

Selvitys uusista teknologioista puhe- ja kehitysvammaisten kommunikation tukemiseen

Raportti
28.6.2016

Petteri Alinikula
Allikko Oy

allikko

Esipuhe

AAC-ohjelmistot mahdollistavat kommunikaation niille, joilla on puheen ja kirjoittamisen kanssa haasteita. Ohjelmistot ovat kehittyneet hitaasti verrattuna yleiseen teknologioiden etenemiseen. Ohjelmistot ovat pääasiassa vain siirtäneet perinteiset paperiset symbolikansiot sähköiseen muotoon. Tässä selvityksessä pyritään pureutumaan niihin mahdollisuuksiin, joita teknologioiden nopea kehitys tarjoaa AAC-kommunikaatio-ohjelmille. Koska kommunikaatio-ohjelmien tarjoama käyttökokemus perustuu pitkälti puheteknologioihin, on tilanne Suomen pienellä kielialueella erityisen haastava. Uhkakuvana Suomessa on syrjäytyminen siitä rikkaasta kommunikaatiosta, jota teknologiat tulevat lähitulevaisuudessa tarjoamaan puhe- ja kehitysvammaisille englanninkielisessä maailmassa. Konkreettisilla toimenpiteillä voidaan tilannetta olennaisesti parantaa.

Selvityksen on laatinut Petteri Alinikula Allikko Oy:stä. Kehitysvammaliitosta työtä on ohjannut Eija Roisko.

Sisällysluettelo

Esipuhe.....	2
1. Johdanto	4
1.1. Projektin tavoite.....	4
1.2. Projektin työmenetelmä	4
1.3. Alustavat teemat projekti-ideoinnista	5
1.4. Haastattelut Kehitysvammaliitossa.....	5
2. Keskeisten markkinoilla olevien AAC-tuotteiden analyysi.....	6
2.1. Mayer-Johnson: Boardmaker Online	6
2.2. AssistiveWare: Prologue2Go.....	7
2.3. Attainment Company: Go Talk Now	7
2.4. Muita AAC-kommunikaatio-ohjelmistoja	8
3. Teknologia lähtöinen AAC-tutkimus	8
3.1. CSUN-konferenssin löydökset.....	8
3.2. Akateeminen teknologia lähtöinen AAC-tutkimus	10
3.3. Suomalaista tutkimusta	12
4. Visio tulevaisuuden AAC-kommunikaatiotyökalusta	13
5. Johtopäätökset.....	15
5.1. Pienet globaalit markkinat	15
5.2. Teknologia lähtöinen AAC-tutkimus	15
5.3. Tilanne Suomessa.....	16
5.4. Ehdotettavat konkreettiset toimenpiteet.....	17
Lähdeluettelo	18

1. Johdanto

1.1. Projektin tavoite

Tilauksen mukaisesti projekti sisälsi seuraavien kahden alueen tutkimuksen:

Kartoitus niistä keinoista, joilla AAC-työkaluja voidaan personoida lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä

Uudet teknologiat mahdollistavat AAC-työkalujen personoinnin merkittävästi paremmin kuin aikaisemmin. Erityisesti kontekstuaalista tietoa sekä toimintaympäristöstä että sosiaalisesta tilanteesta voidaan käyttää AAC symbolikirjastojen optimointiin. Tällöin työkalun käyttö nopeutuu ja tulee intuitiivisemmaksi. Myös oppivat hakualgoritmit voisivat olla hyödyllisiä työkalun käytettävyyden parantamisessa. Äänitallennus mahdollistaa puhekykyään etenevästi menettävän henkilön oman äänen tallentamisen puhesyntesioijaa varten.

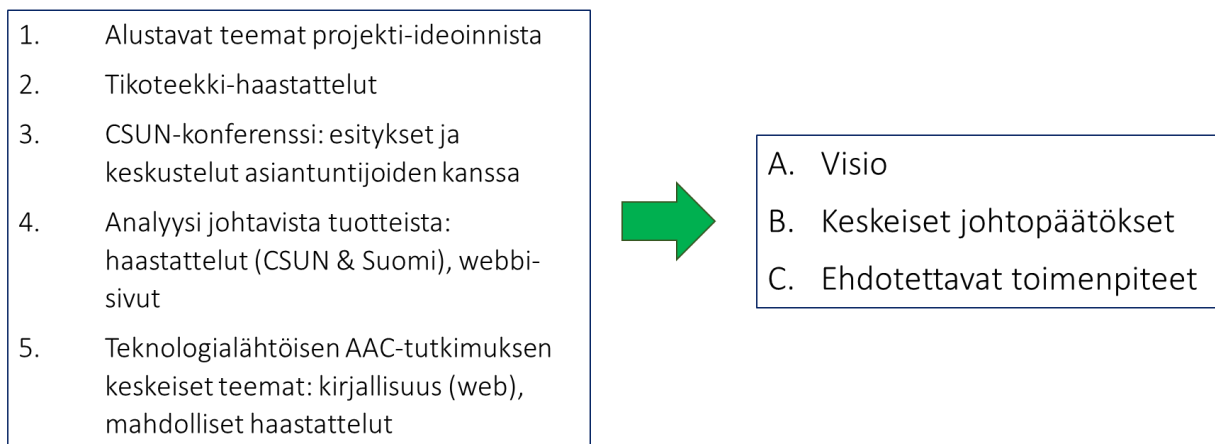
Selvitys uusien valtavirtateknologioiden soveltuvuudesta puhe- ja kehitysvammaisten kommunikaatioon

Kaikki henkilökohtainen data on siirtynyt pilveen ja siihen päästään käsiksi useilla eri tarkoitukseen kehitetyillä mobiililaitteilla. Lisäksi erityisesti terveys- ja kuntoilualoilla markkinoille on tuotu erilaisia sensoreita, joilla kerätään jatkuvasti dataa. Tutkimuksessa selvitetään, miten pilvipalveluita ja henkilökohtaista dataa voidaan hyödyntää puhe- ja kehitysvammaisten kommunikaatiossa.

1.2. Projektin työmenetelmä

Selvityksessä käytetty menetelmä on esitetty kuvassa 1. Haastattelujen ja kirjallisuustutkimuksen lisäksi selvityksessä hyödynnettiin maaliskuussa 2016 järjestettyä CSUN-konferenssia [1]. CSUN on maailman johtava vuosittainen tietotekniikkaa ja esteettömyyttä käsittelevä konferenssi. Konferenssissa keskitytään erityisesti uusiin teknisiin ratkaisuihin näkö-, kehitys- ja puhevammaisille. Konferenssin yhteydessä on laaja näyttely, jossa kaikki merkittävimmät USA:n markkinoille laitteita ja palveluita tarjoavat yritykset ovat esillä.

Selvityksen tuloksena syntyi visio siitä, mihin suuntaan AAC-teknologiat ovat kehittymässä tai voisivat kehittyä. Tämän lisäksi selvityksen keskeisiä löydöksiä pohdittiin ja löydösten pohjalta ehdotettiin toimenpiteitä Suomeen.



Kuva 1. Selvityksessä käytetty työmenetelmä.

1.3. Alustavat teemat projekti-ideoinnista

Alustavissa projektikeskusteluissa ideoitiin neljä teemaa, joita selvityksen edetessä syvennettiin: verkkopalvelut, analytiikka, kontekstuaalisuus ja palvelujen personointi. Verkkopalveluilla voidaan mahdollistaa se, että palvelun työpöytä ja sisältö ovat aina saatavilla ja kaikilla eri laitteilla saavutetaan sama kokemus. Laitteena voi olla esimerkiksi kannettava tietokone, taulutietokone, älypuhelin tai interaktiivinen näyttö suurempiin tiloihin. Verkkopalvelu helpottaa palvelun käyttöä, sillä ylläpito ja päivitykset hoituvat automaattisesti. Verkkopalvelu myös mahdollistaa palvelun käytön seurannan ja analysoinnin. Analytiikalla voidaan esimerkiksi mitata käyttäjän aktiivisuutta ja oppimista sekä tilastoida useimmin käytettyjä symboleita.

Kontekstuaalisuutta hyödynnetään tänä päivänä laajasti älypuhelimissa kohdentamaan palveluita ja mainoksia sijainnin ja ajankohdan mukaan. Myös AAC-palveluissa voitaisiin kontekstuaalisuutta hyödyntää monin tavoin: sijaintitietoa voitaisiin esimerkiksi käyttää ehdottamaan sopivaa symbolinäköä tai valmiita lauseita havaittuun ympäristöön, esimerkiksi kouluun tai kotiin. Lisäksi kommunikaatiossa voitaisiin hyödyntää tietoa sosiaalisesta tilanteesta: mitä kyseisen henkilön kanssa on aikaisemmin keskusteltu?

Kommunikaatio on erittäin merkittävä osa ihmisen persoonaa. Niinpä AAC-kommunikaatio-ohjelmassa käytettävä symbolikirjasto sekä puhesynteesi ovat tärkeitä persoonan ilmaisemiseen. Myös laitteen käyttöliittymä voidaan konfiguroida kullekin käyttäjälle sopivaksi ja miellyttäväksi.

1.4. Haastattelut Kehitysvammaliitossa

Nykyisen tilanteen ja odotusten selvittämiseksi selvityksen alussa käytiin haastatteluja Kehitysvammaliiton Tikoteekissä ja Papunetissä [2]. Kehitysvammaliitossa pitkään kehitetyssä verkkopalvelussa, Papunetissä, on erittäin suuri varanto hyödyllistä kuvamateriaalia sekä erilaisia aineistoja [3]. Aineisto on ainutlaatuinen: muiden maiden järjestöt eivät ole vastaavia materiaaleja keränneet. Verkossa toimiva Papunet laajoine aineistoineen avaa mahdollisuuksia palvelun edelleen kehittämiseen kommunikaatiotarkoituksiin.

Haastatteluissa kävi ilmi, ettei Suomi pienenä kielialueena ole kovin kiinnostava markkina-alue kaupallisten AAC-kommunikaatio-ohjelmien tarjoajille. Halukkuus lokalisoida uusia ohjelmia Suomeen on alhainen, ellei tilaaja samalla sitouduta riittävän isoihin ostoihin. Käytännössä Suomessa on tyydyttävä niihin AAC-kommunikaatio-ohjelmiin, joita valmistajat ja maahantuojaat sattuvat suomeksi tarjoamaan.

Haastatteluissa keskusteltiin myös ohjelmistojen käyttäjien keskeisimmistä tarpeista. Puhe- ja kehitysvammaisten tukihenkilöillä ja terapeuteilla menee merkittävä osa työajasta erilaisten kommunikaatiomateriaalien kokoamiseen asiakkailleen. Useimmiten työ joudutaan aloittamaan puhtaalta pöydältä, sillä Suomeen ei ole muodostunut vakiintuneita käytäntöjä materiaalien jakamiseen. Lisäksi terveydenhuollon jäykät rakenteet vaikeuttavat jakamisen järjestämistä. Tukihenkilö tai terapeutti ei voi olla koko aikaa läsnä puhe- ja kehitysvammaisten henkilön kommunikoinnissa. Ohjelmistojen tulisi olla erittäin helppokäyttöisiä, jotta omaehtoinen kommunikaatio olisi mahdollisimman sujuvaa.

AAC-ohjelmistojen toivottavista lisäominaisuuksista haastatteluissa tuli esille tunneilmaisuus: nykyiset ratkaisut tarjoavat mahdollisuuden tiedon välittämiseen, mutta tunteen välittäminen jää kovin ohueksi.

2. Keskeisten markkinoilla olevien AAC-tuotteiden analyysi

Keskeisten USA:n markkinoilla olevien AAC-kommunikaatio-ohjelmien ominaisuuksiin ja kehitysnäkymiin perehdyttiin järjestämällä valmistajien kanssa tapaamiset CSUN 2016 -konferenssin yhteydessä. Yhteenveto ominaisuuksista on esitetty taulukossa 1.

Tuote	Valmistaja	Kielet	Kokoonpano	Keskeinen erottuva ominaisuus
	Prentrom, USA prentrom.com	Englanti, Espanja (ei suunnitelmia laajentaa)	Laitte + softa yhdessä, joko dedikoidut laitteet tai iPad-pohjaiset Accent 800, Accent 1000, Accent 1400	- Sama symboligridi kokoajan. Jos käytetään vähemmän symboleita, niin silti kokoajan samassa paikassa, jolloin löytyy, kun symboleita lisätään, ei rakenneta kansioita vaan karsitaan symboleita. - WiFi yhteys softaupdateja ja firman palveluja varten, mutta ei analytiikkaa tai oppimistavoitteita pilvessä
	Mayer-Johnson, part of Tobii Dynavox	Useita (suomea ei Boardmaker Onlinessa vaan versio 6)	Online	- Oppilaan työn seuranta eri standardeja tai oppimistavoitteita vastaan. - Oppimateriaalien luonti vanhoista materiaaleista tai online community materiaaleista. - Materiaalien jakaminen yhteisössä: 945 ryhmää, joissa kymmeniä tai satoja materiaaleja. Ei storea materiaalien myyntiä varten. - Uusien materiaalien hakeminen yhteisöstä tai myynnissä olevista premium-materiaaleista. - Opettaja voi antaa tehtäviä koulupäivän aikana tai kotiin. - Vanhemmat mukana seuraamassa edistymistä - Uudet symbolit ilmestyvät automaattisesti - Edistymisen tavoitteita vastaan - ei syvempää analytiikkaa softan käytöstä - Teknisiä ongelmia... forumilla paljon urputusta
	Assistiveware, Hollanti	Englanti, Espanja (suunnitelmia laajentaa hitaasti, esim. Hollanti)	Toimii vain iOS – laitteissa, myös AppleWatch	- Laajennettuja sanastoja saatavana in-app purchaseina. Ääniksiexperience laaja: "Use one of 45 English (American, Australian, British, Scottish, Indian) and Spanish (Castilian or North-American) adult and children's voices" - Create a folder for one user and transfer it to others
	Salttilo USA www.Salttilo.com	Englanti, Espanja, Hollanti, Saksa	Device + SW	- Laaj sanastotuki WordPower 20... 108 jne.. IVONA & Acapela speech, kalliita, vanhanaikaisia - Kallis. Grیده touch-screenin päälle saatavana
	Attainment company, USA www.attainmentcompany.com/gotalk-now	20 kieltä, mukana suomi	iPad, monentasoisia konfiguraatioita ja	- Kustomointi, kaikkea media (valokuvat, videot jne) helpolla osaksi materiaalia. Voidaan esim valokuvasta luoda scene-sivu, jossa sitten rajataan kommunikoivia alueita, esim. Henkilön perhepotretissa - Erikoisen ostettavissa erilaisia materiaaleja, joita myös kolmannet osapuolet tuottaneet. Ei avointa store vaan valikoidut sisällöt, mm. symbolitehtävät Beatles-videot

Taulukko 1. Yhteenveto keskeisten markkinoilla olevien AAC-kommunikaatio-ohjelmistojen ominaisuuksista.

2.1. Mayer-Johnson: Boardmaker Online

Mayer-Johnson on yksi merkittävimmistä, ellei merkittävin, AAC-kommunikaatio-ohjelmien valmistajista. Yritys on nykyään osa Tobii-Dynavox -konsernia. Mayer-Johnson on tarjonnut Boardmaker-kommunikaatio-ohjelmistoa jo pitkään. Tuotepereheen uusin ohjelmisto, Boardmaker Online, on markkinoiden ensimmäinen verkossa toimiva AAC-ohjelmisto (kuva 2). Boardmaker Online-ohjelmisto on suunnattu koulua käyvien lapsien kommunikaation tukemiseen. Verkkopalvelu mahdollistaa oppilaiden edistymisen mittaamisen amerikkalaisia akateemisia, kielellisiä, sosiaalisia ja käyttäytymisstandardeja vastaan. Oppimisympäristö myös tuottaa mittaustulosten pohjalta räätälöityjä ohjeita oppilaille [4].



Kuva 2. Boardmaker Online [4].

Verkkopalvelu mahdollistaa oppilaan, opettajan ja vanhempien yhteistyön oppimisen seurantaan ja tukemiseen. Opettaja voi esimerkiksi antaa uusia tehtäviä koulupäivän aikana tai kotiin. Verkkopalvelun yhteydessä on yhteisö, jossa oppimateriaalia voidaan jakaa ja uusia materiaaleja voidaan luoda yhteisön materiaalien pohjalta. Huhtikuun 2016 lopulla yhteisössä oli lähes tuhat eri ryhmää, joissa keskustelu poukkoili erilaisista sisällöistä ohjelmiston teknisiin ongelmiin. Verkkopalvelusta voi myös ostaa premium-sisältöjä, mutta verkkokauppaa omien sisältöjen myyntiin ei palvelussa ole. Verkkopalvelu mahdollistaa automaattiset päivitykset ja uudet symbolit ilmestyvät käyttöliittymään automaattisesti.

Ollessaan ensimmäinen verkossa toimiva AAC-ohjelmisto Boardmaker Online kerää ympärilleen kiihtyvällä vauhdilla käyttäjiä ja on muodostumassa hallitsevaksi AAC-ohjelmistoksi. Vaikka ohjelmistossa näyttäisi yhteisön keskustelujen pohjalta olevan vielä paljon teknisiä ongelmia, käyttäjämäärän kasvaessa tekniset ongelmatkin tulevat korjatuiksi melko nopeasti. Boardmakerin sivuilta löytyy paljon videomateriaalia oppimistulosten seurannasta [5].

2.2. AssistiveWare: Prologue2Go

Prologue2Go on viime vuosina saanut paljon huomiota ja kiitosta hyvän käytettävyytensä ansiosta. Ohjelmisto on kehitetty Applen tuotteisiin iOS-käyttöjärjestelmälle, minkä seurauksena sen hinta on edullinen verrattuna erikoistuneisiin AAC-laitteisiin. Prologue2Go on nopeasti lisännyt kielivalikoimaansa painottuen englannin kielen versioihin ja vivahteisiin: tarjolla 45 on erilaista versiota englanninkielestä, joista noin 20 on erilaisia amerikanenglannin versioita. Valikoima on niin laaja, että käyttäjä voi valita omaan persoonaansa sopivan äänen. Muita kieliä lisätään ohjelmaan hitaasti: espanja on jo nyt tarjolla ja hollanti on kehitteillä. Prologue2Go:n pääasiallinen käyttölaite on iPad, mutta ohjelmisto toimii myös iPhoneissa ja se voidaan saada rajoitetusti toimimaan myös Applen älykellossa, AppleWatchissa (kuva 3). Älykello tarjoaa erinomaisia mahdollisuuksia käyttää rajallista symbolikommunikointia arjen tilanteissa mukavasti ja leimaantumatta. Prologue2Go:hon on mahdollista ostaa laajennettuja sanastoja ohjelman verkkokaupasta [6].



Kuva 3. Prologue2GO AppleWatchissa [6].

2.3. Attainment Company: Go Talk Now

Attainment Companyn aikaisempi AAC-työkalutarjonta on ollut perinteistä laite- ja ohjelmistotarjontaa. Uusin iPadeille suunniteltu Go Talk Now-ohjelmisto hyödyntää hyvin

edistyksellisesti iPadien ominaisuuksia multimedian tuottamisessa (kuva 4). Itse tuotettu tai verkosta kopioitu media – kuvat, videot, audio – saadaan helposti osaksi kommunikaatiomateriaalia. Valokuvaa voidaan käyttää kommunikaatiopohjana, josta rajataan huomioalueita, esimerkiksi henkilöitä perhepotretissa. Huomioalueeseen voidaan sitten äänittää kuvaus. Go Talk Now:ssa on verkkokauppa, josta voi ostaa lisämateriaaleja. Verkkokauppa ei ole avoin kaikille materiaalin myyntiin vaan sinne on valmistajan toimesta valittu sisältöjä. Osa materiaaleista on hauskoja: verkkokaupasta löytyy esimerkiksi Beatlesien videoita symbolitekstitettyinä [7].



Kuva 4. Go Talk Now:ssa on edistykselliset multimediaominaisuudet [7].

2.4. Muita AAC-kommunikaatio-ohjelmistoja

PRC:n Accent AAC-tuoteperhe on varsin tavanomainen. Pääosa tarjonnasta on erillisiä AAC-käyttöön suunniteltuja laitteita, joissa on ladattuna tarvittava ohjelmisto ja symbolikirjasto. Ominaisuuksissa korostuvat varmatoimisuus ja laitteen kesto. Minkäänlaista kytkentää verkkopalveluihin ei ole. Uutena PRC:n tuotteena on versio Accent AAC-kommunikaatio-ohjelmistosta iPadille. Accent-tuotteiden käyttöliittymässä on muista AAC-ohjelmistoista jonkin verran poikkeava filosofia: symbolitaulukko on Accenteissa aina samankokoinen ja samat symbolit löytyvät aina samasta kohdasta taulukkoa. Aloitettaessa AAC-kommunikaatio-ohjelman opettelu taulukoissa saattaa olla vain muutamia symboleja ja taulukot täyttyvät sitä mukaa kun asiakas oppii enemmän. PRC:n edustajan mukaan taustalla on tutkimusta siitä, että symbolien pysyminen paikallaan nopeuttaa oppimista [8].

Saltillon Chat-fusion on myös tavanomainen ja vanhakantainen tuoteperhe: erillisiä laitteita, joissa on tarvittavat ohjelmistot ladattuina valmiiksi. Teknologia on vanhaa ja silti tuotteet hyvin kalliita: hinnat ovat tyypillisesti tuhansissa dollareissa. Varmakäyttöisyys ja kestävyys korostuvat ja ilmeisesti käyttäjäkunnaksi on erityisesti ajateltu henkilöitä, joilla on motorisia haasteita, sillä lisävarusteina Saltillo tarjoaa mekaanisia kehikoita erottelemaan symbolit [9].

3. Teknologia-aloitteinen AAC-tutkimus

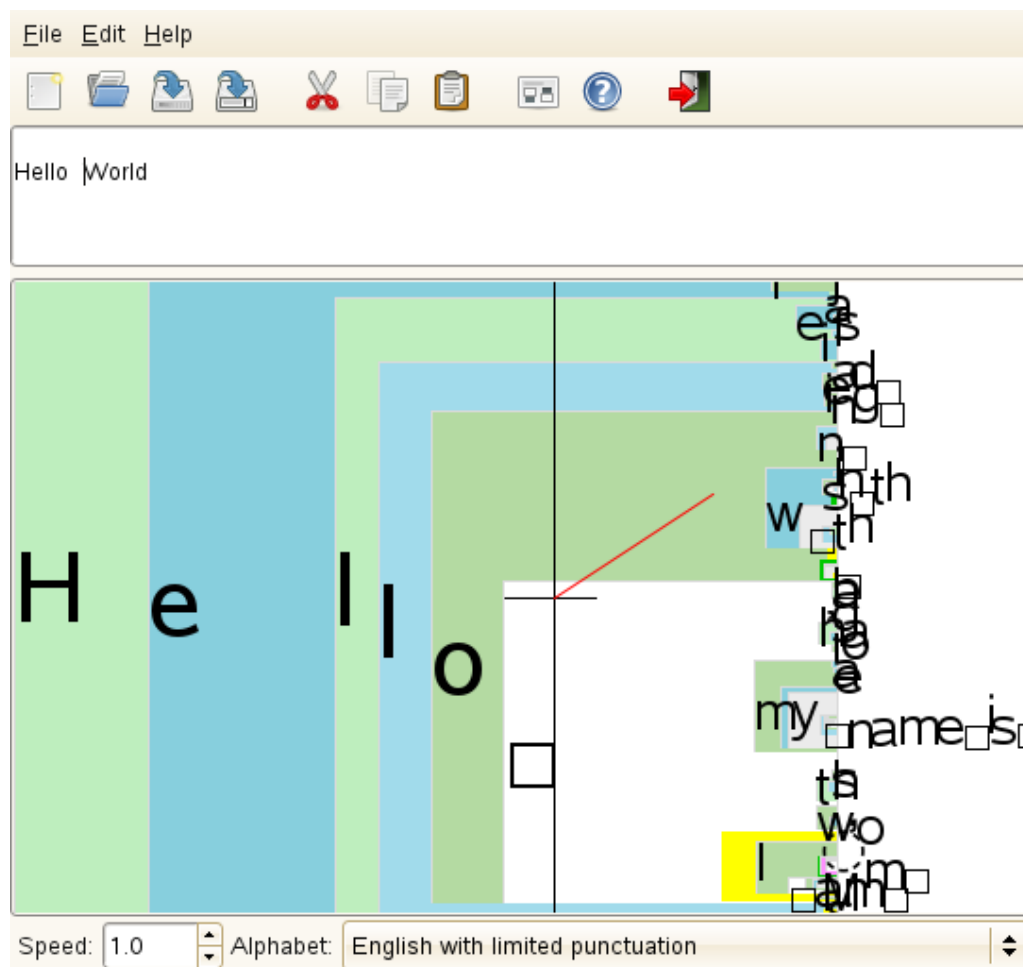
3.1. CSUN-konferenssin löydökset

CSUN-konferenssissa oli useita esityksiä AAC-teknologioista sekä koko päivän kestävä työpaja AAC *made simple*, jonka luennoitsijana oli Marshall Fenig Los Angeles School Districtistä [10]. Työpaja kattoi AAC-alueen laaja-alaisesti perusteista yksityiskohtaisiin tarvearviointikeskusteluihin asti. Ohjaaja käytti paljon aikaa pohdintoihin siitä, mitä on low-tech-AAC ja mitä high-tech-AAC ja mitkä

ovat niiden keskeiset erot käytössä. Ohjaajalla tuntui olevan selkeä preferenssi siihen, että low-tech-ratkaisuilla saadaan useimmat tarpeet täytettyä ja high-techille jää ainoastaan täydentävä rooli. Työpaja ei kysymyksistä huolimatta siten tarjonnut tarttumapintaa pitemmälle vietyihin keskusteluihin tulevaisuuden teknologioiden vaikutuksista ja visioista. Työpaja herätti kysymyksen, onko varovaisuus uuden teknologian käyttöönotossa laajemminkin alalla vaikuttava asenne.

Työpajan parasta antia oli keskustelu kommunikaatiosta ja käytettävästä sanastosta osana persoonaa. Luennoitsija esitti hyvän kysymyksen: ”mitä jos joku valitsisi sinulle kaikki teemat ja sanat, joita saat käyttää?” Työpaja vahvisti käsitystä, että personointi on ohjelmistojen keskeinen kehitystavoite.

Konferenssiesitysten osalta CSUN 2016 ei tarjonnut AAC-alueella mitään mullistavaa. University of Cambridgessa jo vuonna 2005 alun perin kehitetty Dasher-kommunikaatiokonsepti oli ehkä konferenssin kiinnostavinta antia [11]. Dasher on avoimen lähdekoodin projekti, joka on saanut viimeisen vuoden aikana lisää resursseja taakseen, kun Google on ryhtynyt jatkokehittämään sitä [12]. Dasher on esimerkki ratkaisusta, jossa käyttöliittymä on mietitty täysin uudella lailla. Valittavat kirjaimet tulevat esille halutulla nopeudella ja käyttäjä osoittaa haluamaansa kirjainta. Käyttö on sulavaa, jos asiakas pystyy käyttämään kohdistavaa laitetta, esimerkiksi hiirtä tai päähän kiinnitettävää kohdistinta. Ohjelmistoa on mahdollista käyttää myös kytkimillä. Ohjelmisto ennustaa käytettäviä sanoja ja tarjoaa todennäköisimmät kirjaimet suurempina kuin muut (kuva 5).



Kuva 5. Dasherin käyttöliittymä [11].

Silmiinpistävä piirre CSUN 2016 -konferenssissa oli korealaisten valmistajien ja tutkijoiden erittäin aktiivinen osallistuminen. Esimerkkinä oli korealaisen NCSOFT-pelitalon kehittämä *My First AAC* -älypuhelinsovellus [13]. Sovelluksen toiminnallisuus oli tavanomainen, mutta sen graafinen suunnittelu oli erittäin taitavaa ja symbolit pohjautuivat aasialaisen sarjakuvien perinteeseen käyttäen inhimillisiä ja hauskoja hahmoja ja animaatioita (kuva 6). Vaikka esitetyissä korealaisissa hankkeissa ei ollutkaan mitään mullistavaa, antaa valmistajien ja tutkijoiden aktiivisuus viitteistä siitä, että jatkossa Koreasta saattaa tulla hyvinkin innovatiivisia ratkaisuja.



Kuva 6. My First AAC [13].

3.2. Akateeminen teknologialähtöinen AAC-tutkimus

Akateeminen teknologialähtöinen AAC-tutkimus näyttäisi olevan kovin pirstaleista. Julkaisuja ja konferenssiesityksiä lukemalla on vaikeaa löytää tutkimuksen kärkirymät ja -hankkeet, sillä ryhmät eivät juurikaan viittaa toistensa töihin. Pirstaleisuudesta johtuen on täysin mahdollista, että tärkeitä tutkimushankkeita on tässä selvityksessä jäänyt huomaamatta. Selvityksessä löydetty tutkimuksen keskeisimmät teknologiateemat olivat vuorovaikutteisuus kommunikaatiossa, osittaisen puheen hyödyntäminen, analytiikka, personointi erityisesti puheessa ja kontekstuaalisuus.

Rikas vuorovaikutteisuus kommunikaatiossa

Melissa Ekmanin johtama ryhmä Pennsylvania State Universityssä on tutkinut vuorovaikutteisuuden rikastuttamista puhevammaisten kommunikaatiossa [14]. Tutkimuksessaan ryhmä on käyttänyt laaja-alaisia digitaalisia valokuvia kommunikoinnin pohjana. Kommunikoivat henkilöt yhdessä päättävät, mistä kuvan teemasta he keskustelevat. Kuvan yksityiskohdat voidaan rajata huomiokohdiksi, joille tehdään kommunikaation yhteydessä tekstivaste. Menetelmässä ei siis ole ennalta määrättyä AAC-työkaluun ohjelmoitua sanastoa. Tutkimustulokset osoittivat, että menetelmällä asiakkaan sanastoa voidaan merkittävästi laajentaa ja kommunikaation aiheuttamaa

kognitiivista kuormaa alentaa. Lisäksi lapset pystyivät entistä paremmin kommunikoimaan kiinnostuksensa kohteista.

Osittaisen puheen hyödyntäminen

Madonna Research Institutin tutkimusryhmä on tutkinut osittaisen puheen hyödyntämistä osana AAC-teknologiaa [15]. Tutkimuksessa oli kehitetty menetelmä, jossa henkilö kirjoittaa sanan ensimmäisen kirjaimen ja samalla puhuu sanan kykyjensä mukaan. Puheentunnistus yrittää tunnistaa sanan. Jos tunnistus ei onnistu, järjestelmä ehdottaa sanoja, joista käyttäjä voi sitten valita tarkoittamansa sanan. Menetelmän toimivuutta arvioitiin käyttäjätutkimuksessa. Yleisenä havaintona oli, että osittaisen puheen hyödyntäminen teki kommunikaatiotilanteesta luonnollisempaa: hiljainen odotus toisen muodostaessa sanoja symbolein jäi pois. Molemmat keskustelijat kokivat olevansa enemmän osallisina tilanteessa ja kommunikaation koettiin olevan miellyttävämpää ja hauskeempaa: virhe-ennustukset kirvoittivat tutkimuksen mukaan kommunikaatioon paljon naurua.

Myös Melanie Fried-Okenin tutkimusryhmä Oregon Health and Science Universityssä on tutkinut osittaisen puheen hyödyntämistä aikuisten afaattikkojen keskuudessa [16]. Osittaisen puheen lisäksi Fried-Oken on tutkinut aivoaaltojen käyttöä kommunikointiin henkilöiden kanssa, joilla on ns. lock-in-syndrooma, eli joihin ei muilla menetelmillä saada yhteyttä [17].

Datan kerääminen ja analytiikka

AAC-työkaluihin liittyvästä datan keräämisestä ja analytiikasta ei vastoin ennakko-odotuksia löytynyt uusia tutkimusjulkaisuja. Paras artikkeli oli niinkin kaukaa kuin vuodelta 2006 hollantilaisen Gail M. Van Tatenhove tutkimusryhmän artikkeli: Using Objective Data to Support AAC Intervention [18]. Artikkelissa korostetaan automaattisen datan keruun tehokkuutta manuaaliseen lomakepohjaiseen etenemisen mittaamiseen verrattuna. Tutkimuksessa käytettiin automatisoitua menetelmää AAC-laitteella tuotetun kieliotoksen keräämiseen ja analysointiin. Artikkelin korostaa, että automaattisella datan keräämisellä voidaan helposti selvittää, mitä henkilö sanoi, miten sanoi ja kuinka kauan häneltä vei sanoa se. Toisaalta analytiikka ei tarjoa syvempää ymmärrystä siitä, miksi henkilö sanoi jotain, kenelle hän sanoi, paljonko apua hän tarvitsi sanomisessa ja miten muuten hän auttoi kommunikaatiota.

Puheen sävyt osana kommunikaatiota

Pennsylvania State Universityssä on myös tutkittu puheen sävyjen lisäämistä puhevalmiiden kommunikaatioon hankkeessa, jonka nimi oli *17 ways to say yes* [19]. Tutkimuksessa tehtiin käyttäjätestejä yhdistelemällä 17:n eri puhevalmiiden ääntä lauseissa. Näin puheeseen voitiin tuoda ilmettä ja tunteilmaisua.

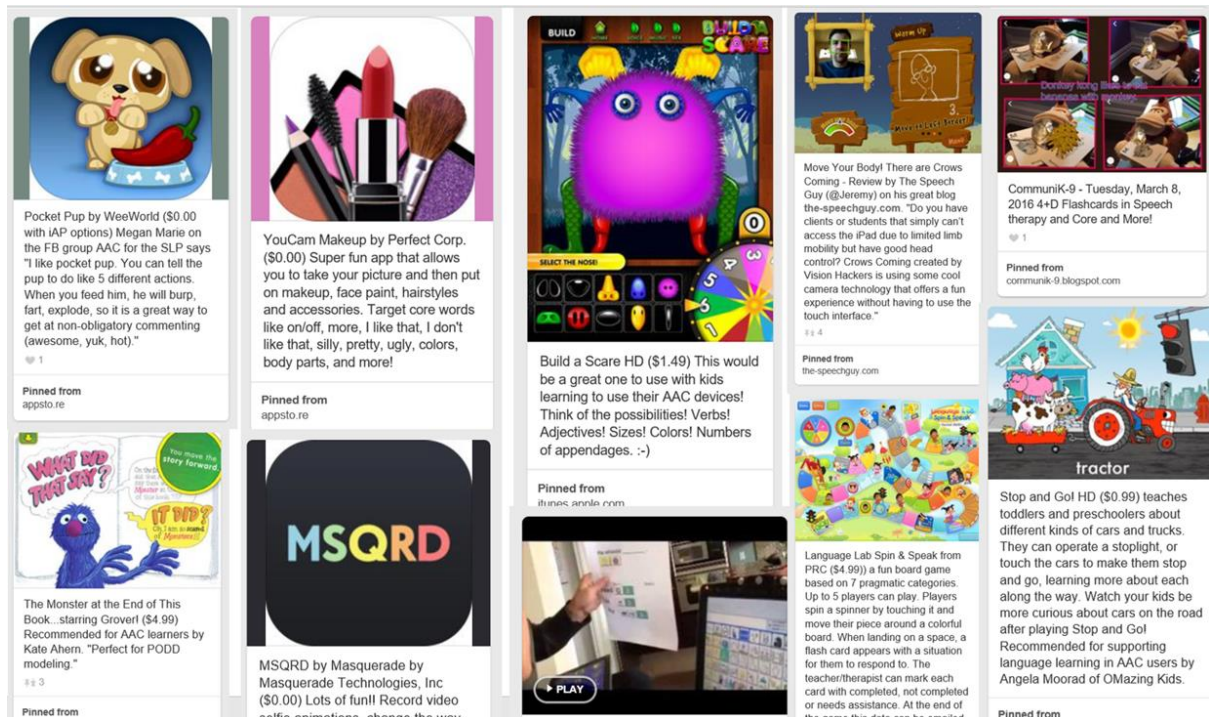
Kontekstuaalisuuden hyödyntäminen ennustavassa kommunikaatiossa

Dundeen yliopiston tietotekniikan osastolta löytyy teknologialähtöiseen AAC-tutkimukseen erikoistunut ryhmä, jota johtaa Annalu Waller [20]. Verkkosivuillaan ryhmä julistautuu olemaan maailman johtaja älykkäässä multimodaalisessa teknologiassa AAC-ohjelmistoja varten. Ryhmän kärkihanke, yhteistyöprojekti Cambridgen yliopiston kanssa, keskittyy käyttöympäristöstä saatavan tiedon hyödyntämiseen kommunikaatiossa käytettävän kielen ennustamisessa. Sensoreilta ja keskusteluhistoriasta saatava multimodaalinen tieto kertoo sijainnin, keskustelevat henkilöt ja henkilöiden edelliset keskustelut. Tiedolla voidaan parantaa sanojen ennustamista ja siten nopeuttaa kommunikaatiota. Esimerkkinä ryhmän verkkosivuilla mainitaan, että Cambridgen yliopiston kuuluisa professori Stephen Hawking on pystynyt kaksinkertaistamaan puhenopeutensa

kahteen sanaan minuutissa käyttäen ennustavaa järjestelmää. Ennustaminen voi kohdistua sanojen lisäksi myös keskustelullisiin ja tarinallisiin elementteihin. Käyttöliittymä adaptoituu keskustelun aiheeseen, keskustelun henkilöihin, tilanteeseen, sijaintiin ja puhumattoman osapuolen fyysisiin kykyihin. Johtaja Annalu Waller ilmoitti sähköpostitse olevansa kiinnostunut keskustelemaan Kehitysvammaliiton kanssa mahdollisista yhteistyöaiheista.

Mobiilisovellukset tukemassa AAC:n oppimista

Vähän eri tyyppisessä hankkeessa on kerätty mobiilisovelluksia, joilla voidaan nopeuttaa AAC:n oppimista [21]. Erityisesti lasten kohdalla on havaittu merkittävästi parempaa osallistumista opetukseen, kun oppimateriaalia rikastetaan hauskoilla ja graafisilla mobiilisovelluksilla, joita ei välttämättä ole alun perin suunniteltu puhe- ja kehitysvammaisten käyttöön (kuva 7).



Kuva 7. AAC:n oppimista rikastuttavia mobiilisovelluksia [21].

3.3. Suomalaista tutkimusta

Aalto-yliopistossa toimiva ryhmä oli käynyt Tikoteekissä keskustelemassa ja esittelemässä AAC-demoa. Tämän selvityksen puitteissa keskustelua jatkettiin haastattelulla Aalto-yliopistossa [22]. Esitetty AAC-demo oli jatko-opintokurssin erikoistyö, jossa kontekstuaalisuuden avulla muutettiin tilanteeseen sopivat teemanäkymät symbolitaulukoihin. Kontekstuaalisuus sisälsi tiedon siitä, missä ollaan, kenen kanssa puhutaan ja mitä on aiemmin sanottu. AAC:hen liittyvää tutkimusta ei näillä näkymin olla laajentamassa Aalto-yliopistossa.

Samassa haastattelussa keskusteltiin puheteknologioiden tutkimuksesta Aalto-yliopistossa. Yliopiston puheentunnistuksen tutkimus keskittyy oppiviin neuroverkkoihin ja erityisesti pieniin kieliin, kuten saameen. Pienten kielten tunnistaminen on haasteellista, sillä niistä löytyy niukemmin oppivaan puheentunnistukseen tarvittavaa audiomateriaalia. Tutkimus saattaisi olla hyvin soveltuvaa osittaisen, usein hyvin epäselvän puheen tunnistukseen.

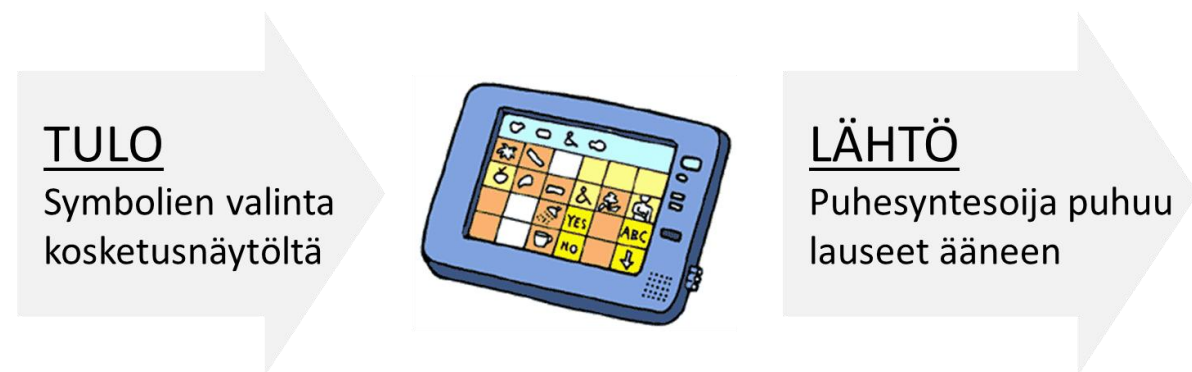
Aalto-yliopistossa on myös puhesynteesin tutkimusta. Tutkimusagendalla on mm. tunteen lisääminen syntesoituun puheeseen.

Helsingin kielitieteen laitoksella tutkitaan kielen rakenteeseen liittyviä haasteita [23]. AAC-palveluissa sanaluokkien analyysi on tärkeää, jotta symbolein muodostettua kieltä pystytään taivuttamaan oikein. Myös Tampereen yliopistossa ja Tampereen teknillisessä yliopistossa saattaa olla meneillään AAC-kommunikaatio-ohjelmistojen kannalta relevanttia tutkimusta, mutta sitä ei tämän selvityksen yhteydessä katselmoitu.

4. Visio tulevaisuuden AAC-kommunikaatiotyökalusta

Selvityksen löydösten pohjalta luotiin visio siitä, mihin AAC-kommunikaatio-ohjelmat tutkimuksen ja tuotekehityksen valossa tulevat kehittymään. Kaikki visiossa esitettävät ominaisuudet löytyvät joko markkinoilla olevista tuotteista tai tutkimusryhmien tutkimusagendalta. Mistään markkinoilla olevasta tuotteesta ei kuitenkaan löydy monia esitettävistä ominaisuuksista, joten aivan lähitulevaisuudessa ei vision mukainen kokonaisuus ole tulossa markkinoille.

Vision pohjana on AAC-työkalun peruskonfiguraatio, joka on esitetty kuvassa 8. Tulopuolella käyttäjä valitsee kosketusnäytöltä haluamiansa sanoja vastaavat symbolit ja muodostaa lauseita. Lähtöpuolella syntesoija lukee muodostetun lauseen ääneen.



Kuva 8. AAC-kommunikaatio-ohjelmiston peruskonfiguraatio.

Jatkossa AAC-kommunikaatio-ohjelmisto ei ole enää eristyksissä ympäristöstään vaan yhteyksissä sekä fyysiseen ympäristöön että verkkoympäristöön (kuva 9).



VERKKOYMPÄRISTÖ

Kuva 9. AAC-kommunikaatio-ohjelmiston visiossa hyödynnetään fyysistä ympäristöä ja verkkoympäristöä.

Visiossa tarkastellaan olemassa olevia ja kehittyviä teknologioita tulo- ja lähtöpuolella sekä yhteyksiä fyysiseen ja verkkoympäristöön. Näiden neljän dimension lisäksi tarkastellaan, mitkä teknologiat voisivat lisätä toiminnallisuutta tulo- ja lähtöpuolen sekä ympäristöjen leikkauskohdissa (kuva 10).



Kuva 10. Visio AAC-kommunikaatio-ohjelmistojen kehittämisestä.

Vision eri toiminnallisuusalueet sisältävät seuraavat teknologiat ja toiminnallisuudet:

1. Tulopuoli: osittaisen puheen hyödyntäminen, iiris-seuranta, aivoaallot
2. Lähtöpuoli: kommunikaation edistäminen puheen personoinnilla ja tunneilmaisulla
3. Fyysinen ympäristö: kommunikaation ennustamisen parantaminen kontekstuaalisuudella
4. Verkkoympäristö: data-analyysi, analytiikkaa kommunikaation etenemisestä ja aktiivisuudesta, suunnitelmat etenemisen nopeuttamiseksi
5. Tulopuoli-fyysinen ympäristö: kommunikaation rikastuttaminen lisäämällä interaktiivisuutta. Kannettavien laitteiden, tablettien ja älypuhelimien, tarjoaman multimedian (valokuvat, videot, audio) hyödyntäminen.
6. Tulopuoli-verkkoympäristö: mahdollisuus jakaa sisältöjä tehokkaasti. Sama sisältö aina käytössä ja valmista kommunikaatiosisältöä ostettavissa ja myytävissä verkkokaupassa.
7. Lähtöpuoli-fyysinen ympäristö: samasta sisällöstä eri alijoukko käytettävissä eri ympäristöissä eri laitteissa: taulutietokone-älypuhelin-älykello.
8. Lähtöpuoli-verkkoympäristö: mahdollisuus verkostoitumiseen lähettämällä viestejä sekä kytkeytymällä sosiaaliseen mediaan. Kouluympäristössä verkkoyhteys mahdollistaa yhteistyön oppilaan, opettajan ja vanhempien välillä.

5. Johtopäätökset

5.1. Pienet globaalit markkinat

AAC-kommunikaatio-ohjelmien globaalit markkinat ovat melko pienet. Tärkeimpänä syynä lienee se, että puhe- ja kehitysvammaisten asiakaskunta on kovin kirjava: asiakkailta on hyvin erilaisia tarpeita ja yhdellä ratkaisulla ei voida kovin laajaa asiakasjoukkoa palvella. Opetuksessa ja terapiassa näyttää olevan myös jonkin verran asenteellisuutta uutta teknologiaa vastaan. Markkinoiden pienuus ja pirstaleisuus heijastuvat siihen, etteivät ohjelmistot kehity samalla kiihtyvällä tahdilla kuin massamarkkinoiden valtavirtateknologiat.

Verkkopalvelut, jotka dominoivat yleisesti ohjelmistoalalla, tekevät vasta tuloaan AAC-kommunikaatio-ohjelmistoihin. Ensimmäinen varteenotettava verkossa toimiva AAC, Boardmaker Online, on vasta äskettäin tullut markkinoille. Boardmaker Onlinen merkitys on erittäin suuri ja palvelun ympärille on nopeasti kehittynyt laaja yhteisö Yhdysvalloissa. Laaja yhteisö tarjoaa kiistattomia etuja esimerkiksi sisältöjen ja parhaiden käytäntöjen jakamiseen. Boardmaker Onlinesta on nopeasti kehitymässä hallitseva työkalu.

AAC-kommunikaatio-ohjelmistojen hidasta kehitystä kuvaa se, että markkinoilla on edelleen hyvin vanhanaikaisella teknologialla toteutettuja laitteita ja ohjelmistoja. Siirtyminen erikoistuneista laitteista iPadeihin ja muihin taulutietokoneisiin etenee, mutta hitaasti. Massamarkkinoiden taulutietokoneiden etuina ei ole ainoastaan hinta vaan myös helppo mahdollisuus rikastuttaa kommunikaatiota sovelluksilla ja multimedialla.

5.2. Teknologia lähtöinen AAC-tutkimus

Maailmalta ei löydy kovin montaa aktiivista tutkimusryhmää, jotka kehittävät uusia teknologioita AAC-työkaluihin. Keskeisimmät tässä selvityksessä identifioidut ryhmät ovat Pennsylvania State University, Dundee University ja Oregon Health and Science University. Ryhmissä tehdään tutkimusta mm. kommunikaation rikastuttamisesta, osittaisen puheen hyödyntämisestä ja kontekstuaalisuudesta. Data-analyysistä ja oppimistulosten parantamisesta analytiikan keinoin ei

yllättäen löytynyt merkittäviä uusia tutkimusavauksia. Tutkimus maailmalla on hyvin pirstaleista ja siitä on vaikea saada kokonaiskäsitystä.

Puhesynteesi kehittyi erityisesti englannin kielen osalta niin, että koko ajan voidaan tarjota enemmän puheen sävyjä ja edetä sitä kautta kohti syntesoidun puheen tunneilmaisua. Myös puheentunnistus paranee nopeasti.

Radikaalit innovaatiot, joissa kokonaan haastettaisiin nykyisten AAC-kommunikaatio-ohjelmien käyttötavat, loistavat poissaolollaan. Lopulta nykyiset digitaaliset ratkaisut eivät ole juurikaan muuttaneet perusajatusta paperisista kansioista, joista kommunikaatioon tarvittavat symbolit valitaan. Dasherin kaltaisia kokonaan uudella tavalla sanojen muodostuksen toteutettavia järjestelmiä ei tunnuta tutkimuslaitoksissa kehitettävän. CSUN 2016 -konferenssissa havaittu korealaisten vahva esiinmarssi antaa viitteitä siitä, että alan uudet innovaatiot saattavatkin tulla Aasian suunnasta.

5.3. Tilanne Suomessa

Jos pienet globaalit markkinat hidastavat AAC-kommunikaatio-ohjelmistojen kehitystä maailmalla, niin tilanne Suomen pienellä kielialueella on vieläkin vaikeampi. Lokalisointi suomeksi ei pääsääntöisesti kiinnosta AAC-kommunikaatio-ohjelmien valmistajia. Sitoutuminen merkittäviin tilausmääriin on edellytyksenä käännostyölle. Tutkimuspuolella on hankkeita, joita voitaisiin hyödyntää puhevammaisten hyväksi, mutta kytkös AAC-kommunikaatio-ohjelmistoihin puuttuu tai on hyvin heikko. Kommunikaatio-ohjelmistoille tärkeiden suomenkielisten puhesynteesitekniologioiden tilanne on viime aikoina jopa huonontunut. Lisäksi suomenkielinen puheentunnistus etenee kovin hitaasti johtuen pienistä panostuksista sekä myös suomen kielen vaikeudesta.

Näköpiirissä on siis merkittäviä haasteita. Teknologiat länsimaiden suurilla kielialueilla kehittyvät siihen suuntaan, että puhe- ja kehitysvammaisen kommunikaatiota voidaan merkittävästi rikastuttaa visiossa kuvatuilla tavoilla. Kommunikaatioon tulee mukaan tunnetta ja vivahteita ja siitä tulee osallistavampaa. Suomen pienellä kielialueella ei ole näköpiirissä, että puhe- ja kehitysvammaisten kommunikaatiota pystyttäisiin samaan tapaan rikastuttamaan. Niinpä Suomen puhe- ja kehitysvammaiset joutuvat tyytymään perusinformaation välittämiseen ja niihin kaupallisiin ohjelmistoihin, joita valmistajat sattuvat tarjoamaan Suomeen. Kyseessä on ihmisoikeushaaste: Suomen puhe- ja kehitysvammaisilla näyttäisi olevan heikot mahdollisuudet rikkaaseen kommunikaatioon osana heidän persoonallisuuttaan.

Markkinatalouden ehdoilla AAC-kommunikaatio-ohjelmistot eivät Suomessa kehity. Valmistajia ei lokalisointi Suomeen juurikaan kiinnosta ja saatavilla olevia teknologiakomponentteja, kuten puhesyntesioijia ja taivuttimia, on vähän tarjolla. Puhe- ja kehitysvammaisten rikkaan kommunikaation varmistaminen näyttäisi olevan alue, johon tarvitaan yhteiskunnan tukea ja panostusta. Tähän on myös hyvät mahdollisuudet, sillä Kehitysvammaliiton Papunettiin ja Tlkoteekkiin on pitkän ajan kuluessa kumuloitunut osaamista, tietoa ja merkittävä määrä hyödynnettävää kommunikaatiosisältöä. Yhdessä nämä mahdollistavat kansainvälistä tasoa olevan suomalaisen AAC-kommunikaatio-ohjelmiston kehittämisen. Julkisella rahalla kehitetty ohjelmisto vääristäisi kilpailua, mutta kilpailukysymystä pitää käsitellä erillään, sillä selvää on, että kilpailu ei ole taannut eikä tule takaamaan asiakkaille hyviä ratkaisuja Suomessa.

Niinikään puheteknologioiden tutkimuksen ja kehityksen tulevaisuus Suomessa pitää turvata niin, että keskeisten teknologiakomponenttien, kuten puhesyntesioijien tarjonta Suomessa mahdollistuu.

5.4. Ehdotettavat konkreettiset toimenpiteet

A. Kilpailukykyisen suomenkielisen verkossa toimivan AAC-kommunikaatio-ohjelmiston kehittäminen

Kehitetään kilpailukykyinen suomenkielinen AAC-kommunikaatio-ohjelmisto hyödyntäen Papunetin kuvavarantoa ja verkkotoiminnallisuutta. Ohjelmiston arkkitehtuuri suunnitellaan modulaariseksi niin, että esimerkiksi erilaisia puhesyntesioijia voidaan jatkossa lisätä. Verkkotoiminnallisuuteen lisätään yhteisö, jossa on mahdollisuus keskustella ja jakaa omia sisältöjä. Myös avoimen verkkokaupan perustamista sisältöjen ostoon ja myyntiin tulee harkita, sillä avoin verkkokauppa saattaa avata uudenlaiset markkinat kommunikaatiosisältöjen ympärille. Kehitystyössä tulee harkita mahdollisuutta hyödyntää avoimia rajapintoja sisältöjen lataamisessa. Tällöin voitaisiin ehkä hyödyntää samoja sisältöjä kuin kaupallisissa AAC-kommunikaatio-ohjelmistoissa. Osana suunnittelua on mietittävä liiketoimintalogiikka: miten ylläpito turvataan ja onko tavoitteena ohjelmiston kaupallistaminen siinä vaiheessa, kun käyttö laajentunut.

B. Boardmaker online suomeksi

Boardmaker Online on nopeasti kehittymässä maailmalla hallitsevaksi AAC-kommunikaatio-ohjelmistoksi. Ohjelmisto on pyrittävä saamaan käyttöön Suomen puhe- ja kehitysvammaisille. Keskeistä olisi turvata ohjelmiston ylläpito ja mahdollistaa myös suomenkielisten sisältöjen jakaminen yhteisöissä.

C. Puheteknologioiden tutkimus ja kehitys turvattava Suomessa

Puheteknologioiden (tunnistus ja synteesi) tutkimuksen vahvistaminen Suomessa on aloitettava järjestämällä seminaari, johon kutsutaan alan aktiiviset tutkimusryhmät erityisesti Aalto-yliopistosta, Helsingin yliopiston kielitieteen laitokselta ja Tampereen yliopistoista. Seminaarin avulla selvitetään kokonaiskuva puheteknologioiden tutkimuksesta Suomessa. Käyttäjäpuolelta mukana tulee olla Kehitysvammaliiton lisäksi Näkövammaisten liitto, sillä puheteknologiat ovat molempien liittojen edustamille asiakasryhmille aivan keskeisiä ihmisarvoon liittyviä asioita. Mukaan kutsutaan myös TEKES, jolloin samassa yhteydessä voidaan keskustella rahoitusvaihtoehdoista mahdollisille uusille tutkimushankkeille.

D. Tiiviimpi kytkeytyminen kansainväliseen tutkimukseen

Verkostoitumista kansainväliseen akateemiseen tutkimukseen on vahvistettava. Tutkimusyhteistyötä voidaan tunnustella esimerkiksi Euroopan johtavan tutkimusryhmän kanssa Dundeen yliopistossa. Osallistuminen sopiviin EU:n tutkimushankkeisiin mahdollistaisi myös uudet rahoituskanavat Kehitysvammaliitolle.

E. Käyttäjälähtöisiä selvityksiä vision teknologiateemoista

Selvityksiä esimerkiksi seuraavista teemoista:

- suomenkielinen kommunikaatiosovellusdemo älykelloon, käyttäjätutkimusta
- selvitys puhe- ja kehitysvammaisten nuorten osallistumisesta kommunikaation uusimpiin valtavirtoihin: valokuva- ja hymiöpohjaiseen kommunikaatioon.
- listataan suomenkielisistä ei-AAC –sovelluksista, jotka tukevat AAC:n oppimista

Lähdeluettelo

- [1] CSUN 2016 conference, www.csun2016.org.
- [2] Haastattelut: Timo Övermark, Anna Juhász, Taro Katajisto, Kehitysvammaliitto (maaliskuu 2016).
- [3] Kehitysvammaliitto, Papunet, papunet.net.
- [4] Mayer-Johnson, Boardmaker Online, www.mayer-johnson.com/boardmaker-software.
- [5] Mayer-Johnson, Boardmaker Online tracking Students, helpandtraining.boardmakeronline.com/customer/portal/articles/1643808-tracking-student-performance.
- [6] AssistiveWare, Prologue2Go, www.assistiveware.com/product/proloquo2go.
- [7] A. Company, Go Talk Now, www.attainmentcompany.com/gotalk-now.
- [8] PRC, Accent products, www.prentrom.com/support/accent.
- [9] Saltillo, Chat Fusion, saltillo.com/products/chat-fusion-10.
- [10] M. Fenig, AAC Made Simple, CSUN tutorial, 2016.
- [11] S. A. Wills and D. J. C. MacKay, "DASHER—An Efficient Writing System for Brain–Computer Interfaces?," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 2006, no. 14 (2), p. 244–246.
- [12] Google, Dasher, play.google.com/store/apps/details?id=dasher.android.
- [13] NCSoft, My First AAC, itunes.apple.com/us/app/my-first-aac-by-injini/id462678851?mt=8.
- [14] M. Ekman, J. Light and J. Curall, "Just-in-time technology to support communication of young children with complex communication needs," *The Pennsylvania State University, Communication Sciences and Disorders*.
- [15] S. Koch, T. Jakobs and D. Beukelman, "Integrating speech recognition into AAC technology," *Madonna Research Institute, Rehabilitation Science and Engineering*.
- [16] M. Fried-Oken, "Machine learning for residual use of speech, language, cognitive and motor systems," *Oregon Health and Science University*.
- [17] M. Fried-Oken, "Lock in Syndrome," *Oregon Health and Science University*.
- [18] G. M. V. Tatenhove, Using Objective Data to Support AAC Intervention, 2006.
- [19] "17 ways to say Yes," *Pennsylvania State University*.
- [20] Dundee University, AAC Group, aac.dundee.ac.uk.

- [21] L. Enders, practicalaac.org/practical/practically-pinteresting-with-lauren-enders-engaging-apps-for-implem.
- [22] Haastattelu: Katri Leino, Aalto-yliopisto (huhtikuu 2016).
- [23] Helsingin Yliopisto, yleisen kielitieteen laitos,
www.helsinki.fi/yleinenkielitiede/tutkimus/index.html.