

Lectio praecursoria, Studies towards e-crafted RFID smart clothing for daily activities

Tiina Vuohijoki

Arvoisa kustos, arvoisa vastaväittäjä, arvoisat kuulijat

Mennään hetkeksi tulevaisuuteen, vuoteen 2060. Mummi istuu keinutuolissa käsityölehteä selaillen. Hän löytää ohjeen villapaitaan, johon neulotaan käskypaneeli, jolla voi säätää kodin valaistusta. *Täydellistä – juuri tämän vaari tarvitsee*, ajattelee mummi ja tarttuu vedensiniseen lankaan. Silmukoihin kätkeytyy näkymätön antenni, joka kommunikoi kodin älylaitteiden kanssa – ei akkuja, ei lataamista, vain perinteistä käsityötä huipputeknologialla.

Maailma muuttuu niin kauan kuin on visioita, jotka ohjaavat toimiamme ja tutkimustamme. Tämä oli minun visioini, ja kerron nyt millaisia askeleita olen ottanut sitä kohti.

Palataan tähän päivään ja todellisuuteen, jossa elämme. Jokainen meistä tunnistaa tilanteita, joissa tarvitsisimme apua arjen toiminnoissa. Ehkä olemme keskustelleet ihmisen kanssa, jolla on vaikeuksia löytää tuttuja sanoja. Ehkä olemme tukenneet syömistä tarjoamalla lusikkaa väsyneelle kädelle. Tai ehkä olemme itse eksyneet vieraassa kaupungissa. Nämä haasteet eivät ole harvinaisia – ne ovat osa inhimillistä kokemusta, osa sitä monimuotoisuutta, joka tekee meistä ihmisiä. Juuri siksi teknologian tulisi palvella meitä kaikkia.

Kun puhumme päivittäisistä elämän toiminnoista – englanniksi Activities of Daily Living (ADL) – tarkoitamme niitä perusasioita, joita teemme joka päivä: syömistä, pukeutumista, peseytymistä ja liikkumista. Nämä toiminnot, jotka useimmille meistä ovat itsestäänselvyksiä, voivat muuttua

haastaviksi sairauden, vamman tai ikääntymisen myötä. Avustava teknologia (Assistive Technology) kattaa kaikki ne laitteet ja järjestelmät, jotka on suunniteltu lisäämään, ylläpitämään tai parantamaan yksilön toimintakykyä. Se voi olla yksinkertainen keppi, monimutkaisempi moottoroitu pyörätuoli – tai nykyään yhä useammin älykäs, puettava laite.

Puettavan teknologian kehitys on viime vuosina edennyt nopeasti. Älyvaatteet voivat mitata sykkettä, seurata hengitystä, suojata meitä ympäristön vaikutuksilta ja toimia esimerkiksi osana kotiautomaatiota. Tutkimus osoittaa, että tällaisella teknologialla voi olla merkittäviä positiivisia vaikutuksia ihmisten elämänlaatuun ja itsenäisyyteen. Tässä kuitenkin piilee ristiriita: vaikka teknologia on kehittynyt valtavasti, älyvaatteet eivät ole vielä yleistyneet arjessa tavalla, jota voisi odottaa. Usein ne näyttävät futuristisilta tai lääkinnällisiltä laitteilta – sellaisilta, joita voisi kuvitella sairaalassa, mutta ei kodissa, ei omissa olohuoneissa.

Tutkimukseni lähtökohta perustuu kolmeen keskeiseen havaintoon: Ensinnäkin, käytössämme on teknologioita, joilla on potentiaalia parantaa miljoonien ihmisten elämänlaatua maailmanlaajuisesti. Toiseksi, olemassa oleva tutkimus osoittaa avustavan teknologian merkittävät hyödyt. Kolmanneksi, tarve tällaisille ratkaisuille kasvaa jatkuvasti väestön ikääntymisen ja monimutkaisten sairauksien yleistymisen myötä.

Published under a CC BY 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Nykyisten älyvaatteiden markkinatilanne kuitenkin paljastaa haasteita, jotka rajoittavat käyttöönottoa. Tuotteita on saatavilla vain rajallisesti, ne ovat usein hinnakkaita ja ehkäpä monimutkaisia käyttää. Lisäksi ekologisuus ja huoltomahdollisuudet voivat herättää epävarmuutta kuluttajien keskuudessa. Jo mainitut esteettiset tekijät muodostavat oman haasteensa: älyvaatteet eivät välttämättä vastaa käyttäjien visuaalisia mieltymyksiä. Näistä syistä alalla on kehittynyt suuntaus, jossa teknologia pyritään sulauttamaan vaatteen rakenteeseen huomaamattomasti. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan vaihtoehtoja lähestymistapaa: Mitä tapahtuisi, jos teknologiaa ei pyrittäisi piilottamaan, vaan siitä tehtäisiin olennainen osa vaatteen estetiikkaa? Voisiko käyttäjille tarjota mahdollisuuden vaikuttaa siihen, miltä heidän älyvaatteensa näyttävät ja miten ne toimivat? Tai vielä yksi kysymys pidemmälle: entä jos jokainen voisi valmistaa omat älyvaatteensa kotona, samalla tavalla kuin nyt neulomme villasukkia tai lyhennämme verhot?

Väitöskirjani tarkastelee älyvaatteita niiden estetiikan ja mukautettavuuden näkökulmasta, hyödynnäen perinteisiä käsityömenetelmiä. Ajatuksena on, että valitsemalla itse materiaalit ja värit käyttäjä voi vaikuttaa siihen, miltä "äly" vaatteessa näyttää ja tuntuu. Näin teknologia ei ole vain piilotettu komponentti, vaan osa vaatteen kokonaisilmettä.

Teknologioista erityisen kiinnostavaksi nousi RFID, sillä se tarjoaa ratkaisun yhteen älyvaatteiden keskeisistä haasteista: energiansyöttöön. Passiivinen RFID ei vaadi akkuja, latausta tai huolta siitä, että laite sammuu kesken tärkeän tilanteen. Tämä ominaisuus on merkittävä – jopa tässä hetkessä moni voi samaistua jännitykseen siitä, riittääkö mikrofonin paristo koko tilaisuuden ajaksi.

RFID on lyhenne sanoista Radio Frequency Identification, suomeksi radiotaajuinen tunnistus. Kyseessä on tekniikka, jossa pieni tunniste voidaan

lukea ilman johtoja ja fyysistä kosketusta. Lukijalaite lähettää radiosignaalin, johon tunniste vastaa – hieman samaan tapaan kuin lähimaksukortti kaupan kassalla.

Avustavan teknologian kehittämisessä keskeistä on ymmärtää todelliset käyttötarpeet. Siksi tutkimukseni alkoi kuuntelemalla ihmisiä. Järjestin ideointityöpajoja, joihin osallistui yhteensä 40 henkilöä – mukana oli hoitajia, virikeohjaajia, fysioterapeuteja ja toimintaterapeuttiopiskelijoita. Halusin selvittää, millaisia avustavia älyvaatteita he toivoisivat läheisilleen ja hoidettavilleen. Työpajojen tulokset olivat samanaikaisesti odotettuja ja yllättäviä. Odotettua oli, että esiin nousivat tarpeet, jotka aiempi tutkimus on jo tunnistanut: apu muistamiseen, kommunikaatioon ja päivittäisiin toimintoihin. Yllättävää sen sijaan oli ratkaisujen yksilöllisyys. Jokainen ideakonsepti oli ainutlaatuinen, ja jokaisen käyttäjän elämäntilanne ja toimintakyky edellyttivät omanlaistaan lähestymistapaa. Kaikista vastauksista nousi kuitenkin esiin kolme yhteistä teemaa: älyvaatteiden tulisi olla esteettisesti miellyttäviä, helposti aktivoitavia ja räätälöitäviä.

Samanaikaisesti työpajojen kanssa aloitin valmistusmenetelmien kehittämisen, joiden avulla RFID-tunnisteita voisi valmistaa myös kotioloissa. Perinteiset RFID-tunnisteet tuotetaan teollisissa olosuhteissa monimutkaisilla laitteilla, ja massatuotannon ansiosta yksittäisen tunnisteen hinta jää muutama senttiin.

Testasin kuutta erilaista menetelmää. Kaikki kehitetyt menetelmät olivat muokattavissa ulkonäöltään – tunnisteet voisivat näyttää siltä, miltä käyttäjä haluaa, sen sijaan että ne olisivat näkyvän teknisiä. Yksi tutkimukseni yllättävimmistä havainnoista liittyi juuri näihin valmistusmenetelmiin. Oletukseni oli, että monimutkaisemmat ja työlämmät menetelmät tuottaisivat parhaan lopputuloksen. Yllätykseni kuitenkin parhaiten toimivat varsin

nopeasti valmistetut versiot. Saavutettu lukuetaisyys – eli välimatka lukijan ja tunnisteiden välillä – viittaa siihen, että käsin tehtyjä tunnisteita voitaisiin hyödyntää käytännön sovelluksissa. Tulokset osoittavat suuntaa siihen, että henkilö, jolla on perustason käsityötaidot, voisi tulevaisuudessa valmistaa toimivia tunnisteita. Tarvittaisiin vain neula, sähköä johtava lanka ja siru.

Eri valmistusmenetelmät tarjosivat myös esteettisiä mahdollisuuksia. Joissakin ratkaisuisissa tunnisteet korostivat kohtaa, jossa älyvaatteen teknologia sijaitsee, mutta samalla peittivät sen niiltä, joille sitä ei haluttu näyttää. Toiset menetelmät mahdollistivat tunnisteiden integroimisen osaksi koristeellista kuviota. Menetelmien testaaminen opetti minulle myös kärsivällisyyttä ja lisäsi arvostusta perinteisiin käsityömenetelmiä kohtaan. Jokainen ommeltu tunniste oli uniikki ja kantoi tekijänsä kädenjäljen. Kyse ei ollut teollisesta massatuotannosta, vaan henkilökohtaisesta luomisprosessista.

Kehitystyön aikana valmistin kaksi prototyyppiä eli testiversiota. Ne perustuivat osittain ideointityöpajojen tuloksiin, osittain omiin kliinisen työn kokemuksiini sekä monialaisen tiimin keskusteluihin. Prototyypit edustavat muotoilun, teknologian ja käyttäjien tarpeiden tasapainottelua. Niiden tarkoituksena on havainnollistaa, miten vaatteet voivat tukea yksilön arkea ja päivittäisiä toimintoja.

Älytakki on suunniteltu helpottamaan pukeutumista tilanteissa, joissa käsien liikeradat ovat rajoittuneet tai kokonaan estyneet esimerkiksi halvaantumisen, niveltulehduksen tai muun sairauden vuoksi. Tavallisen takin pukeminen voi tällöin olla tuskallista tai mahdotonta, ja myös avustettu pukeutuminen voi olla haastavaa, sillä vaatteita ei suunnitella liikkumattomiin käsiin. Älytakki ratkaisee ongelman yksinkertaisella tavalla: sen hihat avautuvat kokonaan vetoketjujen avulla. Pukija voi asettaa hihan kainalon alta käsivarren ympäri ja

sulkea sen vetoketjulla – takki mukautuu käyttäjään, ei päinvastoin. Lisäksi takki sisältää RFID-tunnisteiden, joka voi toimia osana hoitajakutsujärjestelmää. Tunniste aktivoituu peittämällä se kädellä – suuri, helppo liike, joka onnistuu myös silloin, kun hienomotoriset taidot ovat heikentyneet tai kädet vapisevat. Kun tunniste peitetään, järjestelmä lähettää hälytyksen avustavalle taholle, kuten perheenjäsenelle, hoitajalle tai hätäkeskukseen. Takin avustavia ominaisuuksia ei ole pyritty piilottamaan: kirkkaat vetoketjut erottuvat mustasta kankaasta, mutta RFID-tunnisteiden voi halutessaan sijoittaa huomaamattomasti kankaan alle.

Käskyhiha syntyi yhdestä työpajojen tärkeästä havainnosta: miten voivat kommunikoida ne, joille puhuminen on vaikeaa tai mahdotonta esimerkiksi aivohalvauksen tai kehitysvamman vuoksi? Hiha voi olla osa paitaa, takkia tai toimia itsenäisenä asusteena. Siihen on neulattu kaksi vaihdettavaa RFID-tunnistetta, jotka tukevat vaatteiden muokattavuutta. Perusversiossa käyttäjä voi vastata ”kyllä” tai ”ei” koskettamalla hihaa eri symbolien kohdista. Yksinkertainen toiminto, mutta sen merkitys on suuri: henkilö, joka ei pysty puhumaan, voi osallistua keskusteluun, tehdä valintoja ja ilmaista mielipiteitään. Käskyhihan keskeinen ominaisuus on sen mukautuvuus. RFID-siruja voi vaihtaa, jolloin sama hiha saa uusia toimintoja käyttäjän tarpeiden muuttuessa – ilman, että koko vaate täytyy korvata uudella. Ulkonäkö on myös muokattavissa: hiha voi olla hillitty tai koristeellinen, arkinen tai juhlava. Perimmäinen ajatus on, ettei teknologia määritä tyyliä.

Aiempi älyvaatteita koskeva tutkimus on keskittynyt pääasiassa tekniseen suorituskykyyn ja lääketieteellisiin sovelluksiin. Viime vuosien tutkimus on korostanut teknologian pienentämistä, materiaalien kulutuksen vähentämistä ja optimointia esimerkiksi virrankulutuksen ja tehokkuuden näkökulmasta.

Työni rakentuu näiden tutkimusten varaan. Ilman niitä en olisi voinut lähteä kohti tätä kokonaisuutta. Optimointi on edelleen merkittävä osa, mutta ei koko totuus. Todellinen käyttöönotto riippuu myös estetiikasta, mukautettavuudesta ja siitä, miten teknologia istuu käyttäjän elämään – ei pelkästään siitä, kuinka teknisesti kehittyntä se on.

Tämä tutkimus edustaa paradigman muutosta, tai ainakin sen kevyttä heilautusta. Sen sijaan, että sopeutuisimme *melkein* sopiviin avustaviin teknologioihin, jotka *melkein* istuvat osaksi omaa henkilökohtaista tyyliämme, käyttäjät voisivat itse räätälöidä ja ommella juuri heille sopivat ratkaisut.

Tutkimukseni otti askeleita monialaisuuden kentällä useaan suuntaan. Uskallan väittää, että tämä työ on ensimmäinen laatuaan, joka esittelee käsityömenetelmin valmistettuja RFID-tunnisteita – konkreettinen edistysaskel elektroniseen askarteluun ja neulaamiseen. Lisäksi tutkimus avaa uusia kysymyksiä: Miten mahdolliset käyttäjät kokevat nämä prototyypit? Miltä näyttää neulottu tunniste? Kuinka modulaarisen tunnisteen lukuetaisyyttä voidaan lisätä ja miten voimme yksinkertaistaa sen rakentamista? Tämä työ tuo vaihtoehtoisen näkökulman avustavien älyvaatteiden kehittämiseen

yhdistämällä paristottoman teknologian, käsityömenetelmät ja käyttäjälähtöisen suunnittelun.

Tutkimukseni tulokset hyödyttävät monia eri käyttäjäryhmiä. Työ tarjoaa konkreettisia esimerkkejä siitä, miten yksilölliset tarpeet voidaan huomioida älyvaatteiden suunnittelussa niin, että lopputulos tukee arkea ja tuntuu käyttäjälle omalta. Tavoitteena on luoda ratkaisuja, jotka eivät näytä apuvälineiltä, vaan sulautuvat käyttäjän omaan tyyliin ja elämäntapaan. Älyvaatteet voivat tarjota uudenlaisia tapoja hallita ympäristöä, liikua ja kommunikoida – luonnollisesti ja huomaamattomasti. Laajemmassa mittakaavassa tutkimus edistää ajatusta, että teknologia voi olla jotakin, mitä ihmiset itse tekevät ja muokkaavat – ei vain jotakin, mitä heille tarjotaan valmiina. Tämä lähestymistapa antaa ihmisille mahdollisuuden olla aktiivisia toimijoita omissa hyvinvoinnissaan ja arjessaan.

Visioni tulevaisuudesta on, että esimerkiksi vuonna 2060 älyvaatteita voisi valmistaa itse samalla tavoin kuin perinteisiä tekstiilejä. Tutkimukseni osoittaa, että tämä ei ole utopiaa, vaan realistinen suunta, johon teknologian kehitys voi edetä. Tulokset tarjoavat yhden askeleen kohti tulevaisuutta, jossa teknologia on yksilöllistä, esteettisesti miellyttävää ja kaikkien saavutettavissa.

Vuohijoki T. Studies Towards E-Crafted RFID Smart Clothing for Daily Activities. Tampere University Dissertations 1297. Tampere: Tampereen yliopisto; 2025.

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-4071-1>