

Loppuraportti: Automaattisen liikenteen metropolivisio



Automaattisen liikenteen
metropolivisio -työryhmä
17.5.2013

Sisällysluettelo

<i>Visiotarina: päivä suomalaisessa metropolissa vuonna 2030</i>	1
1 Johdanto	3
2 Työssä jalostetut parhaat toimintamallit vaikutuksineen	5
2.1 Automatisoitu henkilöautoliikenne osaksi joukkoliikennettä	6
2.2 Tavaraliikenteen automatisointi.....	8
2.3 Autoillen liikkumisen vähentäminen	9
3 Teknologia katsaus	12
3.1 Robottiautojen nykytilanne ja lähitulevaisuus	12
3.1.1 Robottiautojen historia	12
3.1.2 Nykyteknologia tuotannossa olevissa autoissa	13
3.1.3 Googlen "Self Driving Car" ja muut meneillään olevat itsenäiset projektit	13
3.1.4 Autoteollisuuden projektit, julkistukset ja arviot	15
3.2 Raskaan maantieliikenteen robotisointiin liittyvä kehitys	17
3.3 Muiden liikkuvien robottien nykytila ja lähitulevaisuus.....	18
3.3.1 Henkilöliikuttimet	18
3.3.2 Kävelevät tavarankuljettimet	19
3.3.3 Työkoneet	19
3.3.4 Lentävät laitteet	19
3.4 Muiden etäsuorittamisen ja etäpalveluiden sekä itsenäisen tekemisen teknologioiden nykytila	20
3.4.1 Läsnaolon ja vuorovaikutuspalveluiden digitalisointi.....	20
3.4.2 Etiäistyyppiset ratkaisut, etäohjaus ja etäopastus	21
3.4.3 Etämittaaminen ja valvonta, etämanipulointi.....	22
3.4.4 Diagnostiikka kentällä, itsediagnostiikka ja henkilökohtaiset mittalaitteet.....	23
3.4.5 Opetuksen virtualisointi	24
3.4.6 Lähivalmistus ja autonomiset työtä suorittavat robotit, 3. teollinen vallankumous	24
4 Nykytila liikenteen ja paikkaan sidottujen palveluiden osalta	25
4.1 Henkilöliikenne ja sen vaikutukset rakenteisiin, keskeiset parametrit	26
4.1.1 Taksiliikenne nykyisin	26
4.1.2 Henkilöautojen määrä ja kustannukset.....	27
4.1.3 Liikennemäärät	27
4.1.4 Robottiliikenteen kustannussäästö ajokilometriä kohden.....	28
4.1.5 Parkkipaikkojen määrä ja kustannukset	29
4.1.6 Vaihtoehtoinen, hitaan etenemisen skenaario	29

4.1.7	Nykyiset tietojärjestelmät ja robottiautojen luettavissa oleva avoin data	29
4.2	Tavaraliikenne ja sen vaikutukset rakenteisiin, keskeiset parametrit.....	29
4.2.1	Meriliikenne.....	31
4.2.2	Raideliikenne ja maantieliikenne.....	31
4.2.3	Jakeluliikenne urbaaneilla alueilla	32
4.3	Liikkumistarvetta aiheuttavat palvelut ja toimintamallit, aineettomat ja aineelliset	33
4.3.1	Terveyden- ja vanhustenhuolto.....	34
4.3.2	Koulutus ja osaamisen siirto.....	34
4.3.3	Yleishallinto ja taloushallinto.....	34
4.3.4	Liikenne, liikkuminen ja viestintä	35
4.3.5	Kauppa ja logistiikka	35
4.3.6	Huolto ja kunnossapito.....	35
4.3.7	Valmistava teollisuus	35
4.3.8	Rakennusteollisuus.....	35
4.3.9	Ulkoilu, kulttuuri ja muu vapaa-aika.....	35
5	Ratkaistavat ongelmat ja eteneminen.....	36
5.1.1	Robottiliikenne	37
5.1.2	Etäläsnäölon palvelut	37
5.2	Parhaat etenemistavat ja niiden vaiheistaminen.....	38
5.2.1	Lainsäädäntö ja EU-tason säädökset	39
5.2.2	Ensimmäisten pilotointihankkeiden valmistelu ja käynnistäminen	39
	Loppusanat.....	40

Loppuraportti: Automaattisen liikenteen metropolivisio

Uusi maailma orastaa keskellämme ja näköalattomat ihmiset kaikkialla koettavat sen tukahduttaa.

Alvin Toffler: The Third Wave, 1980

Visiotarina: päivä suomalaisessa metropolissa vuonna 2030

Ennen meillä jokaisella tuntui olevan oma auto. Isälläni ei ollut, hänen ajokorttinsa otettiin pois näkökyvyn heikettyä. Autottomia oli itse asiassa yli kaksi miljoonaa. Hyvien joukkoliikenneyhteyksien varrella valinta saattoi olla vapaa, mutta monille oma auto oli aivan liian kallis tai sen ajamiseen ei ollut oikeutta. Taksia käytettiin pääosin yhteiskunnan tuella tai yritysten laskuun ja välttämättömään ajoon.

Nyt on kaikki toisin. Minä myin autoni ensimmäisten joukossa, kun robottiliikenne sallittiin. Nyt yksityiset autot ovat keskittyneet maaseudulle. Syrjäisimmillä alueilla omaa vanhaa autoa on vielä järkevä pitää. Muille auto on muuttunut tarpeettomaksi ylellisyydeksi. Työkalukaan se ei enää ole, koska autoilusta ei enää ole ammatiksi.

Tänään sataa. Normaalisti ajan metrolta kotiin yksipyöräisellä. Nyt se on salkun vieressä robottiauton lattialla. Keskustan katetulla alueella sade ei häiritse ja metroon yksipyöräinen mahtuu kätevämminkin kuin salkku. Ihmeellistä, että ne olivat aikanaan kiellettyjä. Robotit ja yksipyöräiset ovat muuttaneet liikkumisen kokonaan.

Eilen halusin viedä perheen juhlimaan hääpäiväämme. Tilasin kolme pitkää mustaa autoa. Ne olivat viidessä minuutissa ovella, kuten aina. Menimme keskimmäiseen, ja ajoimme komeasti saattueena ravintolan eteen. Kadunvarret ovat vapautuneet. Tyhjeneville parkkipaikoille ja parkkitaloille keksitään kyllä uutta käyttöä. Minullakin on projekti menossa, autotalli on sopiva paikka 3D-tulostimille.

Lapset haluaisivat autotallin virtuaalimaailmaksi. Heitä kiehtovat erityisesti tennisi ja seikkailumatkailu, jotka vaativat seinien kokoisen näyttöpinnan. Virtuaalimaailmassa huhkiminen ja heiluminen vaatii paremman ilmanvaihdon, epäröin vielä. Lapset pääsevät helposti julkisiin harrastetiloihin. Robottiautot ovat helpottaneet eniten lasten ja vanhusten turvallista liikkumista. Silti liikkumistarve vähenee kaiken aikaa. Virtuaalimaailmat ovat jo yhdessäolon ja urheilun suosituin kenttä.

Puhelimet on korvattu etäisillä. Tänään kävelin firman myymälässä Bangalossa varmistamassa, että kaikki on kunnossa. Etäisen uusi terahertsinäkö paljasti halkeaman ja vein viallisen tuotteen myymälänhoitajalle. Etäisiä käytetään

Risto Linturi

17.5.2013

kotonakin. Lapset ryhtyivät lentämään joululahjaksi saamaansa aurinkokäyttöistä etiäistä maapallon ympäri. Toivottavasti se ei kadota yhteyttä matkalla. Onneksi kerhollamme on oma satelliitti, jolla robotteihin saa edullisen yhteyden. Maapallolla on vielä joitakin alueita, joilla teleyhteydet ovat kalliita ja epävarmoja.

Pysähdyn kotimatalla Rubikin kontilla. Se on kävelyetäisyydellä, mutta nyt sataa ja robottiauton parin euron lasku ei monella sentillä mutkan vuoksi kasva. Kontti luovuttaa Itäkeskuksesta tilaamani tavarat. Rubikin konttiyhteys Itäkeskuksesta kaikkiin Itä-Helsingin lähiöihin avattiin muutama vuosi sitten ja tästä on jo tullut yhdenlainen lähikorttelien kyläkaivo, asukkaiden tutustumispaikka.

Isäni ajaa juuri pihaan unelmiensa Porschella. Siihen on jälkiasennettu robottiajo. Hahmontunnistin kuvailee hänelle maisemia ja kertoo paikkoihin liittyviä tarinoita. Hän oli niin kauan ilman autoa, ettei hän varmaan koskaan luovu omasta autosta nyt, kun ajokortti ei enää ole pakollinen. Jatkamme eilistä hääpäivää nyt suvun seurassa. Suosikkipianistimme lupasi vierailla etiäisenä ja soittaa meille häävalssin.

Risto Linturi

17.5.2013

1 Johdanto

Kaupunkirakenteita suunnitellaan pitkäjänteisesti. Liikenteen, asumisen ja palveluiden rakenteita ohjataan maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen kautta. Esimerkiksi Helsingin nyt suunnitteilla oleva yleiskaava on tarkoitettu hyväksyä vuonna 2016 kaupunginvaltuustossa. Yleiskaava ohjaa kaavoitusta arviolta 2016-2030 välillä ja vaikuttaa kaupunkilaisten elämään rakennetun ympäristön kautta pitkään tämän jälkeenkin. Siksi yleiskaavatyön aluksi luodetaan tulevaisuutta vuoteen 2050 saakka.

Suomen kehitykseen liittyy lukuisia haasteita. Väestö ikääntyy nopeasti ja työikäisten tulisi selvitä huomattavasti nykyistä suuremmista vastuista tulevaisuudessa. Automaatio lisääntyy nopeasti kilpailijamaissamme, ja meidän tulisi olla nopeita omaksujia, jotta säilyttäisimme paikkamme maailman vauraimpien maiden joukossa.

Pääkaupunkiseutuun kohdistuu nopeita kasvupaineita. Jo päätetyt hankkeet lisäävät ruuhkia merkittävästi. Henkilöautojen varaama tila on sekin yhä suurempi ongelma. Julkinen liikenne ei ole poistanut liikkumisen eriarvoisuutta eikä se riittävästi pienennä yksityisautoilun tarvetta. Automaattisen liikenteen metropolivisio pyrki vastaamaan näihin haasteisiin teknologian kehityksen avaamien näkymien kautta.

Tämä työ on koko pääkaupunkiseudun ja muiden kaupunkimaisten alueiden tarpeisiin painottuva selvitys robottiliikenteen ja etäläsnäolon teknologioiden mahdollisuuksista ja vaikutuksista lähitulevaisuudessa. Raportissa keskitytään teknologioihin, jotka toimivat nyt kokeilutasolla, ovat todennäköisesti markkinoilla 2020 mennessä ja laajassa käytössä 2030 mennessä. Työn tulokset tulisi huomioida niissä liikennettä, asumista ja palveluita koskevissa suunnitelmissa ja investointihankkeissa, joiden hyötyjä jaksotetaan 2020 jälkeiselle ajalle. Rajoitetut kokeilut ja totuttaminen moniin uusiin käytäntöihin tulisi aloittaa nopeasti.

Työ kohdistuu lupaavimmiksi arvioituihin liikkumista ja logistiikkaa helpottaviin keinoihin sekä liikkumistarvetta vähentäviin ratkaisuihin urbaaneilla alueilla. Liikenteen automatisoinnin avulla voidaan parantaa kaupunkirakennetta, julkisen liikenteen palveluita ja urbaanin alueen vetovoimaa. Kaupunkilaisten liikkuminen voidaan tehdä vaivattomaksi tavalla, joka säästää kustannuksia ja vapauttaa pääomia. Automaation avulla tavaraliikenne ja palvelut tuodaan tehokkaasti ja kätevästi kävelyetäisyydelle asuinalueista, ja samalla luodaan uutta yhteisöllisyyttä.

Valtakunnan tasolle laskettuna selvitys tunnistaa mahdollisuuden säästää 10-20 miljardia euroa vuositasolla ja vapauttaa noin sata miljardia euroa pääomia samalla parantaen olennaisesti palvelutasoa ja ihmisten arkea. Selvitys kuitenkin toteaa, ettei tämä ole mahdollista muuttamatta nykyistä lainsäädäntöä ja käytäntöjä, eivätkä nämä hyödyt realisoidu ilman määrätietoisia ja ennakoivia yhteisiä toimia.

Robottiliikenteeseen ja etäläsnäolon teknologioihin liittyy myös riskejä ja uhkakuvia. Hankkeessa on pyritty alustavasti kartoittamaan myös näitä. Visio ei välttämättä toteudu positiivisessa muodossaan. Toistaiseksi useimmat tarvittavat kokeilut eivät ole lain mukaan sallittuja. Tottuminen uusiin keinoihin ja niiden nykyisestä poikkeaviin rahoitusmalleihin vie aikaa. Kaavoitus tehdään edelleen vanhoihin teknologioihin ja toimintamalleihin perustuen. Standardointi on jälkijättöistä.

Risto Linturi

17.5.2013

Edunvalvonta perustuu nykyisten klustereiden etuihin ja kulttuurimuutokseen liittyä aina haasteita. Hyötyanalyysi edellyttää kriteeristön ja paradigmman muutosta.

Hankkeeseen on osallistunut useiden viranomaisorganisaatioiden ja yritysten toimijoita kolmessa hanketta käynnistävässä kokouksessa ja viidessä aktiivisessa työpajassa sekä koko hankkeen ajan jatkuneessa valmistelutyössä. Hankkeessa on luotu yhteinen visio henkilöautoliikenteen ja urbaanin tavaraliikenteen automatisoinnista sekä tietotekniikan nykyistä paremmasta käytöstä liikkumistarpeen vähentäjänä ja kaupunkirakenteen uudistajana.

Hanke on Sovelton valmisteleva ja koordinoiva. Hankkeeseen liittyvää virikekeskustelua varten on Facebookiin avattu ryhmä Robottiliikenteen hyödyt, ratkaisut ja esteet. Ryhmän lukuisten aktiivisten jäsenten kommentit on pyritty ottamaan työssä huomioon. Ryhmä on avoin ja keskustelu siellä jatkuu raportin julkaisemisen jälkeenkin. Facebook-ryhmän jäseniä ei erikseen listata tässä.

Johtoryhmään ja työpajoihin osallistuneet asiantuntijavaikuttajat:

Antinoja, Markku, Liikennesuunnittelupäällikkö, Espoon kaupunki / Kaupunkisuunnittelukeskus
Beilinson, Leif, Neuvotteleva virkamies, Liikenne- ja viestintäministeriö / Liikenneturvallisuusyksikkö
Forsblom, Marko, Liikenneneuvos, Liikenne- ja viestintäministeriö / Liikennepolitiikan osasto
Hakanen, Olli, Toimitusjohtaja, Respace Oy
Hartonen, Sinikka, Johtaja, Liikennevirasto / Liikenne- ja väylätieto-osasto
Hernesniemi, Hannu, Johtava analyytikko, Huoltovarmuuskeskus
Hietanen, Juha, Liikenneinsinööri, Helsingin kaupunki / Kaupunkisuunnitteluvirasto
Hippula, Arto, Yhteyspäällikkö, Tampereen yliopisto/TAUCHI
Jalasto, Petri, Liikenneneuvos, johtava asiantuntija, Liikenne- ja viestintäministeriö / Yleinen osasto
Jarva, Pirjo, Palvelupäällikkö, Sovelto
Karessuo, Kari, Liikenneasiantuntija, Liikennevirasto
Karlsson, Anne, Johtava yleiskaavasuunnittelija, Helsingin kaupunki / Kaupunkisuunnitteluvirasto
Karppinen, Antero, Johtava konsultti, Karttakeskus
Kojo, Janne, Ylitarkastaja, asiantuntija, Ely-keskus
Koskinen, Emmi, Liikenneinsinööri, Vantaan kaupunki / Kuntatekniikan keskus
Kuittinen, Ossi, Johtava asiantuntija, SITRA
Kulmala, Mika, Liikenneinsinööri, Tampereen kaupunki
Lehmuskoski, Ville, Liikennesuunnittelupäällikkö, Helsingin kaupunki / Kaupunkisuunnitteluvirasto
Lehtiniemi, Pasi, Senior-konsultti, Sovelto
Linturi, Risto, Muutosjohtaja, Sovelto
Lintusaari, Jukka, Executive in Residence (EiR), Tampereen yliopisto / Smart Traffic Business Development
Masala, Sami, Johtaja, Karttakeskus
Mikkanen, Harri, Tuoteryhmävastaava, Microsoft
Nikula, Nuutti, Analyytikko, Huoltovarmuuskeskus
Piimies, Marja, Yleiskaava-arkkitehti, toimistopäällikkö, Helsingin kaupunki / Kaupunkisuunnitteluvirasto
Piirainen, Tero, Tutkija / System Architect, Tampereen yliopisto / Smart Traffic Business Development
Puntanen, Sini, Johtava liikenneasiantuntija, Liikennevirasto
Rissanen, Hanna-Leena, Esteettömyysasiamies, arkkitehti, Näkövammaisten keskusliitto ry
Ronni, Jukka, Kehitysjohtaja / Strategiaosasto, Liikennevirasto, Liikennejärjestelmätoimiala
Rouhiainen, Vuokko, Apulaisyleiskaavapäällikkö, Espoon kaupunki
Suominen, Petri, Suunnittelupäällikkö, Espoon kaupunki / Kaupunkisuunnittelukeskus
Suomisto, Jarmo, IT-päällikkö, arkkitehti, Helsingin kaupunki / Kaupunkisuunnitteluvirasto
Sylberg, Juha, Kehittämispäällikkö, Näkövammaisten Keskusliitto ry
Tapaninen, Ulla, Kansainvälisen logistiikan asiantuntija, Helsingin kaupunki / Kaupunkisuunnitteluvirasto
Turpeinen, Jari, johtaja, Karttakeskus
Viilo, Leena, Liikennesuunnittelupäällikkö, Vantaan kaupunki / Kuntatekniikan keskus

Risto Linturi

17.5.2013

2 Työssä jalostetut parhaat toimintamallit vaikutuksineen

Robotisoinnin lupaukset koskettavat suurta osaa koko kansantaloudesta eikä mikään muu ulottuvilla oleva keino voi näin nopeasti kääntää länsimaiden kehitystä takaisin nopealle kasvu-uralle. Tätä mieltä ovat mm. presidentti Obama ja Nobel-ekonomisti Krugman. Tätä mieltä on myös kasvava joukko tulevaisuudentutkijoita.

<http://www.foxnews.com/politics/2013/02/12/transcript-obama-state-union-speech/>, <http://www.moneynews.com/Economy/Krugman-technology-revolution-economy/2013/02/13/id/490160>.

Nopea robotisointi ei palvele yksinomaan talouden tehokkuutta. Automaattisen liikenteen ja etäläsnäolon keinoin voidaan lisätä elämän merkityksellisyyttä, vähentää arjen ongelmia, parantaa urbaanin alueen vetovoimaa ja lisätä kaupunginosien sisäistä koheesiota ja toiminnallisuutta. Monien hyötyjen vuoksi kyse on myös merkittävästä liiketoimintapotentialista niille, jotka edelläkävijöinä hallitsevat teknologian parhaat sovellukset. Robotisoinnilla on myös vaaransa. Nämä tulee tunnistaa ja huolehtia vaarojen minimoinnista hyötyjä estämättä.

Radikaaleihin muutoksiin liittyy monia sosiaalisia ja taloudellisia kysymyksiä. Muutosten aikaansaaminen edellyttää sitä, että ihmiset näkevät ja uskovat uudet käytännöt itselleen hyödyllisiksi ja turvallisiksi. Lupaukset ovat erittäin suuria. Liikenteen tarve yhtäältä vähenee, toisaalta liikkumisaika muuttuu hyötyajaksi. Ympäristön laatu paranee, resurssien käyttö tehostuu ja urbaanin alueen sosiaalinen koheesio sekä oman asuinalueen palvelevuus voivat parantua radikaalisti. Tämä kasvattaa kaupunkien vetovoimaa merkittävästi lisäten samalla nykyistä tiheimmän rakentamisen mahdollisuuksia. Myös syrjäseuduilla asuminen helpottuu.

Pelkoihin liittyy robottien terrorismille ja yksityisyyden suojalle avaamat uhkat. Motorisoitu liikkuminen voi vähentää fyysistä liikkumista. Robottien vikaantuminen voi aiheuttaa vaaratilanteita ja huoltovarmuuteen liittyviä haavoittuvuuksia. Kaikkiin näihin kysymyksiin voi myös löytyä apu robotiikan avulla.

Seuraavat kuvaukset keskittyvät valittuihin robotiikan avaamiin positiivisiin näkymiin, jotka toteutuvat, mikäli teknologiaa käytetään hallitulla ja hyvällä tavalla.

Uudet toimintamallit jaetaan esityksessä automatisoituun henkilöliikenteeseen, tavaraliikenteen automatisointiin ja liikennetarpeen poistamiseen. Myöhemmissä luvuissa tarkastellaan teknologisia valmiuksia kuvattuihin käytäntöihin sekä taustoitetaan kunkin käsitellyn aihealueen kansantaloudellisia merkityksiä, ongelmakohtia ja tarvittavia toimenpiteitä.

Risto Linturi

17.5.2013

2.1 Automatisoitu henkilöautoliikenne osaksi joukkoliikennettä

Suomen kansantuotteesta yli kymmenesosa käytetään nyt henkilöautoliikenteeseen.

Selvityksessä on käynyt ilmeiseksi, että autoteollisuus etenee itse itseään ajaviin autoihin nopealla aikataululla. Robottiautojen prototyypit toimivat jo tavallisissa liikenneolosuhteissa varsin luotettavasti. Monet automaattiajon ominaisuudet sisältyvät jo uusimpiin automalleihin. Teknologian avaamat mahdollisuudet ovat suuret, mutta hyödyt eivät konkretisoidu ilman hallittua ja silti ripeää etenemistä. Lukuina tarkastellaan Suomea kokonaisuutena, koska väestön liikkumistarpeet eivät rajaudu yksinomaan asuinkunnan alueelle. Suurimmat säästöt saavutetaan urbaanilla alueella ja suurimmat suhteelliset vaikutukset liikkumisen tasa-arvoisuuteen saavutetaan haja-asutusalueilla.

Suosittelavana visiona henkilöautojen robotisoinnissa selvitysryhmä pitää yhteiskäyttöisten autojen mallia verrattuna käyttäjiensä yksityisesti omistamiin robottiautoihin verrattuna. Yksityisautosta ollaan nykyään valmiita maksamaan paljonkin sen tarjoaman liikkumisen vapauden ja helppouden vuoksi. Robottiauton avulla yhteiskäyttöiset autot voivat tarjota tätäkin suuremman vapauden ja mukavuuden huomattavasti pienemmin kustannuksin sekä käyttäjälle että yhteiskunnalle. Palveluntarjoajan tulisi taata auto ovelle esimerkiksi viidessä minuutissa ruuhka-aikanakin. Tällöin useimmilta ihmisiltä katoaa tarve oman auton hankkimiseen. Tämä palvelutaso vaatii valtakunnallisesti noin miljoona yhteiskäyttöistä robottiautoa nykyisten lähes kolmen miljoonan henkilöauton sijaan.

Robottiautojen tulee mukautua monenlaisiin tarpeisiin ja kulkuväyliin. Tilaaja valitsee tarpeensa mukaisen auton. Palvelut voidaan yhdistää saumattomaksi osaksi julkista liikennettä. Robottiauton kyydistä voi jäädä ja uuden kyydin voi saada murehtimatta parkkipaikkoja. Matkalta voi palata muilla kulkuvälineillä tai kävellen, kun auto ei sido. Henkilöautoista luovutaan niihin sisältyvien kustannusten ja hankaluuksien vuoksi, mikäli robottiautoja on riittävästi ja niiden tilaaminen on nopeaa, luotettavaa ja yksinkertaista. Suuria hyötyjä saavutetaan sekä urbaaneilla alueilla että syrjäseuduilla. Yksityisomisteisista autoista luopuminen edellyttää arvomaailman muutosta, mutta selkeitä merkkejä tästä on jo näkyvissä.

http://yle.fi/uutiset/tukholma-ilmio_rantautui_suomeen_yha_harvempi_18-vuotias_ajaa_kortin/6585999,

http://www.motortrend.com/features/auto_news/2012/1208_why_young_people_are_driving_less/.

Hahmotellun toimintamallin mukaan käyttäjä tilaa robottiauton kännykkäsovelluksensa avulla. Auton voi varata yksityiseksi tai yhteiskäyttöiseksi. Robottiauto saapuu tavoitteellisesti kolmessa minuutissa ovelle ja kuljettaa normaalisti lähimmän aikataulullisesti järkevän joukkoliikenneyhteyden ääreen tai tyydyttävien yhteyksien puuttuessa perille saakka. Tapahtumiin keräily voisi olla erityisen suosittu toimintamalli, jossa käyttäjä vain ilmoittaa, mihin on menossa ja liikennejärjestelmä huolehtii aikatauluista ja yksityiskohdista.

Risto Linturi

17.5.2013

Kalusto koostuu markkinoille tulevista puolen kaistan levyisistä sähkökäyttöisistä henkilökuljettimista pakettiautoihin ja pikkubusseihin. Vakiomalliset autot lienevät kustannustehokkaimpia. Käyttäjä kuvaa tarpeensa tilausvaiheessa ja saa halutessaan joukkokuljetuksen, tila-auton, pakettiauton tahi pienen henkilökuljettimen.

Liikkumisen helpottuminen voi lisätä liikkumista, mutta koska robottiliikenne syöttää joukkoliikennettä nykyistä henkilöautokantaa huomattavasti tehokkaammin ja matkustajamäärä kasvaa helposti nykyistä henkilöautoliikennettä suuremmaksi, kompensoivat nämä alustavan arvion mukaan kasvavan matkasuoritteen.

Palvelutarkoituksiin hankitut robottiautot ostetaan ammattimaisesti ja niiden yksikköhinta vastannee keskimäärin nykyisiä henkilöautoja kuitenkin siten, että robottiautoja on vain kolmasosa nykyisten henkilöautojen määrästä. Miljoonan robottiauton määrä takaa saatavuuden ruuhka-aikanakin ja tyhjän ajon määrä jää vähäiseksi ylimääräisten autojen jäädessä tarvittaessa odottamaan paluuliikennettä.

Kolmen miljoonan auton korvautuminen miljoonalla autolla, liikennesuoritteen muuttumatta, säästää kaluston kokonaiskustannuksista noin 40%. Nykyisen henkilöautokannan vuosikustannus on 20 miljardia euroa laskettuna verottajan käyttämillä, juuri tarkennetuilla keskimääräisillä pääoma- ja muuttuvilla kustannuksilla. Luku ei sisällä yhteiskunnan maksamia tienpidon kustannuksia, kaupunkirakenteesta syntyviä epäsuoria kustannuksia tai muita kuin vakuutusten kattamia kolarikustannuksia, mutta autoihin kohdistuva verotus pääpiirteissään kattaa nämä. Säästönä vuositasolla saatavaa 8 miljardia euroa voidaan kaluston osalta pitää hyvänä arviona optimaalisessa tilanteessa, kunnes vaikutukset kyetään laskemaan tarkemmin. Vision osittainen toteutuminen johtaa pienempiin säästöihin. (Laskelmat tarkemmin kohdassa 3.1.2 ja 3.1.4.)

Yksin Helsingin niemellä on nelisenkymmentä tuhatta parkkipaikkaa ja koko pääkaupunkiseudulla autopaikkoja lieene ainakin toista miljoonaa. Valtakunnallisesti 3 miljoonan henkilöauton korvautuminen miljoonalla robottiautolla merkitsee parkkipaikkojen, parkkitalojen ja autotallien lähes täydellistä vapautumista nykyistä tehokkaampaan käyttöön, ja koko kaupunkirakenteen olennaista paranemista. Autojen nyt varaamat tilat ovat käytettävissä viihtyvyyden lisäämiseen, harrastetoimintaan, lähituotantoon ja kaupunkirakenteen tiivistämiseen.

Robottiliikenteeseen siirtyminen säästää merkittävästi työ- ja vapaa-aikaa. Henkilöliikenteen kuljettajien kustannukset säästyvät, ja työssäkäyntimatkat ja työaikaiset matkat voidaan käyttää hyödyllisesti tai viihteellisesti. Lasten ja nuorten nykyistä parempi itsenäinen liikkumisen vapaus lisää myös heidän vanhempiansa liikkumisen vapautta. Näkövammaisia ja muista syistä ajokortittomia, mutta itsenäiseen elämään kykeneviä on Suomessa useita kymmeniä tuhansia, ja robottiautot parantaisivat heidän elinolosuhteitaan huomattavasti.

Kun kaupunkirakenteen tihentymisen edut, lisääntyvä vapaa-aika ja ajamisesta vapautuva työaika sekä vakuutusmaksuin kattamaton osa säästyvistä vahinkokustannuksista lasketaan edes osittain yhteen, on mahdollista jopa kaksinkertaistaa aiemmin laskettu 8 miljardin vuosittainen henkilöautojen robotisoitumisen hyöty. Vapautuvat pääomat voivat olla jopa 100 miljardia.

Risto Linturi

17.5.2013

Mikäli robottiliikenteeseen ei siirrytä yhteiskäyttöisiä autoja suosivalla tavalla, vaan autokannan robotisoituminen etenee autokannan normaalin uusimisen ja yksityisomistuksen kautta, ryhmä näkee kehityksen hyvin ongelmallisena. Ensinnäkin Suomen mahdollisuus toimia paikkatiedon ja liikennejärjestelmien merkittävänä viejänä heikkenee, jos emme kuulu varhaisiin omaksujiin. Toiseksi tässä hitaan etenemisen vaihtoehdossa autokanta jatkaa kasvuaan ja ajosuorite lisääntyy sekä. Vaihtoehtona palveluskenaariolle ei pidetty robottiautojen kieltämistä vaan niiden sallimista yksityiskäyttöön. Koska robottiauton käytettävyyden on nykyisiä autoja vapaampi ja ajon aikana voi työskennellä tai viihdyttää itseään, pidettiin todennäköisenä ajosuoritteiden kasvamista. Koska autot eivät tässä skenaariossa ole yksityiskäytössä, eikä joukkoliikennettä helpottavaa mekanismia ole, positiiviseksi vaikutukseksi jää lähinnä ajoviihtyvyyden ja turvallisuuden lisääntyminen ja mahdollinen liikkumisen tasa-arvon lisääntyminen. Autokannan kasvun ja ruuhkaisuuden ongelmat siis lisääntyvät ja suuret taloudelliset hyödyt ennen kaikkea paikoitustilan säästöstä, kalustotarpeen vähenemisestä, kaluston optimaalisesta käytöstä ja joukkoliikenteen suosimisesta jäävät saavuttamatta.

Ryhmä pitää tärkeänä nopeaa etenemistä kokeiluihin ja jatkotoimien suunnitteluun sekä teknologian huomioonottamista liikennejärjestelmien suunnittelussa, kaavoituksessa ja lainsäädännön nopeaa avaamista kokeiluille ja lainsäädännön valmistelua teknologian laajaa käyttöönottoa silmälläpitäen. Tämä on säästöjen kautta syntyvän kilpailukyyn, kaupunkirakenteen paranemisen, liikkumisen tasa-arvon ja kauppataseen kohentumisen lisäksi tärkeää myös vientikilpailukyyn ja työllisyyden vuoksi. Henkilöautojen robotisaatio on yksi suurista talouden vetureista lähitulevaisuudessa. Suomella on mahdollisuus olla alan parhaiden käytäntöjen koelaboratorio. Nopean omaksujan rooli avaa vientinäköymiä.

2.2 Tavaraliikenteen automatisointi

Logistiikan kustannukset Suomessa ovat EK:n arvion mukaan 30 miljardia euroa. Logistiikan osuus kaikista kustannuksista on lähes kaksinkertainen muuhun Eurooppaan verrattuna. Robotisoitu tavaraliikenne pienentää logistiikan kustannuksia valtakunnallisesti ja lisää siten alueellista tasa-arvoa. Tieliikenteessä suurimmat hyödyt saadaan kaluston tehokkaammasta käytöstä ja työaikasäästöistä.

Urbanin alueen näkökulmasta erityisen kiinnostavia robottiliikenteen kehittämiskohteita ovat ruuhka-aikojen ulkopuolinen jakelualue myymälöihin sekä automatisoitu jakelu myymälöistä suoraan koteihin tai asuinalueilla kävelyetäisyydellä oleviin automaattisiin konttimaisiin noutopisteisiin. Asuinaluekohtaiset noutopisteet voisivat muodostua vanhan kyläkaivon kaltaisiksi koheesiota lisääviksi kohtauspaikoiksi. Sähköisen kaupan vauhdittajana ja liikkumistarpeen vähentäjänä automatisoidut noutopisteet olisivat tehokkaita.

Urbanilla alueella jakelu tukkuliikkeistä kauppoihin hoidetaan nykyään pääosin kuorma- ja pakettiautoilla. Kuljettaja osallistuu tavaroiden kuormaamiseen. Liikenteen kannalta olisi optimaalista, jos autot ajettaisiin ruuhkaisilla alueilla kohteisiinsa ruuhka-ajan ulkopuolella. Autot liikkuisivat joko kokonaan ilman kuljettajaa tai muodostelmassa, jossa muodostelman kuljettaja valvoisi, että kukin auto pääsee reitin varrella olevaan kohteeseensa.

Risto Linturi

17.5.2013

Nykyisin tavarat noudetaan myymälöistä yksilöllisesti. Asiointipisteiden laajat parkkialueet, suuri asiointiliikenne ja ajankäyttö käyvät kaikki tarpeettomiksi, jos etäasioinnin visiot toteutuvat. Myymälöihin voidaan sijoittaa robotteja, jotka kuluttajan kauko-ohjauksessa keräävät tavarat asiakaskohtaiseen laatikkoon, jopa tomaattien kypsyyttä tunnustellen. Tavarat kuljetetaan asiakkaille robottiliikenteen keinoin joko suoraan kotiin tai automatisoituun noutopisteeseen kodin lähistöllä.

Noutopisteenä voi toimia esimerkiksi robotisoitu kontti, ns. rubikin kontti, joka ottaa vakimuotoiset asiakaskohtaiset laatikot säilytykseen ilmoittaen asiasta vastaanottajalle. Kontti luovuttaa tunnisteen perusteella oikean laatikon sitä noutamaan saapuvalle vastaanottajalle. Kontit voivat toimia myös jättöpisteinä.

Kalustona näihin uudistuksiin tarvitaan robotisoituja jakeluautoja. Lyhyen matkan sähköautot sopinevat tarkoitukseen hyvin, koska latausaikaa jää riittävästi matkan kummassakin päässä. Robottikontit ovat teknologinen idea, joka ei sellaisenaan ole erityisen haastava, mutta niillä tulisi olla standardi ja niitä tulisi olla riittävän runsaasti, jotta tavarantoimittajille muodostuisi houkuttelevaksi ryhtyä kokeilemaan uutta toimitustapaa. Kontit tulisi automatisoida siten, että robottiauton olisi tulevaisuudessa mahdollista suorittaa sekä nouto että jakelu robottikonttiin.

Merkittävä osa vähittäiskaupassa käynneistä suoritetaan nykyisin henkilöautolla, ja postimyynnin tilauksetkin noudetaan valtaosin omalla autolla. Jakelu asuinalueen välittömään läheisyyteen vähentäisi liikennesuoritetta olennaisesti, ja keventäisi paikoitustilan tarvetta kauppakeskusten läheisyydessä. Robottiliikenteen yleistyessä paikoitustilan voi tosin muutoinkin arvioida vähenevän, mikäli robottiautot pääosin hankitaan matkakohtaisena palveluna.

Ihmisten ajankäytön kannalta kaupoissa käynti on lähes päivittäistä, ja matkustamiseen käytetty aika merkittävä. Sujuva järjestely ostosten keräilyä ja jakelun osalta voi huomattavasti parantaa monien kauppaliikkeissä kulkemisen rasittamien ihmisten elämänlaatua. Samalla hyvinkin harvinaisille ja uusille tuotteille avautuu sujuva pääsy markkinoille, ja kaupan dynamiikka lisääntyy.

Lumenkuljetus, maansiirrot ja jätteenkuljetus tulisi automatisoida ja siirtää pääosin öiseen aikaan. Lumiaurat voisivat erikoistua omiin alueisiinsa. Mahdollisissa vaaratilanteissa, kun aura tai lunta kuljettava kuorma-auto huomaa odottamattoman esteen, kutsutaan virtuaalisesti paikalle etäkuljettaja selvittämään tilanne kamera- ja tutkakuvien sekä mahdollisen nelikopterikuvan perusteella.

2.3 Autoillen liikkumisen vähentäminen

Henkilö- ja tavaraliikenteen automatisointia ei voi järkevästi tarkastella erillään muusta robotisaatiosta ja etäläsnäolon mahdollisuuksista. Liikkumisen helpottuminen ja liikkumistarpeen vähentäminen ovat saman ongelman erilaisia ratkaisuja. Tietoliikenne on savumerkeistä alkaen vaikuttanut meidän liikkumistarpeisiimme.

Puhelimen ja auton historia on osoittanut kuinka teknologia ja sosiaalinen rakenne ovat toisistaan voimakkaasti riippuvia. Tietoliikenteen ja robotiikan uusilla välineillä

Risto Linturi

17.5.2013

on useita vastaavia teknososiaalisia ulottuvuuksia. Tietoliikenteessä ei aina ole kyse sen enempää automaatiosta kuin mediasta. Puhelin ja nyttemmin Facebook osoittavat, että usein kyse on yhteydestä ja yhteisöllisestä läsnäolosta, vaikka fyysinen sijaintipaikka ei olisi yhteinen. Kännyköiden ja sosiaalisen median on viime aikoina huomattu muuttavan nopeasti erityisesti nuorison liikkumistapoja, elämäntyyliä ja arvomaailmaa.

Puhelin on yli sadan vuoden ajan toiminut asiointivälineenä. Ohjeita on voitu antaa ja ajatuksia vaihtaa matkustamatta. Moniin asioihin puhelin on kuitenkin riittämätön apuväline. Lomakkeiden sähköinen täyttäminen etenee internetin avulla jatkuvasti. Pankkipalveluiden automatisointi osoitti, miten yksittäinen toimiala voi tällä saralla saada suuren toimintatavan muutoksen aikaan nopeasti. Vastaavia mahdollisuuksia on runsaasti, mutta pankkipalveluiden sähköistämisen tavoin tarvitaan määrätietoista asenteiden muutosta, teknologista taitoa ja sopivia insentiivejä. Säästöt voivat olla kansantalouden tasolla merkittäviä ja myönteiset vaikutukset ihmisten valinnanmahdollisuuksiin, ajankäyttöön ja liikkumisen vapautteen suuria.

Toistaiseksi sähköisten palveluiden kehittämisessä on tavallisimmin pyritty vähentämään palveluun kuluvaan työaikaan siirtämällä tehtäviä itsepalveluiksi. Kun tavoitteeksi otetaan tarpeettoman liikkumisen poistaminen ja virtuaalisten läsnäolomahdollisuuksien lisääminen, saadaan aikaan uudenlaisia ratkaisuja. Palveluneuvoja voi auttaa, vaikka ei olisi fyysisesti läsnä. Tavoitteeksi voidaan hyvin ottaa kaikkien tiskipalveluiden lopettaminen ja niiden korvaaminen virtuaaliskeillä, joiden käyttäjille tarjotaan konsultatiivista apua. Käyttöliittymän tulee kuitenkin ominaisuuksiltaan vastata tiskipalveluita, eikä tässä tavoitella työaikasäästöjä vaan säästöjä tila- ja matkakustannuksissa, kuten on toimittu puhelinpalveluissa.

Neuvonta- ja asiantuntemustarve on tyypillisesti lisännyt työmatkoja. Virtuaalilasien avulla tilanteen näkevä asiantuntemus on aina olan takana, ja asiantuntija voi tarvittaessa antaa opastusta virtuaalisesti kädestä pitäen, näyttäen virtuaalilasien kautta käytännössä, mihin kulloinkin tulee huomio kiinnittää, olematta silti itse paikalla. Asiantuntijoiden matkustustarvetta vähentävät olennaisesti myös kauko-ohjattavat robotit, joita jo kokeillaan teollisuuden lisäksi myös terveydenhoidossa, opetuksessa ja kokouksissa. Robotit sallivat käyttäjän liikkumisen fyysisestä läsnäoloa muistuttavalla tavalla. Huomion voi oman valinnan mukaan kohdistaa haluamiinsa asioihin tai ihmisiin. Robotin ominaisuuksista riippuen tavaroihin voi myös tarttua ja siirtää niitä. Etätöihin tulee uusi ulottuvuus.

Opetus generoi päivittäin suuren liikkumistarpeen. Opetuksen osittainenkin virtualisointi esimerkiksi Khan Academy -mallin mukaan voi sekä parantaa opetuksen laatua monilla uusilla oppimisen alueilla, että tehostaa tilojen käyttöä ja vähentää liikkumisen tarvetta merkittävästi.

Vapaa-ajan ja etäläsnäolon yhdistelmät voivat sekä vähentää liikkumistarvetta että rikastuttaa inhimillistä elämää virtuaalimatkaillen, henkilökohtaisten taide-esitysten ja virtuaaliurheilun alueilla. Näitä toimintoja tukevia yhteisiä virtuaalitiloja voidaan perustaa robottiliikenteen vapauttamiin kellareihin ja ne voivat tehokkaasti monipuolistaa asuinalueiden palvelutarjontaa ja lisätä koheesiota huomattavasti urheilukenttiä ja perinteistä kulttuuritarjontaa pienemmin kustannuksin.

Risto Linturi

17.5.2013

Terveydenhoidon alueella etädiagnostiikan ja robottivusteisen kuntoutuksen merkitys kasvaa, kuten myös erityisesti vanhustenhoidossa etäläsnäolon ja robottivusteisen keittiön ja lääkehuollon merkitys. Itsediagnostiikan ja itsehoidon mahdollisuudet kasvavat jatkuvasti. Etäläsnäolon ja etämittausten sekä itsediagnostiikan keinoin hoidon tarve ja hoito voivat nykyistä paremmin kohdata toisensa matkustustarvetta vähentävällä ja hyödyllisiä suoritteita lisäävällä tavalla.

Ratkaisumalleja ovat esidiagnostiset palvelut internetissä, henkilökohtaiset mittalaitteet ja analysaattorit sekä lääkärin konsultaatiot etiäisen tai videoneuvottelun keinoin potilaan ollessa kotona tai terveydenhoitajan luona. Vision ääripäässä on mittalaite, jonka suorittaman tunnistuksen perusteella apteekki voisi antaa lääkityksen ilman lääkärillä käyntiä tai puhelinreseptiä niissä tapauksissa, joissa tämä voidaan tehdä riittävän riskittömästi.

Virtuaalitodellisuuden uusimpien sovellusten ja 3D-tulostuksen avulla pienissäkin taajamissa ja lähiöissä voidaan tarjota hyvin monipuolisia kaupassakäynnin kokemuksia. Paikallisissa virtuaaliloissa tunnistetaan automaattisesti asiakkaan mitat, valitaan asiakkaalle sopivat vaatteet, huonekalut, tarvikkeet tai työkalut, ja näytetään asiakkaalle vaihtoehtot käyttötilanteissa digitaalipeilin avulla. Tavaroiden tuntu voidaan kokeilla ja vaatteet nähdä peilistä, vaikkei niitä vielä ole valmistettu. Mahdollisuuksien mukaan tavarat valmistetaan paikan päällä 3D-tulostimilla tai tilataan mittaan valmistettavat tuotteet ja toimitetaan ne asiakkaalle. Virtuaalimyymälässä voi myös olla mahdollisuus ohjata kauempana olevissa kaupoissa olevia ostosrobotteja, jotka keräävät myymälätarvikkeita ostoskoriin asiakkaan kotiin toimitettavaksi.

Kaikkien näiden yhteisvaikutuksena merkittävä osa liikkumistarpeesta voidaan poistaa samalla laajentaen ihmisten valinnanmahdollisuuksia ja lisäten lähiyhteisön koheesiota nykyisiin urbaanin alueen nukkumalähiöihin tai syrjäkyliin verrattuna.

Etäläsnäolon haittavaikutuksina osa ihmisistä voi kuitenkin erakoitua. Teknologiaa osaamattomat voivat ajautua palveluiden ulkopuolelle ja yhteiskunnan riippuvuus koneista voi kasvaa tavalla, joka lisää riskejä häiriötilanteissa. Ongelmat tulee minimoida tavalla, joka ei estä hyötyjä toteutumasta.

Risto Linturi

17.5.2013

3 Teknologia katsaus

3.1 Robottiautojen nykytilanne ja lähitulevaisuus

Robottiautona pidetään tässä tekstissä autoa, joka ilman kuljettajan apua ohjaa auton valittavissa olevaan kohteeseen käyttäen kartta- ja anturitietoja. Yleisimmin käytetyt englanninkieliset termit robottiautolle ovat "Self Driving Car", "Driverless Car" ja "Autonomous Car". Osittaisista ratkaisuksista käytetään usein termiä "Assisted driving", kun robotti hoitaa vain osan ajamisesta tai ajamisen ainoastaan rajatuissa tilanteissa. Suomeksi on puhuttu tietokoneohjatusta autosta, itse itseään ajavasta autosta ja robottiautosta, joista viimeisin on mediassa ollut suosituin. Puhekieleen nämä kaikki ovat liian pitkiä, kun asia arkistuu.

3.1.1 Robottiautojen historia

Ensimmäinen magneettijuovan seuraamiseen perustuva koe, Futurama on vuodelta 1939. Seuraava merkittävä hanke, konenäön vuonna 1980 ohjaama Mercedes-Benz, rohkaisi EU Komission antamaan 800 miljoonan euron rahoituksen EUREKA Prometheus -projektille http://en.wikipedia.org/wiki/EUREKA_Prometheus_Project vuosille 1987-1995. Projektin saavutuksena kaksi robottiautoa ajoi vuonna 1994 tuhat kilometriä monikaistaisen moottoritien normaalin liikennekuorman seassa yltäen 130 km/h tuntinopeuksiin ja vuonna 1995 jo puolitoistatuhatta kilometriä, Münchenistä Kööpenhaminaan, kuljettajan puuttuessa ajamiseen keskimäärin 9 kilometrin välein. Mainittava on myös eurooppalainen ARGO-projekti, jossa kahden halvan videokameran avulla ohjattu auto ajoi vuonna 1996 kaksituhatta kilometriä keskimäärin 90km/h nopeudella pisimmän yhtenäisen autonomisen jakson ollessa 54 kilometriä.

USA:n DARPA rahoitti myös robottiautohankkeita 1980-luvulta alkaen. DARPAN 2004 alkaen rahoittama Grand Challenge http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge ja 2007 Urban Challenge ovat kilpailuja, joissa robottiautot navigoivat itsenäisesti annettuun maaliin, Grand Challenge kilpailussa maastossa ja Urban Challenge-kilpailussa tyhjässä urbaanissa ympäristössä. Kilpailut ovat kiihdyttäneet robottiautojen kehitystä. Palkinnot kolmelle ensimmäiselle ovat kummassakin kilpailussa olleet 2, 1, ja 0.5 miljoonaa dollaria. Sadat joukkueet ovat osallistuneet kilpailuihin.

Nyt robottiautot ovat saaneet kokeilulisenssejä useissa USAn osavaltioissa, ja kokeilut ovat ainakin toistaiseksi edenneet suotuisasti. <http://ideas.time.com/2013/01/14/will-self-driving-cars-change-the-rules-of-the-road/> Robottiautojen teknologia alkaa nyt vakiintua. Eri valmistajien koeratkaisut muistuttavat jo selkeästi toisiaan. http://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_car

Risto Linturi

17.5.2013

3.1.2 NykYTEknologia tuotannossa olevissa autoissa

Nykyiset autot eivät vielä saa ohjata itseään liikennevirrassa ilman kuljettajan apua, mutta monissa autoissa on yksittäisiä robottiautomaaisia piirteitä. Ainakin kolmessakymmenessä eri automallissa on liikennevirran nopeuteen sopeutuva "vakionopeuden säädin". Useissa autoissa on myös kaistallapysymisen tuki, joka joko varoittaa keski- ja reunaviivoista tai jopa pyrkii pitämään auton kaistalla. Tämän lisäksi useissa autoissa on parkkiavustin, joka suorittaa parkkeerauksen itsenäisesti. Tässä suhteessa edistyksellisiä ovat Toyota, BMW, Lexus ja Volkswagen. Nämä ominaisuudet edellyttävät, että ajotietokone kykenee hallitsemaan kaasun, jarrun ja ohjauspyörän. Tämän lisäksi ominaisuudet edellyttävät tutkan tai jonkin muun etäisyyttä tunnistavan järjestelmän. Nykyisiä autoja on modifioitu robottiautoiksi kohtuullisen vähäisinkin kustannuksin.

3.1.3 Googlen "Self Driving Car" ja muut meneillään olevat itsenäiset projektit

Googlen robottiautoprojekti on tuloksiltaan tämänhetkisistä projekteista edistynein. <http://www.mechanicalengineeringblog.com/tag/google-driverless-car/> Projektin johdossa on DARPA:n vuoden 2005 robottiautokilpailun voittaja ja Street View-järjestelmän toinen kehittäjä Sebastian Thrun ja projekti työllistää ainakin 15 kehittäjää. Näiden varustamana kuusi Toyota Priusta, kolme Lexusta ja yksi Audi on varustettu itse itseään ajaviksi. Autot ovat mm. ajaneet San Fransiscon kuuluisan tiukasti mutkittelevan Lombard-kadun ja monia muita vaikeina pidettyjä reittejä. Maaliskuussa 2013 ryhmä ilmoitti autojen ajaneen kolareitta 500 tuhatta mailia (800 tuhatta kilometriä) ja että näitä autoja on tusinan verran liikenteessä kaiken aikaa.

Googlen tarkoituksena on lisensoida teknologia ja sen taustalla oleva paikkatieto autoteollisuudelle. Tässä kannattaa huomata, että Googlen kamera-autot ovat ajaneet suurin määrin jo vuosien ajan maailman teillä keräten koko ajan tarkkaa 3D-aineistoa omiin tietokantoihinsa. Tämänhetkinen hinta Googlen omien testiautojen lisävarusteille lienee yli sata tuhatta euroa. Arvokkain yksittäinen komponentti on LIDAR, eli lasertutka. Googlen käyttämässä Velodynen LIDAR-järjestelmässä on 64 laseria. <http://content.usatoday.com/communities/driveon/post/2012/06/google-discloses-costs-of-its-driverless-car-tests/1#.UP0UeCcJ7ng>

Risto Linturi

17.5.2013



Kuva: Steve Jurvetson, Creative Commons

Yksinkertaisempia LIDAR-järjestelmiä on jo saatavilla huomattavan edullisesti. Eräs komponenttivalmistaja ilmoittaa sitoutuneensa myymään LIDAR-järjestelmiä 250 euron kappalehintaan nimeltä mainitsemattoman saksalaisen autonvalmistajan tilauksesta. <http://www.driverlesscarhq.com/driverless-car-summit-day-2-lidar-to-cost-250-by-2014/> Komponenttien hinnan arvellaan laskevan sekä teknologian kehittyessä että tuotantovolyymien kasvaessa, kuten elektroniikan kehityksessä on tyypillistä. Esimerkkinä lähitulevaisuuden kehityksestä on linsittön 3D-kamerateknologia, josta ennakoitaan edullisinta ratkaisua robottiautojen törmäyksenestoon ja navigoinnin tarvitsemaan 3D-hahmotukseen. http://nextbigfuture.com/2013/01/shrinking-sensors-and-electronics-for.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+blogspot%2Fadvancednano+%28nextbigfuture%29&m=1

Liitteenä oleva video kuvaa hyvin Googlen projektin nykytilan. Auto selviää normaalia ihmistä sujuvammin sekä rata-ajosta että moottoritielle saapuvasta rampista ja kaupunkien risteysliikennekin sujuu hyvin. <http://www.youtube.com/watch?v=J17Qgc4a8xY>

Google ilmoitti 2012 laajentavansa testejä tilapäisten liikennemerkkien alueille ja lumiolosuhteisiin. <http://idealab.talkingpointsmemo.com/2012/08/googles-self-driving-cars-log-300000-miles-next-up-snow-work-commutes.php>, <http://www.extremetech.com/extreme/134262-self-driving-google-cars-300000-miles-0-crashes-if-only-your-pc-was-as-stable>

Risto Linturi

17.5.2013

3.1.4 Autoteollisuuden projektit, julkistukset ja arviot

BMW on kehittänyt robottiauto-ominaisuutta vuodesta 2005. Teknologioita on jo siirretty sarjavalmistisiin malleihin. Uusimmassa mallissa auto mm. tunnistaa ihmisen tai eläimen infrapunatutkan avulla jo kaukovaloja etäämmältä ja suuntaa valot kulkijaa kohden.

Saksalainen suuri autoteollisuuden alihankkija, Continental on pitkällä kehitystyössään ja sai osittain autonomiselle autolleen Nevadan ajokortin 2012 joulukuussa. Continental ilmoittaa robottiauton teknologian kehitykseen osallistuvien työntekijöidensä määräksi 1300 henkeä, ja odottaa viiden vuoden kuluessa miljardin euron liikevaihtoa alueelta. <http://wardsauto.com/vehicles-amp-technology/continental-moving-autonomous-driving-forward>, <http://www.greencarcongress.com/2012/12/conti-20121220.html>

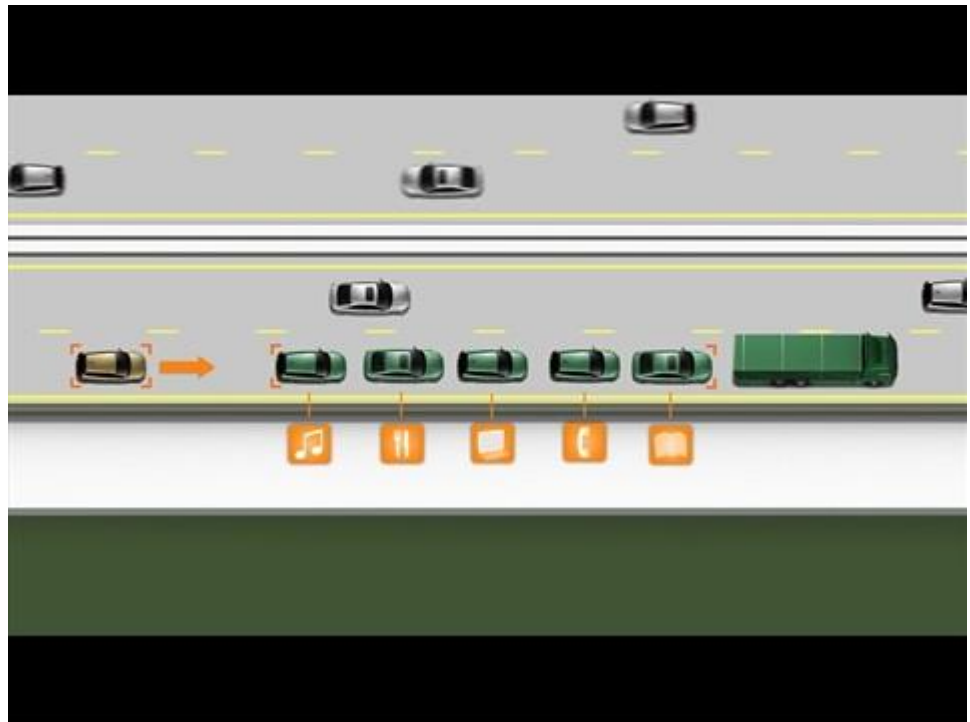
General Motors on ilmoittanut aloittavansa robottiautonsa testit 2015. Kiinnostavin hanke on EN-V, robottisähköautoprojekti urbaaneille alueille. 2011 GM:n tutkimusjohtaja Alan Taub sanoi yhtiön pyrkivän tuomaan puoliautomaattiset autot markkinoille 2015 ja kokonaan automaattisen auton 2020.

2010 Audin kokeellinen robottiauto, Audi TTS ajoi haastavan vuoristoisen Pike's Peak -kilpailuradan 27 minuutissa, lähes kilpa-ajonopeuksilla.

<http://www.cleanmpg.com/forums/showthread.php?t=36433>

2011 Volvo ryhtyi kehittämään lähes autonomista järjestelmää, jossa autot ryhmittyvät junaksi tarkoituksena tarjota järjestelmä autoihin integroitavaksi vuoteen 2020 mennessä. Taustalla on Sartre-projekti. Autojuna on jo testattu Euroopan moottoriteillä onnistuneesti. Volvo kehittää myös itsenäistä teknologiaa. Volvo lupaa jo 2014 auton, joka kykenee autonomiseen toimintaan hiljaisilla nopeuksilla ja 2020 mennessä auton, joka aktiivisesti estää onnettomuudet.

<http://www.engadget.com/2012/12/03/volvo-self-driving-cars-2014/>



Muodostelma-ajo, Sartre-hanke, kuva Marcus Bengtsson, creative commons

Volkswagen testaa parhaillaan automaattista järjestelmää (TAP), joka sallii auton toimia täysin itsenäisesti 80 kilometrin tuntinopeuteen saakka maantieolosuhteissa.

2011 Mercedes-Benz julkaisi, että mallivuoden 2013 S-luokan autoissa on autonominen ohjausjärjestelmä 40 kilometrin tuntinopeuteen saakka, joka on tarkoitettu ruuhkatilanteisiin. Järjestelmä käyttää kamera- ja tutkajärjestelmien yhdistelmää määrittääkseen etäisyyden edellä ajavaan autoon. Aikataulua on siirretty vastuukysymyksiin vedoten, mutta teknologia on valmiiksi kehitetty.
<http://www.roadandtrack.com/future-cars/first-looks/new-car-tech-2014-mercedes-benz-s-class>

2012 Audi julkaisi tuovansa markkinoille ruuhka-ajoon tarkoitetun autonomisen auton, joka toimisi 50 kilometrin tuntinopeuksiin saakka. Tuote tulee markkinoille ennen vuotta 2014. Audi A7 esiteltiin CES-näyttelyssä ja sen LIDAR-järjestelmä sijaitsee auton etusäleikössä. Auto saapui itsenäisesti parkkihallista hotellin eteen. Autopilotin aikataulusta Audin toimitusjohtaja Rupert Stadler sanoo: "We are assuming that a series-built vehicle with a piloted driving function will be technically feasible this decade."
http://www.volkswagengroupamerica.com/newsroom/2013/01/28_Audi_CEO_Rupert_Stadler.html

2012 Cadillac ilmoitti tuovansa puoliautomaattisen ohjauksen nimeltään "Super Cruise". Markkinoille tämä on odotettavissa vuosikymmenen puolivälissä.

Risto Linturi

17.5.2013

2012 Nissan esitteli autonomisen NSC-2015 sähköauton prototyypin ja lupaa robottiauton markkinoille 2020. Nissanin johto uskoo sähköautot ja robottiautot tulevaisuuden tärkeimmiksi kehityssuunniksi autoilussa.

2013 Toyota esitteli osittain itseohjaavan Prius-mallin ja Lexus-mallin, jossa on 360 asteen LIDAR esteiden havaitsemiseen, tarkkuuskamerajärjestelmä liikennemerkkien ja vastaantulevan liikenteen tunnistamiseen, tutkajärjestelmä, etäisyyden ja nopeuden mittaimet, kiihtyvyyssmittain ja GPS. Toyota julkisti myös ITS-nimisen autojen keskinäisen sekä autojen ja ympäristön välisen viestintäjärjestelmän. Toyotan LIDAR-järjestelmä on katolla.

<http://www.engineeringontheedge.com/2013/01/autonomous-cars-hit-the-road-at-ces/>

KPMG on tehnyt oman selvityksensä aiheesta ja suosittelee nopeita toimia.

<https://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/s-elf-driving-cars-next-revolution.pdf>

3.2 Raskaan maantieliikenteen robotisointiin liittyvä kehitys

Raskaan maantieliikenteen kustannukset syntyvät kuljettajan lisäksi merkittävästi kaluston ja kuorman matkan aikaisista pääomakustannuksista ja polttoainekustannuksista sekä tiestöstä ja haitoista. Teknisesti itse ajavan auton teknologiaa on suunniteltu käytettäväksi näihin kaikkiin.

Volvon projektissa robottiautojen letka vähentää testitulosten mukaan 20% polttoaineenkulutuksesta. Lisäksi muodostelmaan liittyvien autojen kuljettajat voivat ajamisen sijaan keskittyä muihin tehtäviin. Muodostelma-ajoa on kehitetty vuosien ajan EU-hankkeissa ja ajoa on testattu käytännön tilanteissa moottoritieolosuhteissa.

https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=bPnyAlugG8

Volvon 2020 konseptirekka pyrkii tämänkaltaiseen automaattiajioon ja nokka on pieniä törmäyksiä sietävä. <http://rumors.automobilemag.com/2020-volvo-trucks-to-drive-self-soft-front-bumper-to-cushion-headon-crashes-3499.html#axzz2JNS3NL2K>

Myös Scania kehittää robottirekkojen ajoa, jossa yksi kuljettaja riittäisi koko letkalle.

<http://newsroom.scania.com/en-group/2011/06/16/better-traffic-flow-with-self-driving-truck/>

Lockheed Martin on kehittänyt sotilaskäyttöön järjestelmän, jossa yhden valvojan avulla jopa 25 sotilaskuorma-autoa liikkuu muodostelmassa tai hajalleen reititetynä.

<http://www.9news.com/news/article/200232/188/New-Lockheed-Martin-system-turns-trucks-into-drones>

Automaattisesti maastossa liikkuvia raskaita kuorma-autoja ja maansiirtokoneita on käytetty teollisuudessa jo kauan. Tarkemmissa tehtävissä nämä ovat usein kauko-ohjattavia. <http://www.womp-int.com/story/2010vol01/story026.htm>

Risto Linturi

17.5.2013

3.3 Muiden liikkuvien robottien nykytila ja lähitulevaisuus

Henkilö- ja tavarakuljettimien kehityksellä on merkittävä vaikutus rakennettuun ympäristöön. Nykyisellään esteettömyys asettaa omat vaatimuksensa rakentamiselle, samoin yksityisautoilu, tavaraliikenne ja joukkoliikenne. Liikkumiseen ja tavaroiden siirtämiseen käytettyjen välineiden muuttuminen johtaa näiden käytäntöjen osalta tarpeeseen harkita rakenteet uudelleen.

3.3.1 Henkilöliikuttimet

Umpikoriset ja avoimet puolen kaistan henkilöliikuttimet tasapainottavat itsensä, ovat yhä edullisempia ja kätevämpiä kaupunkiolosuhteissa. Suomessa kielletty, mutta muualla maailmassa yleinen Segway on hyvä esimerkki.

http://en.wikipedia.org/wiki/Segway_PT Kevyt ja hyvin vähällä energialla liikkuva, helposti käytettävä laite liikkuu keskimääräisellä kaupunkiliikenteen nopeudella ja on hyvin edullinen. Segwayn esimerkkiä ja teknologista kehitystä seuraten markkinoille on tulossa useita kevyitä yksipyöräisiä henkilöliikuttimia. Lupaavin esimerkki on Solowheel, joka noin puolentoista tuhannen euron hinnalla liikkuu 20 kilometrin tuntinopeudella yhdellä latauksella 15 kilometrin matkan ja 11kg painoisena kulkee raskaan salkun tavoin mukana joukkoliikennevälineissä. <http://solowheel.com/>



Robottijalat auttavat heikkojalkaisia huomattavasti paremmalla tavalla kuin pyörätuoli tai rollaattori, ja ovat heikosti liikkuville jo kaupallisesti saatavilla Japanissa noin kahden tuhannen euron kuukausivuokraa vastaan.

http://www.youtube.com/watch?v=B_k30yeCk4c&feature=player_embedded

Teknologian voi odottaa halpenevan nopeasti ja siitä voi toivoa osaratkaisua liikuntavammaisten ja vanhusten avustamisen ja kuljetuskustannusten jatkuvaan kasvuun. Robottijalkoja on jo käytössä myös alaraajahalvauspotilailla. Nämä välineet auttavat myös tervejalkaisia kantamaan raskaita taakkoja pitkiä matkoja.

<http://futurepredictions.com/2011/03/future-predictions-universal-load-carrier-from-wheel-chair-to-full-mobility-human-exoskeletons-allow-millions-to-walk/>

Risto Linturi

17.5.2013

3.3.2 Kävelevät tavarankuljettimet

Kävelevien kaksijalkaisten ja nelijalkaisten robottien kehitys on edennyt vaiheeseen, jossa etenkin nelijalkaiset laitteet toimivat jo epätasaisessa maastossa ja kykenevät hyvään etenemisnopeuteen raskaallakin kuormalla. Lyhyen ajan sisällä voidaan pitää lähes varmana, että robotit kykenevät kuljettamaan sekä ihmisiä että tavaroita normaalissa ihmisen rakentamassa ympäristössä mukaan lukien portaikot ja epätasainen maasto. Kehitys on ollut nopeaa viimeisen kymmenen vuoden aikana.
http://www.youtube.com/watch?v=ln_jaXAxsgs

3.3.3 Työkoneet

Autonomisten työkoneiden ja tavarankuljettimien lisäksi teollisuudessa ja logistiikassa käytetään yhä useammin puoliautomaattisia ja osin kauko-ohjattavia laitteita. Näistä on henkilötyösäästöjen lisäksi useita muita hyötyjä.

Esimerkiksi Rio Tinto hankki 2011 kaivosteollisuuden käyttöön 150 raskasta itse ajavaa kuorma-autoa. <http://www.rttnews.com/1749040/rio-tinto-to-buy-150-driverless-trucks-from-komatsu-update.aspx>.

Navitecin referensseissä mm. Sandvik miningin kanssa kehitetty vastaavia itseohjautuvia järjestelmiä, joissa tarkkuutta vaativat vaiheet suoritetaan etäohjauksessa.

http://www.navitec.fi/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=5&lang=fi

Esimerkkejä vihivaunuista, muista automaattisista tavarankuljettimista ja kauko-ohjattavista roboteista löytyy lähes kaikilta teollisuuden aloilta.

3.3.4 Lentävät laitteet

Tavarankuljetuksessa, henkilöliikenteessä ja valvonnassa ilmatilaa on käytetty vain hyvin rajallisesti. Uusia mahdollisuuksia avautuu nyt sekä nelikoptereiden nopean kehityksen vuoksi että materiaalien keventymisen salliessa aurinkovoimalla toimivien laitteiden jatkuvan toiminnan ilmatilassa laskeutumatta.

Nelikoptereiden ja muiden monikoptereiden kehitys on edennyt nopeasti viimeisten kolmen vuoden aikana. <http://en.wikipedia.org/wiki/Quadrotor> Edullisin kameralla ja kännykkäyhteydellä automaattisesti lentävä nelikopteri maksaa 50 dollaria. <http://www.geekosystem.com/mecam-personal-quadcopter/> Kehitysnopeuteen vaikuttaa kevyiden ja lujien materiaalien kehitys, algoritmien ja elektroniikan kehitys sekä avoimen koodin hankkeet. Laitteet kykenevät nykyisen akkuteknologian avulla lentämään sähkökäyttöisesti kuorman kanssa tyypillisesti noin kymmenen minuuttia, mutta ennätys on jopa kymmenen tuntia.
<http://robotics.stackexchange.com/questions/554/quadcopter-lipo-battery-weight-capacity-trade-off>

Melko pieni monikopteri kykenee siirtämään useiden kilojen kokoisen kuorman
<http://www.youtube.com/watch?v=bB4AGymyU1Q>,
<http://www.youtube.com/watch?v=X7QWYlmePCI> ja hyvin kevytrakenteinen,

Risto Linturi

17.5.2013

hieman suurempi laite myös ihmisen. Polttomoottorikäyttöisten monikoptereiden kehityksessä pisimmällä on Moller, jonka laitteen (teoreettinen) lentomatka on noin tuhat kilometriä yhdellä tankkauksella ja hyötykuorma 500kg. Laite voi laskeutua lentopallokentän kokoiselle alueelle esimerkiksi rakennuksen katolle. Matkalento tapahtuu aerodynaamisesti. Leijumistetit on suoritettu, mutta matkalentoa ei vielä ole demonstroitu ja tiedot perustuvat laskennallisiin suoritusarvoihin ja tuulitunnelikokeisiin. <http://moller.com/dev/>

3.4 Muiden etäsuorittamisen ja etäpalveluiden sekä itsenäisen tekemisen teknologioiden nykytila

Henkilö- ja tavaralogistiikan tehostaminen on yksi teknologisen kehityksen seuraus. Sen merkitystä ei voi arvioida pätevästi tarkastelematta samanaikaisesti liikkumistarpeen vähentämiseen ja lähivalmistukseen liittyviä ratkaisuja. Näihin kuuluvat keskeisinä tietoliikenteen avulla hoidetut vuorovaikutustilanteet, kauko-ohjattavat työ- ja valvontalaitteet sekä tavaroiden valmistus, valinta ja siirtäminen tavara- ja henkilölogistiikan tarvetta vähentävin tavoin.

3.4.1 Läsnaolon ja vuorovaikutuspalveluiden digitalisointi

Useat case-esimerkit osoittavat jo nykyisen tasoisten videoneuvottelutekniikoiden sisäisen käytön vähentävän isojen organisaatioiden henkilökunnan omaa liikkumistarvetta 20%. Yhdistettynä kerättyyn paikkatietoon ja paikkatietokantoihin, ja asiakaspalveluun, säästöt ovat monissa tehtävissä huomattavasti suurempiakin.

Videoneuvottelutilanteita voidaan parantaa yhdistämällä esimerkiksi kaksi tilaa pysyvästi toisiinsa virtuaalisinällä. Tällaisia matkustamistarvetta vähentäviä kohtauspaikkoja, joissa esimerkiksi kahvipöydän ääressä voisi kohdata toisen paikkakunnan kahvipöydässä istuvia henkilöitä mahdollisimman luonnollisen kokoisina ja samalla selata yhteisiä internetissä olevia dokumentteja, tulisi kokeilla ensin organisaatioiden sisäisinä ja myöhemmin avoimina palveluina.

Asiointipalveluiden virtualisoinnissa matka-ajan säästöt ovat suurimmat. Viranomastyönä laadittu Yhteispalvelun etäpalveluprojektin loppuraportti kuvaa seikkaperäisesti vaatimuksia ja toteutustapoja, joilla etäpalveluiden hyötyjä saataisiin julkishallinnossa laajasti jalkautetuksi ennen kaikkea asiointipalveluiden toteuttamisessa, liikkumistarvetta ja tilantarpeita vähentäen ja nykytekniikan vaatimukset huomioon ottaen. http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyk/asiakaspalvelut/etapalvelu/Documents/Liite%202.%20Et%C3%A4palveluprojekti_loppuraportti-final-20100111.pdf

Suurten näyttöjen yleistymisen ja erityisesti kosketusnäytöt tekevät videoteitse toteutetut asiointipalvelut hyvin samankaltaisiksi kuin nykyiset samanaikaisia kohtaamista edellyttävät fyysiset tiskipalvelut. Edellä mainitussa etäpalvelun loppuraportissa teknologian hyväksymisen edellytyksenä on pidetty palvelutilannetta avustavan palvelusihteerin fyysistä läsnäoloa. Tämä ei kosketusnäyttöisissä suuren kuva-alan järjestelmissä jatkossa liene välttämätöntä, jos järjestelmät ohjelmoidaan helpoiksi käynnistää ja, jos palveluneuvoja voi etäyhteydellä nähdä käyttäjän toimet ja avustaa niissä, kuten olisi paikalla.

Risto Linturi

17.5.2013

Teknologian puolesta esimerkiksi vanhainkoteihin voisi asentaa palvelutiskejä, joiden ääreen voisi istua ja painaa ruudulla terveydenhoitajan, pankin, Kelan tai muun palvelun nappia ja palvelutiski palveluhenkilöineen ja tarvittavine lomakkeineen ilmestyisi pöydälle ja tiskin taakse hyvin luontevalla tavalla.

<http://www.youtube.com/watch?v=C4LbAUa4ZwY&list=PL2B8C6AB94E8259C6>

Ciscon digitaalista vaatekauppaa esittävä video kuvaa, kuinka vaatekauppa voisi olla jokaisessa lähiössä, ja kuinka mallivalikoima voisi olla käytännössä rajaton, tarvitsematta suurta myymälätilaa. Joissakin vaatekaupoissa on jo osin kuvatus kaltaista teknologiaa käytössä mittojen ottamiseen, ja esimerkiksi silmälasiliikkeissä sopivien lasien etsimiseen, mutta yhdistettynä robotiikkaan, voidaan vuosikymmenen loppuun mennessä jo kaupallisella tasolla päästä tässä kuvatus kaltaiseen toimintamalliin. <http://www.youtube.com/watch?v=jDi0FNcaock>.

Edullisen Kinectin kanssa toteutettu nykytekniikkakin on jo lähes käyttökelpoista:

<http://www.youtube.com/watch?v=UhOzN2z3wtI>

3.4.2 Etiäistyyppiset ratkaisut, etäohjaus ja etäopastus

Yrityksissä ja julkishallinnossa kokoukset aiheuttavat merkittävän osan liikkumistarpeesta. Videoneuvottelut ovat lisääntymään päin, mutta kasvu on ollut hyvin hidasta potentiaaliin nähden. Yksi hitaan leviämisen syy lienee epäluonnollinen tai hankalasti käynnistettävä vuorovaikutustilanne.

Etiäiset (avatar) ovat robotteja, joiden käyttäjä näkee etiäisen ympäristön ja kykenee liikuttamaan etiäistä. Etiäinen näyttää käyttäjänsä lähettämää kuvaa ja käyttäjän ääni kuuluu etiöiden kaiuttimesta. Etiäinen poikkeaa videoneuvottelusta siten, että se on käyttäjänsä ohjattavissa ja voi siirtyä paikasta toiseen ja kohdistaa huomionsa haluamaansa asiaan tai ihmiseen. Kaikkiin neuvottelutiloihin tulisi varata etiäisiä, jotka olisivat varattavissa kokousosallistumisiin. Etiäisiä tulisi varata myös henkilökohtaisiin tapaamisiin ja käytäväkohtaamisiin.

Useissa suosittavissa tehtävissä robotiikka on hyödyllinen apuväline vaikka tehtävää ei voisi automatisoida. Mikäli robotin ympäristö välitetään ihmiselle tietoliikenneteitse, ihminen voi ohjata robottia joko jatkuvasti tai ainoastaan hankalissa tilanteissa. Esimerkiksi robottitrukki voi huolehtia siirtymisistä itsenäisesti ja ihminen kauko-ohjaa robottia vain hankalissa nostotilanteissa. Toisaalta robotin erilainen mittakaava ja robottiin ohjelmoitavat varmistukset tekevät esimerkiksi aivokirurgiasta nykyään huomattavasti aiempaa turvallisempaa. Kirurgi ohjaa robottia ja robotti suorittaa varsinaisen leikkauksen mittakaavassa, jossa kirurgin kädet eivät kykene riittävän tarkkaan toimintaan.

<http://www.youtube.com/watch?v=p1GVXsDtnRM> Ihmisten ei tarvitse sijaita samassa paikassa robotin kanssa. FDA on esimerkiksi hyväksynyt tämänkaltaisen robotin lääkärin välineeksi potilaskäynneille, joissa potilas siis näkee ainoastaan havaintoja tekevän robotin ja lääkärin ruudun välityksellä.

<http://www.medicalnewstoday.com/articles/255457.php>

Hyödyt saattavat siis tulla henkilötyöajan säästöistä, säästyneestä matka-ajasta tai parantuneesta vasteajasta, pienentyneistä riskeistä ja parantuneesta tarkkuudesta sekä muutoin tehtävään ihmistä paremmin soveltuvista ominaisuuksista.

Risto Linturi

17.5.2013

Monet markkinoille tuloillaan olevat laajennetun todellisuuden välineet tarjoavat etäohjaukselle tärkeän uuden ulottuvuuden. Ohjattavana voi koneen sijaan olla ihminen ja ohjaajana joko kone tai ihminen. Ohjattavan ihmisen näkökenttä voi välittyä ohjaajalle, joka voi sitten esimerkiksi käsillään näyttää, mitä ohjattavan tulisi tehdä. Ohjattava näkee tällöin ohjaajan kädet omassa näkökentässään fyysisen maailman laajennuksena ja voi sitten matkia virtuaalisia käden liikkeitä omillaan. Mestarin ei tarvitse seurata harjoittelijaa ja etäopastuksen avulla sama henkilö voi suorittaa monen asiantuntemusalan tehtävät, jos apu on puhelimen päässä.

http://en.wikipedia.org/wiki/Project_Glass

Laajennetulla todellisuudella on valtavan suuri potentiaali asiantuntijatiedon välittämisen lisäksi koneen valmentamassa opetuksessa. Kun kone tunnistaa opetettavan ihmisen katseen kohteen ja voi näyttää, kuinka tulisi toimia, voi esimerkiksi pianonsoiton oppiminen tai tanssinopetus sujua nykyisestä täysin poikkeavalla tavalla. Oppilas siirtää kätensä ja jalkansa virtuaalisen hahmon mukana ja näkee poikkeamat. Tämän lisäksi laajennettu todellisuus voi myös auttaa havainnoimaan ja tunnistamaan muissa ihmisissä, luonnossa ja rakennetussa ympäristössä asioita, joita aiemmin tunnisti vain harjaantunut ammattilainen.

3.4.3 Etämittaaminen ja valvonta, etämanipulointi

Ympäristön seuraaminen etenee suurin harppauksin. Satelliittikamerat yleistyvät nopeasti, mutta tulevaisuuden suuriin valvontalupauksiin kuuluvat myös jatkuvasti aurinkoenergialla lentävät koneet, joiden kameravalvonta voi olla hämmästyttävän edullista, tarkkaa ja laaja-alaista.

<http://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/hammastyttava+video+yhdysvaltain+arm+eijan+18+gigapikselin+vakoilukamera+nakee+aivan+kaiken++5+kilometrin+korkeudesta/a874697?s=n>

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=QGxNyaXfJsA

Monet nykyiset liikkumista vaativat tehtävät ovat mittausten ja tarkastusten suorittamista. Usein nämä voidaan korvata paikalleen asennetuilla antureilla tai liikkuvilla valvontalaitteilla. Laitteet voivat toimia autonomisesti hälytysrajoja seuraten tai hahmontunnistuksen avulla ja kiinnittää ihmisen huomion vain poikkeaviin asioihin. Mittauksen kohde voi olla luonto, ihminen tai artefakti. Mittaamisen lisäksi ympäristön manipulointi voidaan tehdä kauko-ohjatusti. Viimeaikainen kehitys on avannut useita uusia mahdollisuuksia näillä alueilla.

Telelääketieteen arvioidaan kasvavan moninkertaiseksi tällä vuosikymmenellä. FDA on jo hyväksynyt sairaalakäyttöön laitteita, joissa vastaava lääkäri suorittaa potilaskäyntejä ja tutkimuksia robotin välityksellä. Myös itsehoidon ja itsediagnostiikan välineet vähentävät liikkumisen tarvetta.

<http://www.informationweek.com/healthcare/mobile-wireless/telehealth-to-grow-six-fold-by-2017/240146847>

Risto Linturi

17.5.2013

Yhdysvalloissa kokeillaan invalidisoituneiden poliisien työllistämistä poliisirobottien ohjaajina. <http://www.business-standard.com/generalnews/news/disabled-us-cops-to-patrol-streets-via-remote-controlled-robot/64239/> Merentutkimus voidaan suorittaa pienoiskokoisilla robottisukellusveneillä, valvontatehtävät huipputarkoilla ilmakuvauslaitteilla ja edullisilla nelikoptereilla tai satelliittikameroilla. http://www.fastcoexist.com/1681231/a-robotic-fish-to-test-our-dirty-waters?utm_source=facebook#3 Videokuvista ja kamerakuvista voidaan tunnistaa monia ominaisuuksia, jotka aiemmin vaativat paikalle monimutkaisia instrumentteja.

Robottitutkijat ovat kehittäneet jo ruoanvalmistukseen tarkoitettuja robotteja, jotka hakevat reseptejä Internetistä ja valmistavat löytämiensä reseptien mukaan ruokia niistä tarvikkeista, mitä keittiöstä löytyy. Robottiikan kehitys on selvästi kiihtynyt muutaman viime vuoden aikana. Uusin suuntaus on käyttää älypuhelinia ja pilvipalvelua robotin aivoina. http://www.pcworld.com/article/261331/android_phones_will_power_nasas_new_fleet_of_mini_satellites.html Robottien kehitykseen vaikuttaa tämänkaltaisen modularisaation ja standardisoinnin ohella hahmontunnistuksen nopea kehitys ja mekaniikan kokeilujen helpottuminen 3D-tulostimien yleistessä.

3.4.4 Diagnostiikka kentällä, itsediagnostiikka ja henkilökohtaiset mittalaitteet

Terveystieteiden mittalaitteissa on digitalisaation ja nanoteknologian sekä useiden muiden kehityspolkujen seurauksena tapahtunut valtavan nopea kehitys kohti yhä tarkempia, edullisempia ja automaattisempia mittalaitteita. Ihmisen perimän kartoitus maksoi 2001 sata miljoonaa dollaria, 2007 kymmenen miljoonaa dollaria ja nyt tuotantokustannus on enää noin tuhat dollaria. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=1000-genome>, http://fora.tv/2012/04/20/Personal_Genome_Project_and_Beyond

Vaikutusvaltainen X-Prize Foundation on luvannut 10 miljoonan dollarin palkinnon sille, joka seuraavan kolmen vuoden kuluessa kehittää parhaan kannettavan laitteen, joka tunnistaa viisitoista erillistä tautia keskimääräistä lääkäriä paremmin. Monet yritykset ovat lähteneet tavoittelemaan palkintoa. Kaupallinen avaruustoiminta käynnistyi samanlaisen kilpailun seurauksena. Monia analysointitekologioita kehitetään parhaillaan, joista osa toimii lääkärin apuvälineenä poistaen erillisen laboratorion tarpeen. <http://gigaom.com/2013/01/25/robodocs-tricorders-how-telemedicine-will-shape-the-future-of-health/> Osa saavuttaa tason, jossa käyttäjä itse voi insuliinitestin tyyliin suorittaa kokeet tarvitsematta käydä niiden vuoksi lääkärissä. Esimerkiksi bakteerin perimän tunnistus voisi tapahtua omatoimisesti ja tarvittavan lääkkeen voisi saada apteekista hyväksytyn mittalaitteen todistusta vastaan. <http://www.kurzweilai.net/detecting-single-samples-of-smallest-known-viruses>, <http://phys.org/news/2012-12-pocket-blood.html#jCp>, <http://www.indiegogo.com/ubiome>

Risto Linturi

17.5.2013

Kännyköissä on kasvava määrä antureita ja tarkan kamerakuvankin avulla voidaan päätellä monia asioita. FDA on mm. hyväksynyt iPhoneen sovelluksen retinan tutkimiseen. Lääketieteellisten sovellusten lisäksi käyttäjän ulottuville helposti tulevat teknologiat soveltuvat hyvin moniin muihin tehtäviin, joissa nyt joudutaan liikuttamaan potilaita, näyttöitä, mittalaitteita ja lääkäreitä näytteenoton tai silmämääräisten ja mittalaitteilla suoritettujen tarkastusten vuoksi.

<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2249504/IBM-reveals-vision-future-technology.html>, <http://medcitynews.com/2013/01/iphone-app-for-retinal-images-cleared-by-fda-could-expand-telemedicine-eye-exams-video/>

3.4.5 Opetuksen virtualisointi

Pääosa opetuksesta tapahtuu nykyään luokkamuodossa. Khan Academy on kehittänyt mallin, jossa oppituntien luentomainen osa katsellaan videoituna kotitehtävänä ja harjoitukset tehdään tietokoneen avulla koulussa. Opettaja näkee kunkin oppilaan etenemisen omalla tietokoneellaan ja antaa tarvittaessa henkilökohtaista opastusta. <https://www.khanacademy.org/>

Salman Khan on henkilökohtaisesti tehnyt kolme tuhatta opetusvideota kattaen fysiikan, kemian ja matematiikan koulukurssit alkeista ensimmäiseen yliopistokurssiin saakka ja niitä on nyt katsottu yli 200 miljoonaa kertaa. Videosukupolvi tuntuu kokevan vapaaehtoista tarvetta matematiikan, fysiikan ja kemian oppituntien katsomiseen, vaikka teknisesti Khanin videot eivät ole kalliisti tehtyjä. Opetuksen järjestäminen Khan Academyn mallin mukaan on saamassa suosiota USAssa. Jos siihen edes osittain siirryttäisiin myös Suomessa, voisi fyysisten koulupäivien määrää vähentää ja siten vähentää matkustustarvetta merkittävästi.

3.4.6 Lähivalmistus ja autonomiset työtä suorittavat robotit, 3. teollinen vallankumous

Jeremy Rifkin on kuvannut tulevan teollisen rakenteen transformaation tavalla, jonka Euroopan Parlamentti virallisesti hyväksyi vuonna 2007. Rifkin ennakoii robotiikan poistavan suuruuden ekonomian merkitystä ja halvan työvoiman merkitystä palauttaen valmistavia työpaikkoja takaisin länsimaihin ja lähelle tavaroiden tarvitsijoita. Tärkeimpänä työvälineenä tässä kehityksessä Rifkin näkee pikavalmistuslaitteet, erityisesti 3D-tulostimet.

<http://www.thethirdindustrialrevolution.com/>

3D-tulostimet maksavat nyt halvimmillaan satoja euroja. Satojen tai tuhansien eurojen laitteilla voidaan valmistaa muoviesineitä, keramiikkaa, ja muovi- tai vahamallin mukaan valettuja metalliesineitä.

https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=WoZ2BgPvtA0,

Kymmenien tuhansien ja satojen tuhansien eurojen hintaisilla laitteilla voidaan valmistaa keskivaativia varaosia rakennuksiin, koneisiin ja kestokulutushyödykkeisiin. 3D-tulostimien lisäksi laserleikkurit, jyrsimet ja muut robotisoidut työstökoneet tekevät lähivalmistuksen sekä taloudellisesti järkeväksi että helpoksi. Tavarat voidaan suunnitella missä tahansa ja lähettää bitteinä Internetissä. Ne tulostetaan kotona, rautakaupassa tai erikoisliikkeessä. 3D-tulostuksen arvellaan olevan yksi seuraavista tuhannen miljardin euron liiketoiminta-alueista. Edullisten tulostimien myyntimäärä yli kymmenkertaistui 2010 ja 2011 välillä.

Risto Linturi

17.5.2013

Valmistuksen lisäksi robotit suorittavat nykyään yhä useampia tehtäviä. Zen Roboticsin laite erottelee jätteitä <http://www.zenrobotics.com/web/fi/>, pölynimurirobotit ja ruohonleikkuurobotit tekevät kotitaloustehtäviä. Edullisten kädellisten ja 3D-näkökyvyllä hahmottavien robottien yleistymisen johtaa robottien osallistumiseen järjestelytehtäviin nykyistä teknisesti vaativammissa, mutta taloudelliselta merkitykseltään vähäisemmissä tehtävissä.

<http://phys.org/news/2012-05-robot-d-imaging-sensor-based-technology.html>

Vaarallisissa ja erityistä tarkkuutta vaativissa, taloudellisesti tärkeissä tehtävissä robotteja on käytetty jo kauan, mutta käyttöalueet siis laajenevat jatkuvasti.

<http://www.geek.com/articles/geek-cetera/mahoro-robot-carries-out-dangerous-lab-work-faster-than-any-human-2012078/>,

<http://www.youtube.com/watch?v=tPg1ZMiC9pA>,

http://yle.fi/uutiset/peltorobotit_viljelevat_maata_tulevaisuudessa/2804168. Itse ajavia autoja varten kehitetty teknologia auttaa myös käveleviä ja kädellisiä robotteja sekä lentäviä robotteja hahmottamaan ympäristöään edullisesti.

Toimialan oman kansainvälisen järjestön mukaan robottien lukumäärä noin kymmenkertaistuu 2012-2015 välisenä aikana. <http://www.ifr.org/service-robots/statistics/>

Rifkinin teeseihin kuuluu tavaroiden lähivalmistuksen ohella myös energiantuotanto lähellä. Aurinkopaneelit ovat eniten rakennettuun ympäristöön vaikuttava energiaratkaisu tulevaisuudessa. Aurinkopaneelien hinta asennettuna on laskenut melko tasaisesti 7% vuodessa jo vuosikymmenten ajan.

<http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2011/03/16/smaller-cheaper-faster-does-moores-law-apply-to-solar-cells/> Hinta alittaa sähköyhtiöiden tarjoaman

sähkön nykyhinnan eri maissa jo tällä vuosikymmenellä tai 2020-luvulla ilmasto-olosuhteista riippuen. Tämä johtaa sähköyhtiöt hankaluuksiin ja sähkön hinnan voimakkaisiin heilahduksiin yön ja päivän sekä talven ja kesän välillä. Lisäksi tämä johtaa nykyistä olennaisesti suurempaan tarpeeseen varastoida energiaa.

http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_storage Asuinalueiden energian varastointiratkaisuja kehitetään maailmalla. Ruukki on kehittänyt aurinkopaneeleina toimivia julkisivuelementtejä. <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Rakentamisen-ratkaisut/Julkisivuverhoukset/Liberta-Solar--julkisivu---rakennukseen-integroitavat-aurinkopaneelit/Aurinkopaneeli-Liberta-Solar-julkisivukasetti>

4 Nykytila liikenteen ja paikkaan sidottujen palveluiden osalta

Tämä luku sisältää suuntaa antavia taustatietoja, joiden perusteella ryhmän työ on kohdistunut urbaanin alueen säästöjen ja lisäarvojen kannalta suurimmille merkityksellisille alueille. Liikenteen kansantaloudelliset vaikutukset on arvioitu LVM:n julkaisemassa raportissa. <http://www.lvm.fi/files/2508.pdf>

Risto Linturi

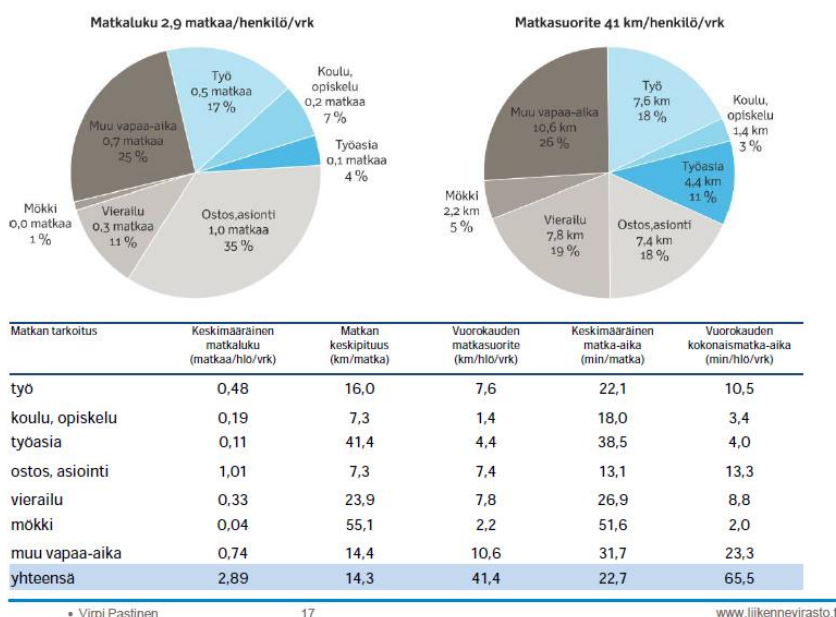
17.5.2013

4.1 Henkilöliikenne ja sen vaikutukset rakenteisiin, keskeiset parametrit

Henkilöliikenteen rakenteesta ja käyttötarkoituksista tarkimmat tiedot löytyvät Liikenneviraston raporteista, mm. Henkilöliikennetutkimuksesta:

<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/aineistopalvelut/verkkopalvelut/henkiloliikennetutkimus>

Matkojen tarkoitus



Autokolarien kustannus USA:ssa on noin 300 miljardia \$, Suomessa kustannuksiksi on laskettu noin 2 miljardia euroa vuositasona.

http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201030-v-liikenneonnetti_kustan_mu.pdf

4.1.1 Taksiliikenne nykyisin

Yhteiskäyttöiset robottihenkilöautot vastaavat käyttötavaltaan joko takseja tai vuokra-autoja. Koska henkilökustannukset jäävät pois ja hallintokulut suuruuden ekonomian vuoksi muuttuvat, jäävät kustannukset arvion mukaan olennaisesti kumpaan vaihtoehtoon alemmiksi, mutta joitakin analogioita voidaan taksiliikenteestä hakea.

Taksin perimä hinta kilometriltä on 1.48 euroa. Hinta pohjautuu taksitoiminnan kuluihin, joita seuraa Tilastokeskuksen ylläpitämä taksi-indeksi sekä Taksiliitto.

Suomessa on 10 000 taksiautoa. Autoista noin 55 % toimii kaupungeissa ja 45 % maaseudulla. Alan kokonaisliikenvaihto on n. 1 miljardi euroa vuodessa. Vuosittain kuljetetaan noin 50 miljoonaa matkustajaa ja ajetaan noin 830 miljoonaa kilometriä.

Risto Linturi

17.5.2013

Yksityishenkilöiden matkat muodostavat 50 %, yhteiskunnan taksipalvelut 30 % ja yrityksien ajot 20 % taksien kyydeistä. <http://www.taksiliitto.fi/taksiliikenne/yleista/>

Helsingin alueella taksien hyötysuhde on 80-85%. Espoossa suhde on jonkin verran heikompi ja Vantaalla huomattavasti heikompi. Pahimmillaan haja-asutusalueilla hyötysuhde on 50%. Kevyttä taksiautoa ajetaan normaalisti noin 300 tuhatta kilometriä ja suurempaa kalustoa huomattavasti kauemmin. Pääosa taksin kuluista nykyisellään koostuu henkilökuluista. (lähde: puhelinhaastattelu, Taksiliitto/Ville Jaakola). Toisen tiedon mukaan hyötyajon osuudet voivat olla hieman alhaisemmat.

4.1.2 Henkilöautojen määrä ja kustannukset

Henkilöautoja on Suomessa lähes 3 miljoonaa. Autokaupan liikevaihto vuositasolla on 15 miljardia euroa, johon kuuluu myös muu kuin henkilöautokalusto. Luvuissa on sekä tukkukaupan että vähittäiskaupan, varaosakaupan ja huoltotoiminnan myynti. Henkilöautoja ostetaan vuosittain noin 110 tuhatta ja niiden keskihinta on noin 27 tuhatta euroa. Pääoma- ja käyttökulut ovat ostohintaa suuremmat. Kotitalouksien menoista liikenteen osuus on noin 8 miljardia, josta pääosa kohdistuu henkilöauton omistamiseen ja käyttöön. <http://www.lvm.fi/files/2508.pdf>

Henkilöautoliikenteen välitön kokonaiskustannus voidaan laskea kertomalla automäärä ja keskimääräinen ajokilometrimäärä verottajan laskemalla kilometrikohtaisella kiinteällä ja muuttuvalla kustannuksella. Viranomaisarvion mukaan verot kattavat pääpiirteissään tienpidon kustannukset. Näin saatu välitön henkilöautokaluston aiheuttama kokonaiskustannus yhteiskunnalle on 20 miljardia euroa. Tässä luvussa ei ole henkilöautojen työajojen henkilökustannuksia eikä työssäkäynnin sitomaa ajoaikaa, eikä vapaa-ajan menetystä eikä haittaa kaupunkirakenteelle, luonnolle, terveydelle tai vaihtotaseelle.

4.1.3 Liikennemäärät

Liikennemääriä seurataan esimerkiksi Helsingin kaupungin alueella varsin tarkasti. Vaikka joukkoliikenteen määrällinen merkitys Helsingissä on muuta maata olennaisesti suurempi, on henkilöautojen osuus kantakaupunkiin suuntautuvasta liikennevirrasta 83%, muun osuuden jakautuessa bussiliikenteen, kuorma-autojen ja pakettiautojen kesken. http://www.hel2.fi/ksv/julkaisut/esitteet/esite_2011-4.pdf, <http://www.hel2.fi/ksv/Aineistot/Liikennesuunnittelu/Liikennetutkimus/Liikennemat.pdf>

Työmatkaliikenne tapahtuu pääosin ruuhka-aikoina välillä 07-09 ja 15-17. Valtakunnan tasolla 4/5 siitä tapahtuu henkilöautoilla. Helsingissä yli 60% kaupunkiin suuntautuvasta ruuhka-ajan liikenteestä on joukkoliikennettä, mutta valtaosa poikittaisliikenteestä ja ruuhka-aikojen ulkopuolisesta liikenteestä tapahtuu henkilöautoilla. Edestakaisia ruuhka-ajan työmatkoja on valtakunnallisesti yli kaksi miljoonaa. Keskimääräinen matka-aika on 30 minuuttia, joka vaihtelee suuresti. Pisimmät matkat tehdään joukkoliikennevälineillä. <http://www.liikenneturva.fi/www/fi/liitetiedostot/liikennekasvatus/TyliikennetilastoID5689.pdf>

Risto Linturi

17.5.2013

Näistä tiedoista voidaan laskea, että valtakunnallisesti miljoonan henkilöauton kapasiteetin pitäisi hyvin riittää runkoyhteyksien julkisen liikenteen lisäksi, eli kolmasosan nykyisestä henkilöautomäärästä, vaikka osa ajosta tapahtuisi tyhjänä taksiliikenteen tapaan. Nykyiseen taksimäärään verrattuna tämä olisi satakertainen. Edestakaista tyhjänä ajoa vähentää se, että automäärää ei optimoida kaluston vaan myös liikennemäärän mukaan ja hinnoittelun avulla rohkaistaan useita ihmisiä samaan autoon sekä runkoyhteyksillä bussien ja raideliikenteen piiriin. Riittävä määrä robottiautoja saattaa itse asiassa olla Suomessa olennaisesti alle miljoonan, mutta tällöin vasteaikaa ei välttämättä voida taata ja kilometrimäärä kasvaa työmatkaliikenteen suuntautuessa aamulla lähiöistä pois ja illalla lähiöihin. USA:n tilastojen mukaan ruuhkahuipunkin aikana vain 12% henkilöautoista on liikenteessä.

4.1.4 Robottiliikenteen kustannussäästö ajokilometriä kohden

Ajetun kilometrin kustannus keskihintaisella autolla on suurilla kilometrimäärillä noin 20 senttiä kilometriä kohden. <http://www.autoliitto.fi/tietopankki/autoilun-kustannukset/laskurit/kustannuslaskuri/>

Robottiliikenteessä osa ajosta tapahtuu tyhjänä, joten hyötykilometrin kustannus on mainittua korkeampi. Jos matkustajamäärä on yhtä korkeampi, voi matkustajakohtainen kustannus kuitenkin olla esimerkiksi 25 senttiä kilometri. Verottaja on laskenut ajokilometrikohtaiset luvut, joita jatkossa käytetään. Luvut sisältävät auton säilyttämiseen ja pitämiseen liittyvät kiinteät ja kilometrikohtaiset muuttuvat kustannukset.

http://www.vm.fi/vm/fi/03_tiedotteet_ja_puheet/01_tiedotteet/20120917Talous/Kilometrikorvaus.pdf

Robottiliikenteen säästöt voidaan alustavasti laskea käyttäen näitä verotusta varten tehtyjä arvioita. Näiden mukaan 15 tuhatta ajokilometriä vuodessa ajavan auton kustannukset ovat keskimäärin 45 senttiä kilometriä kohden ja tämä kattaa kaikki kiinteät kustannukset. Tämän jälkeisten kilometrien kilometrikohtainen kustannus on 18 senttiä kilometriä kohden. Tästä voidaan verottajan lukuja käyttäen suoraan ilman muita arvioita laskea, että ajokilometrikohtainen kustannus laskee 42 sentistä 25 senttiin, eli 40%, kun ajokilometrien määrä nousee nykyisin keskimääräisestä 17 tuhannesta vuosittaisesta kilometristä miljoonalle robottiautolle arvioituun 60 tuhannen vuosittaisen kilometrin keskimäärään.

Tässä laskennassa oletetaan, että joukkoliikenteen helpottuva hyödyntäminen ja henkilöautoliikenteen parempi täyttöaste kompensoivat täysin robottiliikenteen tyhjänä tapahtuvan ajon, ja että tyhjänä tapahtuvan ajon määrä jää nykyistä taksiliikennettä vähäisemmäksi autojen suuremman määrän ja henkilökustannuksen poisjäännin vuoksi.

Kun henkilöautoliikenteen nykyinen kaluston aiheuttama kustannus on noin 20 miljardia euroa, merkitsee 40% säästö 8 miljardia euroa vuodessa. Todellinen säästö voi jäädä vähäisemmäksi, mutta epäsuorat säästöt, säästöt onnettomuuksien vähenemisenä, kaupunkirakenteen tihenemisenä, työajan ja vapaa-ajan vapautumisena, kilpailukyvyyn ja kauppataseen paranemisena ja tasa-arvoisen liikkumisen mahdollisuutena tulevat tämän lisäksi.

Risto Linturi

17.5.2013

4.1.5 Parkkipaikkojen määrä ja kustannukset

Parkkipaikan rakentamiskustannus urbaanille alueelle on 40 - 80 tuhatta euroa. Parkkipaikkojen, autotallien yms. kokonaiskustannus tulee arvioida sekä investointikustannuksena että käyttökustannuksena. Parkkipaikkoja tarvitaan tyypillisesti useita kutakin yhtä autoa kohden. Yksi asuinalueella, yksi asiointi- ja kauppakeskuksissa, yksi vapaa-ajan keskuksissa ja yksi työpaikan lähellä tai liityntäliikenteen alueella. Nämä paikat ovat osin kahdessa eri käytössä.

Autoille varatut parkkialueet, tienvarsipysäköinti ja muu henkilöautojen varaama tila on huomattava osa urbaanin alueen kokonaispinta-alasta. Se estää kaupunkirakenteen tiivistymistä, haittaa joukkoliikenteen toimintaa ja nostaa huomattavasti kustannuksia, mutta kokonaisarviota ja numerotietoja vaikutusten laskemiseksi ei kattavasti ole, koska realistisia vaihtoehtoja ei ole ollut.

http://www.hsl.fi/FI/HLJ/Documents/Helsingin_seudun_liityntapysakointistrategia_2035.pdf

4.1.6 Vaihtoehtoinen, hitaan etenemisen skenaario

Mikäli julkinen liikenne ei siirry robottiaikaan tässä kaavaillulla yhteiskäyttöisten robottiautojen tavalla, eikä kuljettamatonta liikennettä sallita "ajoissa", robottiautot yleistyvät teknisinä ratkaisuin autoteollisuuden ja vapaan kaupankäynnin paineessa, mutta autot vaativat aina kuljettajan ja niitä ostetaan nykyiseen tapaan yksityisesti. Mikäli kuljettajaton ajo sallitaan vasta, kun merkittävä osa autokannasta on robottiliikenteeseen kykenevää ja yksityisesti omistettua, kärsii julkinen liikenne, autokanta oletettavasti kasvaa edelleen, kuten myös liikennesuorite. Säästöt jäävät saavuttamatta ja liikenteen ongelmat lisääntyvät edelleen.

4.1.7 Nykyiset tietojärjestelmät ja robottiautojen luettavissa oleva avoin data

Tietojärjestelmät ovat kehityksessä avoimen datan periaatteiden viitoittamaan suuntaan. Tulevaisuudessa tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että kaikki liikenteen tarvitsema data on koneen luettavassa muodossa ja robottiliikenteen käytettävissä mm. synkronoitaessa reitinvalintaa joukkoliikenteen aikatauluihin ja ruuhkatilanteisiin sekä erilaisiin tilaisuuksiin ja niiden aiheuttamaan liikennetarpeeseen.

4.2 Tavaraliikenne ja sen vaikutukset rakenteisiin, keskeiset parametrit

Tavaraliikenteen rakenne on hyvin monitahoinen. Asiat liittyvät toisiinsa ketjuina, joiden muuttaminen vaatisi laajan, joskus jopa globaalin yhteisymmärryksen eri toimijoiden välillä. Optimaalisen tavaraliikenteen sijaan on tyydyttävä kulloinkin parhaaseen osaoptimiin, koska globaalia tavaraliikenteen infrastruktuuria ei ole mahdollista muuttaa kenenkään yhden toimijan päätöksin. Tässä luvussa kuvataan nykytilannetta ja sen keskeisiä reunaehtoja sekä tavaravirtojen määriä.

Risto Linturi

17.5.2013

Tavaraliikenteen kustannusten laskenta ei ole yksiselitteistä. Liikennereittien ylläpidon kustannukset jakautuvat henkilö- ja tavaraliikenteelle, eikä niiden erottamista toisistaan voi tehdä millään selkeällä perusteella. Kustannukset yhteiskunnalle on selvitetty varsin yksityiskohtaisesti liikennevirastossa.

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-06_liikennejarjestelman_tuet_web.pdf

Verrattaessa eri liikennemuotoja, korostuu kaluston, reittien ja henkilökustannusten sekä nopeuden rinnalla yksi näkökulma. Laivaliikenne on liikennemuodoista energiankulutukseltaan kirkkaasti edullisin. Tämä selittää rannikkokaupunkien vahvaa asemaa sisämaahan verrattuna globaalisti. Rannikkokaupunkien asema on vahvistunut erityisesti konttiliikenteen yleistymisen myötä.

"Lähimerenkulku on energiatehokas kuljetusmuoto, jonka palvelut pystytään tuottamaan muita kuljetusmuotoja pienemmällä energiankulutuksella. Merenkulku kuluttaa 0,12-0,25 MJ per tonnikiometri, rautatieliikenne 0,60 MJ ja maantieliikenne 0,70-1,20 MJ. Lähimerenkulun energiankäytön hyötysuhde on erinomainen; yhdellä kilolla öljyä voidaan kilometrin matkalla kuljettaa 50 tonnia kuorma-autolla, 97 tonnia junavaunulla ja 127 tonnia vesitse."

<http://shortsea.utu.fi/cutenews/data/upimages/lahimerijaymparisto02.pdf>

Logistiikkakustannusten osuus yritysten liikevaihdosta on Suomessa noin 11%, kun se muualla Euroopassa on alle puolet tästä. Valtion budjetista liikenteen osuus on 12%. Korkeammat kustannukset johtuvat toisaalta alhaisemmasta jalostusasteesta ja toisaalta pitemmistä etäisyyksistä. Kuljetusjärjestelmän kustannusrakenteella on huomattava vaikutus kansantalouteen. Liikenteen osuus työvoimasta on 300 tuhatta henkeä, kun mukaan lasketaan liikennettä välittömästi palveleva toiminta. Teollisuus maksaa yli 2/3 tavaraliikenteen kustannuksista.

"Vuonna 2000 kotimaan tavaraliikenteen kuljetussuoritteesta maantiekuljetukset muodostivat 66 prosenttia, rautatiekuljetukset 24 prosenttia ja vesikuljetukset 10 prosenttia. Kuljetusmuotojen välisessä työnjaossa ei odoteta lähivuosina tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Alle 100 km:n etäisyydelle kuljetetaan yli 80 prosenttia ja alle 200 km:n etäisyydelle yli 90 prosenttia tavaramäärästä. Jos maa-ainekuljetuksia ei oteta lukuun, osuudet ovat vastaavasti yli 60 prosenttia ja yli 80 prosenttia."

http://www.kuljetusopas.com/yleistietoa/liikenne_kansantaloudessa/

Meriliikennettä, maantieliikennettä ja raideliikennettä yhdistää yhä tavallisemmin kontti, jossa tavara matkustaa tyypillisesti purkamatta. Kontteja on sekä irtotavaraa, nestettä että erikoistarpeita, kuten jäähdytettyä kuljetusta varten. Tavallisin kontti on ISO-standardin mukainen, pituudeltaan noin 6 metriä, leveys ja korkeus noin 2.4 metriä. Tämän kokoinen kontti on yksi TEU, joka on konttiliikenteen määrää kuvaava tavallisin mittayksikkö. Muita standardipituuksia ovat 12, 9 ja 3 metriset kontit, jotka leveydeltään ja korkeudeltaan ovat myös noin 2.4 metriä.

Eurokontti on mitoiltaan 13,6 metriä tai 7,45 metriä, korkeus 2,67 metriä ja leveys 2,5 metriä. Eurokonttiin mahtuu 33 [eurolavaa](#) (1200x800 mm kokoista kuormalavaa), kun 40 jalan ISO-konttiin mahtuu vain 25 eurolavaa. Eurokonttia ei ole virallisesti standardoitu ja niiden osuus on pieni. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kontti>

Risto Linturi

17.5.2013

4.2.1 Meriliikenne

Konttiraportin mukaan Suomen satamien kautta kuljetettiin 2007 noin miljoona TEU-konttia. 90% viennistä kuljetetaan meritse. Konttien osuus ulkomaanliikenteen tavaramäärästä oli tonneina mitattuna noin 12% ja transitoliikenteessä kolmannes.

Suomen yksiköidystä ulkomaankaupasta kulkee suurin osa perävaunuilla ja rekoilla. Rekkojen ja perävaunujen suuri osuus johtuu siitä, että ulkomaankaupamme kohdistuu erittäin suurelta osin Pohjois- ja Keski-Eurooppaan, jolloin on tehokkainta käyttää nopeasti lastattavia ja purettavia roro-aluksia, eikä hitaampaa konttiliikennettä. Toinen selitys kontittomaan kuljetukseen meriliikenteessä selittyy prosessiteollisuuden merkittävällä osuudella. Konttiliikenne muodostuu siis lähinnä yksiköidystä overseas-kuljetuksista.

Nationmaster-raportin mukaan Suomen satamien konttiliikenne olisi 1.3 miljoonaa TEU-yksikköä, kun esimerkiksi Kiinan satamien osuus on 800 miljoonaa TEU-yksikköä. Luotettavimpia lienevät World Shipping Councilin maakohtaiset luvut, joissa Suomen kontitettu vienti 2010 oli 584.000 TEU-yksikköä ja tuonti 236.000, joissa luvuissa ei ole Euroopan sisäistä liikennettä. Luvut lienevät melko yhteismitallisia.

<http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/konttiraportti.pdf>,
http://www.nationmaster.com/graph/tra_con_por_tra-transportation-container-port-traffic, <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/trade-statistics>

Maailman suurimpiin konttialuksiin mahtuu 15.000 TEU-konttia. Pienempien konttisatamien välillä konttijakeluun käytetään 200-1000 kontin aluksia.

4.2.2 Raideliikenne ja maantieliikenne

Junalla Suomessa 2010 kuljetetun tavaraliikenteen määrä oli 36 miljoonaa tonnia. Puu- ja paperiteollisuuden tuotteet olivat tästä yli 50%, kivennäistuotteet noin 20%, kemianteollisuus noin 15%. Metalliteollisuuden tuotteet, koneteollisuuden tuotteet ja muut ryhmät jäivät yhteensä alle 10%. Tonnikilometrejä oli lähes 10 miljardia, eli keskimääräinen kuljetusmatka oli noin 300 kilometriä.

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lti_2011-05_suomen_rautatietilasto_web.pdf

Vuonna 2010 kuorma-autokuljetukset ilman maa-aineskuljetuksia olivat 221 miljoonaa tonnia. Raideliikenteen tai vesiliikenteen maantiekuljetuksiin yhdistäviä, ns. yhdistettyjä kuljetuksia näistä on erittäin vähän ja selvityksen mukaan kuljetusmuotoja yhdistävän kuljetuksen osuuden voisi monikymmenkertaista.

http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-12977.pdf&title=Julkaisu%2032-2011

Risto Linturi

17.5.2013

"Yli 300 kilometrin pituisten kuljetusten määrällinen osuus oli 10 prosenttia ja kuljetussuoritteena (tonnikilometrit) 36 prosenttia. Nykyiseen yhdistettyjen kuljetusten volyymiin nähden yli 300 kilometriä pitkissä maantiekuljetuksissa olisi siis jopa 50-kertainen potentiaali. Kuljetukset kuitenkin hajautuvat suhteellisen pieniksi virroiksi, ja vain osa laskennallisesta potentiaalista on reaalisesti siirrettävissä rataverkolle."

Raideliikenteen kuljetukset ovat olennaisesti rekkaliikennettä edullisemmat, mutta hyöty olisi saavutettavissa vain, jos tavarankuljetus ja lastaus kuljetusmuodosta toiseen olisi automatisoitavissa esimerkiksi konttien tai siirtolavojen ja niitä käsittelevien robottien avulla. <http://www.roboticcontainer.com/>

Kaikkineen kuorma-autokuljetukset olivat 2010 5.795 tuhatta tonnikilometriä ja ajoneuvokohtaisesti laskettuna noin 2.3 miljardia ajokilometriä. Tilastossa on yli 3.5 tonnin painoiset kuorma-autot ja rekat, mutta ei kevyitä jakeluautoja. http://www.stat.fi/til/kttav/2012/03/kttav_2012_03_2012-12-21_tau_001_fi.html

Liikenneviraston laskelma erittelee ajoneuvokohtaisen kustannuksen sekä kevyelle että raskaalle liikenteelle tavalla, josta on helppo laskea erilaisia malleja liikenteen järjestämiseksi sekä liikenteen harjoittajan että kansantalouden kannalta. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2010-33_tieliikenteen_ajokustannusten_web.pdf

4.2.3 Jakeluliikenne urbaaneilla alueilla

Urbaanin alueen jakeluliikenne tapahtuu tavallisimmin kuljetusliikkeiden terminaalien kautta, joissa valmistajilta saapuva tavara puretaan ja kuormataan uudelleen jakelun kannalta järkevästi.

Jakeluliikenne tukkukaupan varastosta tai terminaaleista kauppoihin hoidetaan valtaosin pakettiautoilla ja kuorma-autoilla. Tavallisimmin kuorma- ja pakettiautojen kuljetukset tapahtuvat lavoittain. Lavat ovat standardikokoisia ja niitä varten on sekä automaattisia, motorisoituja että käsikäyttöisiä siirtimiä.

Pakettiautoja on valtakunnallisesti noin 350 tuhatta ja kuorma-autoja noin 120 tuhatta. Pakettiautojen keskimääräiset ajokilometrimäärät ovat alhaisia. http://www.stat.fi/til/mkan/2010/mkan_2010_2011-02-25_fi.pdf

Kauppaliikkeistä tavarat siirtyvät pääosin kuluttajakaupassa asiakkaan omalla autolla. Julkisen liikenteen osuus kaupassa tai asioilla käynnissä on valtakunnallisesti vähäinen. Kaupassa tai asioilla liikkuminen muodostaa 35% kaikista matkoista matkalukumääränä laskettuna. Helsingissä julkisen liikenteen osuus on huomattavasti suurempi kuin valtakunnallinen luku, mutta autoliikenteen kasvavat ongelmat ovat katuverkon rajallisesta kapasiteetista johtuen myös suuremmat. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf

Risto Linturi

17.5.2013

Kuriiripalveluiden ja postin käyttö tavaroiden siirtämisessä on tulossa kuluttajakaupassa yhä tavallisemmaksi sähköisen kaupan yleistyessä. Kuluttaja noutaa tilaamansa tavarat tällöin postista tai matkahuollosta, joiden säilytystiloihin ja parkkipaikkoihin tämän käytännön nopea kasvu aiheuttaa paineita.

Sähköinen kauppa yleistyy nopeasti. Valtaosa kaupasta on edelleen aineetonta. Jo kaksi kolmesta suomalaisesta on käyttänyt sähköisen kaupan palveluita. Ulkomainen verkkokauppa kasvoi kotimaista enemmän. Tuotteita pohjoismaissa ostettiin vuonna 2011 11 miljardin euron arvosta, jossa Suomen osuus oli 1.9 miljardia euroa. Tavaroiden ja palveluiden yhteenlaskettu osuus oli Suomessa lähes 10 miljardia euroa.

http://www.kauppa.fi/ajankohtaista/tiedotteet/palveluiden_verkkokauppa_kasvoi_edelleen_23363, http://www.stat.fi/til/sutivi/2012/sutivi_2012_2012-11-07_tie_001_fi.html,
<http://www.postenlogistik.fi/fi/Documents/Uutiset/Verkkokauppa-Pohjoismaissa-2012.pdf>.

4.3 Liikkumistarvetta aiheuttavat palvelut ja toimintamallit, aineettomat ja aineelliset

Palveluiden sähköistämisestä on puhuttu jo kauan, ja esimerkiksi pankkipalvelut hoidetaan jo valtaosin sähköisesti. Hyvin monien palveluiden käyttö edellyttää silti vielä matkustamista, vaikka asiat olisi mahdollista järjestää pankkipalveluiden tavoin. Ei voida suoraan sanoa lainsäädännön aiheuttavan liikkumistarvetta, mutta nykyisellään lainsäädäntö kuitenkin jo estää hyvin monia liikkumistarvetta vähentäviä ratkaisuja. Esimerkkejä on helppo nähdä.

Työsopimusten ja lainsäädännön vuoksi työnantajan ei ole mahdollista tehokkaasti valvoa työn suorittamista ilman, että työntekijä saapuu työnantajan valvomalle työpaikalle. Lait estävät etäpalveluiden leviämistä myös opetuksessa, terveydenhuollossa ja vanhustenhuollossa. Myös vakuutukset, verotuskäytännöt ja "nukkumalähiöiden" heikko palvelutaso ohjaavat toimitilarakentamiseen ja työssäkäyntiin. Toimitilan kustannukset esimerkiksi voidaan useimmiten täysin vähentää työnantajan verotuksessa toisin kuin asunnon yhteyteen varattu työtila.

Liikkumistarpeen vähentämisen sijaan palveluiden sähköistämistä on hallinnut ajatus itsepalvelusta, netissä olevista lomakkeista, joiden avulla käyttäjä itsenäisesti hoitaa asiansa. Monissa tehtävissä tämä on haastavaa, ja tiskipalvelut ovat säilyttäneet suosionsa.

http://www.vtv.fi/files/1182/1202006_Sahkoisten_asiontipalvelujen_NETTI.pdf

Vastuukysymykset, bonusrakenteet ja muu osaoptimointi on johtanut terveydenhoidon, koulutuksen, kaupan ja vanhustenhuollon piirissä matkustustarvetta lisääviin ratkaisuihin ja kokonaistehokkuuden kannalta järkevät toimintamallit ovat estyneet.

Tarkastellaan seuraavaksi sektoreittain kunkin sektorin työntekijämäärää ja sektorin generoimaa liikkumistarvetta sekä mahdollisia liikkumistarvetta vähentäviä malleja.

Risto Linturi

17.5.2013

4.3.1 Terveyden- ja vanhustenhuolto

Terveyden ja vanhustenhuolto työllistää karkeasti valtakunnan tasolla 350 tuhatta henkeä. Nykyään pyritään laitoshoidosta kotihoitoon, joka merkitsee kodinhoitajien tai vanhusten lähes päivittäistä liikkumista/kuljettamista. Vanhukset toisaalta säilyttävät kotihoidossa toimintakykynsä laitoshoidon paremmin.

Terveyskeskuskäyntien määrä oli hammaslääkärikäynnit mukaan lukien noin 30 miljoonaa yksittäistä käyntiä. 65 vuotta täyttäneiden osuus käynneistä vuonna 2006 oli 82%, ja luku nousee ikääntyneiden osuuden kasvaessa.

http://www.stakes.fi/tilastot/tilastotiedotteet/2007/Tt25_07.pdf

Liikkumistarpeeseen vaikuttaa olennaisesti terveydenhuollon henkilöstön määrä ja työpaikkojen sijainti sekä potilaskäyntien tarve ja kotihoidon järjestäminen. Näistä kotihoidon ja potilaskäyntien määrään voidaan olennaisesti vaikuttaa uuden teknologian avulla. Vanhusten omatoimisuutta ja liikuntakykyä voidaan myös lisätä teknologian avulla, joka vähentää avustavan työn tarvetta ja lisää mahdollisuutta vanhusten luonnolliseen, omatoimiseen sosiaaliseen kontaktiin.

4.3.2 Koulutus ja osaamisen siirto

Erilaisissa koulutus- ja opastustehtävissä työskentelee noin 174 tuhatta henkilöä. Lastenhoidon ja koulutuksen piirissä on yli miljoona lasta ja nuorta. Tämä aiheuttaa arviolta puoli miljardia matkatapahtumaa vuosittain, kun arvioidaan kaksi matkaa kullekin arkipäivälle koulutuksen tai päivähoiton piirissä oleville lapsille ja nuorille sekä työntekijöille. Tämän lisäksi lasten ja nuorten harrastukset aiheuttavat liikkumistarvetta.

Aikuiskoulutus ja erilaiset kulttuuritapahtumat aiheuttavat tähän verraten huomattavasti vähemmän liikkumistarpeita, mutta määrät nousevat kuitenkin kymmeniin miljooniin matkoihin.

Khan Academyn tyyppinen koulutus sekä virtuaalilasien avulla tapahtuva opastus voisivat vähentää liikkumistarvetta ja tehostaa tilojen käyttöä merkittävästi. Jos esimerkiksi yksi päivä viikossa 11-vuotiaasta alkaen käytettäisiin etäopiskeluun, vähentäisi se kymmeniä miljoonia matkoja vuosittain valtakunnallisesti.

4.3.3 Yleishallinto ja taloushallinto

Yleishallinnon ja taloushallinnon tehtävissä työskentelee 300 tuhatta työntekijää. Hallinto on hyvin usein organisoitu tavalla, joka perustuu fyysisiin kohtaamisiin, ja edellyttää toimimista paperien ja tiskipalveluiden kautta. Toiminnot aiheuttavat huomattavasti työntekijämääräänsä suuremman liikkumistarpeen. Valtaosa yleishallinnon ja taloushallinnon tehtävistä on mahdollista tehdä digitalisoidun vuorovaikutuksen avulla matkustamatta. Tähän ryhmään kuuluu myös huomattava määrä kokouksia, jotka aiheuttavat huomattavaa liikkumistarvetta työpäivän aikana ja siitä seuraavaa tehottomuutta.

Risto Linturi

17.5.2013

4.3.4 Liikenne, liikkuminen ja viestintä

Tässä sektorissa työskentelee suoraan 200 tuhatta henkilöä. Liikenteen palveluksessa olevien liikkumistarpeen vähentämistä on käsitelty pääosin liikenteen robotisoinnin yhteydessä. Viestintäala on jo melko aktiivisesti vähentänyt omaa liikkumistarvettaan useilla teknologisilla ratkaisuilla.

4.3.5 Kauppa ja logistiikka

Kaupan ja logistiikan palveluksessa on noin 350 tuhatta henkeä. Kauppa ja palvelut aiheuttavat yhdessä kolmanneksen kaikesta henkilöautoliikenteestä ja valtaosan kaikesta paketti- ja kuorma-autoliikenteestä. Sähköisen kaupankäynnin, virtuaalisten esittelytilojen, pikavalmistuksen/lähivalmistuksen ja robottiliikenteen avulla liikkumistarvetta voidaan vähentää hyvin merkittävästi.

4.3.6 Huolto ja kunnossapito

Huolto- ja kunnossapitotoiminta työllistää yli sata tuhatta henkeä. Toiminnasta merkittävä osa on matka-aikaa. Valvonnan automatisointi, vikojen diagnosointi, huoltotoiminnan huoltokirja-automaation kehittäminen, osien pikavalmistus ja yksinkertaisten tehtävien robotisointi sekä monimutkaisempien tehtävien opastaminen virtuaalilasien avulla säästäisi liikkumistarpeesta arviolta 50%.

4.3.7 Valmistava teollisuus

Valmistavan teollisuuden palveluksessa on runsaat 300 tuhatta henkeä. Valmistava teollisuus toimii varsin tehokkaasti ja työmatkat sekä logistiikka ovat merkittävimmät liikkumistarpeet. Teollisuus omaksuu uusia käytänteitä yleensä melko nopeasti.

4.3.8 Rakennusteollisuus

Rakennusteollisuuden palveluksessa on 135 tuhatta henkeä. Rakennusteollisuus aiheuttaa merkittävästi tavaravirtoja, joiden ajoittaminen robotisoinnin keinoin yöaikaan voisi olennaisesti helpottaa liikenteen sujuvuutta, mutta muilta osin rakennusteollisuus aiheuttaa liikkumistarvetta lähinnä vain työntekijöilleen työmatka-ajoina.

4.3.9 Ulkoilu, kulttuuri ja muu vapaa-aika

Runas kolmasosa kaikista matkoista on vapaa-aikaan liittyviä. Tämä koskee koko väestöä. Merkittävä osa matkoista on lasten ja nuorten kuljettamista sekä osallistumista tilanteisiin, joihin hyväntasoinen osallistuminen olisi järjestettävissä myös tulevaisuuden kehittyneiden tietoteknisten mahdollisuuksien kautta. Virtuaalisen osallistumisen lisääminen ja saattamistarpeesta luopuminen voisi myös vähentää kiirettä ja lisätä vapauksia ja yhteisöllisyyttä vaikka kadottaakin siitä samalla osan holhoavan matkustamiseen kokemuksista.

Risto Linturi

17.5.2013

5 Ratkaistavat ongelmat ja eteneminen

Robottiliikenteen teknologia on käytännössä jo lähes ratkaistu. Teknistä kehitystä tarvitaan edelleen lumiolosuhteissa ajamiseen, ihmisen toiminnan ennakointiin ja ristiriitatilanteiden hallintaan esimerkiksi huonosti merkityillä tietyöalueilla. Nämä tullevat kuitenkin saamaan ratkaisunsa vielä tällä vuosikymmenellä. Hankalimpia tilanteita varten voidaan kuvitella kauko-ohjauksen mahdollisuus, jos auton matkustajalla ei ole kykyä auton ohjaamiseen. Potentiaaliset säästöt ovat niin suuret, että ongelmien ratkaiseminenkin saa vaatia kustannuksensa.

Myös joidenkin tarvittavien antureiden toistaiseksi korkea hinta saa ratkaisunsa. Elektroniikan hinta on voimakkaasti riippuvainen valmistusmääristä, ja kokeilujärjestelmillä ei ole merkitystä lopullisen massatuotteen hintaa arvioitaessa.

Sähköisten palveluiden hankaluus on myös myytti. Asiaan sotketaan itsepalvelunvaikeus konsultatiiviseen palveluun verrattuna ja verrataan siis kahta erilaista asiaa toisiinsa. Useimpia paperilomakkeitaakaan ei asiaan vihkiytymätön osaa täyttää, kuinka sitten osaisi tietokoneen ruudulla olevan lomakkeen. Ongelmat poistuvat, jos ne halutaan poistaa, kun ruutukoko kasvaa, ruudut muuttuvat kosketusnäytöiksi ja lasin taakse saadaan ihminen neuvomaan ongelmatilanteissa.

Monet ongelmiksi nähdyt asiat ovat myös ongelmia ainoastaan lainsäädännön vuoksi. Näin esimerkiksi terveydenhuollossa, kun lääkärit eivät vastuukysymysten vuoksi halua auttaa puhelimitse jonossa olevia potilaita. Potilaan kuolema jonossa ei ole kenenkään vastuulla, mutta tilanne muuttuu, jos häntä on hoidettu puhelimitse. Näin ollen moni lääkäri ei tartu puhelimeen, vaikka voisi pelastaa osan potilaista, jos riski vastuuseen joutumisesta kasvaa niiden osalta, joita ei kunnolla ehdi auttaa.

Monet ongelmiksi nähdyt seikat liittyvät myös intressiryhmien keskinäiseen edunvalvontaan. Koulujen opettajat esimerkiksi normaalisti vastustavat asioita, jotka saattaisivat osan heistä epämukavuusalueelle tehtäviin, joissa tulisi opetella uusia asioita tai paljastaa osaamattomuutensa. Helposti vastustetaan myös kaikkia asioita, jotka vähentävät oman etupiirin työtehtäviä tai oman asiantuntemusalueen merkitystä tai vaarantavat omien tukiryhmien tulostason.

Tämänkaltaisia rationaalisesti ajatellen näennäisiä ongelmia, jotka tulisi kyetä ratkomaan yhteisen edun näkökulmasta, on erityisesti opetusalaan ja terveydenhuoltoon liittyvissä kysymyksissä, mutta myös kauppaan, kaavoitukseen ja liikennejärjestelmiin liittyvissä kysymyksissä sekä vanhustenhuollossa ja etäpalveluissa. Kannattaa myös huomata, että monissa kysymyksissä hyötyjä ei ole se, jonka tulisi päätöksien toteuttamiseen myötävaikuttaa. Yhteisen kakun kasvattaminen vaatii joko hyvin määrätietoisia ja mahdollisuudet tunnistavia enemmistöpäätöksiä tai taitavaa diplomatiaa ja kaupankäyntiä osapuolten kesken.

Risto Linturi

17.5.2013

5.1.1 Robottiliikenne

Robottiliikenteen akuutti ongelma on, että se on laitonta ja kokeiluihin tulisi päästä mahdollisimman pian, jotta ihmiset tottuisivat ajatukseen, ja robottiliikenne voitaisiin käynnistää julkisena liikenteenä samanaikaisesti, kun robottiautoja tulee kuluttajamyyniin.

Muutostarve koskee koko ajoneuvolainsäädäntöä. Kokeilut salliva osuus ei ole haastava ja sen voi tehdä USA:n osavaltioiden mallin mukaan, koska kuskin paikalla voi kokeiluissa istua ajokortin haltija. Myöskään muodostelma-ajon salliva lainsäädäntö ei vaadi kovin suuria muutoksia, koska muodostelmasta vastaa edelleen ajokortin haltija.

Kokonaan autonomisen ajon salliva lainsäädäntö on haastavampi. Tulee päättää, kuka on vastuussa auton tekemisistä, jos auto aiheuttaa vahinkoa. Tähän liittyy myös mahdollisuus ohjata auto tuottamaan vahinkoa tarkoituksellisesti. Tällä hetkellä autojen aiheuttamat vahingot ovat pääosin vakuutusyhtiöiden ja yhteiskunnan vastuulla, ja robottiliikenne saattaa eliminoida vahingoista jopa 90%, joten vastuukysymyksistä ei pitäisi tulla suurta kiistakysymystä muilta osin kuin tarkoituksellisten väärinkäytösten osalta, ja tuoteturvallisuuden osalta. Insentiivit ja vastuut tulee saada kohdalleen näissä kohdin.

Robotisoitujen valvontaa ja tavaroita ilmateitse kuljettavien laitteiden osalta ilmailun valvonta on liian tiukka ja mahdollisesti muuttumassa vielä tiukemmaksi. Nelikopterien suurten hyötyjen vuoksi matalalla lentävien kevyiden koneiden tulisi olla joko valvonnasta vapaita, kunnes selkeitä ongelmia ilmenee tai ainakin hyvin kevyesti valvottuja. Valvonnan tulisi kuitenkin olla vastuukysymysten osalta selkeä, koska laitteilla voi saada tarkoituksellista vahinkoa aikaan.

Ilkivaltariski tulee käsitellä huolella. Itsekseen liikkuviin laitteisiin liittyy myös terrorismin mahdollisuus. Tulee harkita, voiko autoa lähettää matkaan ilman lähettäjän tunnistusta ja tästä seuraa yksityisyyden suojaan liittyviä kysymyksiä.

Tavaraliikenteen siirtyessä robottien ohjaukseen tulee huomioida huoltovarmuuskysymykset. Pistemäiset ongelmat eivät ole merkittävä huoli, mutta järjestelmissä ei saisi olla keskitettyjä haavoittuvuuksia, ja riittävän kaluston tulisi olla perinteisellä tavalla ohjattavissa sellaisten kriisitilanteiden varalta, joissa automaattinen järjestelmä ei toimi.

5.1.2 Etäläsnäölon palvelut

Monet kysymykset tulisi selvittää yksityiskohtaisesti, jotta etäläsnäöloa ei tarpeettomasti rajoiteta lainsäädännön ja sopimusten kautta. Näitä ovat esimerkiksi:

- Onko työnantajan työsopimusten vuoksi mahdollista valvoa etätyötä tai maksaa palkkaa suoritteiden mukaan?
- Kuinka suuri on ero toimistotilan kustannuksissa työskentelytilana verrattuna kodin yhteyteen rakennettuun työtilaan, kun tämä lasketaan asiakkaalta saatuna rahana verotuksellisine vaikutuksineen?

Risto Linturi

17.5.2013

- Missä asioissa regulaatiot edellyttävät fyysisen kohtaamisen järjestämistä, vaikka asia olisi sisällöllisesti hoidettavissa etäläsnäolon keinoin?
- Missä kaikissa tapauksissa etäläsnäolon keinoin välitetty kokemus on eri asemassa fyysisessä tilassa välitettyyn verrattuna (esimerkiksi musiikki, taide, tms.)
- Millä tavoin regulaatiot ohjaavat fyysiseen läsnäoloon terveydenhuollossa?
- Millä tavoin regulaatiot estävät kouluopetuksen virtualisointia?
- Millä subventioilla hidastetaan muutosta kohti etäläsnäoloa ja palveluiden virtualisointia?
- Mitkä rakenteelliset vastuurajat vaikeuttavat siirtymistä etäläsnäoloon ja palveluiden virtualisointiin?

5.2 Parhaat etenemistavat ja niiden vaiheistaminen

Tässä työssä on käsitelty useita radikaaleja kehitysnäkymiä. Sellaisten luonteeseen kuuluu monia epävarmuuksia sekä teknologian toimivuuden, ihmisten käyttäytymisen ja talouden rakenteiden suhteen. Jotta päätökset tehtäisiin harkiten, tulisi kokeiluihin päästä mahdollisimman aikaisin. Muutoin teknologia kypsyy ja otetaan käyttöön osittaisten optimointien tasolla rakenteita muuttamatta ja kilpailukykyetuja saavuttamatta.

Koska päättäjien tietoisuus uusista mahdollisuuksista on toistaiseksi vähäinen ja mahdollisuuksia ei useinkaan pidetä realistisinä ennen kuin toimivia ratkaisuja nähdään ympärillä, tulisi kokeiluista ja mahdollisuuksista tiedottaa riittävästi ja niillä tulisi olla kosketus ihmisten arkeen.

Visioidut toimintamallit ovat nopeasti tulossa teknisesti mahdollisiksi ja edullisiksi. Tarkempi suunnittelutyö sekä lainsäädännön että muutosta edistävien jatkohankkeiden osalta käynnistää ja näkymät kytkeä normaaliin suunnittelutyöhön.

Tällä työllä on liittymäkohtia meneillään oleviin muihin hankkeisiin, esimerkiksi

- Älyliikennehankkeet
- Avoimen datan hankkeet
- Sähköinen (/sähköistetty) liikenne
- Kutsuplus
- Vaikutukset runkoyhteyksien käyttöön ja liityntäliikenteeseen

Risto Linturi

17.5.2013

5.2.1 Lainsäädäntö ja EU-tason säädökset

Lainsäädännössä joudutaan mukautumaan kansainvälisiin sopimuksiin. Näihin tulisi kuitenkin pyrkiä vaikuttamaan, tai ainakin myötävaikuttamaan. Kalifornian tai Nevadan kaltaiseen kokeilut mahdollistavaan lainsäädäntöön tulisi edetä mahdollisimman nopeasti.

http://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201120120SB1298
http://www.leg.state.nv.us/Session/76th2011/Bills/AB/AB511_EN.pdf

Vastuukysymykset tulisi tarkastella monipuolisesti ja hakea niihin luovia ratkaisuja, jotta suuret säästöt ja elämänlaadun paraneminen eivät esty vain siksi, että nykykäytäntöjä pienempien riskien vastuukysymyksiä ei kyetä päättämään. Vastuiden osalta hallitsevana periaatteena tulisi olla vastuuttamisen ohjausvaikutus riskejä pienentävään suuntaan hyötyvaikutuksia estämättä.

http://www.njcl.utu.fi/2_2010/huttunen_anniina.pdf

Vienna Convention on Road Traffic sitoo meitä kansainvälisenä sopimuksena.

http://en.wikipedia.org/wiki/Vienna_Convention_on_Road_Traffic,
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/crt1968e.pdf>

5.2.2 Ensimmäisten pilotointihankkeiden valmistelu ja käynnistäminen

Ehdotus 1. Ryhdytään valmistelevaan kokeiluun, jossa yksi Kutsuplus-tyyppinen robottiauto ajaa kuljettajan valvonnassa. Kokeilun voisi aluksi rajata johonkin lähiöön siten, että auto etenee tilausten määrittämää reittiä joukkoliikennepysäkeille. Kokeilun tavoitteena olisi totuttaa julkisuus ja matkustajat sekä päätöksentekijät robottiliikenteeseen palveluna. Kokeilulle tulisi varata aikaa ainakin kaksi vuotta siten, että 1. vuoden aikana kokeilu suunniteltaisiin ja hankittaisiin projektille tarvittava rahoitus, regulatiivinen tuki ja kalusto. Varsinaiset kokeilut suoritettaisiin vuonna 2014 tai 2015 kaluston saatavuudesta riippuen.

Ehdotus 2. Rakennetaan kokeiluna automaattinen tavarakontti, jossa oleva robotti ottaa vastaan ja luovuttaa tavaralaatit sille esitettyä tunnistinta vastaan. Esimerkiksi Helsingin Itäkeskuksessa tai vastaavassa kauppakeskuksessa voisi olla jättökontti, johon jätetyt tavarat siirtyisivät Itä-Helsingin lähiöissä oleviin noutokontteihin. Tarjotaan hanketta kauppakeskuksille.

Ehdotus 3. Toteutetaan robottiliikenteen avulla tavaroiden kuljettajaton jakelu rajatulla alueella paikallisesta ostokeskuksesta alueen kotitalouksiin. Reitit voivat olla valmiiksi testattuja.

Ehdotus 4. Toteutetaan etäläsnäolon mahdollisuuksia erilaisten etiäisrobottien avulla joihinkin taidenäyttelyihin, sairaaloihin, oppilaitoksiin, kauppakeskuksiin ja virastoihin.

Ehdotus 5. Ryhdytään kokeilemaan esteettömyyden näkökulmasta robottiliikenteen, robottijalkojen, Segway-tyyppisten henkilökuljettimien ja etäläsnäolon mahdollisuuksia.

Risto Linturi

17.5.2013

Loppusanat:

Sellaista hetkeä ei ole, jolloin koneen kehitys olisi vaara. Rautainen taltta on parempi kuin kivinen ja teräksinen taltta parempi kuin rautainen. Saattaisiko ajatella sellaista ajankohtaan jolloin taltan irrottamiskyky muodostuisi niin erinomaiseksi, että se koituisi vaaraksi? Ilmeisesti ei.

Henry Ford: Eteenpäin — kaikesta huolimatta, 1930