tilanteissa, vaan suuremmassa määrin robotin uutuudenviehätyksen tuomasta näkyvyydestä. Viehätysten kadottua jäljelle jää hienoa teknologiaa, joka ei vielä ole tarpeeksi kehittynyttä palvellakseen ihmisiä kiitettävällä tasolla.

3 Havainnot Pepper-robotista

Raportin kirjoittajat pääsivät tutustumaan tarkemmin Pepper-robottiin ja sen käytettävyyteen usean kuukauden ajan keväällä 2018. Kappaleessa 3.1 *Kokemusten ja havaintojen yleistettävyys laajemmin palvelurobotiikkaan* on kirjoitettu niistä syntyneistä ajatuksista ja kokemuksista. Lisäksi havainnointiin Jyväskylän yliopiston avoimen yliopiston Pepper-robotin ja avoimen yliopiston henkilökunnan ensikohtaamistilanteita kanssa ja näitä havaintoja käsitellään kappaleessa 3.2 Käyttäjien kokemuksia Pepperistä.

3.1 Kokemusten ja havaintojen yleistettävyys laajemmin palvelurobotiikkaan

Suunnittelutyö on palvelurobotiikan lähtökohta. Suunnittelu määrittää robotin rakenteen, toiminnallisuuden ja mahdollisuudet. Tämä näkyy hyvin SoftBankin Pepperissä: robotti on suunniteltu sosiaalisesti vuorovaikutteiseksi, mikä näkyy esimerkiksi robotin eleiden, puheentunnistuksen ja puhesyntetisaattorin hyvässä toiminnallisuudessa. Fyysiset tehtävät ovat Pepperille kuitenkin hankalia. Sosiaalisten robottien lisäksi on olemassa fyysisesti avustavia robotteja, jotka on suunniteltu fyysisiä suoritteita silmällä pitäen. Osa fyysisesti avustavista roboteista sisältää vuorovaikutteista teknologiaa vain minimaalisesti. Eksoskeletonit ovat hyvä esimerkki fyysisesti avustavista roboteista, jotka eivät kuitenkaan ole sosiaalisesti kyvykkäitä.

Pepperin kehitystyön aikana sen käytettävyyttä testattiin muutamalla tutkimusryhmän ulkopuolisella koehenkilöllä (n=3) käyttäen yksinkertaisen vuorovaikutusohjelman prototyyppejä. Ohjelmassa Pepper avaa näytölleen valikon, jossa on mahdollista käyttää robottia valitsemalla neljästä eri toiminnosta yhden kerrallaan joko puheohjatusti tai koskettamalla tabletissa näytettyjä kuvia. Testissä havaittiin, että koehenkilöiden oli hankalaa aloittaa vuorovaikutus robotin kanssa. Koehenkilöt pohtivat myös sitä, mitä robotille voidaan ylipäätään sanoa, mistä sen kanssa voi puhua ja mitä siltä voi ylipäätään kysyä. Tässä piilee sosiaalisen palvelurobotiikan kannalta selkeä ongelmakohta, mikäli halutaan tarjota monipuolisempaa ja yksityiskohtaisempaa palvelua. Älykkäämmän palvelun aikaansaamiseksi olisi keksittävä tapa kehittää avoimeen keskusteluun pystyvä järjestelmä, joka kykenisi vastaamaan sille esitettyihin kysymyksiin mielekkäällä tavalla vaatimatta vastausten ohjelmointia erikseen jokaista mahdollista puhesyötettä kohti. Palvelurobotin käyttöä sujuvoitaisi myös robotin antamat hienovaraiset viitteet siitä, minkälaisia toimintoja se kykenee suorittamaan ja minkälaisia komentoja sille voi antaa.

Palvelurobotiikan aktiivisesta kehitystyöstä huolimatta robotit kohtaavat suuria haasteita satunnaisissa ja muuttuvissa fyysisissä ja sosiaalisissa toimintaympäristöissä. Esimerkiksi ympäristöt (kaupan aula) ja tehtävät (neuvonta), joissa Pepper-robotti on yleensä käytössä ovat verrattain muuttumattomia ja yksinkertaisia. Näyttääkin siltä, että ympäristön monimutkaisuuden kasvaessa robotilta vaaditaan kehittyneempää älyä. Mikäli ympäristö on riittävän yksinkertainen ja rutiininomainen, pärjätään yksinkertaisista "jos-niin"-säännöistä rakennetuilla ohjelmilla.

3.2 Käyttäjien kokemuksia Pepperistä

Tiistaina 21.8.2018 esiteltiin Jyväskylän yliopiston Ruusupuistossa osana Ruusupuisto tutkii ja keskustele: Tekoäly ja robotiikka -tilaisuutta (Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto, 2018) avoimen yliopiston hankkimaa Pepper-robottia. Tilaisuuden jälkeen Pepper aloitti varsinaisen tehtävänsä Jyväskylän yliopiston avoimen yliopiston aularobottina Ruusupuisto-rakennuksen 4. kerroksessa. Tämä tarjosi mahdollisuuden seurata avoimen yliopiston henkilökuntaan kuuluvien ihmisten ja Pepper-robotin ensikohtaamistilanteita. Tätä tilaisuutta käytettiin hyödyksi, joten tiistaina 21.8., sekä keskiviikkona 22.8., yksi raportin kirjoittajista seurasi näitä ensikohtaamistilanteita.

Ensikohtaamistilanteista saadun palautteen perusteella Pepper koettiin pääsääntöisesti positiivisena lisänä avoimen yliopiston henkilökuntaa. Sitä pidettiin viihdyttävänä, sympaattisena ja hyvälle tuulelle tuovana. Vaikka Pepper koettiin kiinnostavaksi ja useiden mielestä myös ystävällisen oloiseksi, kaikki eivät kuitenkaan näin kokeneet. Useampi Pepperiä käyttänyt koki Pepperin käytöksen tylynä: se ei vastannut yleisiin kysymyksiin (esimerkiksi "mitä kuuluu Pepper?"), vastasi puheeseen tai tabletin käyttöön liian hitaasti, tai ei reagoinut aina sille annettuihin komentoihin. Tämä herätti monessa kysymyksen siitä, että onko Pepper lopulta kuitenkaan hyödyllinen. Osana avoimen yliopiston markkinointia Pepper koettiin hyödyllisenä, mutta jotta sitä voisi käyttää paremmin hyödyksi, sitä pitäisi osata ja kyetä myös itse ohjelmoimaan omaa käyttöä varten. Ajatus tästä koettiin liian hankalaksi. Lisäksi arveltiin Pepperin kiinnostavuuteen liittyvän uutuudenviehätyksen kestävän vain hetken.

4 Yhteenveto

Tässä raportissa tarkastelimme erään palvelurobotin toiminnallisuutta. Tutkittava robotti oli japanilaisen tietoliikenneyritys SoftBankin tarjoama sosiaalinen humanoidirobotti Pepper. Raportissa kävimme läpi Pepperin rakennetta, ohjelmointia, mahdollisuuksia ja robotin käyttöön liittyviä haasteita. Lopuksi tarkastelimme palvelurobotiikkaa yleisesti Pepperin käytöstä tehtyjen havaintojen pohjalta.

Pepper soveltuu viihdyttämiseen ja yksinkertaisiin neuvontatehtäviin ympäristöissä, joissa sen suorittamat toimenpiteet ja sosiaaliset tilanteet pysyvät samankaltaisina. Pepperin kyvyt vuorovaikutuksessa pääsevät loistamaan sen saadessa itse ohjata keskustelun kulkua. Robotin ohjelmisto on muokattavissa, ja sillä voidaan rakentaa monipuolisia robotin vuorovaikutuksellisuutta hyödyntäviä palveluita, kokemuksia tai elämyksiä. Uutuudenviehätyksen ja sopivassa suhteessa inhimillisen ulkomuotonsa avulla robotti houkuttelee ihmisiä vuorovaikuttamaan kanssaan. Pepper tuntuu myös tuovan paljon julkisuutta, esimerkkinä tästä Pepperin esittely Ruusupuisto tutkii ja keskustelee: Tekoäly ja robotiikka -tilaisuudessa, josta uutisoitiin paikallislehti Keskiuomalaisessa (Halonen, 2018). Vastaavaa on tapahtunut aiemminkin, kun Pepper on esitelty eri yhteyksissä. Robotin pitkäaikaisesta käytöstä ja mahdollisesta uutuudenviehätyksen laantumisen seurauksista ei ole juuri saatavilla olevaa aineistoa.

Ongelmiin robotti joutuu avointen kysymysten ja sen sanavaraston ulkopuolisten puheyyötteiden kanssa. Fyysisiin tehtäviin Pepper ei juuri sovellu, vaikka tutkimuksessa se on saatu tarttumaan ja kuljettamaan yksinkertaisia, kevyitä kappaleita. Robotin tietoturvamekanismit ovat selkeästi puutteellisia. Robotin ohjelmointi tapahtuu Choregraphella vedä ja pudota -toiminnolla (engl. drag and drop) valmiiksi ohjelmoitujen laatikoiden avulla tai käyttämällä SoftBankin tarjoamia ohjelmistokehitystyökaluja. Käytettävyyden saralla käyttäjät ajattelivat robotin ulkomuodon olevan sympaattinen ja varsin inhimillinen, vaikka osa käyttäjistä koki sen varsin tylynä kömpelön vuorovaikutuksen (puheentunnistuksen ja dialogin ongelmat) vuoksi.

Lähteet

- Aalto, M. 2018. Vieokkaasti katsova humanoidirobotti ottaa Kalasataman jättiterveyskeskuksen haltuunsa – 55 000 euron kapistus toivottaa ihmiset tervetulleiksi. *Helsingin Sanomat*. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000005537972.html>
- Aaltonen, I., Arvola, A., Heikkilä, P. & Lammi, H. 2017. Hello Pepper, May I Tickle You?. *Children's and Adults' Responses to an Entertainment Robot at a Shopping Mall*. Saatavilla: 23.8.2018 <http://dx.doi.org/10.1145/3029798.3038362>
- Alho, T., Neittaanmäki, P., Hänninen, P. & Tammilehto, O. 2018. Palvelurobotiikka. *Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja, No. 50/2018*. Saatavilla: 12.9.2018 https://www.jyu.fi/it/fi/tutkimus/julkaisut/tekes-raportteja/tekoaly_ja_palvelurobotiikka.pdf
- Boxall, A. 2017. Pepper is everywhere in Japan, and nobody cares. Should we feel bad for robots? *Digital Trends*. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/pepper-the-robot-needs-our-love/>
- Claudio, G., Spindler, F. & Chaumette, F. 2017. Pepper grasping and delivering a box. Youtuben internetsivuston video. Saatavilla: 29.8.2018 <https://www.youtube.com/watch?v=o22hN7YmVd4>
- Giaretta, A., De Donno, M. & Dragoni, N. 2018. Adding Salt to Pepper: A Structured Security Assessment over a Humanoid Robot. *ARES 201*. Cornell University Libraryn internetsivusto. Saatavilla: 20.8.2018 <https://arxiv.org/abs/1805.04101>.
- Halonen, E. 2018. Pepper-robotti opastaa ja viihdyttää Jyväskylän avoimessa yliopistossa. *Keskisuomalainen*, 22.8.2018.
- IFR International Federation of Robotics. 2016. Service Robots, 9-12. Saatavilla: 10.9.2018 https://ifr.org/img/office/Service_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf
- Jack, R., Garrod, O., Yu, H., Caldara, R. & Schyns, P. 2012. Facial expressions of emotion are not culturally universal. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA 2012*; 109, 7241–7244. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3358835/>

Jyväskylän yliopiston avoin yliopisto. 2018. Ruusupuisto tutkii ja keskustelee: Tekoäly ja robotiikka. Jyväskylän yliopiston avoimen yliopiston internetsivusto. Saatavilla: 29.8.2018 <https://www.avoin.jyu.fi/fi/uutiset/ruusupuisto-tutkii-ja-keskustelee-tekoaly-ja-robotiikka>

Kikuchi, D. 2017. "Strange" hotel, run by robots, open near Tokyo; more to come. *The Japan Times*, 15.3.2017. Saatavilla: 12.9.2018 <https://www.japantimes.co.jp/news/2017/03/15/business/strange-hotel-run-by-robots-opens-near-tokyo-more-to-come/#.W5oSii1DxTY>

Lukkari, L. 2016. Tämä robotti haluaa tutustua sinuun. Elisa Oyj:n internetsivusto. Saatavilla: 23.8.2018 <https://yksityisille.hub.elisa.fi/tama-robotti-haluaa-tutustua/>

Massa, S. & Numminen, J. 2018. Näissä neljässä ammatissa ei robotti pärjää - Tapasimme ihmisiä, jotka tekevät tulevaisuuden töitä jo nyt. YLE:n internetsivusto. Saatavilla: 23.8.2018 <https://yle.fi/uutiset/3-10176670>

Mogg, T. 2015. SoftBank's 'emotional' Pepper robot sells out in just 60 seconds. *Digital Trends*. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/softbanks-emotional-pepper-robot-sells-out-in-just-60-seconds/>

Mogg, T. 2018a. Pepper the robot fired from grocery store for not being up to the job. *Digital Trends*. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/pepper-robot-grocery-store/>

Mogg, T. 2018b. Pepper the robot is now working at a bank in New York City. *Digital Trends*. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/pepper-the-robot-new-york-city-bank/>

Nagata, K. 2014. SoftBank unveils 'historic' robot. *The Japan Times*. Saatavilla: 23.8.2018 https://www.japantimes.co.jp/news/2014/06/05/business/corporate-business/softbank-unveils-pepper-worlds-first-robot-reads-emotions/#.U5hbl_m1ZbU

Niemelä, M. 2017. Robotit hoiva- ja hoitotyössä. Future Care 2017. Saatavilla: 13.9.2018 https://www.easyfairs.com/fileadmin/groups/7/2017/Future_Care_2017_Helsinki/Maarketta_Niemela.pdf

Pandey, A. & Gelin, R. 2018. A Mass-Produced Sociable Humanoid Robot: Pepper: The First Machine of Its Kind. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 2018(99), 1-9.

Rimaila, E. 2017. Itäkeskuksessa kilpailu asiakkaista on niin kovaa, että uusi kauppakeskus otti vetonaulaksi tanssivan humanoidin. *Helsingin Sanomat*. Saatavilla: 23.8.2018 <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000005422123.html>

SoftBank Corp. SoftBank Corpin internetsivusto. Saatavilla: 5.9.2018 <https://www.softbank.jp/en/corp/>

Softbank Robotics. 2018a. Pepper. SoftBank Roboticsin internetsivusto. Saatavilla: 2.7.2018 <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/press/gallery/pepper>

SoftBank Robotics. 2018b. SoftBank Robotics Documentation. SoftBank Roboticsin internetsivusto Saatavilla: 29.8.2018 <http://doc.aldebaran.com/2-5/index.html>

SoftBank Robotics. 2018c. Who is Pepper? SoftBank Roboticsin internetsivusto Saatavilla: 29.8.2018 <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/robots/pepper>

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 61/2018

ISBN 978-951-39-7559-3 (nid.)
ISSN 2323-5004