



**UNIVERSITY
OF OULU**

TIETO- JA SÄHKÖTEKNIIKAN TIEDEKUNTA

Ville Lahdenperä

**ÄLYKELLOJEN KÄYTTÖLIITTYMIEN JA
KÄYTETTÄVYYDEN TUTKIMUS**

Kandidaatintyö
Tietotekniikan tutkinto-ohjelma
Helmikuu 2021

ABSTRACT

The use of wearable technology has increased at an accelerating pace in people's daily life. Smartwatches and activity bracelets can support people's mobility and provide tools to help with daily chores. Smart watches are made for all ages. User interface must be easy to use for everyone because smartwatches have small screens and minimal control methods. New improvements and applications for smartwatches are continually produced by manufacturers.

This bachelor thesis examines the development that has happened over the last five years in the use of smartwatches and in the design of smartwatch user interfaces. This thesis goes through the different types of smartwatch user interfaces that have been developed in recent years and studies on the usability of smartwatches. The aim is to examine the way usability has advanced. In this thesis we try to find the elements in the interfaces which make smartwatches easy to use and which create problems for the users. In this study we explore how usage problems have been solved and what we have learned from them. We go through studies on the smartwatch usability and introduce new innovations that help their usage. Analysing the studies we found ways that smartwatches screen, buttons, movement based gestures and other ad-ons can be used for developing easier user interfaces.

We found out that 4-8 icons to be correct number of elements on the screen. However, we learned that a smartwatch does not necessarily require a display to provide the necessary information. We also found that the smartwatch's display is well suited for controlling other larger devices. We chose the digital crown as the best mechanical input. We proved the touch screen to be useful by showing how it can be used for typing on a keyboard. We present several prototypes that use movement based gestures to improve the usability. By using their hand movement the user can give commands to the smartwatch. We also prove sound gestures and ring accessories to be useful.

We also found out the ways people use smartwatches. Smartwatches are suitable for viewing notifications, managing calls, playing music and other simple tasks. Usage sessions are short and occur at frequent intervals. That is why we recommend their user interfaces should be designed for these tasks. In the thesis we also go through studies made on the user groups and find the types of user problems connected to them. We show how these user problems have been implemented for making usability frameworks which support usable smartwatch interface design. We found suggestions for improvements in user interfaces. Suggestions are to increase the size of the icons, clarify the menus, and increase the sensitivity of the screens.

Keywords: wearable technology, smartwatch, usability, user interface, development

TIIVISTELMÄ

Puettava teknologia on lisääntynyt kiihtyvää vauhtia ihmisten päivittäisessä käytössä. Älykellojen ja aktiivisuusrannekkeiden avulla voidaan tukea ihmisten liikkuvuutta ja ne voivat tuoda apuvälineitä päivittäisiin askareihin. Älykellot ovat suunniteltu kaikille ikäryhmille käytettäväksi. Pienen näytön ja vähäisten ohjaus metodien vuoksi niiden käyttöliittymät pitäisi olla helppokäyttöisiä kaikille. Uusia ominaisuuksia ja aplikaatioita tuotetaan älykelloille valmistajien toimesta jatkuvasti.

Tässä kandidaatintyössä tutkitaan viimeisten vuosien aikana tapahtunutta kehitystä älykellojen käytettävyydessä ja käyttöliittymien suunnittelussa. Tutkielmassa käydään läpi uusia kehitettyjä älykellojen käyttöliittymä tyyppisiä ja älykellojen käytettävyydestä tehtyjä tutkimuksia. Tarkoituksena on tutkia, millä tavoin käytettävyyttä on parannettu. Tutkielmassa analysoidaan, millaiset elementit käyttöliittymissä tekevät älykelloista helppokäyttöisiä ja millaiset aiheuttavat ongelmia käyttäjille. Työssä myös otetaan selvää, miten käytettävyyso ongelmia on ratkaistu ja mitä niistä on opittu. Käymme myös läpi tutkimusten avulla tehtyjä havaintoja käytettävyydestä ja esittelimme uusia innovaatioita, joilla käyttöä tuetaan. Tutkielmassa löysimme tapoja, joilla älykellon näyttöä, nappeja, liike-eleitä ja muita liitettäviä lisäosia voidaan hyödyntää käyttöliittymän kehittämiseen.

Saimme selville, että 4-8 kuvaketta on paras elementtien määrä älykellon näytöllä. Kuitenkin opimme, että älykello ei välttämättä vaadi näyttöä tarjotakseen tarvittavan informaation. Totesimme myös, että älykellon näyttö soveltuu hyvin muiden suurempien laitteiden ohjaukseen. Parhaaksi mekaaniseksi syötteeksi valitsimme digitaalisen kruunun. Kosketusnäytön osoitimme olevan hyödyllinen, sillä käyttäjä voi kirjoittaa näppäimistöä hyödyntäen. Esittelemme useita liike-eleitä käyttäviä prototyyppisiä, jotka helpottavat käyttöä. Osoitamme, kuinka pienillä käden liikkeillä saadaan annettua komentoja kelloille. Toteamme myös äänieleiden ja sormuslisäosien helpottavan käyttöä.

Päädyimme selkeään johtopäätökseen kellojen käyttötarkoituksesta tutkimuksia analysoidessa. Älykellot soveltuvat vain ilmoitusten katsomiseen, puheluiden hallitsemiseen, musiikin soittamiseen ja muihin yksinkertaisiin tehtäviin. Käyttötapahtumat ovat lyhyitä ja niitä on tihein välein. Tämän vuoksi niiden käyttöliittymät tulisi suunnitella näitä varten. Kävimme läpi myös käyttäjäryhmiin tehtyjä tutkimuksia ja löysimme niihin liittyviä käyttöongelmia, joista on tehty suunnittelua tukevia käytettävyysohjeita. Löysimme käyttöliittymiin parannusehdotuksiksi kuvakkeiden koon kasvatuksen, valikkojen selkeytyksen ja näyttöjen kosketusherkkyiden lisäämisen.

Avainsanat: puettava teknologia, älykello, käytettävyys, käyttöliittymä, kehitys

SISÄLLYSLUETTELO

ABSTRACT	
TIIVISTELMÄ	
SISÄLLYSLUETTELO	
ALKULAUSE	
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET	
1. JOHDANTO	7
2. TIETOA KÄYTTÖLIITTYMISTÄ.....	9
2.1. Mikä on käyttöliittymä?	9
2.2. Suunnittelu	10
2.3. Käytettävyys	11
2.4. Käytettävyyden testaus.....	12
3. KÄYTETTÄVYYDEN KEHITYS.....	14
3.1. Näyttö.....	14
3.2. Syöte	16
3.2.1. Mekaaninen syöte	16
3.2.2. Kosketusnäyttö.....	17
3.2.3. Eleet.....	19
3.2.4. Äänieleet	21
3.3. Lisäosat.....	21
4. TUTKIMUKSIA KÄYTETTÄVYYDESTÄ	23
4.1. Yleinen tutkimus käytöstä	23
4.2. Käytettävyyden arviointi	24
4.3. Käyttäjärühmä	24
4.4. Kehykset	25
5. POHDINTAA	26
5.1. Kehitys	26
5.2. Tutkimus.....	26
6. YHTEENVETO.....	29
7. VIITTEET	30

ALKULAUSE

Tämä tietotekniikan kandidaatin työ on tehty yhteistyössä Oulun yliopiston jokapaikan tietotekniikan yksikön kanssa. Kiitokset työn ohjaajalle tutkijatohtorille Aku Visurille.

Oulussa 23. helmikuuta 2021

Ville Lahdenperä

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

IoT	Internet of things, esineiden internet
GUI	graphical user interface, graafinen käyttöliittymä
WIMP	windows, icons, menus and pointer, ikkunat, kuvakkeet, valikot ja osoitin
PCI	point-and-click, osoita ja klikkaa
UCD	user centered design, käyttäjakeskeinen suunnittelu
HCI	human computer interaction, ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus
LED	light emitting diode, valodiodi
QWERTY	QWERTY- layout based keyboard, QWERTY-näppäinasettelua käyttävä näppäimistö
IR	infrared, infrapuna
VSQ	virtual sliding QWERTY- keyboard, virtuaalisesti liukuva QWERTY- näppäimistö
KLM	keystroke-level model, näppäimistön tason malli

1. JOHDANTO

Piirilevyjen ja elektronisten komponenttien pieneneminen on mahdollistanut entistä pienempien elektronisten laitteiden kehittämisen. Puhelimista on tullut minitietokoneita, IoT- laitteet ovat yleistyneet ja useista esineistä on tehty "älykkäitä" lisäämällä niihin mikrosiruja. Täten on puettava teknologia lisääntynyt. Älykellot ja aktiivisuusrannekkeet ovat tulleet yleisiksi ihmisten käytössä viime vuosikymmenenä. Tulevien vuosien myötä puettavien laitteiden myynnin ennustetaan nousevan vuoden 2019 345,9 miljoonasta laitteesta 12,4 prosenttia 637,1 miljoonaan laitteeseen.¹ Alan kasvun myötä älykellot kehittyvät ja niiden käyttötavat uudistuvat.

Kehityksen myötä tulee uusia ominaisuuksia. Nykyään älykelloilla voidaan tarkkailla useita käyttäjän terveyteen liittyviä asioita. Esimerkiksi sykettä, liikkuvuutta ja jopa veren happisaturaatiota voidaan tarkkailla reaaliaikaisesti kellon näytöltä [1]. Ne ovat helposti kannettavissa ja niitä voidaan pitää yllä koko päivän ilman räsitusta. Ne toimivat apuna liikkussa ja voivat tukea urheilijoiden suoritusta. Sääennustuksen näkee nopeasti älykellon sää-applikaation avulla. Puheluita on mahdollista hallita ja ilmoituksia pystytään tarkastelemaan. Myös videoiden ja kuvien katselu on mahdollista. Tämän kokoluokan laitteelle kaikkien ominaisuuksien sulava käyttö vaatii helppokäyttöisen käyttöliittymän.[2]

Kuitenkin on tutkittu, että erityisesti vanhemmilla aikuisilla on ongelmia älykellojen käytössä [3]. Markkinoilla olevissa tuotteissa on käytettävyyden kannalta parannettavaa. Älykellojen yleisin ohjausmetodi on kosketusnäyttö, minkä koko on pieni verrattuna muihin älylaitteisiin. Tämän lisäksi käyttöliittymässä on vain muutama ohjausnappi tai pyöritettävä säädin (Kuva 1). Tämä aiheuttaa useita käytettävyysongelmia pienelle laitteelle.[2]



Kuva 1. Apple Watch älykellossa fyysisinä ohjauskeinoina toimivat digitaalinen kruunu, sivunappi ja kosketusnäyttö. [4]

On huomattu, että älykellojen käyttökerrat ovat yleensä tiheämpiä ja lyhyempiä kuin muilla laitteilla [5]. Ne ovat ilmoitusten katsomisia tai muita pikaisia vilkaisuja. Tämän vuoksi useat tutkimukset suosittelevat, että niiden käyttöliittymät olisi suunniteltu tällaisia käyttötarkoituksia varten [2, 5]. On hyödyllistä tietää, mihin älykelloja käytetään ja millaisista käyttötavoista käyttäjät pitävät. Laitteen tarkoitus on auttaa

¹Ramon Llamas, Jitesh Ubrani, Michael Shirer, Worldwide Wearables Market Forecast to Maintain Double-Digit Growth in 2020 and Through 2024, According to IDC"DC Corporate USA, Sep, 2020

ja tukea sen käyttäjää, ei aiheuttaa lisää ongelmia. Ohjausmekanismit tulisi olla intuitiivisia ja helposti ymmärrettävissä.

Tässä kirjallisessa katsauksessa on tarkoituksena tarkastella viimeisten vuosien aikana tapahtuneita edistyksiä älykellojen käyttöliittymissä ja niiden käytettävyydessä. Myös tutkitaan, millaisin tavoin käyttöliittymiä pyrittiin tekemään helppokäyttöisemmiksi ja mitä uusia innovaatioita on tehty älykellojen käyttöliittymissä. Työssä käydään läpi tehtyjä tutkimuksia älykellojen käytettävyydestä ja siitä, mikä ylipäättään tekee laitteesta käyttäjäystävällisen.

2. TIETOA KÄYTTÖLIITTYMISTÄ

Tässä luvussa kerrotaan siitä, mikä on käyttöliittymä. Tämän jälkeen käydään läpi millaisia käyttöliittymiä älykelloille on kehitetty. Tässä kappaleessa myös tutkitaan käyttöliittymien käytettävyyttä. Tarkoituksena on myös tarkastella, mikä tekee laitteesta käytettävän. Lopuksi käydään läpi tapoja, joilla käytettävyyttä voidaan testata.

2.1. Mikä on käyttöliittymä?

Laitteilla ja ohjelmistoilla on aina jonkinlainen käyttöliittymä. Käyttöliittymä mahdollistaa käyttäjän ja laitteen välisen vuorovaikutuksen. Standardia noudattavan määritelmän mukaan käyttöliittymäksi määritetään kaikki vuorovaikutteisen järjestelmän komponentit, jotka antavat käyttäjälle informaation ja ohjaimet tietyn tehtävän suorittamiseen.² Sillä laitetta ohjaava käyttäjä syöttää tai vastaanottaa tietoa. Siihen kuuluu laitteen ohjausnapit, mahdollinen kosketusnäyttö, näytön graafinen käyttöliittymä ja muut ohjaustavat. Nämä vaihtelevat täysin järjestelmän mukaan.

Ohjaustapa riippuu täysin siitä millaiseen tarkoitukseen laitetta käytetään. Ihminen pystyy olemaan vuorovaikutuksessa laitteen kanssa esimerkiksi -hänen kosketuksella, äänellä ja liike-eleillä. Käyttöliittymät yleensä kuitenkin perustuvat näköaistiin ja niissä on jonkinasteinen näyttö. Kosketusnäyttö voi toimia nappien sijasta ohjaimena. Käyttöliittymään vaikuttaa laitteen koko, muoto ja sen tarkoitus. Jotta käyttäjän olisi helppo ohjata laitetta, tulisi laitteen käyttöliittymä olla selkeä. Tällöin käyttäjä tietää mitä mistäkin toiminnoista tapahtuu.[6]

Näytöllä oleva käyttöliittymä voi olla tekstipohjainen tai graafinen. Tekstipohjaisia käyttöliittymiä on nykyään hyvin harvassa järjestelmässä. Niissä tehtäviä suoritetaan kirjoittamalla komentoriville komentoja, joita laitteen tulisi suorittaa. Useimmissa laitteissa on näyttö, jossa on oma graafinen käyttöliittymä. Graafisen käyttöliittymän suunnittelu on hyvin keskeinen osa, kun suunnitellaan vuorovaikutteista järjestelmää. Tähän kuuluu kaikki kuvakkeet ja muut graafiset objektit. Nämä kaikki osat näkyvät näytöllä, joita käyttäjä voi ohjata osoitinlaitteella. Yleisimmin graafiseen käyttöliittymään erityisesti tietokoneilla kuuluu:

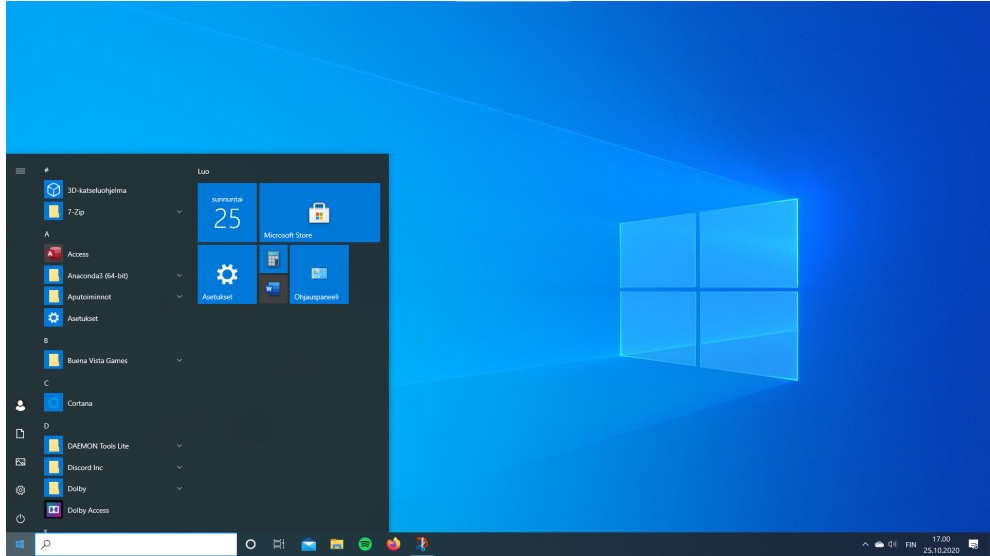
1. **Aloitusvalikko**, jolla voi hallita suurinta osaa järjestelmän toiminnoista.
2. **Tehtäväpalkki**, minkä tehtävä on näyttää parhaillaan käynnissä olevat sovellukset.
3. **Työpöytä**, joka sisältää tyypillisesti kuvakkeita järjestelmän ohjaukseen ja sovellusten käynnistämiseen.
4. **Pikakuvakkeet ja muut kuvakkeet**, joilla voi käynnistää sovelluksia ja toimintoja.

Nämä osat luovat toimivan kokonaisuuden, jolla voidaan suorittaa tarvittavia tehtäviä sujuvasti.³ Tätä kutsutaan WIMP (windows, icons menus and pointer)-käyttöliittymäksi (Kuva 2), joka muodostuu elementeistä, joita kutsutaan widgeteiksi.

²ISO 9241-110:2006

³<https://blogs.helsinki.fi/students-digital-skills/1-introduction-to-the-use-of-computers/1-1-computer-functionality/operating-system-and-user-interface/>

Ne toimivat työkalupakkina käyttäjän ja järjestelmän väliseen toimintaan. Tähän myös voidaan liittää PCI (osoita ja klikkaa)- liittymä, sillä suurin osa laitteista käyttävät jonkintapaista osoitinlaitetta elementtien valitsemiseen. Liittymän kuuluvat ominaisuuden saattavat vaihdella järjestelmän mukaan ja kehityksen myötä uusia tapoja olla yhteydessä laitteisiin tulee lisää.[7]



Kuva 2. Windows 10 Home (2020) järjestelmän graafinen käyttöliittymä. Sisältää työpöydän, tehtäväpalkin, aloitusvalikon ja kuvakkeita.

Älykellojen ohjaustapoina ovat yleensä kosketusnäyttö ja kyljessä olevat napit. Uusia ohjaus metodeja ovat esimerkiksi pyörivä reunus, jota Samsung Galaxy Watch käyttää.⁴ Käyttöliittymään kuuluu näytöllä oleva graafinen käyttöliittymä, josta voidaan valita toimintoja ja applikaatioita. Älykelloissa on niin sanottu leponäyttö, jossa näytetään aika ja useita muita välittömiä informaatiolähteitä. Esimerkiksi Applen tuotteessa Apple Watch Series 6 näyttää leponäytössä aktiivisuuden ja säätiedotuksen. Käyttäjä voi muokata kello näytöstä omanlaisensa.⁵ Graafinen käyttöliittymä on dynaaminen. Näyttö kelloissa on aina päällä, joten käyttöliittymä on jatkuvasti toiminnassa. Näyttö älykellossa on pienikokoinen ja se tuokin ongelmia käyttöliittymän suunnitteluun. Koko täytyy huomioida suunniteltaessa, kuinka paljon informaatiota laite voi näyttää kerrallaan. Myös laitteen ympäristö on tärkeä muuttuja älykellojen suunnittelussa, koska kelloja käytetään kaikenlaisissa ympäristöissä. Käyttöhetket on huomattu olevan lyhytaikaisia vuorovaikutuksia, kun niitä verrataan muihin laitteisiin. Vaikeasti ymmärrettävät valikot ja liika kuvakkeiden määrä aiheuttaa vaikeuksia älykellojen käytössä. [8]

2.2. Suunnittelu

Käyttöliittymän suunnittelu on käyttäjäkeskeistä (UCD, user centered design). Suunnittelijan täytyy asettua käyttäjän asemaan ja ajatella sen myötä toimivuutta.

⁴<https://developer.samsung.com/galaxy-watch-design/interaction/bezel.html>

⁵<https://www.apple.com/fi/apple-watch-series-6/>

Normaalilla käyttäjällä ei ole samanlaista tietotaitoa kuin käyttöliittymän suunnittelijalla. Järjestelmä suunnitellaan iteratiivisella prosessilla, jossa vaatimusmäärittelyjä saadaan prototyypeistä ja asiantuntija-arvioilla. Käyttäjätiedon kerääminen ja analysointi on tärkeää käytettävyyden kehittämiseen. Tutkimalla toisten käyttökokemuksia voi oppia uusia tapoja suunnitella järjestelmiä. Uuden käyttäjän pitäisi tietää, missä valikossa hän on ja mitä hän voi siellä tehdä. Kuvakkeet tulisi suunnitella ymmärrettäviksi ja valikot selkeiksi. Asiantuntija-arviolla saadaan myös nopeasti hyvää dataa käytettävyydestä, jota voi hyödyntää. Asioita, jotka ovat tärkeitä käyttöliittymän fyysisen osan suunnittelussa ovat sen ergonomisuus, fyysisyys, turvallisuus, ympäristö ja esteettisyys.[7]

2.3. Käytettävyys

Systeemiä voidaan pitää käytettävänä, kun tietokoneen ja ihmisen välinen vuorovaikutus (HCI, human computer interaction) toimii sulavasti. Molemmat osapuolet ymmärtävät toisiaan. Ihmisen yhteydellä laitteeseen hän voi syöttää, vastaanottaa tai hallita tietoa. Vuosien varrella on käytetty paljon resursseja käyttäjäystävällisten, tehokkaiden ja ergonomisten järjestelmien suunnitteluun. Tarkoituksena on saada laitteista nopeita ja mukavia viestintävälineitä[9]. Tärkeä osa laitteen toimivuutta on sen käytettävyys. Käyttöliittymän pitäisi olla käyttäjälle helppokäyttöinen. Toimintojen ymmärrettävyys auttaa käyttäjää toimimaan laitteen kanssa. Hyvä suunnittelu laitteelle voi vähentää henkistä ja fyysistä rasitusta. Kun käyttäjä saa tehtyä haluamansa tehtävän mahdollisimman vähällä työmäärällä, se vähentää laitteen aiheuttamaa stressiä käyttäjälle. Hyvällä käyttöliittymän suunnittelulla voidaan myös vähentää tarvittavaa oppimiskäyrää laitteen käyttöön. Tämä lisää kuluttajan tyytyväisyyttä ja tuotteen laatua.[10]

Systeemin käytettävyys voi vaihdella käyttäjän mukaan paljon. Nuorilla älylaitteiden käyttö onnistuu helpommin kuin vanhemmilla ihmisillä. Vanhemmille aikuisille uusien mekanismien ja järjestelmien oppiminen on todettu hankalammaksi. Aihetta on tutkittu paljon ja on huomattu, mitkä asiat tuottavat ongelmia vanhemmille ihmisille erityyppisissä käyttöliittymissä. Kuitenkin älylaitteista, erityisesti älykelloista on todettu olevan hyötyä vanhusten terveyden seurantaan ja liikunnan edistämiseen. Erityisesti pienet laitteet aiheuttavat ongelmia vanhuksille. Pienet kuvakkeet ja kosketusnäytön koko tekevät laitteiden ohjaamisesta haastavaa. Huonon näön vuoksi, pienten tekstien lukeminen on todettu olevan haastavaa vanhemmilla ikäryhmillä. Täten myös vanhemmat ihmiset valitsevat sellaisen laitteen mieluiten, jolla on mahdollisuus pystyä tukemaan heidän terveyden seuraamista.[3, 11]

Systeemin käytettävyyttä lisääviä ominaisuuksia on useita. On vaikea määritellä tarkalleen, mitkä asiat saavat järjestelmän tuntumaan helpolta käyttää. Laitteen tarkoituksesta riippuen käytettävyyden määrittelemisen voi vaihdella. Laitteen koko, sijainti ja käyttötarkoitus voi asettaa rajoituksia, mikä tekee järjestelmän suunnittelusta haastavaa. Kuitenkin yleisiä periaatteita ja standardeja on luotu, kun ne on huomattu toimiviksi. Niitä hyödyntämällä saadaan referenssi siihen, millainen käytettävä käyttöliittymä tulisi olla. Jakob Nielsen määritteli tärkeimmät käytettävyyden säännöt Taulukon 1 mukaan [12].

Taulukko 1. Tärkeimmät käytettävyyden periaatteet käyttöliittymän suunnittelussa.

Järjestelmän tilan näkyvyys	Järjestelmä pitäisi jatkuvasti tiedottaa käyttäjää tapahtuneista asioista.
Yhteys oikeaan maailmaan	Systeemin täytyisi käyttää samanlaista kieltä ja termejä kuin käyttäjä. Informaation pitäisi näkyä loogiseen tapaan.
Ohjauksen vapaus	Käyttäjän tekemien virheiden korjaus tulisi olla mahdollista (esimerkiksi takaisin ja uudestaan toiminnoilla).
Käytäntöjen seuraus	Käyttäjän ei täytyisi joutua pohtimaan mitä asiat tarkoittavat. Alustan käytäntöjä tulisi seurata.
Virheiden ehkäisy	Virheellisten olosuhteiden eliminointi. Esitä käyttäjälle vahvistusvaihtoehto ennen sitoutumista toimintaan.
Tunnistaminen	Käyttäjän muistin kuormituksen vähentäminen tekemällä toiminnot ja vaihtoehdot näkyviksi.
Joustavuus ja käytön tehokkuus	Käyttöä nopeuttavat keinot, jotka auttavat kokenutta käyttäjää ja eivät haittaa uutta käyttäjää. Toimien muokkauksen mahdollistaminen.
Esteettinen ja minimaalinen suunnittelu	Turhan informaation näyttämisen karsiminen.
Virhetuki	Virheissä tulisi informoida selkeästi mikä on mennyt vikaan.
Tuki ja dokumentaatio	Helposti löydettävä dokumentaatio, josta löytää apua käyttöön.

2.4. Käytettävyyden testaus

Käyttöliittymän käytettävyysongelmat tulee löytää käytettävyyden parantamiseksi. Käytettävyyden arviointiin on monia menetelmiä. Nämä menetelmät voidaan luokitella yleensä neljään pääalueeseen. Ne ovat heuristiset arvioinnit, kognitiiviset läpikäynnit, käytettävyydestaukset ja vertailu yleisiin käytettävyyden standardeihin. Heuristisissa arvioinneissa keskitytään tarkastelemaan käytettävyyttä sen yleisten nyrkkisääntöjen 1 mukaan. Kognitiivisissa läpikäynneissä suoritetaan itsenäisesti ilman muita erillisiä käyttäjiä tehtäviä, joista saadaan arvokkaita tuloksia [10]. Käytettävyyttä voidaan arvioida myös vertailemalla käyttöliittymää yleisiin standardeihin ja valmiiksi hyväksi todettuihin rakenteisiin. Rakenteiden avulla voi turhaa testausta saada vähennettyä ja ne voivat tukea uusien systeemien luonnissa.[13]

Käyttöliittymien käytettävyyttä testataan useilla eri keinoilla. Näin voidaan huomata, missä käyttäjällä tulee ongelmia systeemin käytössä. Käytettävyyttä voidaan testata tutkimalla käyttäjien suorittamia tehtäviä ja yleistä käyttöä. Dataa kerätään itse laitteesta ja käyttäjiltä kyselyillä. Näillä keinoilla saadaan selville, mitkä osat tarkalleen laitteessa aiheuttaa ongelmia käytössä. Myös voidaan tutkia, kuinka eri henkilöillä käytettävyyden voi vaihdella. Erityisesti vanhempien ikäryhmien taidot laitteiden käytössä ovat tärkeä osa älylaitteiden käytettävyydestutkimuksia. Toinen hyvä tapa saada

tietoa käytettävyydestä ovat asiantuntijoiden tekemät arvioinnit. Asiantuntijat tietävät hyvin, mitkä asiat käyttöliittymässä aiheuttavat ongelmia tyypilliselle käyttäjälle. Laitteiden käyttöä tutkitaan myös erilaisissa ympäristöissä. Ulko-olosuhteet voivat tuoda ennalta huomaamattomia ongelmia käyttöön. Useita älylaitteita käytetään liikkussa. Esimerkiksi kävellessä laitteen ohjaamisesta saattaa tulla vaikeampaa kuin paikalla ollessa. Testauksissa täytyy ottaa huomioon kaikki mahdolliset olosuhteet, joihin laite on soveltuva. Käytettävyys voi vaihdella huomattavasti olosuhteista riippuen. Monia olosuhteita voidaan simuloida laboratorioympäristöissä. Näin saadaan vähemmällä resursseilla tutkittua useat eri mahdolliset olosuhteet.[14, 3]

Käytettävyyden arviointimetodeja on myös paljon tutkittu. Laboratoriotestausten on huomattu olevan tehokkaampia kuin kenttätestit. Laboratoriotestaukset vaativat vähemmän resursseja ja antavat yhtä hyvät tulokset kuin kenttätestit. Asiantuntijoiden käyttö eli suunnittelijoiden itse tekemät arviot on myös havaittu helpommaksi keinoksi havaita käytettävyysongelmia [14]. Kenttätesteissä voidaan kuitenkin havaita käytettävyydelle kriittisiä ominaisuuksia, joita muualle ei nähdä. Täten nekin on osoitettu hyvin tärkeiksi. Käyttäjien on myös huomattu antavan positiivisempia palautteita laboratoriossa kuin kentällä.[10]

3. KÄYTETTÄVYYDEN KEHITYS

Tässä luvussa käydään läpi tapahtunutta kehitystä älykellojen käyttöliittymissä viimeisten vuosien aikana. Myös tarkastellaan, miten käytettävyys on parantunut ja millaisia uusia keksintöjä on luotu käyttöliittymien käytön helpottamiseksi.

3.1. Näyttö

Vasteen avulla laite informoi käyttäjää. Kun käyttäjä antaa laitteelle syötteen, antaa laite käyttäjälle takaisin vasteen. Vasteena voi toimia esimerkiksi näyttö, ääni tai värinä, jonka laite tekee. Älykelloissa on ääni ja värinä toimintoja, joilla käyttäjälle kerrotaan esimerkiksi uusista ilmoituksista. Tässä työssä emme pureudu näihin toimintoihin, sillä niiden vaikutuksesta älykellojen käytettävyyteen ei ole tehty tarpeeksi tutkimusta. Keskitymme tarkastelemaan tapoja, joilla kellojen näyttöjen käytettävyyttä on kehitetty.

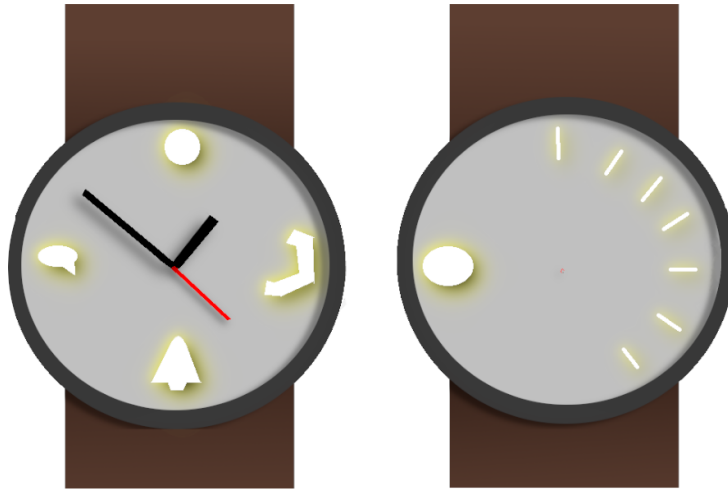
Näytön avulla ja sen graafisella käyttöliittymällä voidaan piirtää monenlaisia tapoja käyttäjän informoimiseen. Valitettavasti älykellojen pienen koon vuoksi, niiden näytöt eivät voi olla suurikokoisia. Tämän takia tulee käyttöliittymien suunnittelijoiden arvioida tarkkaa, mitä elementtejä näytölle kannattaa piirtää. Vuonna 2016 julkaistiin tutkimus [8] siitä, mikä on määrä visuaalisia elementtejä on sopiva näyttää kerrallaan älykellon näytöllä. Tutkimuksessa tarkasteltiin, kuinka suuri kuvakkeiden ja muun visuaalisen tiheyden määrä on sopiva kellon graafiseen käyttöliittymään (Kuva 3). Tuloksena todettiin, että pienempi määrä oli aina parempi. Valikoissa korkeintaan 8 kuvaketta ja vähintään 4 kuvaketta todettiin olevan oikea määrä visuaalisia elementtejä näytöllä. Näillä arvoilla saatiin parhain suorituskyky annettuihin tehtäviin. [8]



Kuva 3. Visuaalisen tiheyden kolme eri tasoa, joita tutkimuksessa [8] tarkasteltiin.

Vaikka näyttö on todettu monessa käyttötarkoituksessa käteväksi tavaksi informoida käyttäjää, on myös mahdollista luoda älykkäitä laitteita ilman sitä. Ilman kosketusnäyttöä voidaan käytettävyyttä parantaa ja käyttöliittymää yksinkertaistaa. Vuonna 2015 julkaistussa artikkelissa esiteltiin kaksi prototyyppiä älykelloista, joissa ei ole kosketusnäyttöä (Kuva 4). Näytön sijaan prototyypeissä käytettiin LED-matriiseja käyttäjän informoimiseen. Kellojen ominaisuudet olivat yksinkertaisia, kuten ilmoitusten näyttäminen, liikkuvuuden mittaaminen ja sään ilmaiseminen. Lähestymistapa sisältää kompromisseja. Kaikkia mahdollisia ominaisuuksia ei voida

tällä suunnittelutavalla tarjota. Samalla kyseisessä tutkimuksessa tutkittiin sitä, mikä tekee älykellosta “älykkään”. Artikkelissa todettiin, että älykello ei tarvitse näyttöä tarjotakseen ominaisuuksia, joita älykellot yleensä omaavat. Prototyypit todistavat, että kellosta saa älykkään ilman graafista näyttöä. Ne myös todistavat älykellojen suunnittelun tilan olevan laajempi, mitä nykyisillä markkinoilla olevissa laitteissa on.[15]



Kuva 4. Esimerkki artikkelin [15] esittelemästä LED-matriiseja käyttävästä älykello prototyypistä, jossa näkyvät vain yksinkertaiset ilmoitukset ja aktiivisuus.

Yksinkertainen tapa näytön käytön helpottamiseen olisi sen koon kasvatus. Isommalla näytöllä on tutkitusti etua vuorovaikutuksessa laitteen kanssa. Kosketukset ovat tarkempia, mitä isompi kosketus-ala on. Valitettavasti kellon koon kasvattaminen ei ole vaihtoehto. Liian isoa laitetta ei kukaan käyttäjä pysty pitämään ranteessaan. Ison näytön voi kuitenkin integroida älykellon käyttöön. Tutkimus ison näytön yhdistämisestä älykellon käyttöön todistaa, kuinka älykelloa voi pitää ohjaimena muihin laitteisiin. Kyseisessä tutkimuksessa tehtiin älykellosovellus, jolla voidaan ohjata simulaattoria. Älykelloon integroiduilla puhe-, ele- ja kosketussyötteellä pyritään antamaan dataa simulaattorihjelmalle ja ohjaamaan sitä intuitiivisesti. Tuloksena todettiin, että tämä on toimiva tapa vuorovaikutukseen muiden sovellusten kanssa. Puhetoiminto todettiin kaikista luonnollisemmiksi ohjausmetodeiksi, mutta kosketukset ja eleet olivat myös intuitiivisia. Tutkimuksessa huomattiin, kuinka isoa näyttöä vaativa sovellus voi olla käytettävä älykellolla, kun sitä käytetään ohjaimena, mutta sovellus on näytetään käyttäjälle toisella suurikokoisella näytöllä[16]. Tätä kutsutaan multimodaalisuudeksi eli ihmisen ja koneen väliseksi vuorovaikutukseksi, jossa käytetään useita syötteitä tai tulosteita.⁶ Toinen todiste älykellon multimodaalisesta toiminnasta on tutkimus mahdollisesta maalaussovelluksesta älykellolle. Tässä sovelluksessa älykellon on yhdistetty älypuhelimien ja ne toimivat yhteistyössä autenttisen maalauksen simuloinnissa. Puhelimen näyttö toimii maalausalustana, minne käyttäjä piirtää sormeaa tai kynää käyttäen. Kellon näytöllä on väripaletti, josta käyttäjä valitsee käytettävät värit

⁶<https://fi.wikipedia.org/wiki/Multimodaalisuus>

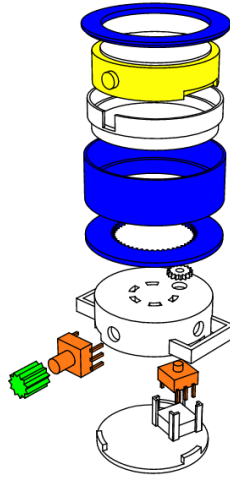
maalaukseen. Artikkelissa tutkimuksen tuloksena todettiin kyseinen applikaatio toimivaksi. Käyttäjät nauttivat sovelluksen käytöstä ja totesivat sen olevan helppokäyttöinen. Tuloksien myötä huomattiin, että tämä dynaaminen tapa olla vuorovaikutuksessa muiden laitteiden kanssa on erinomainen vaihtoehto älykellon näytön jatkeeksi.[17]

3.2. Syöte

Tärkeitä ominaisuuksia hyvälle syöttömetodille ovat sen nopeus, helppokäyttöisyys ja käytön opittavuus. Syötteen pitää olla responsiivinen, jotta käyttäjä tietää lähettämänsä informaation menneen perille. Näin hän ymmärtää laitteen toiminnon ja käyttö helpottuu. Syötetävän täytyy olla helposti ymmärrettävissä uudelle käyttäjälle, jotta virheitä ei tapahdu. Laitteen käyttöä tulisi oppia kun sitä käytetään ja käyttäjän tulisi kehittyä sen käytössä. Näiden myötä syntyy selkeä yhteys käyttäjän antaman informaation ja laitteessa tapahtuvan toiminnan välille. Tämä johtaa laitteen helppokäyttöisyyteen ja käyttäjän hyvään mieltymykseen laitetta kohden. Syötteen laitteelle voidaan antaa mekaanisilla napeilla, kosketusnäytöllä, näytön reunuksilla tai sensoreilla. Sensoreiden avulla voidaan tunnistaa liike- ja äänieleet, joita käyttäjä tekee.

3.2.1. Mekaaninen syöte

Vuorovaikutus laitteen kanssa alkaa käyttäjän antamasta syötteestä. Ilman syötettä ei järjestelmä tiedä käyttäjän tarvitsemaa toimintoa. Sen tulkitseminen väärin johtaa huonoon käyttökokemukseen ja virheellisiin toimintoihin. Tämän vuoksi oikeanlainen tapa antaa informaatio laitteelle on hyvin tärkeää. Älykelloille on kehitetty monia syöte tapoja, mutta kaikki tavat eivät ole yhtä käytettäviä kuin toiset. Tällä hetkellä markkinoilla dominoivilla älykelloilla on kolme yleisintä vuorovaikutustapaa: kosketusnäyttö, digitaalinen kruunu ja pyörivä kehys. Näitä analysoitiin tutkimuksessa, jossa otettiin selvää, mikä syöte tavoista on paras. Tätä varten luotiin prototyyppi, jossa nämä kaikki ominaisuudet ovat (Kuva 5). Prototyypin avulla käytettävyyttä testattiin käyttäjillä, jotka suorittivat useita tehtäviä laitteella. Tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin, että kosketusnäytön lisäksi digitaalinen kruunu on käytettävämpi tapa antaa syöte älykellolle kuin pyörivä kehys. Myös huomattiin, että kosketusnäyttö ei yksin ole tarpeeksi vaan mekaaninen syötetapa on lisäksi tarpeellinen laitteen käyttöön.[18]



Kuva 5. Tutkimuksessa [18] käytetyn prototyypin 3D-malli, jossa on digitaalinen kruunu, pyörivä kehys ja kosketusnäyttö.

3.2.2. Kosketusnäyttö

Hyvin yleinen syötekeino nykylaitteilla on kosketusnäyttö. Näytölle voi luoda monenlaisia graafisia käyttöliittymiä. Toimintoja voidaan valita tarkasti ja nopeasti yhdellä tai muutamalla napautuksella. Napautusten lisäksi voidaan hinata sormea tai painaa tupla painalluksia. Kosketusnäyttö tuo monta erilaista informaation syöttötapaa ja toimii samalla informaation takaisinvälittäjänä käyttäjälle. Yksi syy miksi kosketusnäyttö on ongelmallinen älykellolle on sen aiheuttama niin sanottu ”fat finger problem” eli suurten sormien on vaikea koskettaa pientä näyttöä tarkkaan. Näytöllä on useita pieniä elementtejä, eikä suurisormiset käyttäjät pysty valitsemaan helposti haluamaansa toimintoa. Kirjoittaminen on hyvin tärkeä ominaisuus laitteilla, joilla voidaan lähettää viestejä. Fat finger problem aiheuttaa älykellolla kirjoittamiselle rajansa. Näytönäppäimistön käyttäminen pienellä kellon näytöllä voi olla haastavaa käyttäjille. Tätä tutkittiin vuonna 2018 julkaistussa artikkelissa [19]. Tässä tutkimuksessa testattiin, kuinka hyvin QWERTY- näppäimistöä voidaan käyttää älykellolla. QWERTY- näppäimistö on yleinen länsimaissa käytetty kirjaimien asettelutapa näppäimistölle. Näppäimistöä pystyi käyttämään kahdella tavalla: napautuksilla tai sormea hinaamalla kirjaimesta toiseen (Kuva 6). Tutkimuksessa päädyttiin tulokseen, jonka mukaan QWERTY- näppäimistö on käytettävä ja hyödyllinen älykellossa. Myös todettiin, että fat finger problem ei ole suuri ongelma edes isosormisilla käyttäjillä, ja että hinaus-metodi oli parempi kirjoitukseen. Sen huomattiin olevan nopeampi ja tarkempi kirjaimien valitsemisessa näytöltä. Huomattiin myös, että uudet käyttäjät osasivat käyttää QWERTY- näppäimistöä hyvin älykellolla.[19]



Kuva 6. Esimerkki tutkimuksessa [19] käytetystä napautuksilla ja hinauksella toimivasta QWERTY-näppäimistöä älykellolla.

Jos näppäimistö on siis hyödyllinen älykellossa, niin minkä tyyppinen sen pitäisi olla. Tätä tutkimus [20] vuonna 2015 pyrki saamaan selville. Tutkimus myös totesi kuten aiemmin tässä työssä olemme todenneet, että QWERTY-näppäimistö on tarpeellinen älykelloihin. Kyseisessä artikkelissa oltiin tutkittu kahta eri QWERTY- näppäimistö tyyppiä: Swypeä ja Fleksyä. Swypeessä sormea raahataan kirjaimelta toiselle, kun Fleksyssä naputellaan halutut kirjaimet. Näiden kahden tyyppin kirjoitusnopeutta mitattiin älykellon näytöllä ja tuloksena havaittiin, että molemmilla oli hyvä suorituskyky, mutta Swype oli parempi tähän tarkoitukseen. Raahaus mekaniikka on sopiva pienelle näytölle, sillä siinä voi tarkemmin valita kirjaimen, eikä kontakti laitteeseen katoa. Aihe kuitenkin vaatii lisätutkimusta.[20]

Vaikka QWERTY- näppäimistö todettiin hyödylliseksi, se ei kuitenkaan ole täydellinen. Näppäinten pientä kokoa voidaan parantaa muokkaamalla sen kokoa dynaamisesti. Tällaisen syöttötavan esitteli tutkimus [21], jossa ehdotettiin uutta tap-n-drag eli napautus ja hinaus metodia, joka näyttää vain käytettävän osan näppäimistöä. Tällä Virtual Sliding QWERTY (VSQ)- mekanismilla näppäinten kokoa voidaan kasvattaa näytöllä. Sormea hinaamalla käyttäjä osoittaa mihin suuntaan näppäimistöä pitkin siirrytään. Käytettävyyttä mitattiin kirjoitusnopeudella, näppäinten lyönti määrällä, osallistujien mieltymyksellä ja käytön helppoudella. Tuloksena todettiin, että VSQ on nopeampi kuin aiemmat näppäimistömenetelmät, mutta lisätutkimusta aiheesta vaaditaan.[21]

Suurin ongelma älykellojen kosketusnäytössä on niiden koko. Kosketusnäytöt on todettu hyödyllisiksi vuorovaikutusvälineiksi usealla laitteella. Miten näytön kokoa tai kosketuspinta-alaa voisi lisätä ilman, että laitteen koko olisi liian suuri? Tähän on keksinyt ratkaisun tutkimus [22] vuodelta 2015, jossa esitellään Infrapunasaiteilyllä(IR-valolla) toimiva prototyyppi, minkä avulla käyttäjän kämmenselkää koskettamalla voidaan ohjata kelloa. IR-valo säteilee kellon kyljestä kämmenselkään, ja kun tiettyä kohtaa kämmenselässä kosketetaan, valo tunnistaa sen ja lähettää ohjauksikäskyn käyttöjärjestelmälle. Mahdolliset vahinkokosketukset eliminoidaan algoritmilla, joka suodattaa ne pois. Kuten normaalia kosketusnäyttöä, tätä IR- valo systeemiä voidaan

ohjata kosketuksella tai pyyhkäisyllä. Käyttötutkimisten nojalla todettiin, että tämä IR-valo moduuli voitaisiin implementoida nykyisiin älykelloihin ja se helpottaisi niiden käyttöä. Kuitenkin tuloksissa myös huomautettiin, että lisää sensorin kalibrointia ja tutkimusta tarvitaan.[22]

3.2.3. Eleet

Kosketusnäyttö on todetusti hyödyllinen interaktiometodi älykelloille. Halutun elementin voi valita tarkasti yhdellä napautuksella. Se on nopea ja tehokas syötetapa. Tämän lisäksi kosketusnäytöllä voi tehdä useita eri eleitä. Eleitä voi myös tehdä digitaalisella kruunulla ja pyörivällä kehyksellä. Tietyn pituiset pyyhkäisyt, rullaukset tai painallukset voidaan tulkita laitteella eri tavalla kuin perinteiset kosketukset. Tällä tavalla toimintoja saadaan lisää vaikkei syöttötapoja ole enemmän. Vuonna 2018 tehtiin tutkimus [23] eleiden ennustuksesta KLM (keystroke-level model, näppäimistön tason malli) -proseduuria hyödyntäen. Perinteisesti KLM ennustaa, kuinka kauan kokeneella käyttäjällä menee tehtävien suorituksessa. Tutkimuksessa muokattiin KLM- tapaa luonnehtimaan älykellon vuorovaikutuksia, fyysisten toimintojen kestoaikaa ja validoimaan se Apple Watchilla ja Samsung Gearilla. Tutkitut eleet jaettiin kahteen ryhmään: uudet ja vanhat eleet. Tarkoituksena on tukea käyttöliittymien suunnittelua. Eleiden ennakoimisen avulla voidaan tehdä intuitiivisia syöttömetodeja ja laajentaa suunnittelutilaa. Johtopäätöksessä todettiin että kyseinen malli mahdollistaa eleiden suoritusajojen ennustuksen pienellä virheprosentilla. Tämän hyödyntäminen suunnittelussa voi parantaa älykellojen käytettävyyttä merkittävästi.[23]

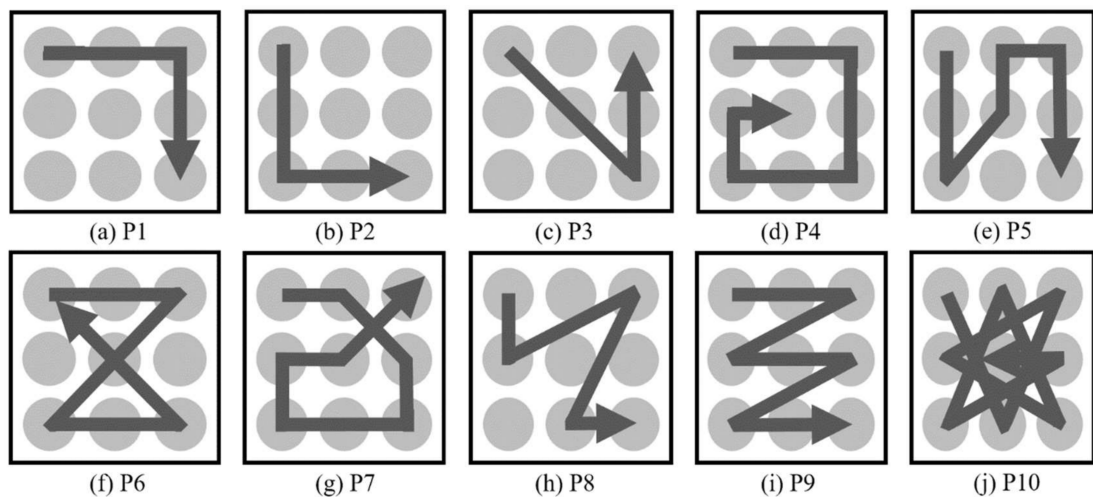
Eleitä voidaan suorittaa ilman, että fyysisiä nappeja tai näyttöä kosketetaan. Älykelloihin ei ole mahdollista suunnitella useita nappeja. Näytön koko täytyy myös olla pienikokoinen. Kiihtyvyydsmittarit ja gyroskoopit tuovat mahdollisuuden tehdä kelloa pitävän käden liikkeistä syötteenä toimivia eleitä. Näitä liikepohjaisia eleitä voidaan hyödyntää käyttöliittymässä. Useassa markkinoilla olevassa kellossa on ajan vilkaisu ominaisuus, joka toimii tämän mekaniikan avulla. Kun käyttäjä nostaa kellokättä, näyttö valaistuu ja näyttää ajan ja muut ilmoitukset. Täysin liikepohjaisen käyttöliittymän todistaa tutkimus [24]. Kyseisessä artikkelissa näytetään, kuinka älykellon reunuksia ja sensoreita hyödynnetään toimivan käyttöliittymän toteutuksessa. Eleinä tunnistetaan napautukset kellon reunuksiin neljään eri suuntaan ja ranteen heilautus. Liikkeiden tunnistuksessa käytetään koneoppimisalgoritmia. Nämä mahdollistavat kaikki toiminnot laitteen ohjaamiseen. Fyysisille napeille ei ole tarvetta. Kosketusnäytön toimintoja voidaan helpottaa. Täten voidaan yksinkertaistaa käyttöliittymää.[24]

Kaikki tavat joilla kelloa voi ohjata ilman näytön koskettamista ovat tarpeen. Sensoreilla voidaan tunnistaa tarkkaan mihin suuntaan laitetta kallistetaan. Näin voitaisiin kättä kallistamalla valita elementtejä näytöltä. Kelloa kuitenkin pidetään kädessä yleensä koko päivän ja kättä heilautetaan vahingossa useita kertoja. Artikkelit [25] tällaisesta ranteen liikkeellä ohjattavasta älykellokäyttöliittymästä todistaa keinon olevan toimiva. Kelloa ohjataan täysin ranteen liikkeellä. Algoritmi päättelee saadusta syötteestä käskyt. Järjestelmää testattiin käyttäjillä kävellessä, istuessa ja ajaessa. Testauksen tuloksena todettiin, että järjestelmä on helppokäyttöinen paikallaan

istuesssa, mutta kävellessä aiheuttaa ongelmia turhien liikkeiden vuoksi. Kelloa osattiin jopa käyttää ilman että sitä katsottiin istuesssa ja haluttujen tehtävien valintatarkkuus oli erinomainen. Mekanismin todettiin olevan erityisen hyvä ilmoitusten lukemiseen ja sivuttamiseen. Kuitenkin ongelmaksi todettiin kävellessä ja päivittäisessä toiminnassa tapahtuvat ylimääräiset liikkeet, jotka aiheuttavat vaikeuksia käyttöön ja sekoittavat eleiden lukemista.[25]

Tutkimus MyoTilt [26] esitti ratkaisun tähän ongelmaan. Artikkelissa esitellään ohjauskeino, jossa kellokäden kämmen puristetaan nyrkkiin ja tällöin kädenkallistustoiminnon valitsema suunta valitaan. Tavoitteena on saada vähäisiä liikkeitä vaativa yhden käden käytettävä järjestelmä. Tätä testattiin käyttäjillä mittaamalla tehtävien suoritusaikaa ja helppoutta. Tuloksena todettiin, että metodi toimi hyvin pieniin elementtejä valitessa ja työmäärää oli vähemmän kuin muissa ohjaustavoissa. Tuloksena todettiin myös että Fat finger problem ei ole enää tällä järjestelmällä ongelma. Ongelmaksi nousi kuitenkin tehtävien suoritus aika, jonka todettiin olevan pidempi kuin muissa metodeissa. Artikkelissa ehdotetaan tämän systeemin olevan helposti integroitavissa tuleviin älykelloihin tukemaan niiden käytettävyyttä.[26]

Liikepohjaisia eleitä on lisätty älykellojen käyttöliittymiin monella tavalla. Eleitä voidaan tehdä esimerkiksi piirtämällä elekuviota kädellä. Vuonna 2018 julkaistu artikkeli [27] todistaa, että elekuviota voidaan tunnistaa konvoluutioisella hermoverkolla. Tämä koneoppimisalgoritmi analysoi käyttäjän etusormella tekemiä liikkeitä ja lajittelee ne eleiksi (Kuva 7). Kullekin eleelle voidaan antaa oma toiminto järjestelmässä. Tutkimuksessa todettiin, että algoritmi tunnisti eleet yli 90 prosentin varmuudella. Eleistä voidaan tehdä yksilöllisiä ja täten käyttäjän mieltymys laitteeseen voi parantua.[27]



Kuva 7. Tutkimuksessa [27] käytettyjä koneoppimisalgoritmin tunnistamia elekuviota, joita käyttäjä piirtää etusormella.

Kiihtyvyyksanturilla ja gyroskoopilla voi luoda kellon käyttäjälle oman profiilin. Kaikilla on omanlaisensa käyttäytyminen kun he pitävät kelloa. Persoonalliset liikkeet voidaan kerätä muistiin ja käyttäjälle tehdään oma käyttäytymisbiometriikka. Tätä keinoa käyttävä tutkimus [28] vuodelta 2016 osoittaa, että käyttäytymisbiometriikalla

voidaan varmistaa oikea käyttäjä kelloille. Tällä voidaan turvata käyttö ja estää tietoturvahyökkäykset. Jos kello päättyy väärän henkilön käsiin, hän ei voi käyttää laitetta, sillä hänellä ei ole samoja eleitä. Tutkimuksessa osoitetaan, kuinka metodi torjuu suurimman osan kaikista tietoturvahyökkäyksistä. Keräämällä lisää dataa voidaan parantaa biometriikkaa ja eleiden analyysiä.[28]

Vaikka nämä eleet helpottavat paljon käyttöä ja ylipäättään käytettävyyttä, ei niillä voida koko käyttöliittymää nykytekniikan tuella ohjata. Älykellojen käyttöjärjestelmissä on useita applikaatioita, jotka vaativat monta ohjauskeinoa. Pelkillä eleillä on vaikeaa viestiä järjestelmälle, mitä käyttäjä haluaa tehdä nykyisissä monitoiminnoisilla älykelloilla. Eleiden ja kosketusnäytön yhdistelmällä voidaan luoda intuitiivisia käyttöliittymiä. Tämä on todennäköisesti tapa, jota hyödynnetään uusien kellojen valmistuksessa. Esimerkki tällaisesta järkevistä kahden ohjauskeinon tavasta on Tap'n' Shake elepohjainen kommunikaatiosysteemi älykelloille. Ohjaustapaa käsittelevässä artikkelissa [29] esitellään tutkimusta varten luotu järjestelmä, jota voidaan käyttää ranneliikkeillä, ääniohjauksella ja kosketusnäytöllä. Tarkoituksena on kahden käden interaktio-ongelman parantaminen. Tutkimuksessa tutkittiin, millaisia eleitä käyttäjät tykkäävät käyttää ja kumpaa keinoa he pitävät enemmän käytettävämpänä. Eleet tunnistetaan algoritmin avulla. Tuloksesta opittiin, että käyttäjät pitivät systeemiä hyödyllisenä ja käytettävänä. 68 prosenttia käyttäjistä suosi pelkkää eleohjausta ja 32 prosenttia kosketusnäytön ja eleiden yhdistelmää. Kukaan tutkimukseen osallistujista ei suosinut pelkkää kosketusnäytöllä naputtelua. Käyttäjät totesivat myös, että eleillä ohjaus oli ”hauskaa ja siistiä”. Tämä on todella tärkeää laitteen käytössä. Käyttäjän tulee olla mieltynyt laitteen käyttöön, eikä pitää sitä pakollisena tehtävänä.[29]

3.2.4. Äänieleet

Eleitä voidaan tehdä muillakin tavoilla kuin liikkeellä tai napeilla. Yksi keino eleiden luomiseen on ääni. Ihminen osaa luoda useanlaisia ääniä, joilla laitetta voidaan ohjata. Älykelloon integroidulla mikrofoniolla nämä eleet voidaan tallentaa ja kääntää syötteeksi. Kuten aiemmin käsittelemässämme artikkelissa ääniohjausta käytetään monenlaiseen ohjaukseen. Äänien ei tarvitse olla puhetta ja sanallisia käskyjä vaan ihminen voi luoda ääniä omilla käsillään. Tämän osoittaa tutkimus [30], jossa luotiin älykello järjestelmä, jota ohjataan äänellä ja liikkeillä. Äänet ja liikkeet luokitellaan hermoverkkojen avulla. Systeemi tunnistaa 9 eri elettä. Eleinä olivat esimerkiksi käsien taputus, sormien napsautus ja oveen koputus. Näistä tallennetaan ääni ja mahdollinen saatu liike ja käännetään tietyiksi toiminnoiksi. Käyttötutkimusten tuloksena saatiin, että eleet tunnistettiin 97 prosentin tarkkuudella. Huomattiin, että äänen avulla tuloksista tuli tarkempia. Äänieleet yhdistettynä liikkeisiin toimivat applikaatioiden ohjauksessa hyvin.[30]

3.3. Lisäosat

Kellon koskettelu voi olla vaikeaa ilman, että käyttäisi kahta kättä. Pienen koon vuoksi fyysisiä nappeja ja muita ohjauskeinoja täytyy olla vähän. Syötteen voi antaa

muualta kuin itse kellon omilla syötekeinoilla. Syötteen älykellolle voi antaa erilliseltä laitteelta, joka on yhteydessä kelloon. Kellokäteän tai muualle kehoon voidaan asettaa välineitä ohjausta varten. Tällaisen syöttötavan esitteli artikkeli [31]. Kyseisessä tutkimuksessa luotiin yhdenkäden ohjaustekniikka älykellolle, joka käyttää rytmistä korrelaatiota peukalon ja näytön vilkkuvien ohjainten välillä. Kellonkäden peukaloon laitetaan sormus, johon on kiinnitetty magneetti (Kuva 8). Peukaloa liikutetaan edestakaisin ja magneettinen tunnistus älykellossa seuraa sen liikettä. Tämän myötä syntyy rytmisiä kuvioita, jotka käännetään syötteeksi älykellossa. Syötettä voidaan esimerkiksi käyttää hyvin tekstin lukemisessa eli sivun vierittämisessä, puheluiden ohjauksessa ja musiikin soittamisessa. Käyttöä tutkittiin kävellessä, tietokoneella istuessa ja rentoutuessa videota katsellen. Johtopäätöksenä päästiin tulokseen, että tämä keino toimii hyvin yksikäätiseen älykellon ohjaukseen. Se helpottaa vaikeiden toimintojen tekoa laitteella ja nopeakäyttöisempi kuin perinteiset syötekeinit.[31]



Kuva 8. Synchronwatch [31] prototyypin magneettisesti tunnistettavan sormuksen toiminnallisuus.

Toinen samantyyppinen syötemetodi, joka on kehitetty yhden käden ohjausta varten on PairRing [32]. Magneettisen sormuksen sijaan kyseisessä artikkelissa esitellään lisäosaksi valmistettu älysormus, jolla kelloa ohjataan. Syötteen antona toimii sormuksen pyörittäminen. Sormus asetetaan etusormeen ja sitä pyöritetään peukalolla. Sormus on tarkoitettu sivujen vieritystä varten. Tutkimuksessa analysointiin sormuksen optimaalista muotoa. Prototyyppeinä olivat kulmikas ja pyöreä sormus. Käyttötestien johtopäätöksenä pääteltiin, että kulmikas sormus oli parempi ohjaukseen ja että sormuksen avulla käyttäjät suorittivat annetut tehtävät nopeammin kuin ilman sitä. Tuloksena todettiin myös, että sormus tukee yhden käden ohjausta ja parantaa käytettävyyttä.[32]

4. TUTKIMUKSIA KÄYTETTÄVYYDESTÄ

Tässä kappaleessa käydään läpi yleisiä tutkimuksia älykellojen käytettävyydestä ja analysoidaan niiden käyttökontekstia. Tarkoituksena on löytää syitä nykyisten älykellojen käytettävyyden tasoon, tutkia eri käyttäjäryhmien vaikutusta kellojen käytettävyyteen ja esittää apukeinoja kellojen suunnitteluun hyvän käytettävyyden kannalta.

4.1. Yleinen tutkimus käytöstä

Laitteen käytettävyydestä saadaan hyvä kuva, kun sen käyttöä tutkitaan erityyppisillä käyttäjillä. On tärkeää ottaa huomioon käyttäjäryhmien tietotekninen kokemustaso. Jotta voidaan ymmärtää, kuinka helposti käytettävä laite on, täytyy siitä etsiä sen mahdolliset käytettävyysongelmat. Pitää ymmärtää käyttäjien näkökulmaa ja pyrkiä ratkaista ongelmat. Vuonna 2018 tehdyssä tutkimuksessa [2] tutkittiin yleisesti älykellojen käytettävyyttä 20-43 vuotiailla käyttäjillä. Pyrkimyksenä oli löytää mahdolliset käytettävyysongelmat ja ehdottaa parannuskeinoja niihin. Tarkoituksena on myös oppia, millaisiin tehtäviin älykelloja kannattaisi käyttää. Tutkimus tehtiin kyselyillä, haastatteluilla ja suorituskokeilla kellojen käytöstä. Tuloksissa arvioitiin käytettävyysongelmia, samanaikaisia tehtäviä, epämukavuuksia käyttäjillä ja käyttäjien vaatimuksia. Tutkimuksen tuloksina päädyttiin taulukoiden 2 ja 3 mukaisiin huomioihin älykelloista.[2]

Soveltuu hyvin	Soveltuu huonosti
<ul style="list-style-type: none"> - Ilmoitusten katsominen - Puheluiden hallitseminen - Musiikin soittaminen - Säättiedotusten katsominen 	<ul style="list-style-type: none"> - Visuaalisesti rikkaan materiaalin katsominen (esim. kartat, videot, pitkät tekstit. . .) - Sähköpostien lukeminen

Taulukko 2. Millaisiin tehtäviin älykellot ovat hyviä ja huonoja tutkimuksen [2] mukaan.

Parannusehdotukset
<ul style="list-style-type: none"> - Kontaktiton käyttöliittymä tai kellojen reunojen käyttö syöttöön - Laajempi näyttö (jos mahdollista) - Käyttöliittymän osat helposti tunnistettaviksi - Aputoimintoja tekstinsyöttöön - Nopea ja vakaa yhteys muihin laitteisiin - Samantyyppinen käyttöliittymä kuin älypuhelimilla - Parempi ergonomia - Laitteen lämpö pysymään tasaisena

Taulukko 3. Tutkimuksen [2] tekemät parannusehdotukset älykellojen käyttöliittymiin

Kun laitteella on hyvin monta käyttötarkoitusta, on hyvä tietää mihin käyttäjät laitetta oikeasti käyttävät. Älykellot pystyvät melkein kaikkiin samoihin toimintoihin kuin älypuhelimet. Se ei kuitenkaan tarkoita sitä, että älykellojen täytyisi pystyä

tukemaan kaikkia toimintoja täysin. Kun tiedetään mihin tarkoitukseen älykelloja käytetään, voidaan niitä hioa paremmaksi näiden tarvittavien ominaisuuksia mukaan. Vuonna 2017 tehdyssä tutkimuksessa [5] pyrittiin määrittelemään älykellon käyttöä. Tarkoituksena oli myös selvittää onko käytöllä yhtäläisyyksiä älypuhelimien käyttöön. Käytetäänkö älykelloja yksinään vai älypuhelimien jatkeena? Tutkimuksessa myös tutkittiin, ovatko nykyiset käyttötavat sopivia kelloille. Tutkimus tehtiin analysoiden yli 300 käyttäjän käyttödataa. Analysoinnista selvisi, että älykellojen käyttö on samantyyppistä kuin normaalilla rannekellolla. Käyttötapahtumat ovat lyhyitä ja niitä on tiheästi. Yksinkertaisia vuorovaikutuskeinoja on suosittava älykelloissa, joten kaikkia älypuhelimien ominaisuuksia ei kannata implementoida kelloihin.[5]

4.2. Käytettävyyden arviointi

Käytettävyys on vaikea määritellä. Jotkin asiat voivat olla helppoja toisille, kun ne ovat toisille hankalia. Miten käytettävyyttä voitaisiin arvioida järkevästi, että kaikkien näkökulma otetaan huomioon? Tässä työssä ollaan kerrottu käytettävyystestauksista, asiantuntijoiden arvioinnista, käyttäjien arvioinnista ja käyttöä kuvaavan datan keräämisestä. Näitä metodeja vertailtiin tutkimuksessa [14] selvittäen mikä niistä on paras tapa arvioida käytettävyyttä. Johtopäätöksenä todettiin, että asiantuntijapohjaiset arvioinnit ovat tehokkaimpia. Ne paljastavat eniten ongelmia. Kaikki tavat ovat kuitenkin hyödyllisiä käytettävyyden kokonaiskuvan luomiseksi.[14]

4.3. Käyttäjärühmä

Käyttöliittymäsuunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon laitteelle valittu käyttäjärühmä. Valittu käyttäjärühmä on ihmisryhmät, joille laite suunnitellaan. Heidän näkökulmaa ja tarpeita tulee kuunnella jokaisessa suunnittelun vaiheessa. Älykellojen käyttäjärühmä on hyvin laaja. Kellot ovat tehty kaikenikäisille, monenlaisissa fyysisissä kunnossa oleville ja eri yhteiskunnallisissa asemissa oleville. Niitä käyttää vanhukset, nuoret opiskelijat, arkiliikkujat ja huippu-urheilijat. Kello soveltuu kaikille, joilla perusterveet fyysiset ominaisuudet. Tämän vuoksi älykellot tulee suunnitella kenelle vain, eikä keskittyä yhteen ryhmään. On kuitenkin hyvä saada tietoon millaisia käyttöongelmia ja tarpeita eri ryhmillä on älykellon käyttöön. Vanhukset käyttävät älykelloja eri tarkoituksiin kuin nuoret. Aihetta on tutkinut vuonna 2018 julkaistu tutkimus [11], jossa pyritään määrittelemään ikäkohtaisia käytettävyysongelmia älykelloilla. Tutkimuksessa verrattiin yli 60 vuotiaiden kellon käyttöä alle 30 vuotiaiden käyttöön. Tuloksissa huomattiin, että vanhuksilla syntyi ongelmia useammassa tehtävässä. Valikot, käyttöliittymä ja eleet osoittautui sekaviksi. Äänikomennot aiheuttivat ongelmia molemmilla ikäryhmillä. Tuloksista tehtiin seuraavat parannusehdotukset älykellojen suunnitteluun: kontrastin ja saturaation säätämisoiminaisuuden lisäys, selkeämmät valikot, suuremmat kuvakkeet, parempi viestien avausmekaniikka ja näyttöjen tulisi olla herkempiä kosketukseen. Tutkimuksessa käytettiin kelloa Sony Smartwatch 3, joten ongelmat saattavat vaihdella kellon mukaan.[11]

Vanhusten merkitys älykellojen käyttäjänä on kuitenkin merkittävä, sillä tutkitusti kello voi tukea heidän terveyttään ja lisätä heidän fyysistä aktiivisuutta. Älykelloja käytetään paljon liikunnan tukena, sillä niissä on erinomaiset ominaisuudet, joilla voidaan seurata käyttäjän liikkumista. Tämän vuoksi on tärkeää, että vanhuksetkin osaavat käyttää kelloja yhtä hyvin kuin muutkin. Heillä on valitettavasti eniten vaikeuksia älykellojen käytössä. Asioiden selkeyttämiseksi käyttöongelmia on hyvä kategorisoida. Vuonna 2018 esitetty artikkeli [3] analysoi vanhusten ongelmia älykellojen käytössä. Suurimmiksi ongelmiksi älykelloissa havaittiin olevan niiden näytön koko, kirjasinkoko ja vuorovaikutustekniikat. Ongelmat laitetiin kategorioihin ja niistä luotiin kehys tulevaisuuden käyttöliittymä kehitystä varten.[3]

Käyttäjän näkökulman mukaan valmistetut laitteet tulisi olla helppokäyttöinen. Käytettävien laitteiden tarve on suuri, mutta tietääkö käyttäjät valita oikean laitteen. Mitkä asiat vaikuttavat ihmisten valintoihin älykellomarkkinoilla? Tutkimus [33] markkinoiden tarpeesta vuodelta 2019 vertaili älykellon hinnan, merkin ja käytettävyyden merkitystä kuluttajan valintaan. Tutkimuksessa haastateltiin käyttäjiä älykelloista. Tuloksena havaittiin, ettei kuluttajia kiinnosta laitteen käytettävyys yhtä paljon kuin sen merkki ja hinta. Harva kuluttaja ostaa laitteen sen hyödyllisyyden mukaan.[33]

4.4. Kehykset

Suunnittelua varten voidaan luoda kehyksiä, joiden mukaan käyttöliittymää rakennetaan. Kehykset antavat suunnittelijalle suunnan, kun hän arvioi mitä laitteeseen tulee. Hyvän käytettävyyden suunnittelua voidaan tukea käytettävyyskehyksellä. Kehykseen kerätty data kertoo, millaisia asioita käyttöliittymään kannattaa tehdä, jotta laite pysyy käytettävänä. Vuonna 2020 tehdyssä tutkimuksessa [13] tutkittiin mahdollista käytettävyyskehystä älykelloille. Artikkelissa esiteltiin usabilityWatch-arkkitehtuuri, joka tuo helpottavia ominaisuuksia älykellojen suunnitteluun. Kehystä varten tarvitaan automaattinen syötteen tallennus käyttäjiltä, joka viedään kehittäjille, käytettävyys mittari, laaja variaatio laitteistossa ja näyttöjen koossa ja helppo datan siirto mahdollisuus huonosta yhteydestä huolimatta. Tällaisesta kehyksestä hyötyy sekä käyttäjä että kehittäjä. Tuloksena todettiin olevan älykello applikaatioiden käytön helpotus ja laboratoriotutkimusten vähennys. Mahdollistaa käyttäjäystävällinen käyttöliittymä kehityksen helposti ja nopeasti.[13]

5. POHDINTAA

Tämän työn käsittelemä aihe ei ole kovin paljon tutkittu. Vaikka älykello on nykymaailmassa hyvin yleinen laite, ei siitä ole kirjoitettu tieteellistä materiaalia yhtä paljon kuin älypuhelimista. Kellot lajitellaan yleensä puhelimen lisäosaksi, eikä niitä tarkastella itsenäisinä laitteina. Älykelloissa on samat toiminnallisuudet kuin puhelimissa, mutta ne ovat paketoitu pienempään laitteeseen. Tämän vuoksi sen käytettävyyttä on mielenkiintoista analysoida. Toiminnoista täytyy tehdä kompromisseja. Uudet keksinnöt käyttöliittymän parantamiseksi kehittävät laitteita.

5.1. Kehitys

Tässä työssä käydään läpi keinoja, millä käyttöliittymien käytettävyyttä on pyritty kehittämään. Läpikäytyt tutkimukset on listattu taulukkoon 4. Laitetta on tutkittu kokonaisvaltaisesti, mutta kaikilta osin ei ole tehty kehitystä. Tutkimuksia älykellojen graafisesta käyttöliittymästä ei ole tarpeeksi ja tämän vuoksi sen tarkastelu tässä työssä jäi vajaaksi 4.8. Näytön pienen koon vuoksi, se asetettiin tärkeään asemaan tässä työssä. Kellot ovat pienikokoisia laitteita, joten niissä ei ole tilaa suurelle näytölle. Kuitenkin aihetta käsiteltiin paljon ja kehitysehdotuksia löydettiin tutkimusten 4.9 4.10 4.11 kautta. Näytön informaation antamiskykyä ja kosketusnäytön toimintaa syötteenä tutkittiin hyvin molemmin puolin 4.12 4.14 4.15. Näitä on pyritty kehittämään kaikin keinoin ja kuten huomaamme edistystä on tapahtunut.

Syötteen merkitys käyttöliittymässä on suuri ja tämän vuoksi sitä on analysoitu laajasti tässä työssä. Älykellojen hyvä puoli on se, että niissä on paljon tapoja joilla käyttäjä antaa käskyjä laitteelle. Mekaaniset napit ja kruunut on todettu tarpeellisiksi kelloissa 4.13, mutta tutkimuksia aiheesta ei ole tarpeeksi. Sensoreiden myötä eleet ovat nousseet isolle merkitykselle kellojen kanssa vuorovaikutuksessa. On olemassa monenlaisia eleitä, joiden avulla ihminen pystyy kommunikoimaan laitteen kanssa. Tutkimusta eleistä on runsaasti ja sen vuoksi niitä käsitellään tässä työssä joukoittain. Liikeperäisiä eleitä on tarkasteltu paljon 4.16 4.17 4.18 4.19 4.20 4.21 4.22 ja uusia keksintöjä, jotka käyttävät niitä on huomattava määrä. Äänieleitä 4.23 tulisi analysoida lisää, jotta saisimme tarkemman kuvan siitä kuinka hyödyllisiä ne ovat. Ihmiselle eleet voivat olla helppo ja nopea keino antaa informaatiota kellolle, mutta ne vaativat laitteilla vielä hiomista. Eleet on vaikea tunnistaa ja tulkinnassa voi tapahtua virheitä. Tämän vuoksi ne vaativat vielä lisää tutkimusta.

Lisäosat älykellon käyttöliittymään olivat mielenkiintoinen aihe. Ne voivat olla hyvä ratkaisu käyttöongelmiin, jos ne saadaan kehitettyä tarpeeksi toimiviksi. Tässä työssä esittelimme kaksi sormus lisäosaa 4.24 4.25, jotka tukivat syötönantoa kellolle. Sormuksen lisäksi tutkimusta muunlaisista lisäosista ei ole paljon tehty. Aihetta tulisi analysoida enemmän, sillä tutkimusmateriaali jäi vajaaksi.

5.2. Tutkimus

Tutkimukset käytettävyydestä tuovat selkeämmän kuvan siitä, mikä tekee laitteesta helppokäyttöisen. Yleistä tutkimusta älykellojen käytettävyydestä oli yllättävän vähän

4.1. Tämän vuoksi sen osa tässä tutkielmassa jäi vähäiseksi. Kuitenkin saimme tärkeää dataa, siitä mihin älykelloja käytetään ja millä tavoin niiden kanssa ollaan vuorovaikutuksessa 4.2. Käytettävyyden arvioinnin tutkimus jätettiin taka-alalle, sillä aiheesta ei ollut kovin paljon tutkimusta älykellojen saralla. Käytetyt tavat on todettu toimiviksi 4.3. Käyttäjäröhmän merkitys otetaan työssä huomioon 4.6. Vanhusten käytöstä on tehty paljon tutkimusta 4.4 4.5, mutta muita käyttäjäröhmii ei ole paljon tutkittu. Suunnittelun tueksi luodut kehykset 4.7 ovat hyödyllisiä työkaluja älykellojen suunnittelussa. Tässä tutkielmassa emme syventyneet niihin.

Tässä tutkielmassa esitellyt tutkimukset tukevat käyttöliittymien kehitystä. Ne ehdottavat parannuksia suunnitteluun ja esittelevät uusia mekanismeja älykellojen käyttöön. Tutkimus on jäänyt joiltain osilta vähäiseksi. Kuitenkin kaikki tärkeimmät osat on käyty tässä työssä läpi. Tutkielma tuo esiin tapoja joita kellojen suunnittelijat voivat hyödyntää.

Läpikäytyt julkaisut älykellojen käyttöliittymistä ja käytettävyydestä

nro.	Julkaisuvuosi	Artikkeli
1.	2018	A qualitative study of smartwatch usage and its usability
2.	2017	Quantifying Sources and Types of Smartwatch Usage Sessions
3.	2016	Assessing usability evaluation methods for smartwatch application
4.	2018	Identification of Age-Specific Usability Problems of Smartwatches
5.	2018	Categorization Framework for Usability Issues of Smartwatches and Pedometers for the Older Adults
6.	2018	Usability Study and Users' Perception of Smartwatch: Study on Indonesian Customer
7.	2020	Design and Implementation of a Usability-Framework for Smartwatches
8.	2016	Effect of Icon Amount and Visual Density on Usability of Smartwatches
9.	2015	Shimmering Smartwatches: Exploring the Smartwatch Design Space
10.	2016	TakeOut: drawing application using distributed user interface for being close to real experience
11.	2019	When Bigger is Simply Better After all:Natural and Multi-Modal Interaction with Large Displays Using a Smartwatch
12.	2018	Texting while Walking: Is It Possible With a Smartwatch?
13.	2016	Investigating Interaction Techniques for State-of-the-Art Smartwatches
14.	2015	Is Touch-Based Text Input Practical for a Smartwatch
15.	2015	Virtual Sliding QWERTY: A new text entry method for smartwatches using Tap-N-Drag
16.	2015	Expansion of Smartwatch Touch Interface from Touchscreen to Around Device Interface Using Infrared Line Image Sensors
16.	2018	A Predictive Fingerstroke-Level Model for Smartwatch Interaction
17.	2018	Implementation of Smartwatch User Interface Using Machine Learning based Motion Recognition
18.	2018	Seesaw: rapid one-handed synchronous gesture interface for smartwatches
19.	2018	MyoTilt: a target selection method for smartwatches using the tilting operation and electromyography
20.	2018	Smartwatch User Interface Implementation Using CNN-Based Gesture Pattern Recognition
21.	2016	Real Time Motion-Based Authentication for Smartwatch
22.	2016	Tap 'n' shake: gesture-based smartwatch-smartphone communications system
23.	2019	GestEar: combining audio and motion sensing for gesture recognition on smartwatches
24.	2018	PairRing: A Ring-Shaped Rotatable Smartwatch Controller
25.	2018	SynchroWatch: One-Handed Synchronous Smartwatch Gestures Using Correlation and Magnetic Sensing

Taulukko 4. Tässä työssä käytetyt julkaisut.

6. YHTEENVETO

Tässä tutkielmassa käytiin läpi älykellojen käyttöliittymissä tapahtunutta kehitystä. Työssä tarkasteltiin tehtyjä tutkimuksia aiheesta viimeisten vuosien aikana. Tutkimukset esittelivät ratkaisuja käyttöliittymien käytettävyyssongelmiin tai tukivat helppokäyttöisten käyttöliittymien suunnittelua. Osa tutkimuksista antoi työtä helpottavia työkaluja käyttöliittymien suunnittelijoille. Tämän työn yhtenä tarkoituksena oli esitellä älykellojen uusimmat innovaatiot niiden käytettävyyden kannalta. Myös muina tavoitteina oli löytää älykellojen käyttötarkoitus, esitellä tutkimukset käyttäjäryhmistä ja tutustuttaa lukija käytettävyyssongelmien myötä luotuihin käytettävyyssongelmiin.

Käydessämme läpi näitä tutkimuksia löysimme keinoja, jotka edistävät älykellojen käytettävyyttä. Uudet keksinnöt loivat uusia keinoja olla vuorovaikutuksessa kellon kanssa. Samalla ne helpottavat käyttäjän ymmärrettävyyttä ja vähentävät heidän urakkaa. Kävimme läpi kuinka älykellon näyttöä, fyysisiä nappeja, eleitä ja muita lisäosia voidaan kehittää käyttöä parantamaan. Tutkimme myös mihin älykelloa ihmiset käyttävät. Muiden tutkimusten analysoinnin myötä löysimme ehdotuksia, joiden avulla kehitystä voidaan johtaa oikeaan suuntaan. Perehdyimme käyttäjäryhmiin ja löysimme niihin liittyviä käytettävyyssongelmia. Erityisesti tarkastelimme tutkimuksia ikäihmisiin liittyvistä älykellojen käytettävyyssongelmista. Näistä ongelmista esittelimme tehdyt kehykset, joiden avulla tuetaan uusien kellojen suunnittelua.

7. VIITTEET

- [1] Phillips C., Liaqat D., Gabel M. & de Lara E. (2019) Wrist02—reliable peripheral oxygen saturation readings from wrist-worn pulse oximeters. arXiv preprint arXiv:1906.07545 .
- [2] Chun J., Dey A., Lee K. & Kim S. (2018) A qualitative study of smartwatch usage and its usability. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 28, ss. 186–199.
- [3] Khakurel J., Knutas A., Melkas H., Penzenstadler B., Fu B. & Porras J. (2018) Categorization framework for usability issues of smartwatches and pedometers for the older adults. *Teoksessa: International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, Springer*, ss. 91–106.
- [4] Apple Watch Free Stock Photo Pexel. <https://www.pexels.com/photo/apple-watch-1682821/>. Accessed: 2021-01-20.
- [5] Visuri A., Sarsenbayeva Z., van Berkel N., Goncalves J., Rawassizadeh R., Kostakos V. & Ferreira D. (2017) Quantifying sources and types of smartwatch usage sessions. *Teoksessa: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ss. 3569–3581.
- [6] Korpela Jukka K. Linjama T. (2005) Web-suunnittelu. *Docendo 2. painos*.
- [7] Dix A., Finlay J., Abowd G. & Beale R. (2004) *Human-Computer Interaction*. ss. 18–29.
- [8] Mo F., Yi S. & Zhou J. (2016) Effect of icon amount and visual density on usability of smartwatches. *Teoksessa: International Conference on Human Aspects of IT for the Aged Population, Springer*, ss. 466–477.
- [9] Jaimes A. & Sebe N. (2007) Multimodal human–computer interaction: A survey. *Computer vision and image understanding* 108, ss. 116–134.
- [10] Duh H.B.L., Tan G.C. & Chen V.H.h. (2006) Usability evaluation for mobile device: a comparison of laboratory and field tests. *Teoksessa: Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, ss. 181–186.
- [11] Zotz N., Saft S., Rosenlöhner J., Böhm P. & Isemann D. (2018) Identification of age-specific usability problems of smartwatches. *Teoksessa: International conference on computers helping people with special needs, Springer*, ss. 399–406.
- [12] Nielsen J. (1995) 10 usability heuristics for user interface design. Nielsen Norman Group 1.
- [13] Zenker S. & Hobert S. (2020) Design and implementation of a usability-framework for smartwatches. *Teoksessa: Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*.

- [14] Karlsson F. (2016), Assessing usability evaluation methods for smartwatch applications.
- [15] Xu C. & Lyons K. (2015) Shimmering smartwatches: Exploring the smartwatch design space. Teoksessa: Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, ss. 69–76.
- [16] Rupprecht F., Naranjo C., Ebert A., Olakumni J. & Hamann B. (2019) When bigger is simply better after all: Natural and multi-modal interaction with large displays using a smartwatch. Teoksessa: Proceedings of the Twelfth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2019).
- [17] Noh W., Lee M., Cheon H., Kim J., Lee K. & Cho J. (2016) Takeout: drawing application using distributed user interface for being close to real experience. Teoksessa: Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct, ss. 173–176.
- [18] Kerber F., Kiefer T. & Löchtefeld M. (2016) Investigating interaction techniques for state-of-the-art smartwatches. Teoksessa: Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ss. 2540–2547.
- [19] Turner C.J., Chaparro B.S. & He J. (2018) Texting while walking: is it possible with a smartwatch? *Journal of Usability Studies* 13, ss. 94–118.
- [20] Chaparro B.S., He J., Turner C. & Turner K. (2015) Is touch-based text input practical for a smartwatch? Teoksessa: International Conference on Human-Computer Interaction, Springer, ss. 3–8.
- [21] Cha J.M., Choi E. & Lim J. (2015) Virtual sliding qwerty: A new text entry method for smartwatches using tap-n-drag. *Applied ergonomics* 51, ss. 263–272.
- [22] Lim S.C., Shin J., Kim S.C. & Park J. (2015) Expansion of smartwatch touch interface from touchscreen to around device interface using infrared line image sensors. *Sensors* 15, ss. 16642–16653.
- [23] Al-Megren S. (2018) A predictive fingerstroke-level model for smartwatch interaction. *Multimodal Technologies and Interaction* 2, s. 38.
- [24] Lee K.T., Yoon H. & Lee Y.S. (2018) Implementation of smartwatch user interface using machine learning based motion recognition. Teoksessa: 2018 International Conference on Information Networking (ICOIN), IEEE, ss. 807–809.
- [25] Wu J., Colglazier C., Ravishankar A., Duan Y., Wang Y., Ploetz T. & Starner T. (2018) Seesaw: rapid one-handed synchronous gesture interface for smartwatches. Teoksessa: Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers, ss. 17–20.

- [26] Kurosawa H., Sakamoto D. & Ono T. (2018) Myotilt: a target selection method for smartwatches using the tilting operation and electromyography. Teoksessa: Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, ss. 1–11.
- [27] Kwon M.C., Park G. & Choi S. (2018) Smartwatch user interface implementation using cnn-based gesture pattern recognition. *Sensors* 18, s. 2997.
- [28] Lewis A., Li Y. & Xie M. (2016) Real time motion-based authentication for smartwatch. Teoksessa: 2016 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS), IEEE, ss. 380–381.
- [29] McGuckin S., Chowdhury S. & Mackenzie L. (2016) Tap'n'shake: gesture-based smartwatch-smartphone communications system. Teoksessa: Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction, ss. 442–446.
- [30] Becker V., Fessler L. & Sörös G. (2019) Gestear: combining audio and motion sensing for gesture recognition on smartwatches. Teoksessa: Proceedings of the 23rd International Symposium on Wearable Computers, ss. 10–19.
- [31] Reyes G., Wu J., Juneja N., Goldshtein M., Edwards W.K., Abowd G.D. & Starner T. (2018) Synchronwatch: One-handed synchronous smartwatch gestures using correlation and magnetic sensing. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 1, ss. 1–26.
- [32] Chung J., Oh C., Park S. & Suh B. (2018) Pairring: a ring-shaped rotatable smartwatch controller. Teoksessa: Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ss. 1–6.
- [33] Anggraini N., Kaburuan E.R., Wang G. & Jayadi R. (2019) Usability study and users' perception of smartwatch: Study on indonesian customer. *Procedia Computer Science* 161, ss. 1266–1274.