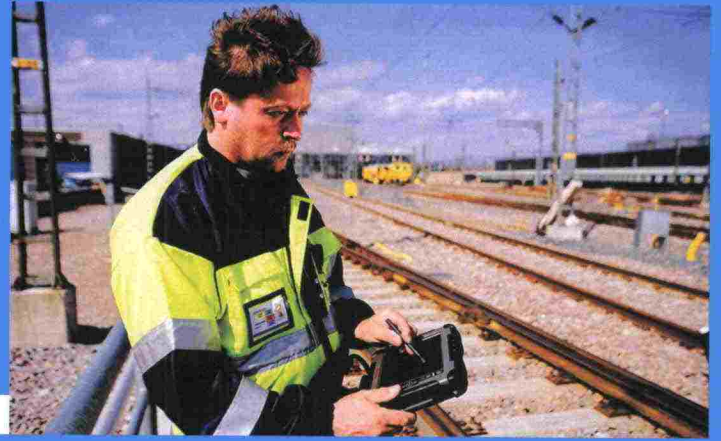


Automatisoitu vaihtotyö



Marko Varpunen



Ratahallintokeskuksen
julkaisu A 18/2009

Automatisoitu vaihtotyö

Marko Varpunen

Helsinki 2009

Ratahallintokeskus

Ratahallintokeskuksen julkaisu A 18/2009

ISSN 1455-2604

ISBN 978-952-445-321-9

Verkkajulkaisu pdf (www.rhk.fi)

ISSN 1797-6995

ISBN 978-952-445-322-6

Kannen ulkoasu: Proinno Design Oy, Sodankylä

Kansikuva: Mipro Oy (Manu Eloaho)

Paino: Kopijyvä Oy, Kuopio

Helsinki 2009

Varpunen, Marko: Automatisoitu vaihtotyö. Ratahallintokeskus, Rataverkko-osasto. Helsinki 2009. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 18/2009. 46 sivua. ISBN 978-952-445-321-9, ISBN 978-952-445-322-6 (pdf), ISSN 1455-2604, ISSN 1797-6995 (pdf)

TIIVISTELMÄ

Liikenteenhallintajärjestelmien automaatioastetta pyritään lisäämään. Vaihtotyö on toisaalta samankaltaisina toistuvien tehtävien suorittamista, toisaalta jatkuvaa muutoksiin reagoimista ja hetkessä elämistä. Automatisoinnin pitää pystyä tarjoamaan työkaluja vaihtotyön tekemiseen.

Vaihtotyöautomaatiikka joutuu käsittelemään monimutkaisia riippuvuussuhteita suorittaessaan jonossa olevia vaihtotyötehtäviä. Automaatiikkasäännöstöihin liittyy valtava määrä muuttujia ja niiden välisiä riippuvuuksia. Järjestelmältä vaaditaan toisaalta helppokäyttöisyyttä ja toisaalta erittäin joustavaa rakennetta ja monipuolisia työkaluja.

Mobiililaittejärjestelmä sisältää rajapinnan liikenteen- ja tuotannonohjausjärjestelmiin. Järjestelmä kerää, muokkaa ja välittää tietoa vaihtotyöyksikön mukana olevaan mobiililaitteeseen. Mobiililaitteen käyttömahdollisuuksiin liittyy mm. turvalaitteen ohjaaminen ja monitorointi, tehtävien hallinta, tilannekuvan monitorointi, kaluston tunnistus ja liityntä tuotannonohjausjärjestelmiin.

Raportti käsittelee automatisoinnin teemoja ja mobiililaitteiden käytön mahdollisuuksia, esittelee ratkaisuvaihtoehdon ja luo mielikuvan mahdollisesta mobiililaittejärjestelmän toteutustavasta.

Mobiililaitteiden käyttämiseen vaihtotyössä liittyy vielä paljon avoimia ja selvitettäviä asioita. Järkevin tapa jatkaa kehittämistyötä on toteuttaa riittävän laajamittainen, sidosryhmien yhteinen konkreettinen pilottihanke jollekin ratapihalle.

Varpunen, Marko: Automatiserat växlingsarbete. Banförvaltningscentralen, Bannätsavdelningen. Helsingfors 2009. Banförvaltningscentralens publikationer A 18/2009. 46 sidor. ISBN 978-952-445-321-9, ISBN 978-952-445-322-6 (pdf), ISSN 1455-2604, ISSN 1797-6995 (pdf)

SAMMANDRAG

Målet är att höja automationsnivån i systemen för trafikstyrning. Växlingsarbetet utgörs å ena sidan av upprepade, likadana uppgifter och å andra sidan av att ständigt reagera på förändringar och leva i nuet. Automationen måste erbjuda verktyg för att utföra växlingsarbetet.

Automationen för växlingsarbetet måste hantera mångfasetterade beroendeförhållanden då det utför köade växlingsuppgifter. Regelverken för automationen är förknippade med en mängd variabler och beroenden mellan dessa. Dels krävs det att systemet är användarvänligt och dels skall det ha en mycket flexibel struktur och erbjuda mångsidiga verktyg.

Det mobila systemet omfattar ett gränssnitt mot trafik- och produktionsstyrningssystemen. Systemet samlar in, redigerar och förmedlar information till den mobila enhet som följer med växlingsenheten. Användningsmöjligheterna för den mobila enheten inkluderar bland annat styrning och övervakning av signalsystemet, hantering av uppgifter, övervakning av lägesbild, identifiering av materiel samt anslutning till produktionsstyrningssystem.

Rapporten behandlar temana för automatiseringen och användningsmöjligheterna för mobila enheter, presenterar en alternativ lösning och skapar en sinnebild av ett möjligt sätt att realisera ett system med mobila enheter.

Många öppna punkter måste ännu utredas gällande användningen av mobila enheter i växlingsarbetet. Det förnuftigaste sättet att fortsätta utvecklingsarbetet är att på någon bangård genomföra ett tillräckligt omfattande, konkret pilotprojekt som involverar alla intressenter.

Varpunen, Marko: Automated shunting. Finnish Rail Administration, Rail Network Department. Helsinki 2009. Publications of the Finnish Rail Administration A 18/2009. 46 pages. ISBN 978-952-445-321-9, ISBN 978-952-445-322-6 (pdf), ISSN 1455-2604, ISSN 1797-6995 (pdf)

SUMMARY

There is a drive to increase the level of automation of traffic control systems. Shunting involves on the one hand repeated sequences of procedures and on the other hand it requires continuous reaction to change and living in the moment. Automation must be able to provide tools for shunting.

Automated shunting deals with complex interdependent relationships to carry out sequenced shunting tasks. The body of rules governing the automatic process includes a plethora of variables with interrelated dependencies. The system has to be user-friendly on the one hand and yet extremely flexible in construction and offer a diversity of tools.

The mobile device system includes an interface to the traffic and production management systems. The system collects, edits and transmits data to a mobile device carried by the shunting unit. The potential applications offered by the mobile device include controlling and monitoring the signalling systems, task management, status monitoring, rolling stock identification and a connection to the production management systems.

The report discusses the themes centred around automation as well as the opportunities offered by mobile devices; it also presents a possible solution and gives an outline of a potential model for implementation of the mobile device system.

Many issues remain open-ended and unclear in the use of mobile devices in shunting. The most reasonable path to take in developing this concept is to launch with all the stakeholders a sufficiently wide-reaching, practical pilot project at a railway yard.

ESIPUHE

Ratahallintokeskus antoi Mipro Oy:lle tehtäväksi selvittää vaihtotyön automatisointia ja mobiililaitteiden käyttöä vaihtotyössä. Tämä dokumentti on selvitystyötä tehneen työryhmän raportti. Raportissa tuodaan esille automatisoinnin taustatekijöitä, teknisiä ja järjestelmäkeskeisiä näkökulmia vaihtotyön automatisointiin ja mobiiliohjauksen mahdollisuuksiin sekä alustetaan mobiiliohjauksen mahdollista jatkokehittämistä.

Työryhmään ovat kuuluneet Marko Varpunen, Sami Hyyryläinen ja Jari Pylvänäinen Mipro Oy:stä. Raportin on kirjoittanut Marko Varpunen. Ratahallintokeskuksessa työtä on ohjannut Jari Viitanen.

Helsingissä, marraskuussa 2009

Ratahallintokeskus
Rataverkko-osasto

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
SAMMANDRAG.....	4
SUMMARY	5
ESIPUHE.....	6
1 JOHDANTO	9
2 TERMIT JA LYHENTEET	10
3 SIDOSRYHMÄT	11
3.1 Rautatievirasto	11
3.2 Ratahallintokeskus.....	11
3.3 VR-konserni.....	11
3.3.1 VR henkilöliikenne.....	11
3.3.2 Tavaraliikenne – VR Cargo.....	11
4 AUTOMATISOINNIN TAUSTAA	13
4.1 Suunnittelusta vaihtoliikkeeseen	13
4.1.1 Pitkän tähtäimen liikennesuunnittelu.....	14
4.1.2 Ratapihatyön suunnittelu	15
4.1.3 Kuljetuksen ohjaus	15
4.1.4 Järjestelymestari	15
4.1.5 Vaihtotyöyksikkö.....	15
4.2 Liikenteenohjausjärjestelmät	15
4.3 LIIKE.....	15
4.4 Laskumäki	15
4.5 Vaihtotyötehtävät.....	16
5 VAIHTOTYÖAUTOMATIikka.....	17
5.1 Toimintaperiaate	17
5.1.1 Tehtävän salliminen.....	18
5.1.2 Herätteen aktivoituminen	19
5.1.3 Aikaikkuna.....	20
5.1.4 Prioriteetti	20
5.1.5 Erityisehdot.....	21
5.1.6 Tehtävän aktivointi	22
5.2 Sääntöjen ja ehtojen ohjelmointi	22
6 MOBIILILAITEJÄRJESTELMÄ	23
6.1 Järjestelmän kuvaus	23
6.2 Toimintamallit	25
6.2.1 Täysautomaattinen.....	25
6.2.2 Puoliautomaattinen	26
6.2.3 Toiminta paikallisluvilla.....	27
6.3 Vaihtotyöesimerkki.....	27
6.3.1 Tehtävän aloittaminen	28

6.3.2	Vaihtokulku tie asettuu	29
6.3.3	Siirtyminen raiteelle 883	29
6.3.4	Tehtävät raiteella 883	30
6.4	Veturin ympäriajo	31
6.4.1	Tehtävä keskeytyy	32
6.5	Lisätietojen esittäminen	33
6.6	Kunnossapitokäyttö	33
6.7	Tekstiviestien käyttö	34
6.8	Liitynnät ja rajapinnat	34
6.9	Laskumäki	34
6.10	Mobiililaittejärjestelmän mahdollisuuksia ja haasteita	35
6.10.1	Vaihtotyönjohtaja vai liikenteenohjaaja	35
6.10.2	Mobiililaitte opastimena	35
6.10.3	Vaihtoliikkeen turvaaminen	36
7	MOBIILILAITTEET	37
7.1	Laitetyypit	37
7.1.1	PDA-laitteet	37
7.1.2	Kannettavat tietokoneet	37
7.1.3	Puettavat ratkaisut	38
7.2	Mobiililaitteen perusvaatimukset	39
7.3	Hyvä käytettävyys	39
7.3.1	Opittavuus	39
7.3.2	Tehokkuus	39
7.3.3	Muistettavuus	40
7.3.4	Virheettömyys	40
7.3.5	Subjekttiivinen miellyttävyys	40
7.4	Toiminta rautatieympäristössä	41
7.5	Tietoliikenneyhteydet ja turvallisuus	41
8	VETOKALUSTO	43
8.1	Kokemukset Suomessa	43
8.2	Liityntä mobiililaittejärjestelmään	43
8.3	Muita liikkuvia vetokalustovaihtoehtoja	44
9	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Ratapihat ovat oleellinen osa toimivaa rautatieliikenteen kokonaisuutta. Liikenteenohjausjärjestelmiä kehitettäessä ja ratapihatyön kehityskohteita mietittäessä vaihtotyön ohjaamisen kehittäminen on noussut esille ja jatkokehityksen kohteeksi. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa LVM 58/2008 rautatieliikenteen ohjauksen osalta erääksi keskeiseksi ratkaisuksi esitettiin ratapihojen mobiiliohjausmahdollisuus.

Raportti käsittelee vaihtotyöhön liittyvää automatisointia sekä mobiililaitteiden käyttöä vaihtotyössä. Raportissa tuodaan esille teknisiä ja järjestelmäkeskeisiä näkökulmia vaihtotyön automatisointiin ja mobiiliohjauksen mahdollisuuksiin sekä alustetaan mobiiliohjauksen mahdollista jatkokehittämistä.

Vaihtotyön automatisointiin liittyvät asiat keskittyvät liikenteenohjausjärjestelmän vaihtotyöautomaatiikan ympärille. Vaihtotyöautomaatiikka on liikenteenohjausjärjestelmien tärkeä kilpailutekijä, kun ratapihojen ohjaamiseen kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Automaatiikan haasteita käsitellään raportissa yleisellä tasolla, ratkaisujen yksityiskohtat ovat järjestelmätoimittajakohtaisia.

Raportissa kuvataan mobiililaittejärjestelmä ja esitellään siihen liittyviä yksityiskohtia. Järjestelmän toimintaa ja mobiililaitteen kanssa toimimista kuvataan esimerkkien kautta pyrkien nostamaan esille järjestelmän hyötyjä ja ratkaistavia asioita.

Mobiililaittejärjestelmällä on edellytyksiä tehostaa vaihtotyötä. Järjestelmän kehittäminen vaatii tahtoa, yhteistyötä ja sitoutumista sidosryhmiltä. Tekniset haasteet saadaan varmasti ratkaistua, kunhan on määritelty vaihtotyön toimivat menettelyt ja toimintatavat.

Raportti esittelee vaihtoehtoja ja luo mielikuvia siitä, millaisia järjestelmiä, toimintatapoja ja mahdollisuuksia mobiililaitteilla voidaan toteuttaa ja millaisia mahdollisia ongelmia järjestelmän käyttöön liittyy.

2 TERMIT JA LYHENTEET

Seuraavassa luettelossa on esitetty raportissa käytetyt termit ja lyhenteet ja niiden merkitys. Toimialan yleisesti käytetyt termit oletetaan tunnetuiksi ja ne jätetään selittämättä.

Määritelmä/ lyhenne	Selitys
3G	Yleinen lyhenne ns. ”kolmannen sukupolven” matkapuhelinteknologioille, pitää sisällään mm. UMTS-, EDGE-, HSDPA- tekniikat
DGPS	Differential GPS, (katso GPS), tavallisen GPS laskennan lisäksi käytetään tunnettujen referenssipisteiden sijaintia hyödyksi parannettaessa paikannustarkkuutta
GPRS	General Packet Radio Service, GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu, jota käytetään pääasiassa langattoman internet-yhteyden muodostamiseen matkapuhelimen tai GPRS-sovittimen avulla.
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä, perustuu usean maata kiertävän satelliitin lähettämästä signaalista laskettavaan paikannukseen.
GSM-R	Global System for Mobile communications – Railway, rautatiekäyttöön tarkoitettu suljettu kommunikointijärjestelmä ja -standardi.
LIIKE	Ratahallintokeskuksen omistama ratakapasiteetin hallinnan tietojärjestelmä
Liikenteenohjausjärjestelmä	Järjestelmä, joka hallitsee liikenteenohjauksen ylemmän tason toiminnot (automatiikka, junanumerotoiminnot ym.).
MIL-standardit	Amerikkalainen puolustusteollisuuden standardikokoelma sotilaskäyttöön tarkoitetuille laitteille
PDA	Personal Digital Assistant, kämmentietokone, pienikokoinen kannettava tietokone, usein pieni kosketusnäyttö
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus, saattomuisti
SMS	Short Message Service, matkapuhelinten tekstiviestijärjestelmä
Vaihtotyö-automatiikka	Tässä selvitystyössä automatiikka, joka sisältää vaihtotyöhön liittyvät tehtävät
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko

3 SIDOSRYHMÄT

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti automatisoinnin kannalta tärkeimmät sidosryhmät sekä kuvataan niiden roolia automatisoinnin näkökulmasta.

3.1 Rautatievirasto

Rautatieviraston roolina on kehittää ja valvoa rautatieturvallisuutta. Virasto antaa määräyksiä, jotka osaltaan ohjaavat mm. automatisointikehityksen suunnitelmia ja toteutuksia osana muuta rautatiejärjestelmäkokonaisuutta.

3.2 Ratahallintokeskus

Ratahallintokeskus (RHK) toimii raitinfran omistajana, kehittäjänä ja ylläpitäjänä sekä ratakapasiteetin omistajana ja jakajana. Kapasiteetin hallinta ja sen tasapuolinen jakaminen operaattoreiden tarpeisiin on määritelty kehityskohteeksi, johon tullaan lähitulevaisuudessa sitouttamaan resursseja erityisesti tietojärjestelmien näkökulmasta.

RHK toteuttaa liikenteenohjauksen perustehtävää rataverkolla ja hankkii junaliikenteen ohjaamisen operatiivisen työn.

Liikenteenohjauksen perustehtävä on junaliikenteen kokonaisuuden sujuvuuden varmistaminen tekemällä oikein ajoitettuja ja ennakoivia liikenteenohjaustoimintoja. Automatisoinnin avulla pyritään parantamaan vaihtotyön ohjaamisen työkaluja, jotta liikenteenohjaajan huomio saadaan pidettyä mahdollisimman paljon junaliikenteen kokonaistilanteen parissa.

3.3 VR-konserni

Kirjoitushetkellä VR on Suomen rataverkon ainoa junaliikenteen operaattori. VR omistaa käyttämänsä kaluston ja operatiiviseen kaluston hallintaan liittyvät järjestelmät.

Automatisointia voidaan lähestyä sekä henkilö- että tavaraliikenteen näkökulmasta. Molemmilla liikennelajeilla on omat erityispiirteensä vaihtotyössä. Vaihtotyön automatisointi itsessään ei ota kantaa liikennetyyppiin, vaan sitä pystytään soveltamaan molemmille tyypeille.

3.3.1 VR henkilöliikenne

Henkilöliikenteen vaihtotyön päätavoite on saada aikataulun mukaisesti liikennöivät junayksiköt siirretyksi lähtöraiteilleen oikeaan aikaan ja toteuttaa tarvittavat kokoonpanomuutokset. Tyypillinen henkilöliikenteen vaihtotyö on myös veturin siirto junayksikön päästä toiseen määräasemalla paluumatkaa varten.

3.3.2 Tavaraliikenne – VR Cargo

Tavaraliikenteen puolella vaihtotyö on suuremmassa roolissa. Vaihtotyö on tyypillisesti junayksiköiden hajottamista ja kokoamista. Se ei jalosta asiakkaan kuljetusta, vaan on lisäkulu kuljetusreitillä. Jotta ratakapasiteetti ja rautatiekuljetuksien kilpailuedut saadaan hyödynnettyä parhaiten, junien tulee liikkua maksimijunapituuksilla ja -painoilla.

Tavoite on koota mahdollisimman valmiit junayksiköt mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mieluiten terminaaliratapihalla tai lähellä sitä. Vaihtotyön määrää pyritään näin minimoimaan.

4 AUTOMATISOINNIN TAUSTAA

Automatisointia tulee arvioida monipuolisesti eri näkökulmista ja kokonaisyödyllisyyttä tavoitellen. Automatisointiratkaisujen pitää mahdollistaa järjestelmäkokonaisuuden kehittyminen kunkin sidosryhmän tarpeet huomioiden. Vaihtotyön toimintoja ja prosesseja tulee kehittää mahdollisimman kokonaistehokkaiksi hyödyntämällä tekniikkaa ja automaatiota. Teknologiaan ihastumista ja rajautumista tiettyyn tekniseen ratkaisuun, menetelmään tai toimintatapaan tulee kuitenkin välttää.

Automatisointi tarkoittaa yleensä investointia. Automatisointi-investointia tulee tarkastella kriittisesti takaisinmaksuajan ja elinkaaren hyötyjen sekä kustannusten näkökulmasta. Investoinnin arviointi tulee tehdä kokonaisuutta optimoiden eikä pelkästään kunkin toimijan omasta näkökulmasta arvioiden.

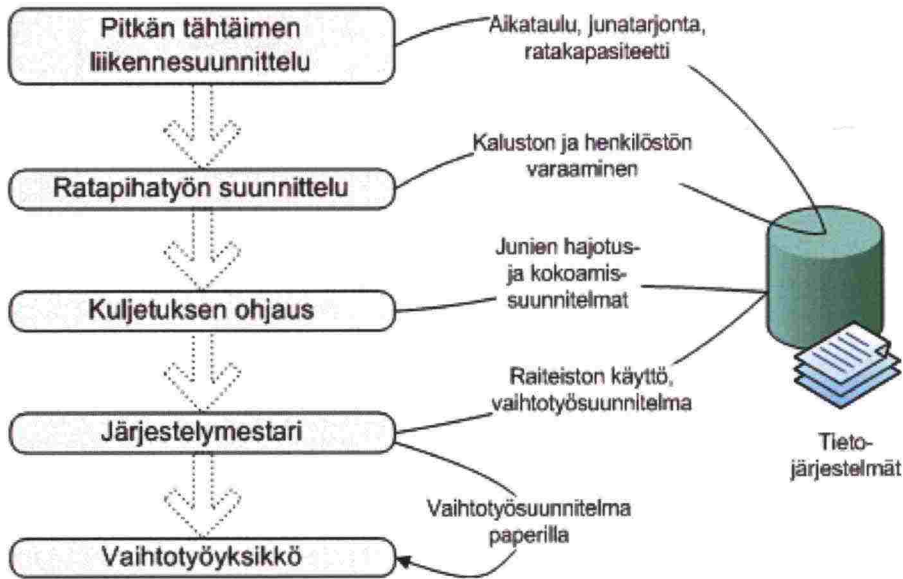
Järjestelmien automatisointitason tavoite pitää määritellä. Ihmisen kyky käsitellä monikäsitteisiä, paljon erilaisia riippuvuuksia sisältäviä ongelmia on edelleen ylivoimainen tietokoneella tehtävään päättelyyn verrattuna. Automatisoimalla yksinkertaiset rutiinomaiset tehtävät saadaan ihmisen huomio siirrettyä monimutkaisten riippuvuussuhteita sisältävien ongelmien ratkaisemiseen. Automatisointi pitää tehdä niissä kohteissa, missä se on järkevää kokonaisuuden kannalta.

4.1 Suunnittelusta vaihtoliikkeeseen

Ratapihalla tehtävää vaihtotyötä edeltää useita suunnitteluvaiheita ja päätöksentekopisteitä. Kuva 1 esittää havainnekuvan suunnitteluprosessista. Prosessista on poimittu muutama eri suunnittelutehtävä, jotta automatisoinnin kannalta mielenkiintoisia suunnittelurooleja pystytään käsittelemään.

Kaluston liikkumissuunnitelmat alkavat karkeasta aikataulu- ja junatarjontasuunnittelusta. Suunnitelmat talletetaan ja niiden perusteella haetaan junakapasiteettia raiteistolta. Suunnitelmia tarkennetaan ja yksityiskohtia lisätään ja työhön osallistuu eri rooleja organisaatioiden eri tasoilta.

Suunnittelun viimeisissä vaiheissa aikataulut lukittuvat, junat asetetaan kulkuun, vaihtotyösuunnitelmat tehdään ja tulostetaan. Junat lähtevät liikkeelle ja vaihtotyöyksiköt alkavat toteuttaa suunnitelmiaan.



Kuva 1. Kuvassa on esitetty havainnekuva prosessista, jossa pitkän tähtäimen liikennesuunnittelusta muodostuu vaihtotyösuunnitelma. Tietojärjestelmissä tarkoitetaan kaikkia liikennesuunnitteluun liittyviä järjestelmiä, kuten Kultua, LIIKE:tä sekä tuotannonohjaus- ja hallintajärjestelmiä.

Kullakin prosessiin osallistuvalla suunnittelijaroolilla on omat tehtävänsä, tarpeensa ja mahdollisuutensa automatisoinnille.

Liikenteen kokonaistilanteesta saatava tarkka tilannekuva auttaa lähes kaikissa suunnittelun vaiheissa. Tilannekuvan saamisella on erityisen suuri merkitys, kun lähestytään suunnitelman toteutumishetkeä. On hyvä tietää, ovatko suunnitelmaa edeltävät työvaiheet loppumassa ajallaan. Onko järjestelyratapihalle hajotettavaksi tuleva juna saapumassa aikataulunsa mukaan? Ehtiikö saapuvassa junassa oleva vaunu mukaan lähtöraiteelle koottavaan junaan? Ennakkotieto auttaa ennakoimaan, muuttamaan suunnitelmia ja tekemään mahdollisimman tarkkoja, oikea-aikaisia ja hyviä päätöksiä muuttuneen liikennetilanteen mukaan.

Samoin suunnitelmien toteutumisesta saatava automaattinen tieto auttaa tekemään parempia suunnitelmia jatkossa. Automatisointi tukee suunnittelutyössä oppimista.

4.1.1 Pitkän tähtäimen liikennesuunnittelu

Suunnitteluvaiheessa tuotetaan pitkän tähtäimen suunnitelmia junaliikenteestä. Junatarjonta suunnitellaan ja ratakapasiteetti haetaan asiakastarpeiden, myyntitietojen ja kokemuksen perusteella. Aikataulut suunnitellaan ja talletetaan tietojärjestelmiin. Tarve liikenteen tarvitsemalle vaihtotyölle hahmottuu.

LIIKE-järjestelmä on RHK:n ratakapasiteetin hallintajärjestelmä, jonka rooli tulee olemaan merkittävä pitkän tähtäimen liikennesuunnittelussa. LIIKE tulee kattamaan oleelliset liikennesuunnittelun työkalut ja tarvittavat rajapinnat muihin järjestelmiin, kuten kuljetustuotannon hallintajärjestelmään Kultuun ja liikenteenohjausjärjestelmiin.

4.1.2 Ratapihatyön suunnittelu

Ratapihatyön suunnitteluvaiheessa toteutuvat junat ovat jo pääosin tiedossa. Vaihtotyötehtävät ja raiteiston käyttö suunnitellaan karkealla tasolla. Suunniteltuja vaihtotyötehtäviä varten varataan riittävät resurssit. Vaihtotyökalusto ja -henkilöstö varataan ja työvuorot suunnitellaan niille säädettyjen ajanjaksojen ohjaamana.

4.1.3 Kuljetuksen ohjaus

Kuljetuksen ohjauksessa suunnitellaan purettavat ja koottavat junayksiköt sekä raiteiston käyttö purku- ja kokoamistoimien osalta.

4.1.4 Järjestelymestari

Järjestelymestarin rooli on olla vaihtotyön tekemisen työnjohtaja, suunnitella varsinaiset vaihtotyöt sekä raiteiston käyttö vaihtotyössä. Raiteistonkäyttösuunnitelmat ja vaihtotyösuunnitelmat perustuvat aiempien suunnitelmien tietoihin, kokemukseen ja tietoon esimerkiksi jatkoyhteyksien tarpeista.

4.1.5 Vaihtotyöyksikkö

Vaihtotyöyksikkö tekee varsinaisen vaihtotyön, siirtää kaluston ja tekee yksiköille tarvittavat kokoonpanomuutokset. Vaihtotyöyksikkö koostuu yleensä vaihtotyönjohtajasta sekä yhdestä tai kahdesta vaihtotyöntekijästä, junamiehestä. Veturia ajaa yleensä veturinkuljettaja. Veturin ohjaaminen voidaan suorittaa nykyään myös vaihtotyöyksikön työkaluna olevalla radiokauko-ohjaimella.

4.2 Liikenteenohjausjärjestelmät

Liikenteenohjausjärjestelmillä tarkoitetaan ohjausjärjestelmiä, jotka toteuttavat liikenteenohjauksen ylätasoinen operaatioita keskitetysti ja asetinlaitteita, jotka turvaavat juna- ja vaihtoliikkeitä. Liikenteenohjausjärjestelmissä pystytään tekemään monipuolista automatisointia.

4.3 LIIKE

LIIKE-järjestelmän rooli on laajenemassa kohti operatiivista liikenteenohjausta. Pitkän tähtäimen liikennesuunnittelun ja ratakapasiteetin hallinnan lisäksi LIIKE tulee sisältämään lyhyemmän tähtäimen suunnittelukomponentteja. LIIKEN raiteistonkäytön hallinnan toiminnot ovat vaihtotyön operatiivisen tekemisen kannalta oleellisia ja näiden ominaisuuksien hyödyntäminen ja käyttäminen muissa järjestelmissä tulee ottaa huomioon.

4.4 Laskumäki

Laskumäki on tehokas junien muodostamisen työkalu. Suomessa laskumäkitoinnot on keskitetty solmuratapihoille Tampereelle ja Kouvolaan. Molemmassa paikoissa on käytössä kehittyneet ohjausjärjestelmät, jotka pystyvät hoitamaan laskumäkioperaatiot tehokkaasti. Laskumäen ohjausjärjestelmään syötettävät pudotussuunnitelmat tehdään tällä hetkellä manuaalisesti.

4.5 Vaihtotyötehtävät

Vaihtotyöyksikön tehtävät ovat suunnitelmia, joissa vaihtoliikkeet, kytkennät, irrotukset ym. on suunniteltu mahdollisimman järkeviksi peräkkäisiksi tapahtumasarjoiksi. Tehtävän lukitseminen ja tulostaminen paperille on hetki, jonka jälkeen tapahtuvat muutokset suunnitelmiin eivät ole enää automaattisesti vaihtotyöyksikön hallussa.

5 VAIHTOTYÖAUTOMATIikka

Liikenteenohjaus pystyy ohjaamaan vaihtotyötä joko vaihtokulkuteihin tai paikallislupiin perustuen. Vaihtokulkuteihin perustuva ohjaaminen vaatii liikenteenohjaajan huomion ja kommunikointia vaihtotyöyksikön kanssa. Tämä sitoo liikenteenohjaajan huomion pois ennakoivasta kokonaisliikennetilanteen seurannasta. Vaihtotöiden tekeminen paikallisluvilla toisaalta vapauttaa liikenteenohjaajan huomion, mutta samalla mahdollisesti käytettävissä oleva ratapihan turvalaitos vaihtokulkuteineen jää hyödyntämättä. Paikallisluvilla toimittaessa liikkumista paikallislupa-alueen sisällä ei hallita turvajärjestelmällä.

Nykyiset liikenteenohjausjärjestelmät toteuttavat junaliikenteen kohtaamis- ja ohitusautomaattikatoiminnot perusominaisuuksinaan. Haastavinta automaattikoille on hallita optimaalisella tavalla kohtaamisten välinen priorisointi sekä tarjota riittävät työkalut poikkeustilanteiden hallinnalle.

Vaihtotyöautomaattikalla tarkoitetaan erilaisia liikenteenohjausjärjestelmän tekemiä automaattisia ohjausoperaatioita, joilla voidaan suojata tai turvata vaihtotyötä liikenteenohjausjärjestelmän näkökulmasta katsottuna sekä mahdollistaa itse vaihtotyössä tarvittavat yksikön liikkeet. Näitä operaatioita voidaan käsitellä, järjestellä, priorisoida ja muuttaa liikenteenohjausjärjestelmän kautta.

Tulevaisuudessa LIIKE-järjestelmä hallitsee liikennöinnin operatiivisia sääntöjä. Tällöin ratakapasiteetin jakaminen ja kokonaistilanteen pitkän tähtäimen suunnittelu luovat automaattikasäännösten ylemmän tason rungon automaattisesti.

Seuraavassa kuvataan vaihtotyöautomaattikan yleisiä ominaisuuksia ja toiminnallisuutta. Tarkkaa kuvausta ja määrittelyä ei pyritä antamaan, koska kukin järjestelmätoimittaja on kehittänyt ja kehittää automaattikan toiminnallisuuksia ja työkaluja omien tuotteidensa näkökulmasta. Perusteet ja perusoperaatiot ovat kuitenkin yhteisiä, vain toteutus-tapa ja ilmiasu vaihtelevat.

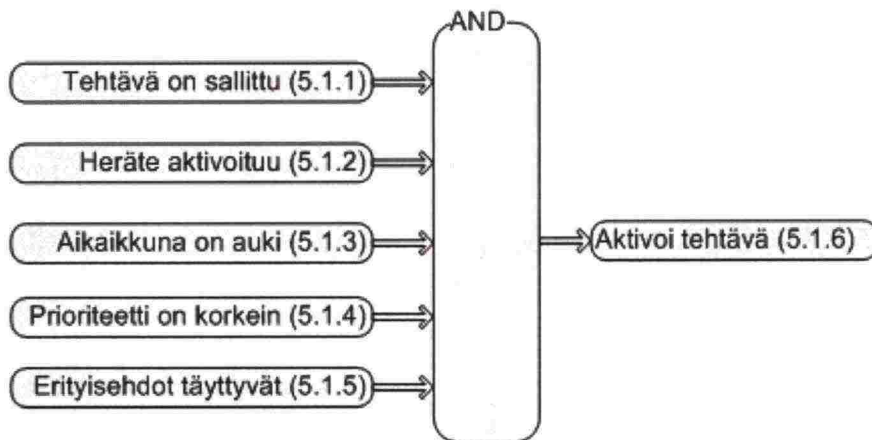
Kullakin liikennepaikalla on omat erikoisuutensa ja vaatimuksensa vaihtotyölle. Suuri osa vaihtotyötehtävistä toistuu tietyn ajanjakson sisällä ainakin osittain samankaltaisina ja vakioina. Osa vaihtotyöstä tulee olemaan muutoksien hallintaa ja niihin reagointia, täydellistä automatisointiastetta ei kannatakaan tavoitella.

5.1 Toimintaperiaate

Vaihtotyötehtävällä tarkoitetaan vaihtotyön aikana tehtäviä töitä, kuten kalustoliikkeitä ja kytkentöjä ja liikenteenohjauksen tekemiä suoritteita, kuten vaihtokulkuteiden asettamista ja luvan antamista.

Kullekin vaihtotyötehtävälle voidaan määritellä ehtojoukko, jonka tulee täytyä tehtävän aktivoitumiseksi. Ehtoja voidaan luoda liikennepaikalla olevien ohjattavien ja valvottavien rataelementtien mukaan. Tehtävät voivat olla yksinkertaisia operaatioita (esim. yksittäisen vaihteen kääntö + lukitus) tai ne voivat olla monimutkaisempia peräkkäisiä työvaiheita (esim. veturin ympäriajo peräkkäisinä vaihtokulkuteinä).

Geneerisen vaihtotyötehtävän aktivoitumisen ehdot voidaan esittää yksinkertaistaen kuvan 2 esittämällä tavalla. Selvitystyössä esitettyjen ehtokaavioiden ja toimilohkokuvien voidaan ajatella olevan liikenteenohjaajan vaihtotyöautomatiikan hallintatyökalun toiminnallisia prototyyppinä. On huomioitavaa, että ehtojoukkoja on todella paljon ja niitä voidaan ryhmitellä hyvin monella eri tavalla.

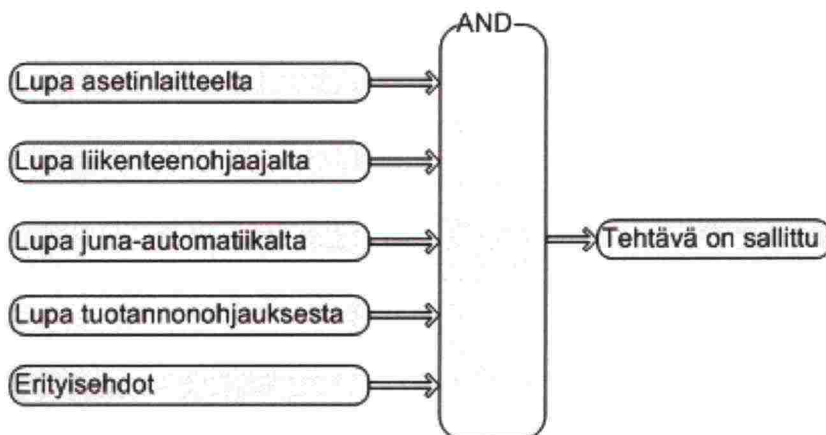


Kuva 2. Geneerisen vaihtotyötehtävän asettumisen ehtoja. Kukin ehto on kytketty AND-porttiin, jolloin kaikkien ehtojen tulee täytyä yhtä aikaa, jotta tehtävä aktivoituu. Kutakin ehtoa on käsitelty kuvan viittaamassa kappaleessa.

Geneerisen mallin ehtojen sisältämää problematiikkaa käsitellään seuraavissa kappaleissa.

5.1.1 Tehtävän salliminen

Tehtävän sallimisella tarkoitetaan ehtoja, joilla automatiikkaa ohjaavat roolit voivat sallia tai kieltää kyseisen tehtävän suorittamisen.



Kuva 3. Tehtävän sallimisen ehtoja.

Tietyt asetinlaitteen tilat estävät tehtävän suorittamisen, esimerkiksi raiteensulku voi estää vaihtokulkutien asettumisen.

Liikenteenohjaaja voi sallia tai kieltää yksittäisen tehtävän suorittamisen. Liikenteenohjaajan rooli on joka tapauksessa olla kokonaisuuden hallitseva, monimutkaiset riippuvuudet ymmärtävä ja liikennetilanteet ennakoiva taho, jonka päätöksellä operaatiot lopulta tehdään.

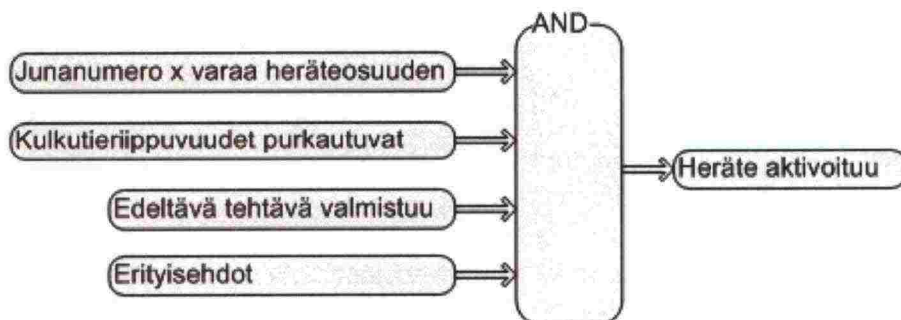
Juna-automatiikka voi ottaa kantaa vaihtotyöautomatiikan toimintaan. Tässä työssä asia on esitetty lupana juna-automatiikalta, vaikka tämä yksittäinen ehto ei sinänsä määrittele juna- ja vaihtokulkutien välistä priorisointia. Priorisointi käsitellään erikseen.

Tuotannonohjaus voi ottaa kantaa tehtävien suorittamiseen. Tuotannosta vastaava henkilö (esim. järjestelymestari) voi esimerkiksi ottaa luvan pois joltakin tehtävältä, jolla hän varmistaa tuotannonohjauksen suunnasta tulevien junakokoonpanotarpeiden täyttymisen.

Erityisehtojen sisään voidaan lisätä kaikki ne liikennepaikan erityisyydet, joita liikenteenohjausjärjestelmä voi monitoroida tai joita voidaan asettaa liikenteenohjausjärjestelmän kautta.

5.1.2 Herätteen aktivoituminen

Herätteen aktivoitumisella tarkoitetaan tehtävää edeltäviä ehtoja, joiden tulee asettua sovittuun tilaan. Oikein ajoitettu heräte on oleellinen osa sujuvaa liikenteenohjausta. Herätteen viivästyksen tai muiden ajastustoimintojen tulee olla mahdollisia.



Kuva 4. Herätteen aktivoitumisen ehtoja.

Usein tehtävään liittyy tietyn junanumeron saapuminen herätteelle. Tehtävä voi liittyä suoraan herätteelle saapuvaan yksikköön tai yksikön ohittaminen on odotettava ehto.

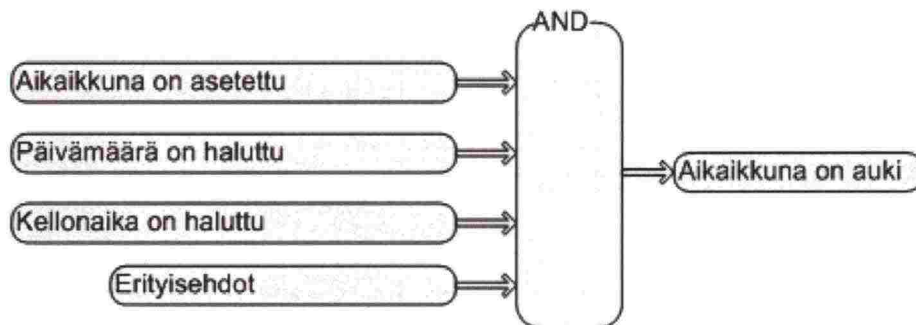
Asetinlaitteen asettamien kulkuteiden asettumisista ja purkautumisista tulee voida koota ehtojoukkoja.

Vastaavasti edeltävä tai muuten tehtävään liittyvä muu tehtävä pitää voida asettaa ehdoksi.

Erityisehdoissa voi ehdoksi asettaa minkä tahansa järjestelmään tilatietoa välittävän rataelementin tilan tai tilan muutoksen. Liikennepaikan erikoisuudet herätteen asettamisen suhteen tulee pystyä ottamaan huomioon.

5.1.3 Aikaikkuna

Aikaikkunan auki olemisella tarkoitetaan sitä ajan hetkeä, jolloin tehtävän aloittaminen on suunnitellusti mahdollista.



Kuva 5. Aikaikkunaan liittyviä ehtoja.

Aikaikkunan asettaminen ei välttämättä ole tarpeellista. Ehdolla määritellään asetaanko aikaikkunaa vai ei.

Ehtoon on oltava mahdollista asettaa päivämääräriippuvuus. Aikataulut muuttuvat päivämäärien perusteella ja yhteydestä päivämäärän ja kellonajan välillä tulee myös huolehtia.

Kellonaika on oleellinen osa aikaikkunaa. Kellonajan ollessa määritellyllä välillä aikaikkunan oleellisin ehto on voimassa. Aikaikkunan asettamiseen liittyy helpon muokattavuuden vaatimus, koska suunnitelmat usein menevät uusiksi ja tapahtumien keskinäinen järjestys on oltava helposti muutettavissa.

Erityisehtojen sisään voidaan tehdä monimutkaisempia erityisehtoja, jotka liittyvät aikaikkunaan. Kalenteriin liittyy paljon erilaisia yksityiskohtia pyhineen, aattoineen ja karkauspäivineen.

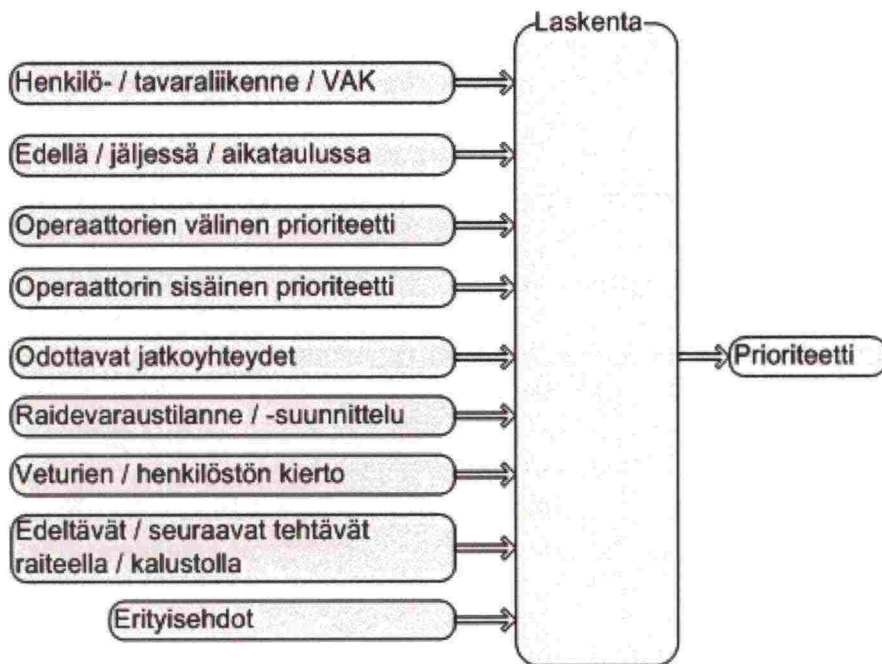
5.1.4 Prioriteetti

Prioriteetilla tarkoitetaan tehtävien asettamista tärkeysjärjestykseen toisiinsa nähden. Prioriteetin määrittely on ehkä haastavin ehto, jonka optimointi vaatii monimutkaista päättelyä ja raportissa esitetyn kaltainen muutaman ehdon joukko ei kuvaa monimutkaisuutta kattavasti. Tavoitteena on kokonaisuuden kannalta optimaalisen ratkaisun löytäminen jokaisella ajan hetkellä.

Mikäli prioriteeteille pystytään laskemaan yhteismitallinen numeerinen arvo, suoritettavan prioriteetin valinta on helppo tehtävä. Se tehtävä, jolla on suurin prioriteetti, valitaan ja sille annetaan suoritusvuoro.

Ongelmallista on esittää kunkin tehtävän kullakin ajanhetkellä vallitseva prioriteetti numeerisena arvona. Samoin prioriteettien ja aikaikkunoiden väliset riippuvuudet ovat monimutkainen yhdistelmä. Kun liike ei ehdi tapahtua suunnitellussa aikaikkunassa, nostetaanko sen prioriteettia vai lasketaanko sitä?

Prioriteetin päättelyä voidaan kuvata seuraavan kaltaisella kaaviolla, jossa on esitetty joitakin prioriteettiin vaikuttavia ehtoja.



Kuva 6. Prioriteetin laskentaan vaikuttavia ehtoja tai tietoja.

Kuva 6 esittää joukon laskennassa käytettäviä asioita. Priorisointi saattaa jäädä aina viime kädessä liikenteenohjaajan tehtäväksi. Järjestelmä pystyy varmasti antamaan apuvälineitä prioriteetin valintaan, mutta optimaalisen laskennan aikaansaaminen ottaen huomioon kaikki mahdolliset vaikuttavat seikat saattaa olla liian monimutkaista. Tähän asiaan laiteomittajien automatiikkaratkaisut varmasti ottavat kantaa ja esittelevät erilaisia ratkaisuja. Joukolla rajattuja perussääntöjä (aikataulussa liikkujia saa etusijan jne.) voidaan päästä hyvinkin lähelle ratkaisua. Haettaessa mahdollisimman älykästä optimiratkaisua järjestelmän tekemänä voidaan joutua soveltamaan esimerkiksi sumean laskennan ja oppivien verkkojen keinoja.

5.1.5 Erityisehdot

Tehtävän aktivoimisen erikoisehdoilla tarkoitetaan erilaisia liikennepaikan tilanteita ja toimintatiloja, joilla on vaikutusta tehtävän aloittamiseen. Tehtävän edellytyksenä voi olla esimerkiksi tietyn raiteen vapaana olo, matkustajainformaatiojärjestelmän tiedotteen suorittaminen, yksikön lähtövalmiustarkastuksen valmistuminen jne. Erikoisehtoja pitää pystyä määrittelemään ja muokkaamaan melko vapaasti, mikäli halutaan luoda geneerinen, joustava ja tehokas automatiikkasäännöstö.

5.1.6 Tehtävän aktivointi

Tehtävän aktivointi voi tarkoittaa useaa eri asiaa. Automatiikka voi kommunikoida suoraan asetinlaitteen tai kauko-ohjauksen kanssa ja ryhtyä asettamaan vaihtokulkutietä. Automatiikka voi myös ehdottaa seuraavaa tehtävää liikenteenohjaajan tehtäväksi tai avata hyväksymisdialogin liikenteenohjaajalle tehtävän aktivoimista varten. Tällöin liikenteenohjaaja toimii päätöksen tekijänä ja varmistajana.

Automatiikan suorittama tehtävä voi olla myös paikallislupa tai paikallislupa voi olla mukana muiden tehtävien ehdoissa.

5.2 Sääntöjen ja ehtojen ohjelmointi

Vaihtotyöautomatiikan säännöt luodaan pohjautuen aikatauluihin, junanumeroihin, vaihtotyösuunnitelmiin, raiteiston käyttöön, herätteisiin, ajoitussääntöihin jne. Sääntöjen ohjelmointiin on olemassa erilaisia lähestymistapoja.

Ohjelmointia varten on kehitetty graafisia käyttöliittymäsovelluksia, joissa säännöstö ja tehtävät luodaan valitsemalla työkalupakista erilaisia tehtäviä ja niiden välisiä suhteita kuvaavia symboleja, joista vaihtotyö koostuu. Esimerkiksi logiikkaohjelmoinnissa käytettyä Function Block Diagram -ohjelmointitekniikkaa pystytään soveltamaan tehtävien ja ehtojen suunnittelussa ja toteutuksessa. Hiirellä käytettävät graafiset, ratageometrian päälle tehdyt, "drag and drop" -tyyliset ohjelmointityökalut tuovat havainnollisuutta ja tietynlaista selkeyttä ohjelmointiin.

Työkalujen tulee olla helppokäyttöisiä ja selkeitä. Toisaalta työkaluilla pitää pystyä käsittelemään lähes kaikkien mahdollisten elementtien tilatietoja, ehtoja ja muita sääntöjen muodostamisessa tarvittavia objekteja. Työkalu ei saa ohjata ehtojen asettamista.

Kukin laitetoimittaja määrittelee oman tuotteensa näkökulmasta soveltuvan ja edistyksellisen ratkaisun. Kaikista ratkaisuista löytyvät perusominaisuudet, joilla vaihtotyössä tehtäviä operaatioita yhdistetään peräkkäisiksi tapahtumiksi, niiden tapahtumiselle asetetaan ehtoja ja aikaikkunoita, asetetaan herätteitä, tehtäviä sidotaan muihin tehtäviin, junanumeroihin, rataelementtien tiloihin, vaihtokulkuteihin jne.

6 MOBIILILAITEJÄRJESTELMÄ

Mobiililaitteilla tarkoitetaan raportissa kaikkia kannettavia tai ajoneuvoon mukaan otettavia laitteita, joilla on mahdollista suorittaa langattomasti vaihtotyöhön liittyviä tehtäviä. Mobiililaittejärjestelmällä tarkoitetaan mobiililaitteen ja siihen liittyvien rajapintojen hallintaan liittyvää järjestelmää.

Mobiililaitteen avulla tuotannonohjausjärjestelmä on mahdollista tuoda vaihtotyöyksikön käytettäväksi ratapihalta käsin. Vaihtotyöyksikkö voi valita vaihtotyötehtäviä ja -suunnitelmia, mahdollisesti muuttaa niitä, kirjata tehtäviä suoritetuksi ja kommunikoida tuotannonohjauksen kanssa käyttäen mobiililaitetta ratapihalla.

Liityntä turvalaitteeseen on mahdollinen mobiililaitteen kautta. Mobiililaitteella voi monitoroida turvalaite-elementtien tilaa, vaihto- ja junakulkuteiden tilaa sekä pyytää järjestelmää asettamaan kulkuteitä tai ohjata yksittäisiä rataelementtejä. Laite tuo uusia teknisiä ratkaisuja kommunikointiin liikenteenohjauksen kanssa perinteisen radion ja puheen sijasta.

Raportissa asiaa käsitellään teknisestä näkökulmasta. Mobiililaitteen käyttöön liittyy paljon erilaisia turvallisuuteen ja toimijoiden mahdollisiin uusiin työrooleihin liittyviä yksityiskohtia, jotka pitää ratkaista ennen kuin laitteen käyttäminen toimintaympäristössä on mahdollista.

6.1 Järjestelmän kuvaus

Vaihtotyöyksikön käyttämän mobiililaitteen tulee pystyä esittämään tietoa erilaisista lähteistä. Järjestelmä on kuvattu siten, että liitynnät liikenteenohjausjärjestelmään ja tuotannonohjausjärjestelmään ovat olemassa.

Järjestelmärakenne on mahdollista toteuttaa monella eri tavalla, joista seuraavassa kuvataan yksi mahdollinen ratkaisu.



Kuva 7. Mobiililaittejärjestelmän havainnekuva. Kuvassa on yksinkertaistettu toimijoiden rooleja sekä piirretty useat järjestelmien eri tietokannat yhdeksi. Kaikki järjestelmän osat toimivat tietoliikenneverkkojen läpi, joten yhteydet kaikkien järjestelmien välillä on teknisesti mahdollista toteuttaa.

Järjestelmän perustan muodostaa mobiililaittepalvelin tai -palvelimet. Näiden palvelimien tehtävä on kommunikoida tuotannonohjaus- ja liikenteenohjausjärjestelmien ja näiden tietokantojen kanssa sekä hallita mobiililaitteiden liittyminen järjestelmään.

Mobiililaittepalvelimen palvelut on periaatteessa mahdollista toteuttaa liikenteenohjausjärjestelmien palvelimissa, mikäli kapasiteetti ja tietoliikennejärjestelyt tämän mahdollistavat. Uusia tietoliikenneyhteyksiä ja palvelimia ei välttämättä tarvita. Toisaalta erillisten palvelimien käyttö tekee rajapinnoista ja palveluiden rajoista selkeämpiä ja liitettävämpiä eri toimijoiden järjestelmiin.

Mobiililaittepalvelin kerää tietoa liikenteen- ja tuotannonohjausjärjestelmistä. Palvelimessa suoritettavat sovellukset analysoivat ja käsittelevät tietoa sekä muokkaavat siitä mobiililaitteille ja kullekin käyttäjälle sopivaa ja riittävää.

Järjestelmä pystyy generoimaan automaattisia hälytyksiä muuttuneesta liikennetilanteesta jo suunnittelun eri työvaiheisiin.

Vastaavasti mobiililaitepalvelin kerää tietoa mobiililaitteelta ja välittää sitä eteenpäin liikenteen- ja tuotannonohjausjärjestelmille.

Mobiililaitte toimii erityisesti vaihtotyöyksikön työkaluna. Laitteen avulla tehtävien hallinta ja lisätieto on saatavilla sekä kommunikointi liikenteenohjaukseen voidaan hallita turvallisesti ja tehokkaasti. Vaihtotyösuunnitelmien hallinta, päivittäminen ja valmistumisen raportointi mobiililaitteiden avulla on mahdollista. Kaluston tunnistamista varten laitteeseen voidaan integroida esimerkiksi RFID-lukija.

6.2 Toimintamallit

Tässä raportissa määritellään ja käsitellään seuraavat vaihtotyöautomaatiikan ja mobiililaitteen käytön toimintamallit:

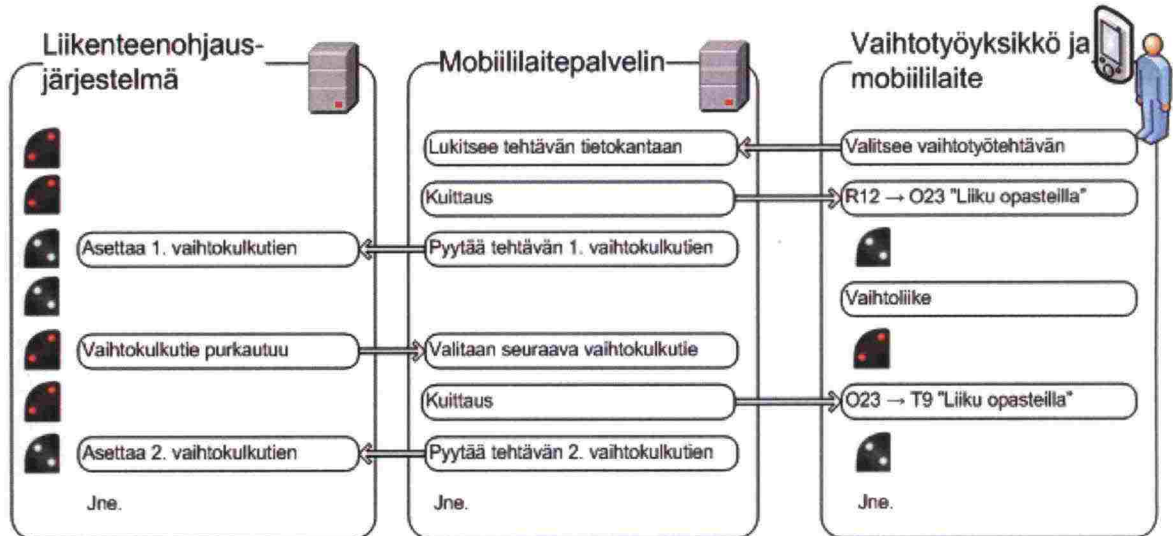
- täysautomaattinen
- puoliautomaattinen ja
- paikallisluvut.

Toimintamalleissa käsitellään sekä toimintaa liikenteen- että tuotannonohjausjärjestelmän kanssa. Mallien avulla kuvataan järjestelmäkokonaisuuden toimintaa.

6.2.1 Täysautomaattinen

Täysautomaattisessa mallissa vaihtotyöt on ohjelmoitu järjestelmään täydellisen kattavasti. Järjestelmä pyrkii hallitsemaan liikennettä täysin automaattisesti. Vaihtotyöautomaatiikka kommunikoi junaliikenneautomaatiikan kanssa ja automaatiikkojen välinen priorisointi, aikaikkunat ja herätteet ohjaavat juna- ja vaihtotyöliikkeet automaattisesti. Liikkuminen ratapihalla perustuu juna- ja vaihtokulkuteiden käyttöön.

Liikenteenohjaajan rooli on kytkeä automaatiikka päälle, tarkkailla järjestelmän toimintaa ja ratkaista mahdolliset ristiriitatilanteet.



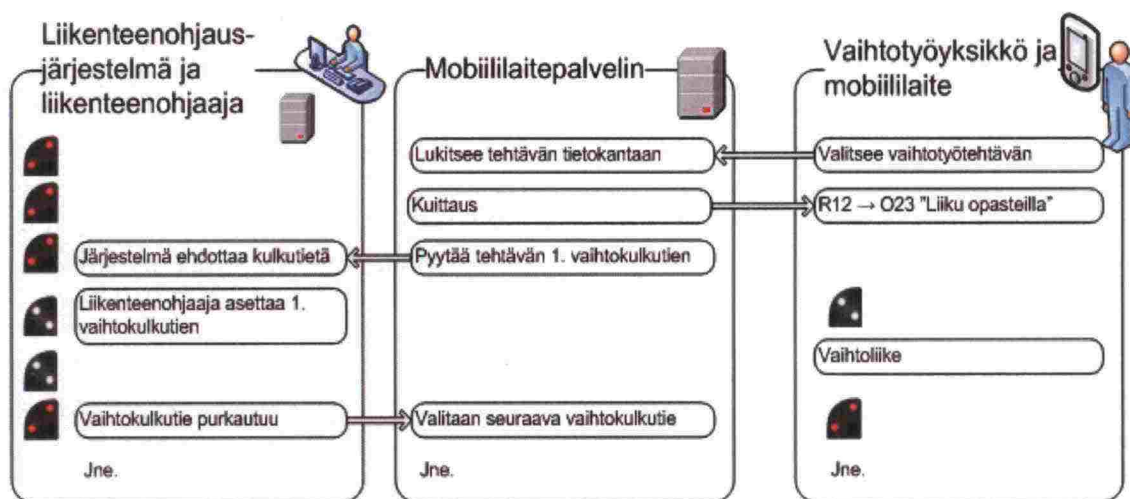
Kuva 8. Täysautomaattisen vaihtotyöautomaatiikan kommunikointi järjestelmien välillä. Liikenteenohjausjärjestelmä varmistaa vaihtokulkutien automaattisesti.

Liikenteenohjausjärjestelmä ja asetinlaite toteuttavat vaihtokulkutiet ja vaihtotyöyksiköt liikkuvat opastimien opasteilla. Mobiililaitte informoi vaihtotyöyksikköä seuraavasta vaiheesta ja kehottaa seuraamaan opastimien opasteita.

6.2.2 Puoliautomaattinen

Puoliautomaattisessa mallissa liikenteenohjaaja ottaa aktiivisesti osaa automatiikan toimintaan. Erona täysautomaattiseen malliin on, että vaihtotyöyksikkö, mobiilipalvelin ja vaihtotyöautomaatiikka tekevät vaihtokulkutie-ehdotuksia, jotka liikenteenohjaaja hyväksyy ja toteuttaa. Liikkuminen ratapihalla perustuu edelleen juna- ja vaihtokulkuteiden käyttöön. Liikenteenohjaaja saa automaattisesti ilmaisia pyydyistä vaihtokulkuteistä silloin, kun ne ovat ajankohtaisia. Liikenteenohjaajan ei tarvitse odottaa edeltävien tehtävien valmistumista. Mobiililaittepalvelin voi suodattaa välitettäviä pyyntöjä jo etukäteen prioriteettien ja aikaikkunoiden perusteella.

Liikenteenohjaajan rooli on päättää vaihtokulkuteiden toteuttamisesta ja valvoa järjestelmän toimintaa.



Kuva 9. Puoliautomaattisen mallin kommunikointi järjestelmien välillä. Liikenteenohjaaja valvoo, tarkistaa ja hyväksyy kulkutiet sekä toteuttaa ne.

Vastaavasti kuin täysautomaattisessa mallissa, liikenteenohjausjärjestelmä ja asetinlaite toteuttavat vaihtokulkutiet ja vaihtotyöyksiköt liikkuvat opastimien opasteilla. Mobiililaitte informoi vaihtotyöyksikköä seuraavasta vaiheesta ja kehottaa seuraamaan opastimien opasteita.

6.2.3 Toiminta paikallisluvilla

Manuaalisessa toimintatilassa vaihtotyöyksikkö pystyy hallitsemaan ja valitsemaan suoritettavia tehtäviä sekä kommunikoidaan liikenteenohjauksen kanssa kentältä mobiililaitteen kautta liikennepaikoilla, joilla ei ole mahdollista liikkua kulkuteillä.

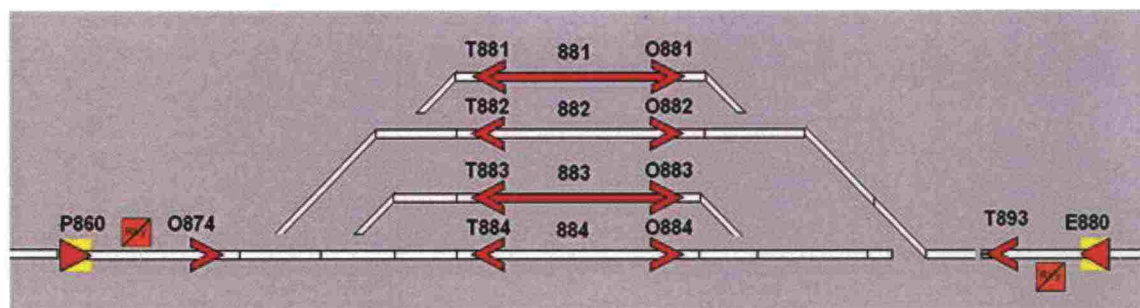
Mobiililaitteella kommunikoidaan liikenteenohjaajan kanssa ja vaihtotyö tehdään mm. paikallislupien suojaamana. Vaihtotyöyksikkö voi kääntää yksittäisiä vaihteita mobiililaitteen kautta lupa-alueellaan. Mobiililaittepalvelin voi pyytää vaihteen yksittäislukitusta, jolloin vaihteen kääntö ja lukitus tehdään vaihtoliikettä varten vastaavasti kuin nykyisin. Paikalliskäännöt on mahdollista tehdä veturista, jolloin vaihtotyöntekijän liikkuminen ratapihalla tehostuu.

Liikennepaikalla, jossa käytetään paljon paikallislupia tai vaihteen kääntöpainikkeet eivät ole aivan optimaalisissa paikoissa, on mahdollista kytkeä mobiililaittepalvelin painikkeiden rinnalle käyttäen esimerkiksi tehtävään soveltuvaa ohjelmoitavaa turvalogiikkaa. Tekniikalla saadaan painiketiedot välitettyä mobiililaittepalvelimelle ja mobiililaitteiden käyttöönotto on mahdollinen. Vastaava tekniikka soveltuu releasetinlaiteliityntään.

6.3 Vaihtotyöesimerkki

Tässä kappaleessa käydään läpi esimerkkinä eräs vaihtotyötehtävä ja tarkastellaan tehtävää liikenteenohjaajan, vaihtotyöyksikön, tuotannonohjauksen ja mobiililaitteen näkökulmista. Tehtävän etenemistä seurataan sekä perinteistä tekniikkaa että mobiililaittejärjestelmää käytettäessä.

Kuvassa 10 esitellään yksinkertainen ratapihamallinnus, jossa vaihtotyö tapahtuu. Kuvassa on mallinnettu esimerkin kannalta oleelliset elementit eikä esimerkiksi lähtöopasteita ole huomioitu. Liikennepaikan vaihtotyöalue rajoittuu ”Liikennepaikan vaihtotyön raja” -merkkeihin. Vaihtotyöyksikköön kuuluu radio-ohjattu veturi sekä kaksi vaihtotyötä tekevää henkilöä, joista toinen toimii vaihtotyönjohtajana. Molemmilla henkilöillä on työkaluinaan radio-ohjatun veturin ohjain sekä mobiililaitte. Mobiililaittejärjestelmä sisältää myös vaihtotyöautomaatiikkatoiminnot. Junan, veturin tai vaihtotyöyksikön numeron seuranta raiteistolla ei ole kuviin mallinnettu.



Kuva 10. Esimerkkiratapihan yksinkertaistettu mallinnus. Vaihtotyöyksikkö on raiteella 881 ja raiteella 883 on vaihtotyöhön liittyviä vaunuja. Huomioitavaa on, että liikennepaikan lähtöopastimia ei ole mallinnuksessa mukana.

6.3.1 Tehtävän aloittaminen

Alkutilanteessa automatiikka ohjaa liikennettä pääraiteella. Vaihtotyöyksikkö sijaitsee raiteella 881 ja haluaa aloittaa vaihtoliikkeen. Raiteella 883 on vaihtotyöhön liittyviä vaunuja.

Tehtävään kuuluu liikkua vaihtotyöyksiköllä raiteelta 881 raiteelle 883 ja kytkeä vaunut yksikköön. Kytkemisen jälkeen raiteelle 883 muodostetun junan tarkoitus on lähteä aikataulun mukaan liikkeelle etelään.

Perinteinen ratkaisu

Vaihtotyönjohtajalla on mukanaan paperille tulostettu vaihtotyösuunnitelma, jota hän alkaa toteuttaa. Vaihtotyönjohtaja ottaa yhteyden liikenteenohjaajaan ja he neuvottelevat tehtävän aloittamisesta. Liikenteenohjaaja antaa luvan vaihtotyöhön ja tekee vaihtokulkutien liikennepaikan vaihtotyön rajalle. Liikenteenohjaaja kirjaa muistiin, että yksikkö haluaa mennä raiteelle 883.

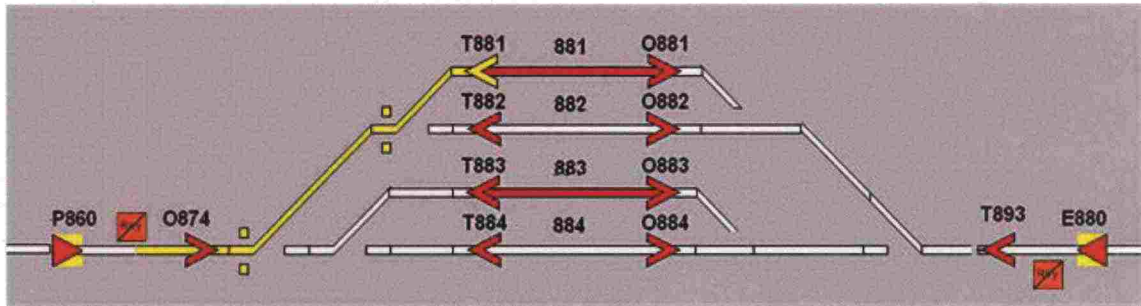
Liikenteenohjaaja joutuu keskittymään liikennepaikan tilanteeseen ja harkitsemaan, aiheuttaako vaihtoliike ongelmia pääraiteen liikenteelle, ehtiikö sen toteuttaa. Kommunikointiin kuluu aikaa ja siihen liittyy aina väärinymmärryksen riski. Liikenteenohjaaja joutuu muistamaan tai tallettamaan yksikön seuraavat liikkeet.

Mobiililaittejärjestelmä

Vaihtotyönjohtaja valitsee mobiililaitteellaan haluavansa liikkua raiteelta 881 raiteelle 883. Mobiililaittepalvelin käsittelee tiedon ja pyytää liikenteenohjausjärjestelmästä vaihtokulkutietä liikennepaikan rajalle.

Liikenteenohjausjärjestelmä toteuttaa vaihtokulkutien automaattisesti, koska aikaikkunoiden ja prioriteetin perusteella tämä on mahdollista. Mikäli vaihtotyöautomaatiikka on asetettu siten, että vaihtokulkutie vaatii liikenteenohjaajan hyväksynnän, annetaan tästä ilmaisu liikenteenohjaajalle, joka hyväksyy vaihtokulkutien asettumisen.

6.3.2 Vaihtokulkutie asettuu



Kuva 11. Vaihtokulkutie on asettunut liikennepaikan rajalle.

Vaihtotyöyksikkö lähtee liikkeelle ja ajaa raideopastimen O874 etupuolella olevalle raideosuudelle.

Perinteinen ratkaisu

Vaihtotyöyksikkö liikkuu opastimien opasteilla ja tähystää liikkeen aikana.

Liikenteenohjaaja tarkkailee liikkeen valmistumista, jotta seuraavan vaihtokulkutien voi asettaa.

Mobiililaittejärjestelmä

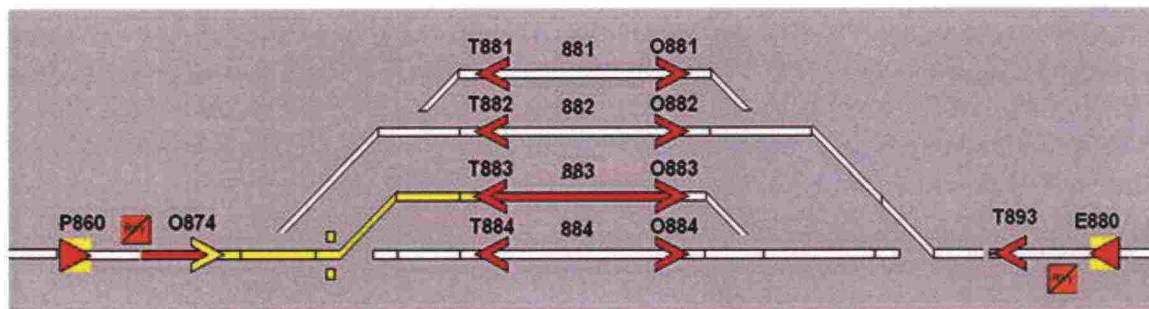
Vaihtotyöyksikkö liikkuu opastimien opasteilla ja tähystää liikkeen aikana. Lisäksi vaihtotyönjohtaja näkee mobiililaitteesta ratapihan yleistilanteen ja pystyy mahdollisesti reagoimaan havaitsemiinsa poikkeamiin.

Vaihtotyöyksikkö voi jakaa tehtävän siten, että toinen vaihtotyöntekijä siirtää kaluston ja huolehtii tähystyksestä ja toinen voi jäädä valmistelemaan raiteen 883 vaunujen kytkemistä, selata mobiililaitteella vaunulistaa, tarkistaa vaunujen tietoja, lukea RFID-tunnisteet vaunuista ja päivittää tiedot tuotannonohjaukseen.

Mikäli vaihtotyöautomaatiikalla on lupa jatkaa automaattisesti vaihtokulkutien asettamisella raiteelle 883, toteutetaan vaihtokulkutie heti, kun se on mahdollista. Tällöin liikenteenohjaajan ei tarvitse huolehtia yksikön siirtymisestä raiteelle 883.

6.3.3 Siirtyminen raiteelle 883

Yksikkö aikoo siirtyä raideopastimelta O874 raiteelle 883.



Kuva 12. Yksikkö on raideopastimen O874 edessä olevalla raideosuudella ja vaihtokulkutie raiteelle 883 on asettunut.

Perinteinen ratkaisu

Liikenteenohjaaja on tarkkaillut yksikön liikkumista ja odottanut, että seuraavan vaihtokulkutien voi asettaa. Hän asettaa vaihtokulkutien raiteelle 883, kun havaitsee sen olevan mahdollista. Vaihtoehtoisesti yksikkö pyytää radiolla liikenteenohjaaja asettamaan vaihtokulkutien.

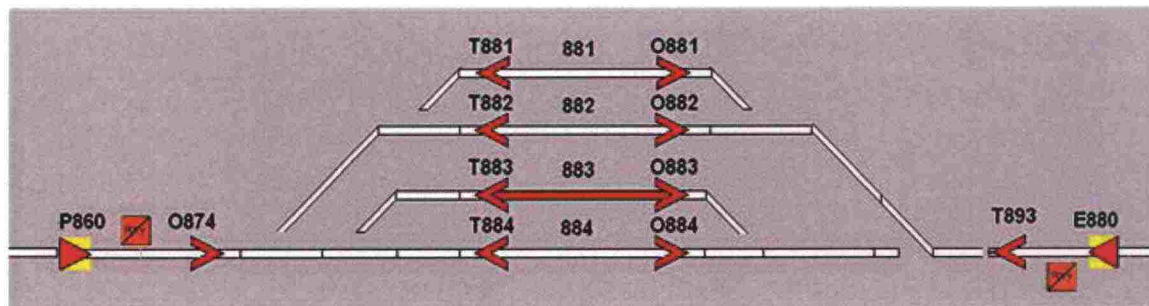
Mobiililaittejärjestelmä

Vaihtotyöautomaatiikka on voinut tehdä vaihtokulkutien automaattisesti ilman liikenteenohjaajalta vaadittavia toimenpiteitä.

Yksikkö voi myös valita mobiililaitteella haluavansa liikkua raiteelle 883, jolloin mobiililaittepalvelin välittää vaihtokulkutiepyynnön liikenteenohjausjärjestelmälle. Vaihtotyöautomaatiikka hyväksyy vaihtokulkutiepyynnön automaattisesti tai liikenteenohjaaja hyväksyy sen.

6.3.4 Tehtävät raiteella 883

Yksikkö on saapunut raiteelle 883 ja tekee kytkennät. Valmistuvalle junalle tehdään tarvittavat tarkastukset ja lähtövalmiutta edeltävät toimenpiteet.



Kuva 13. Yksikkö on saapunut raiteelle 883 ja tekee tehtävän valmiiksi.

Perinteinen ratkaisu

Vaunuletkalle tehdään tarvittavat kytkennät ja tarkastukset. Junan lähtövalmiustarkistus tehdään, tiedot syötetään veturin JKV-laitteelle ja juna ilmoittautuu lähtövalmiina aikataulun mukaista lähtöä varten.

Junan valmistuminen ei kirjaudu automaattisesti tuotannonohjausjärjestelmään, vaan tietojen vieminen vaatii manuaalisia toimenpiteitä. Liikenteenohjaaja kirjaa lähtövalmistiedon itselleen muistiin.

Mobiililaittejärjestelmä

Vaunuletkalle tehtävät operaatiot voidaan kirjata tuotannonohjausjärjestelmään mobiililaitteen käyttöliittymän kautta. Jarrutiedot, ym. kaluston tarkistamisen aikana tehdyt havainnot voidaan kirjata suoraan järjestelmään.

Lähtövalmius kirjautuu automaattisesti liikenteenohjausjärjestelmään, automatiikan suorittama lähtö mahdollistuu.



Kuva 14. Yksinkertaistettu mobiililaitteen käyttöliittymäkuva.

Kuvan 14 mukainen käyttöliittymänäkymä esittää näkymän vaihtotyötehtävälle raiteelta 881 raiteelle 883. Tehtävään liittyviä toimia, kuten tehtävän valmistumisen pystyy kirjaamaan mobiililaitteen kautta tuotannonohjausjärjestelmään. Mobiililaittejärjestelmä voi raportoida automaattisesti tiettyjen tehtävien valmistumisen, kuten kaluston kulku-teillä liikkumisen.

Kutakin tehtävää klikkaamalla saa näkyviin lisätietoa tehtävästä. Vaunujen kytkentään liittyvät mm. vaunujen tunnistetiedot. Ratapihalla tehtävän tunnistuksen tulee täsmätä järjestelmässä olevaan tietoon. Havaintojen perusteella voidaan kalustotietoja myös päivittää esimerkiksi huoltoa varten.

Mobiililaitteen näkymässä oleellinen asia on aikaikkunan esittäminen. Vaihtotyöyksikkö näkee jatkuvasti, kuinka paljon hänellä on aikaa tehtävän suorittamiseen. Tässä esimerkissä aikaikkuna liittyy pääraiteen vapauttamiseen liikennepaikan läpi kulkevaa junaa varten.

6.4 Veturin ympäriajo

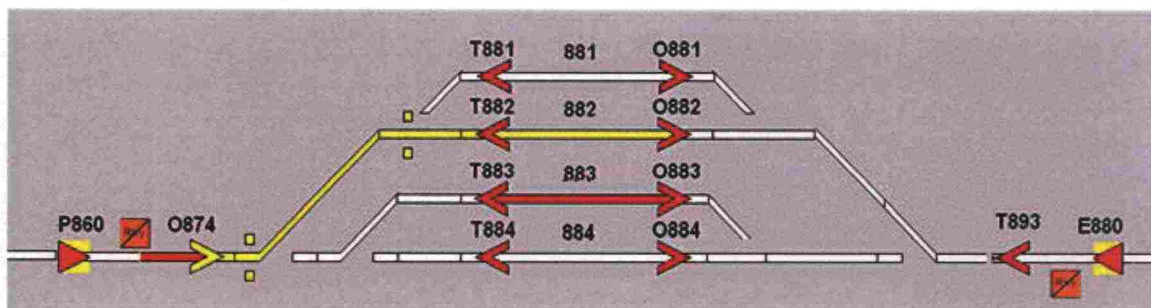
Esimerkissä käytetään samaa liikennepaikkaa kuin edellä. Tilanne alkaa, kun juna on saapunut pohjoisesta raiteelle 883 ja sen on määrä lähteä takaisin pohjoisen suuntaan saman veturin vetämänä kuin saapuikin. Pohjoisesta on saapumassa liikennepaikan läpi kulkeva juna, jota ennen veturin ympäriajon pitää tapahtua.

Alkutilanne on kuvan 13 mukainen, raide 883 on varattu ja muut raiteet vapaat.

Mikäli vaihtotyöautomaatiikka sisältää valmiin tehtävän kyseiselle ympäriajolle, automaatiikka voi hoitaa koko vaihtokulkutiesarjan eteläisen vaihdekujan, vapaan raiteen (esim. 882) kautta pohjoiselle vaihdekujalle ja siitä vaunujen eteen raiteelle 883.

6.4.1 Tehtävä keskeytyy

Veturin siirtotyö ei päässyt alkamaan suunnitellussa aikaikkunassa. Automaatiikan aikaikkunat sallivat tehtävän aloittamisen ja liikkumisen raiteelle 882, mutta ei enää veturin liikkumista pääraiteelle pohjoiseen.



Kuva 15. Veturi liikkunut raiteelta 883 raideopastimen O874 edessä olevalle raideosuudelle ja on saanut vaihtokulkutien raiteelle 882, mutta ei enää raideopastimelta O882 eteenpäin.

Kuvan 15 vaihtokulkutie raiteelle 882 asettuu ja veturi pääsee liikkumaan. Raideopastimelta O882 eteenpäin ei automaatiikka enää tee vaihtokulkutietä, koska aikaikkuna ei riitä pohjoisen suunnasta saapumassa olevan junan ohittamiseen. Ohiajava juna on priorisoitu veturin ympäriajoa tärkeämmäksi.



Kuva 16. Mobiililaitteen käyttöliittymässä tehtävä keskeytyy.

Kuvassa 16 on mobiililaitteen käyttöliittymän ilmaisu tehtävän keskeyttämisestä. Aktiivinen vaihtokulkutie tulee ajaa loppuun, sitten tehtävä keskeytyy ja veturi jää odottamaan.

Kun pohjoisesta saapuva juna on ajanut ohi ja edellytykset tehtävän jatkamiselle ovat olemassa, voi työ jatkua automatiikan ohjaamana automaattisesti.

6.5 Lisätietojen esittäminen

Mobiililaitte mahdollistaa erilaisten lisätietojen esittämisen vaihtotyöyksikölle. Tietojen esittämisen rajaaminen tulee suunnitella tarkasti. Kuhunkin tehtävään liittyen pitää olla tarjolla juuri oleelliset ja riittävät tiedot. Vastaavasti epäoleellista tietoa pitää suodattaa mobiililaitteen sijaintiin perustuen.

Mobiililaittepalvelin kerää tietoa eri järjestelmistä, joten monipuolisen tiedon välittäminen mobiililaitteen käyttöliittymään on mahdollista. Tehtävästä ja tarpeesta riippuen ainakin seuraavia tietoja voi näyttää muokattuna mobiililaitteen käyttöliittymään soveltuvaksi:

- vaihtotyösuunnitelmat
- vaunujen tunnistetiedot ja kalustotiedot
- ETJ-tieto
- ratatyöt ja
- turvalaitteen ja rataelementtien tilatieto.

Vaihtotyösuunnitelmien muokkaaminen mobiililaitteella on oleellinen asia. Suunnitelmien dynaaminen muuttaminen on mahdollista eikä paperille tulostamista enää tarvita.

Vaunujen tunnistaminen ja kalustotiedon käsittely molempiin suuntiin liittyy tuotannon-ohjauksen integroitumiseen mobiililaittejärjestelmään. Esimerkiksi RFID-tunnisteiden lukeminen vaunusta ratapihalla on avain kalustotiedon saamiseen. Tunnistetut vaunut ja niiden tila voidaan kirjata järjestelmän tietokantoihin ja paluutietona voidaan saada kyseisen vaunun käsittelyyn liittyvää erikoistietoa.

ETJ-järjestelmästä saa ennakkotietoa liikennesuunnittelusta. Ratatyötiedot ovat nähtävillä jo ennakkoon. Liikenteenohjaajan antamat luvat ratatyöhön välitetään myös mobiililaitteelle, jotta reaaliaikainen ratatyötilanne vaihtotyöalueella on nähtävillä.

Turvalaitteen ja rataelementtien tilatietojen esittäminen mobiililaitteessa tuo lisää turvallisuuden monitorointia ratapihalle. Turvalaitesignaalien esittäminen pitää suunnitella erityisen huolellisesti, jotta vältetään vääriltä tulkinnoilta. Vaikka peruseriaate on liikkumisen turvaaminen opastimilla ja kulkuteillä, on oleellista, että turvaelementtien tila näytetään myös näyttölaitteessa oikein.

6.6 Kunnossapitokäyttö

Rataelementtien tilan tarkkailu ja yksittäiset elementtien ohjaamiset tukevat kunnossapitokäyttöä. Älykkäät rataelementit pystyvät kertomaan kunnossapitäjälle tilatietoa ennakoivan kunnossapidon ja vian hakemisen tarpeisiin.

Mobiililaitteella voidaan suorittaa elementtien yksittäisohjauksia ja kääntää vaihdetta ratapihalta. Vaihteen säätämisen kaltainen kunnossapitotyö ei sido liikenteenohjaajaa tältä osin niin paljon kuin nykyään.

6.7 Tekstiviestien käyttö

Mobiililaitejärjestelmän sovelluksena voidaan pitää tekstiviesteillä välitettävää tietoa luvasta vaihtotyöhön. Tekstiviestillä lähetettyä lähtölupaa on testattu radio-ohjatulla rataosalla. Kokemukset ovat olleet myönteisiä ja tekstiviestien käyttämistä myös vaihtotyön ohjaamisessa kannattaa harkita.

Vaihtotyönjohtaja kirjautuu omalla matkapuhelimellaan järjestelmään ja liikenteenohjaaja lähettää luvan vaihtotyöhön tekstiviestillä kyseiseen puhelimeen. Viestin lähettämisen voi automatisoida, jolloin tekstiviestilupa tukee vaihtotyöautomaatiikan toimintaa. Tekstiviestilupajärjestelmä voidaan toteuttaa erotettuna mobiililaitejärjestelmästä.

GSM-R-verkko tukee tekstiviestien lähettämistä. GSM-R-puhelimet ovat lähitulevaisuudessa pakollisia kaikille rataverkolla toimijoille mahdollistaen yksilöidyn viestinnän. Tekstiviestilupajärjestelmän alusta on siis jo rakennettu.

6.8 Liitynnät ja rajapinnat

Liikenteenohjausjärjestelmien rajapintoja on pyritty viime aikoina avaamaan, jotta riittävää tietoa junaliikenteestä voidaan käyttää eri järjestelmärajapintojen yli. Rajapinta LIIKEen tulee olemaan yhä merkittävämpi eri järjestelmien toimintoja ohjaava ja tietoa antava rajapinta tulevaisuudessa.

Modernit asetinlaite- ja kauko-ohjausjärjestelmät pystyvät tarvittaessa tarjoamaan suhteellisen avoimet tietoliikennerajapinnat ja kommunikointia varten voidaan käyttää soveltuvia vakioituja ohjelmistoprotokollia ja -määrittelyjä. Vanhempiin relepohjaisiin järjestelmiin liityttäessä voidaan suunnitella I/O-rajapinta, jolla tarvittavat tiedot voidaan vaihtaa. Relelaitosten mahdolliset rajalliset ominaisuudet voivat supistaa mobiililaitejärjestelmän toimintoja.

Mobiililaitepalvelin kommunikoi joko suoraan asetinlaitteen tai kauko-ohjausjärjestelmän kanssa tai mobiililaitteen kommunikointi kaikkien muiden järjestelmien kanssa erotetaan omaksi järjestelmäkseen. Kuhunkin liikenteenohjausjärjestelmään liittyminen tulee suunnitella erikseen, kunhan mobiililaitejärjestelmän tarvitsemat ja siltä vaaditut rajapintasiinaalit, -tiedot ja -viestit on määriteltä.

Tuotannonohjaus- ja muihin liikenteenhallintajärjestelmiin liittyminen vaatii myös määrittelyä ja suunnittelua. Oleellista on kommunikoida järjestelmien välillä riittävän kattavasti ja monipuolisesti, jotta kaikki mahdolliset hyödyt ja teho järjestelmistä saadaan käyttöön. Operaattorin tuotannonohjauksen osalta pitää pystyä kapseloimaan liiketoiminnan kannalta oleellinen tieto vain operaattorin omaan käyttöön ja suodattaa vain oleelliset ja tarpeelliset osat muiden järjestelmien käyttöön. Liikesalaisuudet on pystyttävä turvaamaan.

6.9 Laskumäki

Solmuraapihojen laskumäkijärjestelmien osalta tietojärjestelmien välisiä rajapintoja ja yhteensopivuutta kehittämällä on suunnitelmien tekemistä mahdollista automatisoida. Suunnittelijan rooli on tarkistaa automaattisuunnitelmat sekä muokata niitä tarvittaessa.

Laskumäkijärjestelmät on viritetty tehokkaaseen vaunuletkojen hajottamiseen ja kokoamiseen eikä mobiililaittejärjestelmällä välttämättä saavuteta hyötyä laskumäen ohjaamisessa. Mobiililaittejärjestelmää voi soveltaa laskumäen yhteydessä tehtävään vaihtotyöhön vastaavasti kuin vaihtotyössä tasaisella maalla.

6.10 Mobiililaittejärjestelmän mahdollisuuksia ja haasteita

Mobiililaittejärjestelmän käyttöön liittyy oleellisesti työn tekemisen uudet roolit ja tehtävien jakaminen osittain järjestelmän vastuulle.

Järjestelmän käyttöönotto edellyttää asioiden määrittelyä ja sopimista. Ainakin seuraavia kysymyksiä tulee käsitellä, jotta yhteinen ymmärrys asioista saavutetaan:

- Onko mobiililaitetta käytävä vaihtotyönjohtaja myös liikenteenohjaaja?
- Onko mobiililaitte opastin?
- Voidaanko soveltaa uusia vaihtoliikkeen turvaamistapoja?

6.10.1 Vaihtotyönjohtaja vai liikenteenohjaaja

Vaihtotyönjohtaja toimii vaihtotyöyksikön johtajana ja vastaa vaihtotyön toteuttamisesta suunnitelman mukaan. Nykyisin käytössä olevilla vetureiden radio-ohjaimilla vaihtotyönjohtaja tai junamies pystyy ohjamaan veturin liikkumista. Vaihtotyön tekijöiden toimimisesta veturin kuljettajina vaihtotyössä on jo onnistuneita kokemuksia. Vastaavaa uudelleenajattelua tulee soveltaa liikenteenohjauksen osalta.

Mobiililaitteella valitaan tehtävä, joka voi olla esimerkiksi kulkutie. Kulkutien asettaminen lähtee mobiililaitteelta pyyntönä liikenteenohjausjärjestelmään, jossa pyyntö käsitellään. Järjestelmä voi toteuttaa kulkutien automaattisesti tai asettuminen vaatii liikenteenohjaajan hyväksynnän. Tästä näkökulmasta katsottuna mobiililaitteella valittava tehtävä vastaa samaa kuin nykyisin liikenteenohjaajalle välitettävä kulkutiepyyntö. Mobiililaitte- ja liikenteenohjausjärjestelmien tulee huolehtia kulkuteiden asettamisen problematiikasta ja turvallisuudesta, jotta vaihtotyönjohtajasta ei tule liikenteenohjaajaa.

6.10.2 Mobiililaitte opastimena

Mikäli käytössä on kulkuteitä turvaavia opastimia, on turvallista käyttää niitä ilmaisemaan lupaa liikkua. Tällöin mobiililaitteen ilmaisut ovat ainoastaan aputietoa, eivät opasteita.

Teknisesti mobiililaitteella voidaan esittää vastaavia opasteita kuin näkyvillä opastimilla. Mobiililaitteen opastimena toimimiseen liittyy rautatiesääntöjen ja määrittelyjen tarkistamista. Opastin on turvalaitemaailman peruselementti ja sen määrittelyyn suhtaudutaan hyvin vakavasti.

Opastimena toimimiseen liittyy oleellisesti paikkatieto. Järjestelmän ja käyttäjän tulee olla ehdottoman varmoja, mitä paikkaa, kulkutietä, suuntaa ja liikettä mobiililaitteella näytettävä opaste tarkoittaa.

6.10.3 Vaihtoliikkeen turvaaminen

Mobiililaittejärjestelmä mahdollistaa uudenlaisen vaihtotyön turvaamisen tavan, jossa yhdistetään paikallislupa- ja vaihtokulkutiekäsitteitä.

Liikenteenohjausjärjestelmän näkökulmasta vaihtotyöalueelle annetaan paikallislupa. Mobiililaittejärjestelmä pystyy tekemään paikallislupa-alueen sisällä reittejä, joihin liittyvät opasteet annetaan mobiililaitteella. Reitin tekeminen ja opasteen antaminen jäljittelee vaihtokulkutien toimintaa, mutta reitin pystyy toteuttamaan kevyemmällä ehdoilla. Reitin päättävänä elementteinä ei välttämättä voi käyttää olemassa olevia opastimia. Reittiä muodostettaessa järjestelmä kääntää ja lukitsee vaihteet reitin vaatimiin asentoihin ja valvoo tarvittaessa muita lisäehtoja ajon sallivan opasteen lisäehtona. Paikalliskääntöpainikkeita ratapihalla ei tarvita ja varatun vaihteen kääntäminen voidaan joko estää tai siitä voidaan antaa varoitus mobiililaitteen näytöllä.

Vaihtoliikkeiden tekeminen esitetyillä mobiilireiteillä lisää liikkumisen turvallisuutta erityisesti niissä paikoissa, joissa vaihtotyötä tehdään paljon laajoilla paikallislupa-alueilla.

7 MOBIILILAITTEET

Tässä kappaleessa käsitellään mobiililaitteen tekniikkaan, käytettävyyteen ja turvallisuuteen liittyviä asioita.

7.1 Laitetyypit

Seuraavassa esitellään mobiililaitemarkkinoilta löytyviä erityyppisiä ratkaisuja. Töiden perusominaisuuksia käydään läpi, jotta mielikuva niiden soveltuvuudesta ratapihakäyttöön muodostuu.

7.1.1 PDA-laitteet

PDA-laitteet ovat kämmentietokoneita, helposti kädessä kannettavia suhteellisen pienikokoisia laitteita.



Kuva 17. Kaksi erilaista PDA-laitetta.

Kuvassa 17 on kaksi esimerkkiä PDA-laitteista. Laitteissa toimii käyttöjärjestelmänä Windows Mobile ja sovellusohjelmistoja on mahdollista kehittää melko vapaasti. Laitteissa on pienehkö kosketusnäyttö ja painonappeja hallintaa varten. Useat laitemallit on tehty toimimaan vaativissa käyttöolosuhteissa ulkotiloissa ja ne täyttävät sotilas-käyttöön määriteltyjen MIL-standardien vaatimuksia.

PDA-laitteisiin on mahdollista integroida RFID-lukija ja useasta mallista löytyy GPS-paikannus vakio-ominaisuutena. Laitteet muistuttavat kooltaan nykyaikaisia älypuhelimia ja niitä kannetaan omissa koteloissaan tai taskussa.

7.1.2 Kannettavat tietokoneet

Kannettavilla tietokoneilla saavutetaan samat käyttöliittymä- ja sovellusohjelmistominaisuudet kuin toimistotyöhön tarkoitetuilla tietokoneilla. Kannettava tietokone voi esimerkiksi olla laptop-tyyppinen kannettava toimistotietokone tai erityisesti mobiilikäyttöön suunniteltu tablet-PC.

Kannettavista koneista löytyy malleja, jotka on tehty nimenomaan hyvän resoluution näyttöä vaativiin sovelluksiin.



Kuva 18. Vasemmalla kannettava tablet-PC ja oikealla tablet-PC testissä Ilmalan ratapihalla.

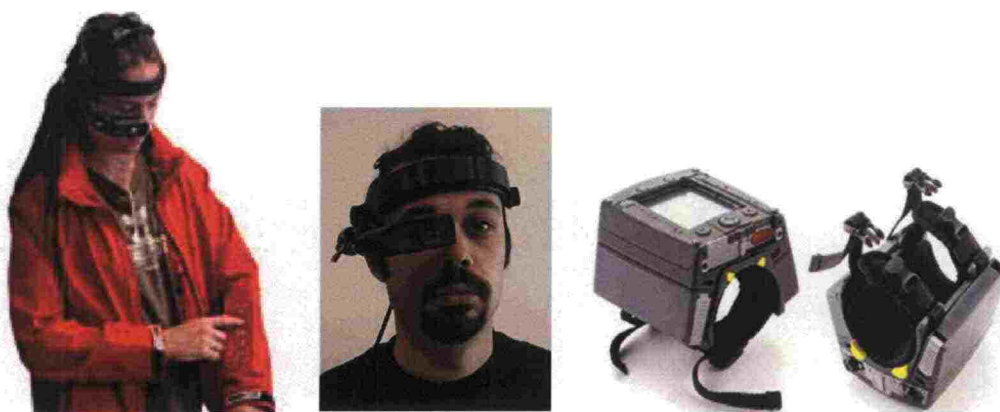
Kannettavan koneen suuren näytön mukana tulee hankalampia ominaisuuksia kuten koko ja paino. Useat kannettavat laitteet tarvitsevat kantotelineen, jolloin niiden käyttö vaunuja kytkevän henkilön käsissä alkaa olla hankalaa.

Kannettavia koneita voi käyttää veturissa. Mikäli käyttötapa vakiintuu sellaiseksi, että päätelaite kulkee suurimman osan ajasta veturin kyydissä, voi kuvan 18 kaltaisella laitteella olla mahdollisuuksia. Laitteen voi tarvittaessa ottaa mukaan ratapihalle.

Laitteesta löytyy samat perusrajapinnat ja toiminnallisuus kuin PDA-laitteista. Näyttö on selkeästi suurempi ja vastaa resoluutioltaan toimistotyökalua. Laitteen suorituskyky riittää monimutkaisten sovellusohjelmien tekemiseen.

7.1.3 Puettavat ratkaisut

Puettava tietokone on mielenkiintoinen mobiililaitteen sovellus. Laite voi olla integroitu osaksi työvaatetta tai sitten se on suunniteltu käytettäväksi esimerkiksi ranteeseen kiinnitettynä.



Kuva 19. Esimerkkejä puettavista tai vaatteisiin integroiduista laitteista. Vasemmalla takkiin integroitu näppäimistö sekä näyttölaite silmikossa, keskellä silmän eteen rakennettu näyttölaite ja oikealla sotilaskäyttöön tehty ranne-tietokone.

Puettavaa tietotekniikkaa ja elektroniikkaa on tutkittu ja sovellettu ammattikäytössä pelastus-, suojelu- ja sotilasaloilla. Puettava laitteisto mahdollistaa käsien vapaaksi jäämisen muita tehtäviä varten.

7.2 Mobiililaitteen perusvaatimukset

Raportissa käsitellään seuraavat yleiset vaatimukset, joita mobiililaitteelle asetetaan:

- hyvä käytettävyys
- rataympäristön vaatimukset
- turvallisuus ja
- riittävät liitynnät.

7.3 Hyvä käytettävyys

Käytettävyys on monitahoinen laitteistoon ja ohjelmistoon liittyvä ominaisuus, joka voidaan määritellä monella tavalla. Käytettävyyden määrittelyyn on käytetty tässä raportissa Jakob Nielsenin (1993) esittelemää jakoa viiteen osa-alueeseen, joita käsitellään rautatieympäristössä käytettävän laitteen näkökulmasta. Käytettävyyden viisi osa-aluetta ovat:

- opittavuus
- tehokkuus
- muistettavuus
- virheettömyys ja
- subjektiivinen miellyttävyys.

Käytettävyys on erittäin tärkeä osa-alue mobiililaitetta tarkasteltaessa. Käytettävyyden kautta käsitellään monta muutakin laitteeseen liittyvää ominaisuutta.

7.3.1 Opittavuus

Laitteen ja järjestelmän käyttämisen tulee olla nopeasti opittavissa. Laitteen käyttäminen tulee olla niin havainnollista ja helppoa, ettei opastettu henkilö tarvitse käyttöohjetta laitteen perustoimintoja varten. Käyttäjän tulee päästä tekemään laitteella tuottavaa työtä mahdollisimman nopeasti.

Opittavuuden linkki turvallisuuteen on nähtävissä. Jos laitteen käyttäminen ei ole loogista ja helposti omaksuttavaa, virheen tai väärän toiminnon suorittamisen todennäköisyys kasvaa. Käyttäjän viitekehyksen omaksuminen on oleellinen osa opittavan järjestelmän suunnittelua.

7.3.2 Tehokkuus

Järjestelmän käyttämisen tulee olla tehokasta. Kun käyttäjä on oppinut käyttämään järjestelmää, hänen tulee pystyä tekemään työtä nopeasti, tehokkaasti ja tuottavasti. Tehokkuuteen liittyy laitteen toiminta-aika. Laitteella pitää pystyä työskentelemään ratapihalla riittävän pitkään. Akkujen osalta tulee suunniteltavaksi kompromissi laitteen

toiminta-ajan ja kannettavien akkujen painon välillä. Laitteen akku pitää pystyä lataamaan veturissa.

Laitteita pitää pystyä kantamaan mukanaan siten, että kädet jäävät vapaaksi. Kuulokkeet, päähän kiinnitettävät näyttölaitteet ja mahdollisesti puheohjaus tulee tutkia mahdollisina käyttötapoina. Jotta laitteen käyttäminen on kokonaisuutena mahdollisimman tehokasta, tulee mobiililaitetta pystyä käyttämään kalustontunnistukseen. RFID-lukijalaitteen integrointi on mahdollista moneen mobiililaitteeseen ja tämä tulee ottaa huomioon etsittäessä käytettävää ratkaisua.

7.3.3 Muistettavuus

Järjestelmän toimintojen tulee olla riittävän yksinkertaisia ja helposti muistettavissa. Järjestelmän käyttäjän ei pidä joutua opettelemaan toimintoja uudelleen joka käyttökerralla.

Muistettavuuden ja turvallisuuden suhde on hieman ongelmallinen. Muistinvaraiset toiminnot sisältävät aina riskin. Ominaisuudet saattavat muuttua, käyttäjä voi muistaa väärin. Perusvaatimus muistattavuudelle yksinkertaisuuden, opittavuuden ja havainnollisuuden kautta on ymmärrettävä.

7.3.4 Virheettömyys

Käyttäjän tekemien virheiden määrä tulee minimoida, virheiden korjaamisen tulee olla helppoa ja peruuttamattomia virheitä ei saa tapahtua. Mobiililaitteen virheettömyyttä pitää tarkastella laajemmin kuin pelkän laitteen toiminnan kannalta. Käyttäjä tekee ratkaisuja mobiililaitteen antamien ilmaisujen perusteella.

Tekniset ratkaisut virheiden välttämiseksi tulee suunnitella mahdollisimman paljon turvalaiteteknisiä menetelmiä käyttäen. Oleellista on esittää oikeaa tietoa oikealle käyttäjälle. Käyttäjän tunnistus, käyttöoikeuksien hallinta ja tietoturva ovat selkeä tekninen osa-alue, joka varmasti pystytään ratkaisemaan.

Eräs kysymys on sen varmistaminen, että käyttäjä tulkitsee oikean elementin ilmaisua ja antaa oikeita kommentoja mobiililaitteelta. Kun laitteen kanssa liikutaan ratapihalla, pitää suunnitella, kuinka paikka- ja suuntatietoa käsitellään. On varmistuttava, että pohjoinen ja etelä, vasen ja oikea, ovat kommunikoivilla osapuolilla yhteneväiset.

Paikannustekniikoiden soveltamista mobiililaitteen käytössä tulee harkita. Mobiililaitteen sijainnin perusteella pystytään suodattamaan oleellista tietoa, antamaan hallinta-oikeus vain lähellä oleville elementeille jne. Nykyään GPS- ja DGPS-tekniikat antavat tarkan paikannustarkkuuden, jota voidaan hyödyntää. Vaihtoehtona tietyille kriittisille toiminnoille voidaan harkita käytettäväksi lyhyen kantaman kommunikointitekniikoita ohjattavan elementin ja mobiililaitteen välillä.

7.3.5 Subjekttiivinen miellyttävyys

Järjestelmän käyttämisen tulee olla käyttäjien mielestä miellyttävää. Mikäli järjestelmän käyttäminen on vastenmielistä, siitä ei saada kaikkea tehoa irti eikä siihen välttämättä

luoteta. Mikäli järjestelmä tuo mukanaan turvatoimintoja, epämiellyttävän järjestelmän turvatoimintojen ohittaminen on todennäköisempää kuin miellyttävän.

Järjestelmän tulee olla ergonomisesti järkevä ja auttaa varsinaisen työn tekemistä, ei häiritä sitä. Kantolaitetta vaativat, painavat laitteet ovat hankalia ja epäergonomia. Toisaalta pienet näytöt aiheuttavat omat ongelmansa, tieto on rajattua ja kuvien ja tekstien kokoa saattaa joutua rajoittamaan liikaa.

Vaihtotyöyksiköllä ei saa olla mukanaan useaa eri laitetta. Samaan laitealustaan tulee pystyä integroimaan kaikki tarvittavat järjestelmien käyttöliittymät ja oheislaitteet.

7.4 Toiminta rautatieympäristössä

Laitteen toimintaympäristö ei ole helppo. Suomen sääolosuhteet ovat haastavat elektroniselle laitteelle. Pakkanen asettaa vaatimuksia näytöille, akuille ja elektroniikan toimintakyvyille yleisesti. Lumi- ja vesisade sekä kosteus määrittelevät laitteen tiiviysvaatimuksia. Laitteen käyttäminen kirkkaassa auringon paisteessa ei sekään ole helppoa näytön luettavuuden kannalta.

Työntekijä suojautuu sääolosuhteita vastaan mm. vaatetuksella. Vaatetus asettaa omat vaatimuksensa laitteelle, jonka käyttäminen rukkanen kädessä tai sade- tai talviasun kanssa saattaa olla hankalaa.

Mobiililaitetta käytettäessä tulee varmistaa, että sähköradan sähkökenttä ja muut rata-maailmasta generoituvat häiriöt ovat hallinnassa.

Vaativien olosuhteiden laitteistosta on kokemusta esimerkiksi sotilaallisissa sovelluksissa ja pelastustoimen alueella. Sotilasvaatimukset ovat usein vielä tiukempia, koska laitteiden tahallinen häirintä ja vastatoiminta tulee myös ottaa huomioon.

7.5 Tietoliikenneyhteydet ja turvallisuus

Mobiilipalvelimen ja -laitteen välinen tietoliikenne on oltava riittävän katkeamatonta ja luotettavaa.

Tietoliikenteen osalta voidaan harkita käytettävän erilaisia tekniikoita eri liikennepaikoilla tukeutuen jo olemassa oleviin tietoliikenneverkkoihin ja operaattoreiden tarjontaan. Mobiililaitteiden tarjoama tietoliikenneyhteyksien kirjo on melko kattava ja eri tekniikoiden käyttäminen on mahdollista.

WLAN (Wireless Local Area Network) on nopeasti yleistynyt langaton tietoliikennetekniikka, johon löytyy laajasti osaamista, laitteita ja kaupallista tekniikkaa. WLAN-verkoissa kommunikoitaessa tietoturva-asiat tulee suunnitella ja toteuttaa riittävän järeästi. WLAN-taajuudella saattaa suurissa kaupunkikeskuksissa liikennöidä paljon eri toimijoita, joten verkon suunnitteluvaiheessa tulee toimivuus, kuuluvuus ja käytettävissä oleva kapasiteetti suunnitella.

Mobiililaitteiden kommunikointi GSM-R-verkossa on mahdollista, kunhan verkko alkaa välittää tietoliikennepaketteja. GSM-R on rautatiespesiaali kommunikointitekniikka,

joten kaikki teollisuudessa yleisesti käytetyt mobiililaitteet tuskin tulevat tukemaan GSM-R-verkossa liikennöintiä. GSM-R-verkko on suljettu verkko, mikä antaa tietoturvan hallinnalle hyvät lähtökohdat.

GPRS- ja 3G-tekniikat ovat GSM-verkkoa hyväksi käytäviä tekniikoita ja ovat yhtälailla sovellettavissa tietoliikennetarkaisuuina. Kapasiteetti varsinkin GPRS-yhteydelle asettaa jo rajoituksia välitettävän tiedon määrälle. Näihin tekniikoihin perustuvia ratkaisuja on mahdollista soveltaa tietoliikenteen näkökulmasta esimerkiksi linjavaihteilla tai pienillä ja vähäliikenteisillä liikennepaikoilla.

Kaikkia tietoliikennetarkaisuja yhdistää tietoliikenteen turvallisuuden takaaminen. Väärinkäyttäminen, verkkoon tunkeutuminen ym. riskit tulee minimoida ja samaan aikaan käytettävyyden ja kapasiteetin tulee olla riittävää. Kyseisten asioiden osalta tulee soveltaa alan viimeisintä koeteltua tietoliikennetekniikkaa ja turvaamisen menetelmiä.

8 VETOKALUSTO

Seuraavassa kappaleessa esitellään lyhyesti vetokalustoa automatisoinnin näkökulmasta. Kirjoitushetkellä operaattorin linjaukset veturikaluston kehittämisen suhteen on tehty.

8.1 Kokemukset Suomessa

VR on kokeillut radio-ohjattavaa veturia useassa kohteessa Suomessa. Merkittävimpänä työkaluna on Dv12-dieselveturi, johon on liitetty radio-ohjauksen veturilaitteisto.



Kuva 20. Vasemmalla radio-ohjattuja Dv12-vetureita ratapihalla ja oikealla veturin hallintalaitte vaihtotyönjohtajalla käytössä Kuusankoskella.

Veturia ohjataan lantiolle kiinnitettävällä ohjaimella. Ohjain sisältää veturin hallintaan tarvittavat hallintalaitteet ja ilmaisut.

Kokemukset ovat olleet myönteisiä. Kokenut radio-ohjaimen käyttäjä saa toteutettua veturiliikkeet vaihtotöiden edellyttämällä tavalla kuljettajaa vastaavasti. Vaihtotyön tekeminen tehostuu, koska erillistä kuljettajaa ja kommunikointia kuljettajan kanssa ei tarvita, vaan vaihtotyöhön keskittyvä henkilöstö hoitaa myös veturin liikuttelun.

Suomessa on päädytty lisäämään radio-ohjattujen vetureiden määrää merkittävästi. Tässä raportissa ei käsitellä vetureiden radio-ohjausta ja sen vaikutuksia vaihtotyökokonaisuuteen.

8.2 Liityntä mobiililaittejärjestelmään

Teknisesti on mahdollista toteuttaa rajapinta veturin ohjauksen ja vaihtotyöprosessia ohjaavan mobiililaitteen tai asetinlaitteen väliin. Ratkaisussa veturin liikkumisen estää paikannuksen ja vaihtokulikutietiedon yhdistelmästä tehty päätelmä kielletystä liikkeestä.

Ratkaisu edellyttää tiedonvaihtoa radio-ohjauksen rajapinnassa. Ratkaisu ei varsinaisesti tehosta vaihtotyötä, vaan lisää liikkumisen turvallisuutta.

Teknisesti on mahdollista integroida mobiililaitte ja veturin kauko-ohjain yhdeksi laitteeksi. Veturin ohjaukseen tehty radio-ohjain on kuitenkin monipuolinen raskaan

veturin liikutteluun viritetty laite, joten integroinnin järkevyys tulee tarkkaan harkita. Integrointi vaatii tuotekehitystä veturiohjaimen valmistajalta.

8.3 Muita liikkuvia vetokalustovaihtoehtoja

Vaihtotyössä käytetään myös erityisesti siihen suunniteltua vetokalustoa, vaihtotyö-robotteja. Vaihtotyörobotit on suunniteltu nimenomaan vaihtotyöhön, niiden kyytiin pääsee joka kulmasta ja vaihteisto on mitoitettu vaihtotyönopeuksille.

Mielenkiintoisena sovelluksena voidaan pitää myös kaksitieajoneuvoa (lokotraktori), joka pystyy liikkumaan vaihtotöissä raiteistolla sekä nousemaan kumipyörille tarvittaessa. Ratageometriassa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä, jos ratapiha suunnitellaan nimenomaan kaksitieajoneuvon käyttöä ajatellen.

Vetokaluston valinta ja tehokas käyttäminen on oleellinen osa rautatieoperaattorin tehokasta vaihtotyön tekemistä. Mobiililaittejärjestelmän kannalta valitulla vetokalustovaihtoehdolla ei ole merkitystä.

9 YHTEENVETO

Vaihtotyön automatisoinnissa on vielä paljon kehitettävää. Paljon asioita kulminoituu vaihtotyöautomaatiikan toimintaan ja siihen, kuinka hyvä siitä pystytään kehittämään. Vaikka kone ei pystyisikään voittamaan ihmisen tekemää päättelyä, automaatiikan toimivasta älystä on paljon hyötyä liikenteenohjaustyössä.

Mobiililaittejärjestelmä mahdollistaa vaihtotyön tekemisen roolien ja työnjaon uudistamisen. Roolit ja tehtävät pitää harkita tarkasti, muutos vaatii aina aikaa ja rahaa. Mobiililaitteiden mahdollistama ohjausjärjestelmien suora manipulointi ratapihalta käsin mahdollistaa tehokkaan ja ajantasaisen tiedon kulkemisen sekä vähentää käsityön määrää ja turhia välityövaiheita.

Selvitystyön jatkona suoritetaan ja raportoidaan erillinen pienimuotoinen laitekokeilu, jossa mobiililaitteen toimintaa ja liityntää turvalaitteeseen kokeillaan tuotantokäytössä olevalla liikenteenohjausjärjestelmällä. Kokeilulla pyritään saamaan lisätietoa ja selvyyttä raportissa esitettyihin selvitystä vaativiin teknisiin seikkoihin.

Mobiililaittejärjestelmien laajamittainen käyttö edellyttää vielä paljon määrittely- ja selvitystyötä. On löydettävä ne toimintatapojen, roolien ja tekniikoiden kombinaatiot, joilla paras mahdollinen tehokkuus ja toiminnan järkevyyks saavutetaan kokonaisuus huomioiden.

Riittävän laajamittainen, sidosryhmien yhteinen konkreettinen pilottihanke onärkevin tapa jatkaa vaihtotyön ohjaamisen kehittämistä. Pilotin suunnittelu ja toteuttaminen antaa vastauksia avoimiin asioihin, tuo näkökulmaa roolien selkeyttämiseen ja mahdollistaa järjestelmien, tekniikoiden ja toimintatapojen edelleen kehittämisen. Pilottikohde tulee suunnitella tuotantokäyttöä varten.

LÄHTEET

Haastattelut, keskustelut ja työpajat

Selvitystyön tekemiseen ei liittynyt muodollisia haastatteluja ja kyselytutkimusta. Suurin osa lähdeaineistosta on selvitystyön aikaista suunnittelua, ajatustenvaihtoa sekä ideointia.

Ratahallintokeskuksen koordinoiman ratapihatyöryhmän kanssa on pidetty yhteinen työpaja selvitystyön liittyen.

VR Osakeyhtiöstä on haastateltu henkilöitä eri yksiköistä ja tasoilta.

Mipro Oy:n asiantuntijoiden kesken on pidetty ideariihiä ja suunnittelupalavereja.

Kirjallisuus ja julkaisut

Hännikäinen, Jaana: Electronic Intelligence Development for Wearable Applications, julkaisu 630, Tampereen teknillinen yliopisto, 2006

Liikenne- ja viestintäministeriö, Älykkyyteen liikenteessä – Selvitysmiehen raportti, julkaisu 58/2008

Nielsen, Jakob: Usability Engineering, Academic Press. (Internet, 17.9.2009)

Ratahallintokeskus: Perussolmuratapihojen merkitys ja näkymät osana kuljetusjärjestelmää, Tommi Mäkelä, julkaisu A 5/2008

Ratahallintokeskus: Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia 2025, julkaisu A 1/2004

Ratahallintokeskus: Tavaraliikenteen ratapihojen kehittämistarpeet – Lähtökohtia ratapihojen tulevaisuusohjelmalle, ratapihatyöryhmän raportti, 2009, julkaisu 2/2009

Tuote-esitteet ja mainokset

Handheld Finland Oy (29.9.2009)

Gizmo Watch (Internet, 29.9.2009)

HMD Liteye, Virtual Reality Lab (Internet, 14.8.2009)

RATAHALLINTOKESKUKSEN JULKAISUJA A-SARJASSA

- 1/2007 Akselipainon noston tekniset edellytykset ja niiden soveltuminen Luumäki–Imatra-rataosuudelle
- 2/2007 Radan kulumisen rajakustannukset 1997–2005
- 3/2007 Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997–2005
- 4/2007 Ratarakenteen kuormituksen määrittäminen stabiliteettitarkasteluihin
- 5/2007 Pohjois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen
- 6/2007 Suomen rataverkon tärinäselvitys. Kirjallisuuskatsaus ja tärinäkohteet vuosina 2000–2006
- 7/2007 Luvattomien radanylytysten välttäminen
- 8/2007 Maatutkatekniikan hyödyntäminen radan tukikerroksen kunnan arvioinnissa
- 9/2007 Markkinoilletulo ja rautatiemarkkinoiden muutos kotimaisen tavaraliikenteen avautuessa kilpailulle Suomessa
- 10/2007 Rautatieliikenne 2030 -suunnitelman liikenne-ennusteet
- 11/2007 Logistiikkakeskusten tie- ja ratayhteydet
- 1/2008 Aikataulusuunnittelu ja rautatieliikenteen täsmällisyys
- 2/2008 Rautatieliikenteen simuloinnin merkitys ratakapasiteettihakemusten yhteensovittamisessa
- 3/2008 Rautateiden liikkuvan kaluston kunnan valvonta runkoverkolla
- 4/2008 Raakapuukuljetusten tulevaisuuden haasteet
- 5/2008 Perussolmuraapihojen merkitys ja näkymät osana kuljetusjärjestelmää
- 6/2008 Tasoristeysten kansirakenteet
- 7/2008 Ratojen alusrakenteissa käytettyjen materiaalien routimisherkyys
- 8/2008 Kolarin seudun kaivoshankkeet
- 9/2008 Rataverkon pohjavesialueiden riskienhallinnan kehittäminen
- 10/2008 Rautatieliikenteen pitkän aikavälin suunnitteluprosessin kehittäminen
- 11/2008 Rautatieliikenteen häiriöiden analysoinnin kehittäminen
- 12/2008 Junan pyörävikojen havainnointi raiteeseen asennetulla mittalaitteella
- 13/2008 A Collaborative Process of Product Lifecycle Management for Railway Signalling Infrastructure
- 14/2008 Rataverkon jatkosähköistyksen hankearvioinnin päivitys
- 15/2008 Rautatieliikenteen täsmällisyyden mittaaminen
- 16/2008 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen radanpidossa. Esiselvitys
- 17/2008 Kehäradan kiintoraideselvitys
- 18/2008 Rautatiekuljetusten riskienhallinta. Esiselvitys
- 1/2009 Rataverkon kunnan ja sen liikenteellisten vaikutusten visualisoinnin lähtökohdat
- 2/2009 Sähkömagneettisten kenttien kartoitus Ratahallintokeskuksen hallinnoimalla rataverkolla
- 3/2009 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämisstrategia
- 4/2009 Raakapuun terminaali- ja kuormauspaikkaverkon kehittäminen
- 5/2009 Nopean junaliikenteen kehittämisen vaikutukset. Kirjallisuustutkimus
- 6/2009 Junaliikenteen informaatiokeskuksen toimintatapa. INTO-hanke
- 7/2009 Esiselvitys akseli- ja metrikuormien korotuksen yleisestä teknis-taloudellisuudesta ja case-tarkastelu Kemi–Kolari-rataosalla
- 8/2009 Etelä-Suomen kauko-ohjausjärjestelmän (ESKO) käyttöönotto ja muutokset liikenteenohjaustyössä
- 9/2009 Olemassa olevien ratapenkereiden stabiliteetin laskenta elementtimenetelmällä
- 10/2009 Matalat melusteet raidemelun torjunnassa
- 11/2009 Market Entry Strategies and Confronted Barriers on Liberalized Railway Freight Markets in Sweden and Poland
- 12/2009 Kerava–Lahti-oikoradan vaikutukset Mäntsälän Vähäjärvenkallioiden metsä-alueen pesimälinnustoon. Yhteenveto vuosien 2002–2008 seurannan tuloksista
- 13/2009 Liikenteen ulkoisvaikutukset Suomessa ja EU:ssa. Katsaus ulkoisvaikutusten arvottamiseen ja ulkoisvaikutusten soveltamiseen hankearvioinneissa
- 14/2009 Väylänpidon pitkän aikavälin suunnittelun pohjoismainen vertailu
- 15/2009 Junan kontaktihiilien kunnan valvonta virroitimen valokuvaukseen perustuvalla laitteistolla
- 16/2009 Etelä-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen
- 17/2009 Rautatieliikenteen täsmällisyyden kirjallisuuskatsaus



**RATAHALLINTOKESKUS
BANFÖVALTNINGSCENTRALEN**

Julkaisija:
Ratahallintokeskus
Kaivokatu 8, PL 185, 00101 Helsinki
puh. 020 751 5111, fax 020 751 5100
www.rhk.fi

ISSN 1455-2604
ISBN 978-952-445-321-9