

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillistaloudellinen tiedekunta
Tietotekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

Matkustajainformaatiojärjestelmän toteuttaminen junaan

Miikka Granlund

2009

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillistaloudellinen tiedekunta
Tietotekniikan koulutusohjelma

Miikka Granlund

Matkustajainformaatiojärjestelmän toteuttaminen junaan

Kandidaatintyö

2009

23 sivua, 3 kuvaa

Tarkastaja: Professori Heikki Kälviäinen

Hakusanat: matkustajainformaatio, juna, paikannus, gps, kuulutus, sulautettu
Keywords: passenger information, train, positioning, gps, announcement, embedded

Matkustajainformaatio junassa koostuu vaunujen ulkopuolisilla kylkinäyttöillä esitettävistä junan lähtö-, väli- ja määräasematiedoista yhdessä junan ja vaunujen myyntinumeroiden kanssa sekä vaunujen sisäpuolella automaattisista kuulutuksista ja matkustamon näytöillä esitettävästä staattisesta ja vaihtuvasta informaatiosta.

Työssä toteutetaan matkustajainformaatiojärjestelmä käytettäväksi matkustajunissa. Järjestelmään syötetään ennen matkan alkua junan tiedot, jonka jälkeen se toimii automaattisesti ilman tarvetta junahenkilökunnan toimenpiteille. Poikkeustilanteissa junahenkilökunta voi estää järjestelmän toiminnan tai valita esiohjelmointuja erikoiskuulutuksia.

Toteuttamismenetelmäksi valittiin C-ohjelmointikieli Linux-käyttöjärjestelmällä varustetulla sulautetulla rautatiekäyttöön suunnitellulla laitealustalla.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology Management
Degree Program of Information Technology

Miikka Granlund

Passenger information system development for train

Thesis for the degree of Bachelor of Science in Technology

2009

23 pages, 3 figures

Examiner: Professor Heikki Kälviäinen

Keywords: passenger information, train, positioning, gps, announcement, embedded

Passenger information in train consists of departure, intermediate and destination station information with coach and train selling numbers displayed on external side displays of coaches, together with automated audible announcements and static and dynamic information displayed on interior displays of coaches.

In this thesis a passenger information system to be used on passenger trains is developed. Train information is input to the system before departure, after which the system functions automatically without requiring any attention from the train crew. In special situations the train crew can disable the automatic functions or choose pre-programmed special announcements to be played.

C programming language was selected as the implementation tool on Linux-based hardware platform specially designed for railway use.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	3
1.1	Tausta.....	3
1.2	Tavoitteet ja rajaukset.....	3
1.3	Työn rakenne	4
2	TEORIAOSUUS	5
2.1	Standardit ja suositukset	5
2.2	Sijaintitieto.....	7
2.2.1	Kuljetun matkan mittaus	7
2.2.2	GPS-pohjainen paikannus	8
2.3	Kuulutusten rakenne	10
3	TOTEUTUS	11
3.1	Vaatimusmäärittely.....	11
3.2	Kehitystyökalut.....	12
3.3	Laitealusta.....	13
3.4	Ohjelmistoarkkitehtuuri	14
3.5	Järjestelmän toiminta	14
3.5.1	Sijainti- ja nopeustiedon käsittely	14
3.5.2	Kuulutusten toistaminen.....	16
4	POHDINTA.....	17
4.1	Johtopäätökset.....	17
4.2	Järjestelmän jatkokehitys	17
5	YHTEENVETO	19
	LÄHDELUETTELO	20

KÄYTETYT LYHENTEET

DVI	Digital Video Interface
GPS	Global Positioning System
I/O	Input/Output
IEC	International Electrotechnical Commission
MMI	Man-Machine Interface (hallintapaneeli)
MVB	Multifunction Vehicle Bus
PIS	Passenger Information System
S/L	Sarjalinkki
SQL	Structured Query Language
TCN	Train Control Network
TMS	Train Management System
UIC	Union Internationale des Chemins de fer (kansainvälinen rautateiden liitto)
WTB	Wire Train Bus

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Rautatieliikenteen matkustajainformaatio on laaja kokonaisuus, jonka tarkoituksena on tarjota matkustajille opastusta ja tietoa matkan eri vaiheissa – ennen matkaa aikataulutietoja, matkan aikana tietoa matkan etenemisestä ja vaihtoyhteyksistä sekä matkan jälkeen tietoa jatkoyhteyksistä ja palveluista asemalla. Lisäksi junaan noustessaan matkustajan täytyy löytää oikea vaunu ja paikka vaunusta [1]. Informaatio matkan eri vaiheissa voi olla staattista esimerkiksi painettujen aikataulujen ja kiinteiden opasteiden muodossa tai dynaamista kuulutusten ja sähköisten näyttötaulujen muodossa.

Sähköinen matkustajainformaatio junassa koostuu junan sisä- ja ulkopuolisilla näyttölaitteilla esitettävästä tiedosta sekä oikeaan aikaan toistettavista kuulutuksista. Ulkopuolisilla näytöillä esitetään yleisimmin ainakin junan numero tai tunnus ja määräasema sekä numeroiduissa vaunuissa kunkin vaunun myyntinumero. Junan sisäpuolisilla näytöillä esitetään yleensä kuultavia kuulutuksia tukevia kuulutustekstejä sekä näiden välisenä aikana muuta tietoa kuten kellonaika, seuraava pysähdys tai junan nopeus sekä ulkonäyttöjen sisältöä vastaavaa informaatiota. Lisäksi joissakin junissa on pieniä paikanvarauksen ilmaisevia näyttöjä istuinten yläpuolella.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Tässä työssä toteutetaan sähköinen matkustajainformaatiojärjestelmä (PIS, Passenger Information System) erään valtiollisen rautatieoperaattorin käyttöön kaukoliikennejuniin. Tavoitteena on luoda junanhallintajärjestelmään (TMS, Train Management System) integroitu järjestelmä, johon ennen matkaa syötetään junan tiedot joko paikallisesti tai etäyhteydellä. Tämän jälkeen järjestelmä asettaa tiedot junan sisä- ja ulkopuolisille näytöille ja päivittää niitä matkan edetessä sekä toistaa automaattiset ääni- ja tekstikuulutukset ennalta ohjelmoidusti. Järjestelmä toteutetaan siten, ettei junahenkilökunnan tarvitse normaalitilanteessa matkan aikana puuttua sen toimintaan mitenkään.

Työssä pyritään löytämään sellaiset menetelmät ja toimintalogiikat, että järjestelmästä tulee toimintavarma. Erityistä huomiota kiinnitetään pitkiin aikaväleihin ja suuriin

maantieteellisiin etäisyyksiin, joiden yli järjestelmän on kyettävä toimimaan itsenäisesti ja suorittamaan tehtävänsä luotettavasti. Lisäksi otetaan huomioon rautatiealan standardien vaatimukset ja suositukset.

Tässä työssä keskitytään ainoastaan junaan asennettavan järjestelmän toteuttamiseen. Tarvittaessa voidaan määritellä etäyhteyden tarvitsemia protokollia, mutta niiden toteuttaminen junan ulkopuolisessa päässä sekä liityntä rautatieoperaattorin taustajärjestelmiin eivät kuulu tämän työn piiriin. Järjestelmän vaatimusmäärittely on laadittu yhdessä yrityksen projektiin osallistuvien henkilöiden sekä loppuasiakkaan kanssa.

1.3 Työn rakenne

Teoriaosuus-osassa tutustutaan työn toteuttamiseen vaikuttaviin standardeihin ja ohjeistuksiin. Lisäksi vertaillaan kahta eri paikannusmenetelmää ja valitaan niistä toinen käytettäväksi työssä. Toteutus-osassa laaditaan järjestelmälle vaatimusmäärittely, tutustutaan käytettävään laite- ja käyttöjärjestelmäalustaan sekä kuvataan järjestelmän toiminta. Pohdinta-osassa mietitään järjestelmän jatkokehitysmahdollisuuksia. Yhteenveto-osassa esitetään saavutetut johtopäätökset ja kerrotaan lyhyesti toteutuksen lopputulos.

2 TEORIAOSUUS

2.1 Standardit ja suositukset

Rautateillä käytettävien järjestelmien ja ohjelmistojen suunnittelua ohjaavat kansainväliset standardit, määreet ja suositukset, jotka koskevat myös matkustajainformaatiojärjestelmiä. Koska toteutettava järjestelmä integroidaan osaksi junanhallintajärjestelmää (TMS), on sen noudatettava myös junanhallintajärjestelmiä koskevia standardeja ja määreitä. Tärkeimmät työhön vaikuttavat standardit ovat IEC:n junanhallintaväylää koskeva standardi sekä UIC:n määrelehdet. UIC on kansainvälinen rautatieyhtiöiden ja -operaattoreiden liitto, joka on muun muassa standardoinut rautatiealan termistöä, kaluston luokittelun ja laatinut teknisiä määreitä kaluston yhteentoimivuuden parantamiseksi. [2]

IEC 61375-1 -standardi [3] määrittelee junan vaunujen ja vetureiden välisen tiedonsiirtoväylän fyysisen toteutuksen sekä siinä tiedonsiirtoon käytettäviä matalan tason protokollia. Vaunujen ja vetureiden välinen väylä on nimeltään Wire Train Bus (WTB) ja vaunun sisäinen väylä Multifunction Vehicle Bus (MVB). Yhdessä nämä muodostavat junanhallintaväylän, josta käytetään englanninkielistä nimitystä Train Communication Network (TCN). Standardi koskee ensisijaisesti niin sanottuja avoimia junia, joiden vaunuja voidaan kytkeä ja irrottaa ilman työkaluja normaalin liikennöinnin ohessa. Standardia voidaan soveltaa myös kiinteän kokoonpanon junayksiköihin, kuten moottorijuniin.

TCN-standardi määrittelee sovelluksille kaksi eri kommunikaatiomenetelmää junaverkossa – prosessidatan, joka on junan laajuinen hajautettu muuttujatietokanta sekä kutsu/vastaus- ja multicast-tyyppiset viestinvälityspalvelut.

WTB on itsekonfiguroituva väylä ohjaus- ja diagnostiikkatiedon siirtoon. Ohjaustieto voi olla esimerkiksi ovien tai valaistuksen kaukokäyttökomentoja tai ajokomentoja ohjausvaunusta veturiin. Myös matkustajainformaatiojärjestelmän digitaalista tietoa voidaan siirtää WTB-väylässä. Diagnostiikkatieto voi sisältää tietoja esimerkiksi vaunujen toimilaitteiden tilasta ja mahdollisista vioista. Väylän nopeus on 1 Mbps, joten se ei sovellu suurta datavirtaa vaativiin sovelluksiin kuten videokuvan tai digitaalisen äänen

siirtoon. Väylä konfiguroi itsensä automaattisesti, kun junaan liitetään tai siitä irrotetaan vaunuja.

Äänikuulutusten siirron ja toiston junassa määrittelee UIC-määrelehti 568 [4]. Kuulutusten äänisignaali mikrofoniilta tai kuuluslaitteistolta siirretään analogisena läpi junan käyttäen vaunujen ja veturien välissä samaa välikaapelia kuin edellä mainittu TCN-väylä. Kuulutus- ja sisäpuhelinjärjestelmä varaa kaapelista neljä johdinta. Tässä työssä toteutettava järjestelmä liittyy analogiseen kuulusjärjestelmään laitealustansa ääniulostulon kautta. Kuulusjärjestelmän aktivoimiseksi täytyy asettaa tiettyjä I/O-lähtöjä aktiiviseksi junanhallintajärjestelmän taustajärjestelmän kautta ennen kuulutuksen toistamista.

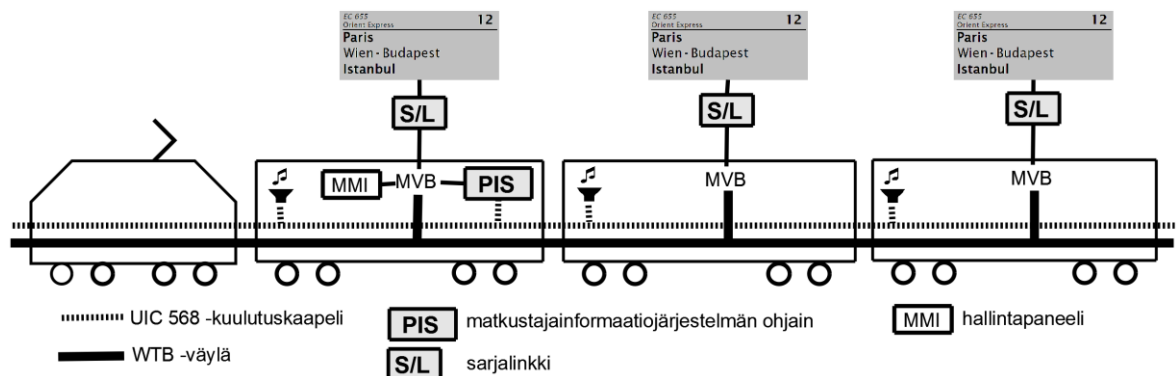
UIC-määrelehti 556 [5] määrittää TCN-väylän yli siirrettävälle datalle ylemmän tason protokollia. Matkustajainformaatiojärjestelmien osalta määrittäykset eivät ole yksiselitteisiä, sillä suuri osa esitetyistä viestirakenteista on määritelty vain yleisellä tasolla. Työn toteutuksen yhteydessä määritellään kuitenkin viesteille tarkat rakenteet käyttäen pohjana niitä rakenteita, jotka määrelehdessä on asetettu. Tästä syntyvä epäyhteensopivuus muihin samaan määrelehteen perustuviin järjestelmiin on väistämätön, mutta mahdollinen korjata tulevaisuudessa määrelehden viestirakenteiden päivittyessä yksiselitteisiksi.

UIC-määrelehti 176 [6] määrittää junan sähköisiin näyttölaitteisiin liittyviä näkyvyys- ja luettavuusvaatimuksia sekä antaa sisältöesimerkkejä. Junan ulkopuolisten näyttöjen keskeinen sisältö on junan tyyppi ja numero sekä mahdollinen nimi, lähtö-, määrä- ja tärkeimmät väliasemat sekä vaunun myyntinumero. Matkustamon sisäpuolisella näytöllä voidaan esittää staattista tai tilanteen mukaan vaihtuvaa tietoa. Matkan aikana asemien välillä näytetään samoja tietoja kuin ulkopuolisillakin näytöillä, mutta asemaa lähestyttäessä esitetään äänikuulutusta vastaavaa informaatiota seuraavasta asemasta. Määrelehdessä annetaan lisäksi suositeltuja ulkoasumalleja sekä ulko- että sisäpuolisilla näytöillä esitettävälle tiedoille.

Vaikka tässä työssä ei toteutetakaan turvallisuuskriittistä järjestelmää, integroidaan se kuitenkin osaksi junanhallintajärjestelmää. Tästä syystä toteutuksessa noudatetaan soveltuvin osin turvallisuuskriittisen ohjelmistokehityksen MISRA-ohjeistusta [7]. Ohje

koskee C-kielisten ohjelmien kehitystä ja käytännössä rajaa pois käytöstä osan kielen ominaisuuksista ja asettaa vaatimuksia eri ohjausrakenteiden, kuten switch ja if, käytölle.

Kuvassa 1 on havainnollistettu järjestelmää suhteessa TCN-standarin ja UIC 568 -määrelehden määrittelemiin väyliin.



Kuva 1: Matkustajainformaatiojärjestelmä suhteessa junan eri väyliin.

2.2 Sijaintitieto

Järjestelmän on kuulutusten oikea-aikaisuuden vuoksi välttämätöntä tietää sijaintinsa. Junan sijainnin määrittämiseen on kaksi yleistä tapaa, jotka ovat kuljetun matkan mittaus ja satelliittipaikannus.

2.2.1 Kuljetun matkan mittaus

Kuljetun matkan mittaus soveltuu hyvin sellaisiin tapauksiin, joissa juna kulkee lyhyehköjä asemanvälejä sisältävällä reitillä – varsinkin jos kriittisiä, toisin sanoen kuulutuspaikkoja sisältäviä, osia matkasta kuljetaan tunnelissa tai korkeiden rakennusten katveessa. Etäisyysmittaus vaatii kuitenkin mittaukselle usein tapahtuvaa kalibrointia junan pyörien kulumisen vuoksi. Tarkkuutta voidaan parantaa huomattavasti käyttämällä reitillä kiintopisteitä. Myös esimerkiksi ovien avaaminen asemalla voi toimia kiintopisteenä, jolloin mitattuun etäisyyteen kertyvä virhe nollautuu jokaisen aseman kohdalla. Pitkän matkan kaukojuniin menetelmä soveltuu huonosti, sillä pienehkölläkin pyörän halkaisijan virheellä mittausvirhe voi kasvaa merkitseväksi. Pyörän ympärysmitta saadaan laskettua kaavalla

$$p = 2\pi r , \quad (1)$$

missä p on ympärysmitta ja r pyörän säde. Jos pyörä kuluu siten, että sen säde pienenee yhden millimetrin, ympärysmitta pienenee seuraavasti:

$$\Delta p = 2\pi r - 2\pi(r - 1) \quad (2)$$

$$\Delta p = 2\pi \cong 6,28 \text{ mm} . \quad (3)$$

Kun junanvaunun pyörän halkaisija on tyypillisesti noin 900 millimetriä, saadaan tästä laskettua yhden millimetrin kuluman aiheuttama etäisyysvirhe

$$E_{1\text{mm}} = \frac{2\pi \cdot 450}{2\pi \cdot 450 - 6,28} \cong 1,0022 . \quad (4)$$

Tällöin vaunun kuljettua yhden kilometrin, mittaustuos on 0,22 % todellista suurempi. Kahden millimetrin kulumalla vastaava virhe on

$$E_{2\text{mm}} = \frac{2\pi \cdot 450}{2\pi \cdot 450 - 2 \cdot 6,28} \cong 1,0045 . \quad (5)$$

Kaukoliikenteessä tyypillisellä 50 kilometriä pitkällä asemien välillä käyttäen kahden millimetrin kulumaa kuulutuspaikka saavutettaisiin 225 metriä liian myöhään. Tässä tapauksessa virhe on jo havaittavissa, muttei kriittisen suuri. Ilman kiintopistekalibrointia virhe kumuloituisi 500 kilometrin matkalla jo 2,2 kilometriin, joka ei enää ole hyväksyttävissä.

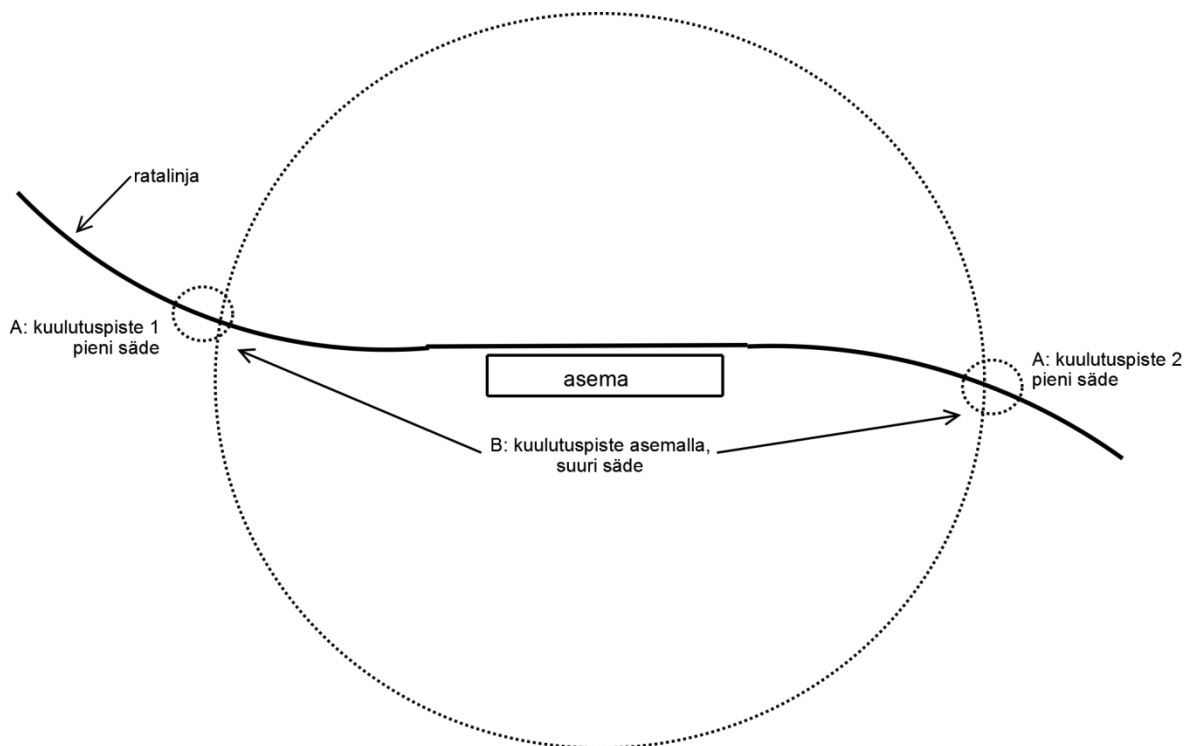
Kiintopistekalibroinnin toteuttaminen vaatisi joko erikseen käsikäyttöisesti annettavan tai ovilukituksen vapauttamiseen sidotun signaalin. Uudessakaan vaunukalustossa ei välttämättä ole erillistä ovilukituksen ohjausta, vaan ovet lukittuvat ja vapautuvat automaattisesti junan nopeuden mukaan. Tällöin riski virheelliseen kiintopisteen tulkitsemiseen kasvaisi erittäin suureksi esimerkiksi sellaisessa tapauksessa, jossa etäisyysmittaus on edellä todellista sijaintia ja juna joutuu pysähtymään hieman ennen asemaa esimerkiksi tuloaiteen vapautumista odottamaan. Käsin annettava kiintopiste taas lisääisi henkilökunnan työtä tarpeettomasti.

2.2.2 GPS-pohjainen paikannus

GPS-pohjainen (Global Positioning System) satelliittipaikannus soveltuu hyvin pitkän matkan kaukojunille, kunhan asemat tai halutut kuulutuspaikat eivät sijaitse pitkissä tunneleissa tai niiden välittömässä läheisyydessä.

Vaikka GPS-järjestelmä onkin teoreettisesti hyvin tarkka, esiintyy siinä käytännössä sen verran epätarkkuutta, että kuulutuspisteelle on määrättävä mahdollista virhettä kompensoiva säde. Kuulutus toistetaan junan etäisyyden kuulutuspisteeseen ollessa sädettä pienempi. Myös junan pituus ja GPS-vastaanottimen mahdollisuus sijaita missä tahansa kohtaa junaa tuovat epätarkkuutta paikannukseen. Nämä epätarkkuustekijät eivät kuitenkaan ole merkitsevän suuria kaukoliikenteessä, joten GPS-paikannus on parempi vaihtoehto toteutettavaan järjestelmään.

Asemien lähestymiskuulutuksille voidaan määrätä kuulutuspisteet joko tarkasti haluttuun kohtaan ratalinjalla ennen asemaa taikka halutun säteiselle etäisyydelle itse asemasta. Käytettäessä kahta pistettä käytetään suhteellisen pientä (noin 50-100 m) sädettä. Jos taas kuulutuspiste asetetaan aseman keskikohdalle, käytetään haluttua kuulusetäisyyttä (noin 1000-5000 m) asemasta säteenä. Kuvassa 2 kahden pienen säteisien pisteen menetelmä on merkitty kirjaimella A ja yhden suurisäteisen pisteen menetelmä kirjaimella B. Järjestelmä toteutetaan mahdollistamaan kumman tahansa menetelmän käyttämisen. Tarpeen mukaan on myös mahdollista käyttää molempia menetelmiä samalla reitillä.



Kuva 2: Kuulutuspisteen mahdolliset asetustavat.

2.3 Kuulutusten rakenne

Sekä ääni- että tekstikuulutukset voidaan tallentaa täysin kokonaisina tai yksittäisissä osissa, joita yhdistellään kuulutusta toistettaessa. Kokonaisena tallennus on helppo ratkaisu toiston kannalta, mutta vaatisi runsaasti työtä tallennusvaiheessa, sillä valtaosa junassa esitettävistä kuulutuksista sisältää kuulutuskohtaisesti vaihtuvaa tietoa, kuten aseman nimen. Osissa tallennus ja toistettaessa yhdistäminen taas vaatii suurta tarkkuutta sanojen väliseen ajoitukseen, jotta puhe kuulostaisi luonnolliselta. Sopivat välit voidaan jättää osiin itseensä tallennusvaiheessa tai luoda toistettaessa, jolloin ajoitusta voidaan säätää jopa kuulutuskohtaisesti. Kuva 3 havainnollistaa kuulutuksen rakennetta tyypillisen esimerkkikuulutuksen avulla. Kuvassa yksittäiset kuulutuksen elementit on ympyröity.

Hetken kuluttua Berliini Intercity 101 Pariisiin lähtee raiteelta 5 kello 16:01

Kuva 3: Tyypillisen kuulutuksen rakenne.

Numeroiden ja kellonajan toistaminen ääneen varsinkin eri kielillä vaatii erillistä, kielikohtaista logiikkaa. Vastaavasti, jos asemien nimiä täytyy taivuttaa perusmuodosta, täytyy taivutetut muodot tallentaa erikseen ja määritellä kuulutusrakenteisiin, käytetäänkö perus- vai taivutettua muotoa.

Järjestelmä toteutetaan siten, että kaikkia edellä esitettyjä menetelmiä on mahdollista käyttää.

3 TOTEUTUS

3.1 Vaatimusmäärittely

Järjestelmän perustehtävä on toistaa automaattisesti ennalta ohjelmoituja kuulutuksia oikeaan aikaan sekä ohjata vaunun sisä- ja ulkopuolisia näyttötauluja. Lisäksi konduktööri voi valita toistettavaksi ennalta tallennettuja erikoiskuulutuksia. Paikannusmenetelmänä käytetään GPS-paikannusta käyttäen asemalle asetettuja kuulutuspaikkoja halutun kuulutusetäisyyden suuruisella säteellä.

Järjestelmä asennetaan junassa ensimmäisen luokan vaunuihin, joita voi olla samassa junassa useampia. Vain yhden järjestelmän junassa tulee olla aktiivinen kerrallaan, mutta aktiivisen järjestelmän vikaantuessa tai poistuessa junasta jonkin passiivisista järjestelmistä on aktivoitettava automaattisesti. Lisäksi tulee huomioida, että juna saatetaan jakaa matkan varrella eri määränpäihin. Tällöin yhden järjestelmän täytyy aktivoitua jokaisessa muodostuneessa junakokoonpanossa ja jatkaa oman määränpänsä mukaisen kuulutusohjelman toteuttamista. Junaan saatetaan myös liittää matkalla eri lähtöasemalta saapunut junarunko, jolloin vain yksi järjestelmä muodostetussa junassa jatkaa aktiivisena siitä eteenpäin.

Järjestelmän on toistettava seuraavana kuulutusohjelmassa oleva lähestymiskuulutus, kun junan etäisyys kuulutuspaikalle on pienempi kuin kuulutuspaikalle asetettu säde. Samalla on lähetettävä junan sisäpuolisille näytöille esitettäväksi kuulutukseen liitetty teksti. Lähestymiskuulutuksen lisäksi joillekin asemille on määritelty vaihtoyhteys- ja lisätietokuulutuksia. Nämä kuulutukset yhdessä niihin liitettyjen tekstien kanssa on toistettava lähestymiskuulutuksen jälkeen. Junan ollessa myöhässä jatkoyhteyskuulutuksia ei toisteta. Myöhästymistiedon asettaa konduktööri käsin vaunun ohjauspaneelista.

Mikäli juna pysähtyy asemien välille erikseen asetettua etäisyyttä kauemmaksi (tässä tapauksessa 500 metriä) asemasta, on annettava automaattisesti kuulutus, joka on sisällöltään ”*Emme vielä ole asemalla, älkää poistuko junasta*”.

Jokainen kuulutus voi olla tallennettu yhden tai useamman kielisinä versioina. Useampaa kieltä sisältävä kuulutuskokonaisuus tulee olla toistettavissa siten, että kaikki

osakuulutukset tulevat peräkkäin kullakin kielellä taikka siten, että kukin osakuulutus toistetaan kaikilla kielillä, jonka jälkeen toistetaan vastaavasti seuraavat osakuulutukset. Kuulutusjärjestys asetetaan järjestelmän kuulutustietokannan päivittämisen yhteydessä.

Ennen matkan alkamista järjestelmään syötetään junan tiedot ja kuulutusohjelma. Tällöin järjestelmän tulee asettaa vaunujen sisä- ja ulkopuolisille näytöille tiedot junan lähtö- väli- ja määräasemista sekä junan ja vaunujen myyntinumerot. Matkan aikana vaunujen sisänäytöillä tulee näyttää päivämäärä, kellonaika ja junan nopeus. Lisäksi matkan edetessä ulkopuolisilla näytöillä näkyvistä väliasemista tulee poistaa ne asemat, joilla on jo pysähdetty. Määräasemalle saavuttaessa ulkonäytöille asetetaan teksti, joka on sisällöltään seuraava: *"Saapuva juna <kaupungista>, älä nouse kyytiin"*.

Vaunujen ulkopuoliset näyttötaulut on sammutettava, kun junan nopeus nousee yli 70 kilometriin tunnissa. Vastaavasti kun nopeus laskee alle 60 kilometriin tunnissa, näytöt laitetaan takaisin päälle.

3.2 Kehitystyökalut

Järjestelmä toteutettiin C-kielisenä Linux-sovelluksena. Toteutuksessa noudatettiin soveltuvin osin turvallisuuskriittisten järjestelmien kehitystä koskevaa MISRA-ohjeistusta [7]. MISRA-ohjeistuksen toteutumista valvottiin tarkistamalla lähdekoodi tarkoitukseen konfiguroidulla Lint-työkalulla. Lint on muun muassa C-kielisen lähdekoodin tarkistamiseen tarkoitettu sovellus, jolle voidaan ohjelmoida rajoituksia kielen ominaisuuksien käytölle ja valvoa näiden rajoitusten noudattamista. Lisäksi Lint kykenee löytämään tavallisten syntaksivirheiden lisäksi useita eri tyyppisiä semanttisia ohjelmointivirheitä, jotka normaalisti jäisivät kääntäjältä huomaamatta. [8]

Järjestelmä sisältää verraten runsaasti muuttuvaa määrämuotoista tietoa, joten tietojen sisäiseen tallennukseen käytettiin kevyttä SQL-tietokantaa (Structured Query Language). Sulautettuun järjestelmään soveltuvia kevyitä tietokantaohjelmia ovat muun muassa MySQL Embedded sekä SQLite. SQLite on vapaasti hyödynnettävissä täysin ilman lisenssiä, ja se toimitetaan erittäin hyvin eri laite- ja käyttöjärjestelmäalustoille siirrettävissä olevassa lähdekoodimuodossa. SQLiten käyttämät tietokantatiedostot ovat

myös sellaisenaan binääriyhteensopivia eri laitealustoille käännettyjen toteutusten kesken. SQLite on ensisijaisesti tarkoitettu upotettavaksi lähdekoodina tai käännettynä objektitiedostona sitä käyttävään sovellukseen sen sijaan, että se linkitettäisiin kirjastona tai sitä ajettaisiin erillisenä palvelinprosessina. Tämä tekee siitä hyvin toimintavarman ja helpon käyttää, mutta kasvattaa lopullisen sovelluksen käännetyn binääritiedoston kokoa. [9]

Käytettäväksi tietokannaksi valittiin SQLite kääntämällä se objektitiedostoksi dokumentaation ohjeiden mukaisesti ja linkittämällä se varsinaisen sovelluksen moduuleihin käännösvaiheessa. Tästä aiheutui jonkin verran ylimääräistä tallennustilan kulumista binääritiedostojen koon kasvaessa noin vajaalla megatavulla kappaleelta, mutta koska tilankäyttö ei ollut merkitsevä tässä kokoluokassa, koon kasvu on hyväksyttävissä saavutettuihin etuihin nähden.

Äänitiedostojen toistoon käytetään laitealustan sisäänrakennettua äänipiiriä. Käytettävä tiedostomuoto on ogg vorbis. Laitealustan käyttöjärjestelmä sisältää ajurin, joka huolehtii äänitiedostojen toistamisesta ilman, että kutsuvan sovelluksen tarvitsee toistokutsun jälkeen puuttua sen toimintaan mitenkään.

3.3 Laitealusta

Järjestelmä toteutettiin osaksi junanhallintajärjestelmää. Järjestelmän päälaitealustana toimii rautatiekäyttöön suunniteltu sulautettu prosessorimoduuli, joka sisältää monipuoliset liitännät – muun muassa ethernet-, sarjalinkki-, dvi- ja ääniliitännät. Lisäksi moduuli liittyy suoraan varsinaiseen junanhallintajärjestelmään. Tämän lisäksi on käytössä vastaava moduuli ilman ääni- ja dvi-liitäntöjä vaunukohtaiseen näyttötaulujen ohjaukseen. [10]

Ethernet-liitäntää käytetään järjestelmän ohjaamiseen langattoman lähiverkon välityksellä etäyhteydellä. Sarjalinkkiä käytetään GPS-sijaintitiedon lukemiseen. Ääniliitäntää käytetään kuulutusten toistamiseen yhdessä junanhallintajärjestelmän I/O-laitteiston kanssa. Junanhallintajärjestelmän kautta ollaan myös yhteydessä vaunun laitetilassa sijaitsevaan hallintapaneeliin, josta junahenkilökunta voi tarvittaessa ohjata järjestelmän toimintaa. Joka vaunuun on lisäksi asennettu kevyempi versio prosessorimoduulista, jonka sarjalinkejä käytetään näyttötaulujen ohjaamiseen.

3.4 Ohjelmistoarkkitehtuuri

Järjestelmä toteutettiin siten, että sen perusrakenne on modulaarinen. Tausta-ajatuksena oli helpottaa järjestelmän jatkokehitystä sekä ohjelmakoodin uudelleenkäyttöä muissa vastaavissa projekteissa. Toiminnallisuus jaettiin moduuleihin siten, että varsinainen kuulutusten toistologiikka sijoitettiin omaan ydinmoduuliinsa ja muut toiminnot jaettiin sisään- ja ulospäin liikkuvan datan moduuleihin.

Koska samassa junassa saattaa olla toiminnassa useita kappaleita samaa järjestelmää, täytyy järjestelmien kommunikoida keskenään ja kyetä valitsemaan kulloinkin aktiivinen järjestelmä. Normaalitylanteessa järjestelmistä se, joka sijaitsee sarjanumeroltaan pienimmässä vaunussa, aktivoituu. Aktiivisen järjestelmän vikaantuessa tai junan jakautuessa jäljellä olevista järjestelmistä aktivoituu vastaavalla säännöllä yksi.

Järjestelmät lähettävät toisilleen toistuvia kuittauspyyntöjä, joiden avulla ne voivat havaita vikaantuneen järjestelmän tämän palauttaessa vikakoodin tai lakatessa vastaamasta kokonaan. Junan kokoonpanon muuttuessa järjestelmät saavat tiedon muutoksesta suoraan junanhallintajärjestelmästä.

3.5 Järjestelmän toiminta

3.5.1 Sijainti- ja nopeustiedon käsittely

Järjestelmän toiminta perustuu GPS-sijaintitiedon jatkuvaan lukemiseen ja etäisyyden laskemiseen. Sijainti saadaan merkkijonona GPS-vastaanottimelta sarjalinkkiä pitkin. Tämä merkkijono tulkitaan ja muunnetaan desimaaliastemuotoisiksi koordinaateiksi, jotka edelleen muunnetaan radiaaneiksi kaavalla

$$G_{rad} = \frac{\pi}{180} G_{dec} , \quad (6)$$

missä

G_{rad} on koordinaatin arvo radiaaneina ja

G_{dec} koordinaatin arvo desimaaliasteina.

Myös järjestyksessä seuraavan kuulutuspuisteen koordinaatit muunnetaan samalla tavalla radiaaneiksi. Tämän jälkeen junan etäisyys seuraavaan kuulutuspuisteseen lasketaan käyttäen pallopinnan isoympyräetäisyyden laskemiseen tarkoitettua yhtälöä [11]

$$\Delta\sigma = 2 \cdot \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos\phi_s \cos\phi_f \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right), \quad (7)$$

missä

$\Delta\sigma$ on pisteiden välinen etäisyys suhteessa pallon säteeseen,

$\Delta\phi$ koordinaattien leveysasteiden erotuksen itseisarvo radiaaneina,

$\Delta\lambda$ koordinaattien pituusasteiden erotuksen itseisarvo radiaaneina,

ϕ_s lähtöpisteiden leveysaste radiaaneina sekä

ϕ_f kohdepisteiden leveysaste radiaaneina.

$\Delta\sigma$ saadaan muutettua metreiksi kertomalla se maan säteellä, jolle toteutuksessa käytettiin arvoa 6 371 010 metriä. Yhtälön 7 on ilmoitettu numeerisessa tietokonelaskennassa olevan altis lopputulokseen vaikuttaville pyöristysvirheille sellaisissa tilanteissa, joissa pisteet ovat täsmälleen pallon vastakkaisilla puolilla, toisin sanoen maksimietäisyydellä toisistaan. Tällainen tilanne ei käytännössä esiinny missään normaalissa tilanteessa, joten yhtälön voitiin todeta soveltuvan käyttötarkoitukseensa.

GPS-vastaanottimelta saadaan koordinaattien lisäksi myös nopeustieto. Tämä tieto välitetään kussakin vaunussa olevalle prosessorimoduulille, joka ohjaa sen edelleen vaunun sisäpuolisille näytöille. Lisäksi junan nopeuden ylittäessä 70 kilometriä tunnissa lähetetään vaunuille komento sammuttaa ulkopuoliset näyttötaulut. Vastaavasti nopeuden laskiessa alle 60 kilometriin tunnissa lähetetään komento laittaa näytöt päälle. Mikäli nopeus putoaa nollaan kauempana kuin erikseen asetettava etäisyys (työssä käytettiin arvoa 500 metriä) seuraavasta asemasta, toistetaan kuulutus ”*Emme ole vielä asemalla, älkää poistuko junasta*”.

Tunnelissa sijainti- ja nopeustietoja ei saada. Tällöin nopeustieto asettuu nollassa, mutta näyttöjen päälle laittoa tai poistumisen kieltävää kuulutusta ei toisteta, koska sijaintitiedon puuttumisesta voidaan päätellä junan olevan tunnelissa tai muusta syystä GPS-signaalin tavoittamattomissa.

3.5.2 Kuulutusten toistaminen

Ääni- ja tekstikuulutusten toistoon valittiin menetelmä, jossa kuulutukset koostuvat yksittäisistä sanoista tai fraaseista ja parametrisoiduista elementeistä, kuten seuraava asema, junan tyyppi ja numero sekä jäljellä olevien asemien lista. Kullekin asemalle asetettiin oletuksena lähestymiskuulutus, joka on muotoa ”*Seuraavana <seuraava asema>*”. Lisäksi asemille on mahdollista asettaa vaihtoyhteyskuulutuksia, jotka ohjelmoidaan ennalta omiksi kuulutusrakenteikseen. Joka junavuorolle täytyy siis laatia omat jatkoyhteyskuulutuksensa, jotka voidaan kuitenkin rakentaa käyttäen vakioituja fraaseja. Mikäli junan myöhästymistieto on asetettu päälle vaunun ohjauspaneelista, jatkoyhteyskuulutusta ei toisteta. Kuulutuksiin voidaan lisäksi liittää asema- ja junavuorokohtaisesti mukaan lisäkuulutuksia, kuten ”*Kiitämme poistuvia matkustajia, tervetuloa uudelleen*”.

Äänikuulutusten osien väliin jäävät tauot säädetään kuulutusrakennekohtaisesti lisäämällä osien väliin taukoelementti, jolle annetaan tauon pituus parametrina. Käytännössä tauko luodaan toistamalla lyhyttä tyhjää äänitiedostoa sopivan monta kertaa peräkkäin.

Automaattisten kuulutusten lisäksi toistetaan tarvittaessa konduktöörin vaunun ohjauspaneelilta valitsemia ennalta tallennettuja erikoiskuulutuksia. Nämä kuulutukset sisältävät automaattikuulutusten tapaan ääni- ja tekstiversiot yhdellä tai useammalla kielellä.

4 POHDINTA

4.1 Johtopäätökset

Työssä toteutetun kaltaisia matkustajainformaatiojärjestelmiä on käytössä niin rautateillä kuin tieliikenteessäkin runsaasti. Operaattoreilla on kuitenkin usein erityisvaatimuksia, jolloin jokaisesta järjestelmästä tulee enemmän tai vähemmän tarkoitukseensa räätälöity. Tässäkin työssä toteutettu järjestelmä kykenee toimimaan yleiskäyttöisenä järjestelmänä, mutta sisältää silti runsaasti loppuasiakkaan haluamia erityispiirteitä ja -omaisuuksia.

Järjestelmä paransi matkustajien junassa saaman informaation laatua korvaamalla aiemmin konduktöörin vaihtelevalla laadulla puhumat kuulutukset tasalaatuisella ja -voimakkuuksisella selkeällä puheäänellä sekä tuomalla äänikuulutuksia tukevat tekstikuulutukset vaunujen sisäpuolisille näyttöille.

Modulaarinen toteutus asetti kehitystyölle lisävaatimuksia ja lisäsi osaltaan järjestelmän monimutkaisuutta, mutta jätti avoimeksi monia erilaisia jatkokehitysmahdollisuuksia ja mahdollisuuden räätälöidä järjestelmästä versio helposti myös muiden operaattoreiden käyttöön.

4.2 Järjestelmän jatkokehitys

Tämän työn tuloksena toteutettu järjestelmä on laajan ja pitkäaikaisemman projektin ensimmäinen vaihe. Järjestelmän tilannut loppuasiakas on esittänyt suunnitelmia kehittää järjestelmää laajemmaksi ja monipuolisemmaksi.

Tärkein jatkokehitysajatus on tehdä järjestelmästä dynaaminen siten, että junassa sijaitsevan staattisen juna- ja reittitietokannan lisäksi junaan on mahdollista syöttää reittitiedot dynaamisesti operaattorin taustajärjestelmästä ja muuttaa niitä poikkeustilanteessa myös lennossa matkan aikana. Lisäksi järjestelmän halutaan raportoivan sijaintiaan ja nopeustietoaan takaisin päin operaattorin päivystävään valvontakeskukseen. Tällöin valvoja voisi lähettää junaan esimerkiksi kuulutuksia myöhästymisistä ja poikkeavista jatkoysteistä.

Järjestelmän modulaarinen toteutus mahdollistaa kuulutus- ja reittiohjelman muuttamisen myös lennossa matkan aikana. Vaikka järjestelmään ei toteutettukaan suoraan dynaamiseen toimintaan tähtääviä rajapintoja, voi siihen lisätä dynaamisesti tietoja muuttavan moduulin, joka hoitaa myös yhteydenpitoa operaattorin järjestelmään.

5 YHTEENVETO

Työssä toteutettiin junaan asennettava matkustajainformaatiojärjestelmä, joka toistaa automaattisesti kuulutuksia asemille saavuttaessa ja joissakin tapauksissa myös asemien välillä sekä huolehtii vaunun ulkopuolisten näyttötaulujen tietojen asettamisesta ja päivittämisestä. Järjestelmä paransi huomattavasti matkustajien junassa saaman informaation laatua verrattuna entisiin konduköörin kuuluttamiin kuulutuksiin.

Sijaintitietona käytettiin GPS-paikannusta, jonka perusteella verrataan junan sijaintia seuraavan aseman sijaintiin. Junan tullessa määrättyä etäisyyttä lähemmäksi asemaa toistetaan aseman lähestymiskuulutus. Lisäksi junan pysähtyessä asema-alueen ulkopuolelle toistetaan kuulutus, joka kieltää poistumasta vielä junasta.

Järjestelmä toteutettiin C-kielisenä sovelluksena Linux-käyttöjärjestelmän päälle. Laitealustana toimi rautatiekäyttöön suunniteltu sulautettu prosessorimoduuli, joka asennettiin osaksi junanhallintajärjestelmän laitteistoa. Näin toteutettu järjestelmä saatiin integroitua osaksi junanhallintajärjestelmää.

Järjestelmästä kehitettiin modulaarinen ajatuksena helpottaa jatkokehitystä ja mahdollistaa sen räätälöiminen myös muiden vastaavien projektien käyttöön. Järjestelmän tilannut loppuasiakas on esittänyt suunnitelmia jatkokehittämiselle.

LÄHDELUETTELO

- [1] Housley, Adrian; Dix, Martin: *Qualitative Research into Passengers' views and opinions about passenger information in the rail industry*, Passenger Focus; National Rail Enquiries, 2008.
- [2] International Union of Railways: *UIC: the worldwide international organisation of the railway sector*, <http://www.uic.org/spip.php?article528>, viitattu 5.8.2009.
- [3] International Electromechanical Commission: IEC 61375-1, *Train communication network*, Second edition, 2007.
- [4] International Union of Railways: UIC Code 568, *Loudspeaker and telephone systems in RIC coaches*, 3rd edition, 1996.
- [5] International Union of Railways: UIC Code 556, *Information Transmission in the Train (Train-bus)*, 3. edition, Translation, 2004.
- [6] International Union of Railways: UIC Code 176, *Specifications for passenger information displayed electronically in trains*, 1st edition, Translation, 2001.
- [7] MIRA Limited: MISRA-C:2004, *Guidelines for the use of C language in critical systems*, Edition 2, 2008.
- [8] Wikipedia, the free encyclopedia: *Lint (software)*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Lint_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lint_(software)), viitattu 5.8.2009.
- [9] SQLite: *SQLite Is A Zero-Configuration Database*, <http://www.sqlite.org/zeroconf.html>, viitattu 5.8.2009.
- [10] EKE-Electronics Ltd.: *Graphical Display Module (CPG)*, Datasheet, 2008.
- [11] Wikipedia, the free encyclopedia: *Great-circle distance*, http://en.wikipedia.org/wiki/Great_circle_distance, viitattu 13.8.2009.