



Elekäyttöliittymät osaksi jokapäiväistä ihmisen ja teknologian vuorovaikutusta

Ville Mäkelä, Tomi Heimonen & Markku Turunen
Tampereen yliopisto

Informaatitieteiden yksikkö, TAUCHI-tutkimuskeskus

{ville.mi.makela, tomi.heimonen, markku.turunen}@sis.uta.fi

Tiivistelmä

Tässä artikkelissa esitellään elekäyttöliittymien tarjoamia mahdollisuuksia ihmisen ja teknologian välisessä vuorovaikutuksessa. Eleet ovat viime vuosina tulleet osaksi arkikäyttöä lähinnä videopelien kautta. Muunlaisessa käytössä, esimerkiksi julkisilla paikoilla ja ammattilaissovelluksissa, elekäyttöliittymät ovat niiden hyödyntämättömän potentiaalin vuoksi edelleen harvinaisia. Tässä artikkelissa esitellään elekäyttöliittymien peruskäsitteitä, niiden suunnitteluun liittyviä kysymyksiä, potentiaalia ja haasteita sekä konkreettisina esimerkkeinä eräitä Tampereen yliopiston TAUCHI-tutkimuskeskuksen kehittämia elekäyttöliittymiä, ja erityisesti niiden suunnitteluratkaisuja sekä jatkohyödyntämismahdollisuuksia.

1 Johdanto

Elehdintä on ihmisille luonnollista osana ihmisten välistä vuorovaikutusta. Saatamme näkyvästä kohteesta puhuessamme osoittaa kohdetta sanomamme tueksi, ja kaukaisemmista asioista puhuttaessa käsiä käytetään usein esimerkiksi muotojen visualisointiin. Alibalin ja kumppaneiden [1] mukaan kielen tasolla eleet osallistuvat esimerkiksi puheen käsitteelliseen suunnitteluun ja mahdollisesti myös tukevat laajemmin ihmisen ajattelua. Keskeiset tutkimuskysymykset liittyvät eleiden suunnitteluun ja niiden käyttökokeuksen ja tehokkuuden tutkimiseen osana ihmisen ja teknologian välistä vuorovaikutusta sekä elevuorovaikutuksen yhteiskäyttöön muiden vuorovaikutusmenetelmien kanssa.

Elekäyttöliittymät mahdollistavat keuholliseen vuorovaikutukseen perustuvien järjestelmien tuottamisen. Yksi elevuorovaikutuksen potentiaalisia etuja on se, että se helpottaa käyttäjien ajattelua ja kommunikaatiota [19]. Liiketunnistuksen ansiosta järjestelmälle voidaan syöttää komentoja laajalta alueelta ilman, että jokaisen komennon antamiseksi on käveltävä jonkinlaisen laitteen, kuten näppäimistön, hiiren tai kosketusnäytön luokse. Elekäyttöliittymät tarjoavat lisäksi fyysisten ominaisuuksiensa ansiosta uudenlaisen käyttäjäkokemuksen.

Liiketunnistus on verraten uusi vuorovaikutuksen muoto. Viime vuosina se on tullut vahvasti esille esimerkiksi videopeleissä ja hiljalleen myös arkisemmissä laitteissa, kuten televisioissa. Liiketunnistuksen avulla vuorovaikuttaminen pe-

rustuu käyttäjän tekemiin eleisiin, yleensä esimerkiksi päällään tai käsillään, jotka tehdään tarkoitukseen sopivan kameran edessä joko lisälaitteiden avulla tai ilman. Käytettävä sovellus tunnistaa eleet ja reagoi niihin ennalta määrätyllä tavalla.

Tekniikan kehitys ja hintamuutokset ovat johtaneet suurten, interaktiivisten näyttöjen lisääntymiseen julkisilla paikoilla, kuten lentokentillä ja rautatieasemilla. Kyseisiä näyttöjä käytetään usein koskettamalla ja kauempaa tehtävät eleet eivät ole niissä yleistyneet [10]. Esimerkiksi ihmisten ujous ja ennakkoluulot hankaloittavat usein uudenlaisiin järjestelmiin tutustumista [27]. Yksi elevuorovaikutuksen haasteista onkin tuoda järjestelmät yleiseen tietoisuuteen ja käyttöön eri ympäristöissä.

Tässä artikkelissa luomme katsauksen elekäyttöliittymiin yleisesti ja pohdimme niiden hyötyjä ja haasteita. Esimerkkeinä uudenlaisista elekäyttöliittymistä esittelemme muutamia TAUCHI-tutkimuskeskuksen kehittämiä elekäyttöliittymiä ja esittelemme myös niihin liittyviä tutkimuksia.

2 Elekäyttöliittymät

Luomme seuraavassa katsauksen elekäyttöliittymien peruskäsitteisiin, elekäyttöliittymien suunnitteluun ja erilaisiin sovellusalueisiin.

2.1 Eleisiin liittyviä peruskäsitteitä

Oxford English Dictionary (2013) määrittää eleet yleisesti 'vartalon liikkeinä, jotka edustavat ajatusta tai tunnetta'. Useat tutkijat, kuten Kirsh ja Magli [18], pyrkivät tekemään eron kommunikatiivisten eleiden ja fyysisten toimintojen välillä, joskin joidenkin näkemysten mukaan eleet ovat osa toimintoja [17]. Toiminnoilla katsotaan olevan suora, käytännöllinen tarkoitus, jolla pyritään saavuttamaan fyysi-

siä muutoksia. Eleillä taas pyritään enemmän symboliseen ja tulkinnalliseen viestintään. Esimerkiksi tiskaaminen vaatii jatkuvaa käsien liikettä, mutta liikkeet itsessään eivät sisällä tulkinnallisia viestejä, vaan ovat puhtaasti käytännön pakosta suoritettavia liikkeitä.

Quekin [32] ja Pavlovicin ja muiden [29] mukaan eleet ovat käden ja käsivarren liikkeitä, jotka välittävät merkityksellistä informaatiota. Tämä määritelmä on tärkeä, sillä se liittyy eleisiin nimenomaan ihmisen ja teknologian välisen vuorovaikutuksen näkökulmasta. Tässä artikkelissa eleillä tarkoitetaan sellaisia tarkoituksellisia liikkeitä, joiden suorittamisella halutaan aktivoida jokin toiminnallisuus käytettävässä sovelluksessa.

2.2 Eleet vuorovaikutusmenetelmänä

Ihmisen ja teknologian välisessä vuorovaikutuksessa yhteen ihmisen aistiin perustuvaa informaationvaihtokanavaa kutsutaan *modaliteetiksi* [5]. Bernsen [5] jakeaa lisäksi modaliteetit informaation kulkusuunnan perusteella vastaanotto- (*input*) ja syötemodaliteetteihin (*output*). Ihminen vastaanottaa informaatiota tietokoneelta vastaanottomodaliteettien kautta, ja tuottaa tietokoneen ymmärtämiä käskyjä syötemodaliteettien avulla. Eleet ovat yksi uuden teknologian mahdollistamista syötemodaliteeteista.

Teknologisesta näkökulmasta liiketunnistus voidaan jakaa kahteen osaan [16]. Toinen osa-alue perustuu käyttäjän pitelemiin ohjaimiin. Ohjaimet voivat vaihdella pienistä kädessä pidettävistä esineistä esimerkiksi datahanskoihin, kypäriin tai kokonaisuun päälle puettaviin asuihin. Ohjainten teknologia voi vaihdella esimerkiksi magneettikentistä kiihtyvyyssantureihin. Ehkäpä tunnetuin ohjaimen perustuva liiketunnistusjärjestelmä on Nintendon vuonna 2006 julkaisema Wii-pelikonsoli,

jota käytetään TV:n kauko-ohjainta muistuttavalla laitteella.

Toisena osa-alueena on liiketunnistus, joka toimii ilman erityisiä ohjaimia. Historiallisesta näkökulmasta ohjainten käyttö ensimmäisissä liiketunnistussovelluksissa johtui teknologisista rajoitteista. Nykyään liiketunnistus voi tapahtua tarkasti ilman erityisiä ohjaimia pelkän visuaalisen informaation avulla. Tästä tunnetuin nykyaikainen esimerkki on Microsoftin kehittämä Kinect -sensori, joka havainnoi käyttäjää laitteen lähettämän infrapunasäteilyn perusteella. Vaikka teknologia on kehittynyt ja esimerkiksi valaistuksen suhteen sensorit eivät enää ole niin vaativia, aivan ongelmatonta ei liiketunnistus vielä nykyteknologiallakaan ole – esimerkiksi käyttäjän kantamukset ja vaateutus voivat edelleen tehdä käyttäjän liikkeiden tunnistamisesta epävakaata.

2.3 Elekäyttöliittymien suunnittelu ja haasteet

Vuorovaikutusmekaniikkojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon käyttökonekset ja ihmisten vaihtelevat ominaisuudet [36]. Esimerkiksi liikuntarajoitteisilla henkilöillä, lapsilla ja vanhuksilla voi olla erilaisia mieltymyksiä, tarpeita ja vaatimuksia järjestelmille. Rajoitukset pitävät erityisen hyvin paikkansa elekäyttöliittymien kohdalla, sillä ne asettavat tavallista enemmän nimenomaan fyysisiä vaatimuksia käyttäjilleen. Järjestelmästä riippuen käyttäjien on kyettävä esimerkiksi seisomaan ja kävelemään, sekä muodostamaan raajoillaan erilaisia asentoja. Käyttäjien fyysisten rajoitteiden lisäksi elekäyttöliittymien suunnittelussa on otettava huomioon monia muitakin osa-alueita. Seuraavassa käsitellään muun muassa palautteeseen, eleiden tunnistukseen ja muistettavuuteen liittyviä haasteita.

Fyysisen palautteen puute

Elekäyttöliittymät eroavat monista muista käyttöliittymistä käyttäjän saaman palautteen osalta. Siirryttäessä suorasta laitteiston kanssa tapahtuvasta vuorovaikutuksesta tilalliseen vuorovaikutukseen, vähennee myös käyttäjän vastaanottama passiivinen haptinen palaute, kunnes se katoaa lopulta kokonaan [26]. Esimerkiksi hiiren painikkeiden painamisesta saa selkeän haptisen palautteen, jonka avulla painamisen rekisteröitymisestä voidaan varmistua. Elekäyttöliittymissä vastaavaa palautetta ei ole, joten elekäyttöliittymät joutuvat turvautumaan täysin visuaaliseen ja auditiiviseen palautteeseen. Tästä syystä on erityisen tärkeää, että nämä palautteet ovat välittömiä ja selkeitä. Hespanhol ja muu [12] toteavat, että visuaalinen ja auditiivinen palaute on luotava ”tavoilla, jotka auttavat käyttäjää saavuttamaan tavoitteensa olematta häiritseviä”. Visuaaliseen palautteeseen liittyy myös eleiden näkyvyys. Hyvin selkeästi erottuvia eleitä hyödyntävät järjestelmät saattavat synnyttää kokemattomissa käyttäjissä epäluuloja, mutta ne toisaalta edistävät sosiaalista oppimista, koska järjestelmän käyttöä seuraavat henkilöt voivat oppia käytön helpommin [30].

Eleiden muistettavuus

Elekäyttöliittymien ongelmana on, että käyttäjillä voi olla vaikeuksia muistaa eleitä. Eräs ratkaisu on suunnitella riittävän yksinkertaisia eleitä ja hyödyntää reaali maailman ilmiöitä, mikä auttaisi käyttäjiä muistamaan eleet ja niihin liittyvät toiminnot [21, 22, 35]. Myös Jin ja muut [15] hyödynsivät reaali maailmaan pohjautuvia metaforia piirto-ohjelmassaan. Piirtoelementit osoittautuivat käytettävyydeltään hyväksi niin vasta-

alkajille kuin kokeneemmillekin käyttäjille.

Nacenta ja muut [25] havaitsivat käyttäjien muistavan itse määritetyt eleet helpommin kuin järjestelmään valmiiksi suunnitellut eleet. Sopivissa oloissa toimivien järjestelmien tulisi siis sallia itse määritetyt eleet. On kuitenkin huomattava, että tämä ei aina ole toivottavaa tai edes mahdollista – esimerkiksi julkisissa järjestelmissä olennaista on välitön saatavuus, ja usean samanaikaisen käyttäjän järjestelmissä vaihtuvat elekomennot voivat aiheuttaa ristiriitoja.

Eleiden dualistinen luonne

Elekäyttöliittymissä on joihinkin muihin modaaliteetteihin nähden erityinen haaste: niiden käytön aikana eleitä tapahtuu kahdella eri tasolla. Yhtäältä käyttäjät tekevät tietoisia eleitä kontrolloidakseen sovellusta, ja toisaalta he tekevät alitajuisia eleitä esimerkiksi puhuessaan toiselle käyttäjälle ja myös elehtivät arkisissa askareissaan, kuten avatessaan jääkaappia tai sammuttaessaan valoja. Sovelluksen kontrollointiin käytettävät eleet eivät saisi olla ristiriidassa ympäristön arkisten eleiden kanssa, jotta sovellus ei tulkitsisi eitaroituksellisia kommentoja [3]. Tämä voidaan tulevaisuudessa saavuttaa monin keinoin – järjestelmä voi rekisteröidä kommentit esimerkiksi vain silloin, kun käyttäjän katse on suunnattu kohti järjestelmää.

Eleiden tunnistuksen haasteena on myös niiden jatkuvuus [34]. Käyttäjältä sovellukseen kulkeva syöte on jatkuvaa riippumatta siitä, onko käyttäjä suorittamassa eleitä vai ei, ja tämä luo sekä suunnittelu- että teknisiä haasteita. Liiketunnistuksessa, esimerkiksi käyttäjän halutessa tehdä kädellään ympyrän, hän todennäköisesti nostaa ensin kätensä ylös parhaaksi katsomaansa paikkaan, josta aloittaa ympyrän muodostamisen. Tekni-

sestä näkökulmasta on haasteellista päätellä, mihin niin sanottu tahaton liike loppuu ja mistä ympyrän muodostus alkaa, ainakin siihen asti, kunnes ympyrä on kokonaan muodostettu. Mikäli sama järjestelmä sisältää yksinkertaisia eleitä, on lisäksi vaarana, että ympyrää vielä muodostaessaan käyttäjä tulee vahingossa suorittaneeksi jonkin muun eleen. Näin ollen kommentoja laukaisevien eleiden tulee olla riittävän erilaisia, mikä osaltaan luo rajoituksia suunnittelulle.

Käyttäjien muodostamat mielikuvat järjestelmän toiminnasta

Käyttäjien ymmärrys järjestelmän toiminnasta saattaa olla epätäydellinen, mikä voi johtaa ongelmiin tehtäessä eleitä. Esimerkiksi Hardy ja muut [10] havaitsivat käsi-ohjattavaa sovellusta tutkiessaan, että käyttäjät usein kokeilivat hienovaraisia muutoksia eleitä tehdessään tai tekivät eleitä nopeammin ja voimakkaammin parantaakseen eleiden tunnistamista. Tutkittava järjestelmä ei todellisuudessa välittänyt kämmenen asennosta, vaan huomioi vain suunnan, johon käsi yleisesti osoitti. Sinänsä nämä hienovaraiset kokeilut eivät haittaa, mutta käyttäjien mahdollisesti laajemmasta mittakaavasta tekemät vastaavanlaiset virheelliset päättelyketjut voivat tietyissä järjestelmissä johtaa väärinkäsityksiin. Esimerkiksi eleen toimiesä juuri silloin, kun käyttäjä vaihtaa kämmenen asentoa, voi hän virheellisesti päätellä kämmenen asennon olleen olennainen tekijä eleen onnistumisessa, ja keskittää täten huomionsa kämmeneen eikä niihin toimiin, jotka todellisuudessa ovat eleen onnistumisen kannalta merkityksellisiä.

Sosiaaliset ja kulttuuriset haasteet

Eleiden suunnitteluun saattaa liittyä myös kulttuurillisia ja sosiaalisia haasteita. Kulttuurien ja kielten väliset erot eleiden käytössä saattavat rajoittaa erityisesti monimutkaisten eleiden ymmärrettävyyttä. Lisäksi kulttuurierot luovat myös selkeämpiä rajoituksia. Useimmissa maissa arkisena pidetyllä eleellä voi toisaalla olla negatiivinen tai jopa loukkaava merkitys. Tähän joukkoon kuuluvat esimerkiksi sormella osoittaminen ja avoimen kämmenen näyttäminen toiselle henkilölle [43]. Elejärjestelmän käytön jatkuvuuden kannalta on tärkeää, että sekä käyttäjät että yleisö kykenevät tulkitsemaan eleet sosiaalisesti hyväksyttäviksi. Hyväksyttävyyteen pyrkiminen voi kuitenkin toisinaan luoda rajoituksia eleiden selkeydelle ja luotettavalla tunnistamiselle.

2.4 Elekäyttöliittymät kotona ja työympäristöissä

Koti ja työympäristö eroavat tietyiltä osin olennaisesti julkisista ympäristöistä. Työympäristöissä henkilökunta koulutetaan järjestelmän käyttöön, ja kotona taas voidaan rauhassa paneutua ohjeisiin ja harjoitella järjestelmän käyttöä ilman uteliasta yleisöä ja suorituspaineita. Molemmissa ympäristöissä käyttö on lisäksi oletettavasti säännöllisempää ja jatkuvampaa.

Kotona ja töissä elejärjestelmillä on kuitenkin omat vaatimuksensa ja mahdollisuutensa. Elejärjestelmän on tarjottava selkeä hyöty ja sen on toimittava täsmällisesti ja virheettömästi. Esimerkiksi tehtäissä elejärjestelmät voivat olla merkittävä työturvallisuutta parantava tekijä, kun koneita voi ohjata pidemmän matkan päästä [11]. Myös hygieniasyyt voivat toisinaan hankaloittaa koneiden manuaalista käsittelyä esimerkiksi sairaaloissa ja kemikaaleja sisältävissä tuotantotilois-

sa. Heimonen ja muut [11] jatkavat, että teollisuushalleissa ja vastaavissa ympäristöissä esiintyvä lika ja jätteet voivat helposti estää kosketusnäytölliset ratkaisut, ja kauko-ohjaimet voivat rikkoutua tai kadota. Lisäksi elejärjestelmien käytännöllisyys ja positiivinen käyttökokemus voivat nostaa työntekijöiden motivaatiota sekä työympäristön tehokkuutta [42].

Kotitalouksissa taas eleohjaus voi olla käytännöllinen. Esimerkiksi osa Samsungin nykyaikaisista televisioista ymmärtää eleitä. Yksinkertaisilla käden heilautuksilla voi navigoida valikoissa ja vaihtaa kanavia, ja muita komentoja voi antaa kursorijärjestelmän avulla, jossa TV-ruudulla liikkuu kursori seurattavan henkilön käden sijainnin mukaan. Elekäyttöliittymä mahdollistaa television kontrolloinnin ilman kaukosäätimen etsimistä, ja kontrollin jakavat samanaikaisesti kaikki katsojat.

Pu ja muut [31] esittelevät elejärjestelmän, joka langattomia signaaleja hyödyntäen kykenee tunnistamaan eleitä missä tahansa osassa kotitaloutta ilman erillistä laitteistoa. Järjestelmän toimimiseen riittää esimerkiksi modifioitu WLAN-tukiasema ja siihen liitetty tietokone tai mobiililaitte. Samassa kotitaloudessa olevat ihmiset ja heidän asentonsa vaikuttavat laitteiden välillä liikkuvien signaalien kulkuun, mikä mahdollistaa eleiden päätelyn signaalien kautta. Pun ja muiden viiossa heidän järjestelmäänsä voi liittää minkä tahansa kotitalouden elektronisen laitteen ja kontrolloida sitä mistä tahansa. Esimerkkeinä mainitaan radion kappaleiden vaihto ja äänenvoimakkuuden säätö, valojen sammuttaminen ja kodin lämpötilan muuttaminen.

Kotitalouksissa elekäyttöliittymät voivat siis tarjota esimerkiksi joustavuutta ja kustannustehokkuutta, kun useita eri laitteita voidaan ohjata melkein mistä ta-



Kuva 1: Informaatioseinän käyttöä julkisessa tilassa.

hansa ja ilman erillisiä kauko-ohjaimia. Elekäyttöliittymä tarjoaa lisäksi kontrollin usealle käyttäjälle samanaikaisesti.

3 TAUCHI-tutkimuskeskuksen elekäyttöliittymätutkimus

Seuraavissa osioissa esitellään Tampereen yliopiston Tampere Unit for Computer–Human Interaction (TAUCHI) -tutkimuskeskuksessa erilaisiin käyttötarkoituksiin suunniteltuja elekäyttöliittymiä.

3.1 Eleohjattava monen käyttäjän informaatioseinä

Informaatioseinä on Tampereen yliopistossa kehitetty järjestelmä, joka tarjoaa uudenlaisella tavalla käyttäjilleen yksinkertaista informaatiota, kuten ajankohtaisia uutisia, säätiedotuksia ja bussiaikatauluja (kuva 1). Informaatioseinässä vuorovaikutus tapahtuu osoittamalla käsillä kohti näyttöä. Kummallekin kädelle piirretään näyttölle käsinäkursorit, jotka liik-

kuvat aina sinne, minne käyttäjän kädet kulloinkin osoittavat.

Kursorien avulla kyetään laukaisemaan erilaisia toimintoja painikkeiden kautta. Painikkeet valitaan Hesperholin ja muiden [12] tutkimalla viipyily-tekniikalla, jossa painikkeen valitsemiseksi kursoria pidetään hetki painikkeen päällä. Valinnan latautuminen visualisoidaan painikkeen päälle ilmestyvällä ympyräanimaatiolla. Animaation kierrettyä kerran ympäri painikkeen toiminnallisuus laukaistaan. Viipyily-tekniikan sekä yleensäkin kursoripohjaisen järjestelmän vahvuus on, että se tarjoaa välittömän visuaalisen palautteen, eikä käyttäjän tarvitse erikseen tietää tai muistaa minkäänlaisia eleitä.

Informaatioseinä tukee kahta samanaikaista käyttäjää, jolloin käyttöliittymä skaalautuu käyttäjien määrän mukaan. Jokaiselle aktiivisella käyttäjällä avataan oma informaatiokuutio, jota pyörittämällä voidaan vaihtaa näkymästä toiseen. Sivulle pyörittäminen vaihtaa saman osion si-

sällä seuraavaan ja edelliseen näkymään, eli esimerkiksi päivän ruokalistasta huomisen ruokalistaan, kun taas ylös ja alas pyörittämien vaihtaa seuraavaan ja edelliseen osioon, eli esimerkiksi ruokalistasta tapahtumakalenteriin.

Informaatioseinä on toiminut alustana usealle eri tutkimukselle. Seuraavaksi esittelemme niistä kaksi.

Magneetikursori

Elehtiminen ja erityisesti näytöltä kohteiden osoittaminen johtaa nopeasti fyysiseen väsymykseen, jolloin jo ennestäänkin tarkkuutta vaativa kohteiden valinta tulee entistä haastavammaksi. Painikkeiden aktivointia ja valintaa pyritään helpottamaan vastaavanlaisia järjestelmiä varten kehitetyillä magneetikursorilla. Tekniikassa ideana on, että käyttäjän ohjama kursori siirtyy automaattisesti lähellä olevaa painiketta kohti, ja painikkeen päällä ollessaan liikkuu tavallista hitaammin. Näin käyttäjän ei tarvitse osoittaa tarkalleen haluamaansa kohteeseen – riittää, kun kursori on tarpeeksi lähellä. Lisäksi pienten, tahattomien kädenliikkeiden vaikutus kyetään minimoimaan.

Magneetikursorille asetetaan voimakkuus, jonka mukaan muodostetaan kunkin painikkeen ympärille magneettikenttä. Jos kursori liikkuu lähimmän painikkeen magneettikentän sisälle, magnetismi aktivoituu ja kursori siirtyy automaattisesti painikkeeseen. Alueiden ulkopuolella kursori liikkuu normaalisti käden osoituspistettä täsmällisesti seuraten.

Magnetismin ollessa aktiivinen lasketaan kursorille sijainti suhteessa siihen, mihin kädellä todellisuudessa osoitetaan. Käden osoittaessa aivan magneettialueen reunalle, siirretään kursori kohteen vastaavaan reunaan. Näin käyttäjälle pyritään antamaan palautetta käden todellisesta osoituspisteestä, jolloin tahatonta

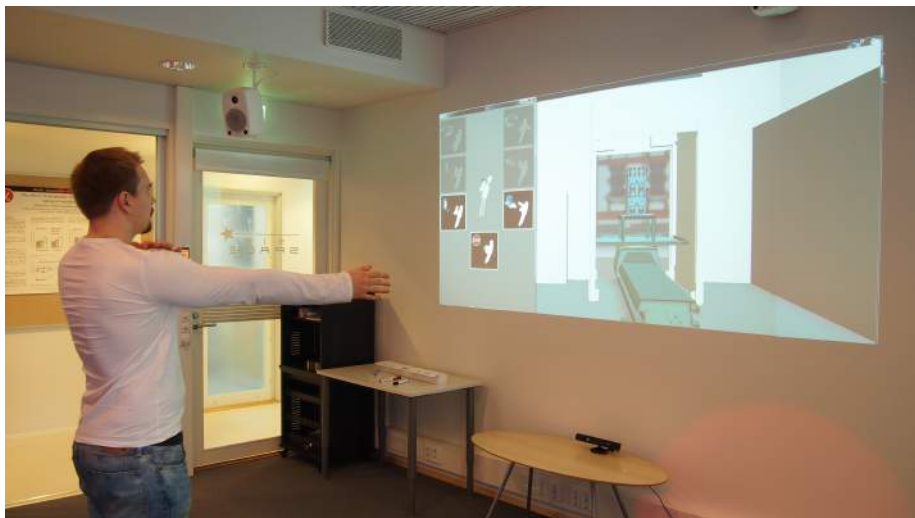
kohteesta pois hyppimistä tapahtuu vähemmän. Cursorijärjestelmä on eräänlainen yhdistelmä Parkerin ja muiden [28] snap-to-target-menetelmää ja muun muassa Ahlströmin ja muiden [2] käsittelemää sticky icons -menetelmää.

Mäkelä ja muut [24] tutkivat magneetikursorin tehokkuutta ja käyttökokemusta 19 osallistujan tutkimuksessa, jossa mitattiin kahden eri voimakkuudella toimivan magneetikursorin suoriutumista paitsi tavalliseen kursoriin myös Parkerin ja muiden [28] snap-to-target-menetelmään. Tutkimuksessa osallistujat suorittivat vuorollaan kutakin tekniikkaa käyttäen yksinkertaisia valintaoperaatioita. Tutkimuksessa magneetikursori osoitautui merkittävästi nopeammaksi kuin tavallinen kursori ja hieman nopeammaksi kuin snap-to-target-menetelmä. Käyttäjäpalautteen mukaan magneetikursoria pidettiin myös miellyttävimpänä menetelmänä.

Pitkäaikaistutkimus

Informaatioseinän käytettävyyttä, käyttöä ja ohikulkijoiden käytöstä järjestelmän läheisyydessä tutkittiin laajassa, kahdentoista kuukauden pituisessa tutkimuksessa. Informaatioseinän Kinect-sensorin kautta tallennettiin lokitietoja, kuten käyttäjien liikkumaradat sekä kaikki mahdollinen informaatioseinän kanssa tapahtunut vuorovaikutus.

Tutkimuksen aikana järjestelmä tunnisti yli 100 000 ohikulkijaa. Ohikulkijoista 5,2% oli vuorovaikutuksessa järjestelmän kanssa ja lisäksi havaittiin suuri joukko ohikulkijoita (13,2%), jotka olivat pysähtyneet ja katsoneet kohti järjestelmää. Lukumäärät ovat hyvin linjassa muiden, vastaavanlaisten tutkimusten kanssa. Käyttäjäpalautteen perusteella käyttäjät olivat tyytyväisiä Informaatioseinän sisältöön, vaikkakin järjestelmän käytettä-



Kuva 2: Käyttäjän tekemällä eleellä suoritetaan latausaseman sisäänajo.

vyys arvioitiin osittain heikohkoksi.

Tutkimus antoi meille arvokasta tietoa elekäyttöliittymistä julkisissa tiloissa, ja tutkimustuloksia tullaan hyödyntämään Informaatioseinän sekä muiden vastaavien järjestelmien kehityksessä.

3.2 Teollisuusautomaatiojärjestelmän eleohjaus

Esimerkkinä eleohjauksen hyödyntämisestä teollisuusympäristöissä, kehitimme elekäyttöliittymäkonseptin teollisuusautomaatiojärjestelmän latausaseman ohjaamiseen yhdessä Fastems Oy Ab:n, Jyväskylän yliopiston ja Idean Enterprises Oy:n kanssa [11, 42]. Eleohjauskonsepti valittiin FIMECC Prize 2011 -voittajaksi.

Eleohjauksen suunnittelu tapahtui työpajoissa yhteistyössä automaatioalan ammattilaisten kanssa, ottaen huomioon loppukäyttäjien tarpeet. Suunnittelun tavoitteena oli löytää helposti opittava mutta myös helposti tunnistettava joukko eleitä. Lopullisessa eleohjausmenetelmässä latausaseman fyysisten painikkeiden paina-

minen korvattiin eri kehonosien koskettamisella – esimerkiksi latausaseman pyörittys tapahtuu ojentamalla käsivarsi sivulle ja koskettamalla vastakkaisella kädellä olkapäätä. Toteutuksessa hyödynnettiin kalliin, ammattikäyttöön tarkoitetun teknologian sijaan kuluttajatasen ratkaisuja, kuten Kinect-sensoria, mikä mahdollisti kustannustehokkaan ja nopean tavan demonstroida erilaisia vuorovaikutusratkaisuja.

Heimonen ja muut [11] testasivat vuorovaikutusprototyyppiä 3D-simulaatiosovelluksella (kuva 2) kohderyhmään kuuluvien käyttäjien kanssa konepajaympäristössä. Haastattelujen tulokset osoittivat, että käyttäjät kokivat eleohjauksen tervetulleeksi tavaksi uudistaa tavanomaista työprosessia. Sen mahdollisina etuina pidettiin erityisesti eleohjauksen mukanaan tuomaa liikkumisen vapautta, parantunutta turvallisuutta sekä työn ja sen oppimisprosessin nopeutumista. Toisaalta, käyttäjät myös ilmaisivat epäilynsä eleohjauksen ammattimaisuudesta teollisuusympäristössä. Eleohjaus on ennen kaikkea fyy-



Kuva 3: Käyttäjä vaihtaa Mediakeskuksen avulla television kanavaa nostamalla puhelimensa ylös ja antamalla puhekomennon.

sinen aktiviteetti, jonka tuomiseen tehdasympäristöön liittyy monia kokemuksellisia haasteita, kuten kysymykset elehtimisen sosiaalisesta hyväksyttävyydestä ja fyysisten ohjauslaitteiden puuttumisen aiheuttama heikentynyt kontrollin tunne. Käyttäjäpalautteesta tunnistettiin myös monia eleohjauksen käyttöön liittyviä käytännön haasteita, kuten epäilyt laitteiden kestävyydestä ja toimivuudesta teollisuusympäristössä sekä eleohjauksen turvallisuudesta ja lisäarvosta nykyisiin ohjausmenetelmiin verrattuna. Eleohjaus on myös selkeästi emotionaalinen kokemus, herättäen sekä positiivisia että negatiivisia tunteita. Eleisiin perustuvien järjestelmien suunnittelussa tulisi pyrkiä tukemaan käyttäjien pystyvyyden kokemuksia ja minimoida koettua turhautumista.

3.3 Multimodaalinen kodin mediakeskus

Kodin medialaitteita on perinteisesti ohjattu kaukosäätimillä. Jokainen laite vaa-

tii tällöin oman ohjauslaitteensa, tai yleiskaukosäätimen, jonka käyttöönotto ja muuttaminen voi olla monimutkaista. Vasta aivan viime aikoina markkinoille on ilmestynyt televisioita, joita voi ohjata puhekomennolla ja käsieleillä. Tätä kehityskulkua ennustaen, kehitimme yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston Human-Centered Technology (IHTE) -yksikön kanssa multimodaalisen kodin mediakeskussovelluksen [38], joka soveltuu pienin muutoksen monille eri käyttäjäryhmille, mukaan lukien liikuntarajoitteiset [40] ja näkövammaiset [41] käyttäjät. Järjestelmä perustuu puhekomentojen ja eleiden yhtäaikaiseen käyttöön, ja tarjoaa lisäksi haptista palautetta (kuva 3).

Kodin mediakeskuksen prototyyppiä pilotoitiin mediamuseo Rupriikissa Tampereella yhdeksän kuukauden ajan. Vierailijoille tarjottiin käyttöön Nokia N95 -matkapuhelin, joka toimi mediakeskuksen käyttöliittymänä. Prototyyppissä komentojen antamiseen voi käyttää seitsemää eri elekomentoa, joilla voi mm. ohjata valin-

takursoria ohjelmaoppaassa puhelinta kalustelemalla, aktivoida valittuna olevan ohjelman heiluttamalla puhelinta eteenpäin, perua valitun toiminnon heiluttamalla puhelinta taaksepäin, tai aktivoida soveluksen käyttöohjeet ravistamalla. Eleiden tunnistamiseen käytettiin sekä sääntöpohjaisia menetelmiä että Markovin piilomalliin (engl. hidden Markov Model, HMM) pohjautuvia menetelmiä; heilutus ja ravistuseleet tunnistettiin piilomallien avulla ja kallistaminen sääntöjä käyttämällä.

Järjestelmän eri syöte- ja palautemodaliteettien käyttäjäkokemusta tutkittiin kokeellisesti laboratoriotestissä, johon osallistui 26 käyttäjää [39]. Testissä käyttäjät suorittivat erilaisia tehtäviä, jotka vastaavat mediakeskusohjelmiston tyypillisiä käyttökäsitteitä, esimerkiksi uuden ohjelmanauhoituksen asettaminen, televisio-kanavan vaihtaminen ja nauhoitetun ohjelman toisto. Käyttäjäkokemusta tutkittiin SUXES-menetelmällä [37], jossa käyttäjiä pyydetään määrittämään odotuksensa ja kokemuksensa eri modaliteettien käyttöön liittyen. Käyttäjät antoivat arvionsa yhdeksään eri ominaisuuteen liittyen, joihin kuuluivat muun muassa käytön nopeus, selkeys, virheettömyys ja hyödyllisyys.

Käyttäjätestin tulokset osoittivat, että tässä kontekstissa puhe koettiin selvästi hyödyllisemmäksi ja todennäköisemmäksi tulevaisuuden käyttökohteeksi kuin eleet. Eleiden hyödyllisyyttä heikensi niiden virheellisyys, kommentojen epäselkeys ja yleinen nopeuden ja miellyttävyyden puute. Tuloksista voitiinkin päätellä, että mediakeskuksen kaltaisessa sovelluksessa eleitä kannattaa perusnavigaation sijasta käyttää monimutkaisempien toimintojen aktivointiin, esimerkiksi yksittäisten ohjelmien välillä vaihtamisen sijasta eri kanavanippujen tai viikonpäivien välillä liikkumiseen.

4 Yhteenveto

Elekäyttöliittymiin liittyy käyttöympäristöstä riippuen moninaisia haasteita. Eleitä voi olla hankala muistaa tai suorittaa oikein, järjestelmät eivät välttämättä aina tunnista eleitä, ja kokemattomuus voi estää järjestelmän käytön kokonaan. Järkevällä eleiden suunnittelulla, monen käyttäjän vuorovaikutusta tukemalla, järjestelmien helppokäyttöisyydellä ja tulevaisuuden teknisesti paremmalla laitteistolla haasteisiin pystytään kuitenkin vastamaan hyvin.

Elekäyttöliittymiä voidaan oikein suunniteltuna soveltaa useilla alueilla, kuten viihteessä, kodinhallinnassa, teollisuudessa ja lääketieteessä. Tampereen yliopiston TAUCHI-tutkimuskeskuksessa on toteutettu useita elekäyttöliittymiä eri tarkoituksiin, kuten uudenlaisia informaatio-kanavia julkisille paikoille sekä eleohjausjärjestelmiä teollisuuden käyttöön. Elekäyttöliittymien vahvuuksia ovat uudenlaisten käyttökäsitteiden tarjoaminen sekä irtautuminen tiukoista fyysisistä rajoitteista – käyttöliittymä on potentiaalisesti käytettävissä missä ja milloin tahansa. Sovellusalueesta riippuen tämä voi esimerkiksi nostaa tehokkuutta, lisätä turvallisuutta tai vähentää kustannuksia.

Kiitokset

Tässä artikkelissa esiteltujen TAUCHI-tutkimuskeskuksessa kehitettyjen järjestelmien rahoittajina ovat toimineet RYM Oy:n Sisäympäristö -tutkimusohjelma, Tekesin Teknologiat Ääneen, Puheeseen ja moniaistisuuteen perustuva LÄSnä-Älyyn-projekti sekä FIMECC Oy (Finnish Metals and Engineering Competence Cluster, UXUS-tutkimusohjelma).

Viitteet

1. Alibali, M. W., Kita, S., Young, A. J. 2000. Gesture and the process of speech produc-

- tion: We think, therefore we gesture. *Language and Cognitive Processes*, Volume 15, Issue 6, ss. 593–613.
2. Ahlström, D., Hitz, M., Leitner, G. 2006. An evaluation of sticky and force enhanced targets in multi target situations. In *Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-Computer Interaction. NordiCHI '06*. ACM, New York, NY, 58–67.
 3. Ashbrook, D., Starmer, 2010. T. MAGIC: A Motion Gesture Design Tool. In: *CHI 2010*, Atlanta, Georgia, USA.
 4. Berlyne, D. 1960. *Conflict, Arousal, and Curiosity*. New York: McGraw-Hill.
 5. Bernsen, N. 2002. Multimodality in language and speech systems – from theory to design support tool. In: Björn Granström, David House and Inger Karlsson (eds.), *Multimodality in Language and Speech Systems. Text, Speech and Language Technology 19*, Kluwer Academic, ss. 93–148.
 6. Brignull, H., Rogers, Y. 2003. Enticing People to Interact with Large Public Displays in Public Spaces. *INTERACT'03*, 17–24.
 7. Burke, M., Hornof, A., Nilsen, E., Gorman, N. 2005. High-Cost Banner Blindness: Ads Increase Perceived Workload, Hinder Visual Search, and Are Forgotten. In: *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Volume 12, ss. 423–445.
 8. Efron, D. 1941. *Gesture and Environment: A Tentative Study of Some of the Spatio-temporal and Linguistic Aspects of the Gestural Behavior of Eastern Jews and Southern Italians in New York City, Living Under Similar as Well as Different Environmental Conditions*. New York: King's Crown Press.
 9. Garzotto, F., Valoriani, M. 2012. "Don't touch the oven": motion-based touchless interaction with household appliances. *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI '12)*, ss. 721–724. ACM, New York, NY, USA.
 10. Hardy, J., Rukzio, E., Davies, N. 2011. Real World Responses to Interactive Gesture Based Public Displays. *Proceedings of the 10th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, ss. 33–39.
 11. Heimonen, T., Hakulinen, J., Turunen, M., Jokinen, J.P.P., Keskinen, T., Raisamo, R. 2013. Designing Gesture-based Control for Factory Automation. *Proceedings of INTERACT 2013, Part II, LNCS 8118*, ss. 202–209.
 12. Hespanhol, L., Tomitsch, M., Grace, K., Collins, A., Kay, J. 2012. Investigating Intuitiveness and Effectiveness of Gestures for Free Spatial Interaction with Large Displays. *PerDis 2012*, Porto, Portugal.
 13. Huang, E., Koster, A., Borchers, J. 2008. Overcoming assumptions and uncovering practices: "When does the public really look at public displays?". *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Computing*, ss. 228–243.
 14. Iverson, J., Capirci, O., Volterra, V., Goldin-Meadow, S. 2008. Learning to talk in a gesture-rich world: Early communication in Italian vs. American children. *SAGE Publications (Los Angeles, London, New Delhi, and Singapore)*, Volume 28(2): ss. 164–181 (200805).
 15. Jin, Y., Choi, S., Chung, A., Myung, I., Lee, J., Kim, M., Woo, J. 2004. GIA: design of a gesture-based in-teraction photo album. In: *Personal and Ubiquitous Computing*, Volume 8, Issue 3–4, ss. 227–233.
 16. Karam, M., schraefel, m.c. 2005. A Taxonomy of Gestures in Human Computer Interactions. *ACM Transactions on Computer-Human Interactions*, University of Southampton. 2005.
 17. Kendon, A. 2004. *Gesture: Visible Action as Utterance*. Cambridge: Cambridge University Press.
 18. Kirsh, D., Maglio, P. 2004. On distinguishing epistemic from pragmatic actions. *Cognitive Science* 18(4), ss. 513–549.
 19. Klemmer, S.R., Hartmann, B., and Takayama, L. 2006. How bodies matter: five themes for interaction design. In *Proceedings*

- of the 6th conference on Designing Interactive systems (DIS '06), ss. 140–149. ACM, New York, NY, USA.
20. ten Koppel, M., Bailly, G., Müller, J., Walter, R. 2012. Chained Displays: Configurations of Public Displays Can Be Used to Influence Actor-, Audience-, and Passer-By Behavior. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ss. 317–326.
 21. Long, Jr., A. C., Landay, J. A., and Rowe, L. A. 1999. Implications for a gesture design tool. CHI 1999, ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI Letters, 1(1), ss. 40–47.
 22. Long, Jr., A. C., Landay, J. A., and Rowe, L. A. 2001. "Those look similar!" Issues in Automating Gesture Design Advice. Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces ss. 1–5. ACM, Orlando, FL, USA.
 23. Müller, J., Wilmsmann, D., Exeler, J., Buzeck, M., Schmidt, A., Jay, T., Krüger, A. 2009. Display Blindness: The Effect of Expectations on Attention towards Digital Signage. Lecture Notes in Computer Science, Volume 5538.
 24. Mäkelä, V., Heimonen, T., Turunen, M. 2014. Magnetic Cursor: Improving Target Selection in Freehand Pointing Interfaces. PerDis '14, 3.6 – 4.6 2014, Copenhagen, Denmark.
 25. Nacenta, M.A., Kamber, Y., Qiang, Y., Kristensson, P.O. 2013. Memorability of Pre-designed & User-defined Gesture Sets. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors and Computing Systems (CHI'13). ACM, New York, NY, USA.
 26. Nancel, M., Wagner, J., Pietriga, E., Chapuis, O., Mackay, W. 2011. Mid-air pan-and-zoom on wall-sized displays. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors and Computing Systems, ss. 177–186. ACM, New York, NY, USA.
 27. Ojala, T., Kostakos, V., Kukka, H., Heikkinen, T., Lindén, T., Jurmu, M., Hosio, S., Kruger, F., Zanni, D. 2012. Multipurpose Interactive Public Displays in the Wild: Three Years Later. IEEE Computer Society, Volume 45, Issue 5.
 28. Parker, K., Nunes, M., Mandryk, R., Inkpen, K. 2005. TractorBeam Selection Aids: Improving Target Acquisition for Pointing Input on Tabletop Displays. Lecture Notes in Computer Science, Volume 3585, ss. 80–93.
 29. Pavlovic, V.I., Sharma, R., Huang, T.S. 1997. Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: a review. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 19(7), ss. 677–695.
 30. Perry, M., Beckett, S., O'Hara, K., Subramanian, S. 2010. Wavewindow: Public, Performative Gestural Interaction. ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ss. 109–112.
 31. Pu, Q., Gupta, S., Gollakota, S., Patel, S. 2013. Whole-Home Gesture Recognition Using Wireless Signals. Proceedings of the 19th annual international conference on Mobile computing & networking, ss. 27–38.
 32. Quek, F.K.H. 1995. Eyes in the interface. Image and Vision Computing 13(6), ss. 511–525.
 33. Reeves, S., Benford, S., O'Malley, C., Fraser, M. 2005. Designing the spectator experience. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'05), ss. 741–750.
 34. Song, Y., Demirdjian, D., Davis, R. 2012. Continuous Body and Hand Gesture Recognition for Natural Human-Computer Interaction. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS): Special Issue on Affective Interaction in Natural Environments, Volume 2, Issue 1, Article 5.
 35. Stern, H.I., Wachs, J.P., Edan, Y. 2008. Optimal consensus intuitive hand gesture vocabulary design. Semantic Computing, 2008 IEEE International Conference, ss. 96–103.
 36. Turk, M., Kölsch, M. 2003. Perceptual Interfaces. University of California, Santa

- Barbara. USCB Technical Report 2003-33.
37. Turunen, M., Hakulinen, J., Melto, A., Heimonen, T., Laivo, T., Hella, J. 2009. SUXES - User Experience Evaluation Method for Spoken and Multimodal Interaction. Proceedings of Interspeech 2009, ss. 2567–2570.
 38. Turunen, M., Hakulinen, J., Melto, A., Hella, J., Rajaniemi, J.-P., Mäkinen, E., Rantala, J., Heimonen, T., Laivo, T., Soronen, H., Hansen, M., Valkama, P., Miettinen, T., Raisamo, R. 2009. Speech-based and Multimodal Media Center for Different User Groups. Proceedings of Interspeech 2009, ss. 1439–1442.
 39. Turunen, M., Melto, A., Hella, J., Heimonen, T., Hakulinen, J., Mäkinen, E., Laivo, T., Soronen, H. User Expectations and User Experience with Different Modalities in a Mobile Phone Controlled Home Entertainment System. Proceedings of the 11th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI'09).
 40. Turunen, M., Hakulinen, J., Melto, A., Hella, J., Laivo, T., Rajaniemi, J.-P., Mäkinen, E., Soronen, H., Hansen, M., Pakarinen, S., Heimonen, T., Rantala, J., Valkama, P., Miettinen, T., Raisamo, R. 2010. Accessible Speech-based and Multimodal Media Center Interface for Users with Physical Disabilities. Anna Esposito et al (eds.), Development of Multimodal Interfaces: Active Listening and Synchrony. Springer-Verlag, LNCS 5967, ss. 66–79.
 41. Turunen, M., Soronen, H., Pakarinen, S., Hella, J., Laivo, T., Hakulinen, J., Melto, A., Rajaniemi, J.-P., Mäkinen, E., Heimonen, T., Rantala, J., Valkama, P., Miettinen, T., Raisamo, R. 2010. Accessible Multimodal Media Center Application for Blind and Partially Sighted People. ACM Computers in Entertainment, 8, 3, Article 16.
 42. Turunen, M., Heimonen, T., Hakulinen, J., Keskinen, T. 2012. Eleillä eroon painikkeista – luonnollinen vuorovaikutus osaksi teollisuusautomaatiota. Automaatiöväylä, Issue 4.
 43. Wachs, J.P., Kolsch, M., Stern, H., Edan, Y. 2011. Vision-based hand-gesture applications. Communications of the ACM, 54(2), ss. 60–71.