



# GSM:stä tuunattiin Euroopan rautateille uusi radiojärjestelmä

Esko Huovinen  
Corenet Oy

**Euroopan rautatiet ovat uusimassa vanhoja analogisia radiopuhelinjärjestelmiään uuden yhtenäisen standardin mukaisiksi. Järjestelmät toteutetaan EU:n junaliikenteen yhteentoimivuusdirektiivin mukaisesti samanlaisena kaikkien EU-maiden rautateille. Uuden järjestelmän toiminnot on määritelty yhteiseurooppalaisessa EIRENE-standardissa ja perusteknologiana on GSM, mistä johtuen uusi rautatieradiojärjestelmä tunnetaan myös nimellä GSM-R (= GSM for Railways).**

Yhdenmukainen radioverkko ja verkossa toimivat päätelaitteet mahdollistavat rajat ylittävän junaliikenteen siten, ettei vetureita tai niiden viestivälaineitä enää tarvitse vaihtaa rajanylityspaikoilla, tai käyttää kalliita, eri järjestelmissä toimivia ”kameleontradioita”. EIRENE-standardin mukaisia järjestelmiä on rakennettu myös Euroopan ulkopuolelle, mm. Intiaan ja Kiinaan. Puheen lisäksi GSM-R-järjestelmiä käytetään uusien liikenteenohjausjärjestelmien datavälitykseen.

Suomessa tämän RAILI:ksi ristityn GSM-R-järjestelmän rakentaminen on loppusuoralla ja verkko tulee kattamaan kaikki suunnitellut rataosat vuoden 2008 loppuun mennessä. RAILI-järjestelmällä korvataan nykyiset VHF-alueella olevat linjaradio- ja ratapiharadioverkot ja päätelaitteet. Uutta verkkoa käytetään alkuvaiheessa pääasiassa liikenteenohjaajan ja junien välisessä puheviestinnässä ja rataverkon kunnossapitotöissä. Järjestelmän rakennuttajana on Ratahallintokeskus ja verkko-osuuden toimittaa Nokia Siemens Networks. Uusia tukiasemasaitteja ei juurikaan tarvita, koska ratojen läheisyydessä on runsaasti matkapuhelinverkkojen tukiasemia joita voidaan hyödyntää vuokraamalla niistä tarvittavat laite- ja antennitilat. Järjestelmän operaattoriksi on valittu Corenet Oy, joka toimittaa myös liittymät (SIM-kortit). Verkko on samantyyppinen, suljettu radioverkko kuten viranomaisen VIRVE:kin, ja sen käyttäjinä ovat junaliikennöitsijät ja radalla työskentelevät rataurakoitsijat ja kunnossapitohenkilöstö. Käyttäjät hankkivat itse tarvitsemansa päätelaitteet.

Tässä artikkelissa on kuvattu GSM-R-järjestelmää ja sen toimintoja lähtien rautateillä tarvittavista toiminnoista eri käyttötilanteissa. Artikkelissa on oletettu että lukija ymmärtää pääpiirteissään yleisen GSM:n toimintaa.





Ohjaamoradion käyttöpaneeli (Center Systems).

järjestelmän kautta. Suomessa vaihdejärjestelmän toimittaa Itävaltalainen Frequentis. Kannettavia päätelaitteita voi myös käyttää DT:na rajoitetuin ominaisuuksin, esim. tilapäisillä liikenteenohjauspaikoilla.

Ohjaamorado (Cab radio) on veturikäyttöön määritelty päätelaite, jossa voi olla radioyksikön lisäksi yksi tai kaksi kuljettajan käyttöpaneelia veturityyppistä ja ohjaamoiden määrästä riippuen. Cab radiossa on myös liitäntä UIC:n standardin mukaiseen vaunujen väliseen runkokaapeliin, ns. UIC kaapeliin. Ohjaamoradiot toimivat GSM-teholuokassa 2 (8 W) ja koska antenni on n. 4 m korkeudella, saadaan riittävä peitto toteutettua radan varteen pienellä tukiasemamäärällä. Yhteentoimivuuden varmistamiseksi ohjaamoradion keskeiset toiminnot on standardoitu ja käyttöpaneelin painikkeet ja kuvakkeet ovat yhdenmukaisia.

Operatiivinen radio (OPH) on robusti kannettava GSM-R-päätelaite vaativaan työkäyttöön. OPH:sta on olemassa junien vaihtotoissa käytettävä malli (OPS) jossa on kantoteline ja suuremmat rukkaspainikkeet sekä ns. kontrolliäänilähetin yhteyden päästä-päähän valvontaa varten.

Yleiskäyttöinen radio (GPH) on tavallinen 'peruskännykkä' esim. toimistokäyttöön. Muutamat GSM-valmistajat ovat tehneet kaupallisista GSM-puhelimistaan edullisia GSM-R-alueelle meneviä versioita joissa ei ole ryhmäpuhelutoimintoja, mutta on sen sijaan kaikki muut GSM-puhelimen ominaisuudet, kuten GPRS. Automaatio- ja valvontakäyttöön tarkoitettuja GSM-R-alueella toimivia M2M-moduuleja on myös markkinoilla.

Ohjaamoradiot ja OPH-tyyppiset kannettavat radiot joissa on ryhmäpuheluominaisuuksia, poikkeavat jo huomattavasti kaupallisista GSM-puhelimista. Toistaiseksi GSM-R-päätelaitteita valmistaa vain muutama, erikoislaitteisiin keskittynyt laitetoimittaja, ja niiden hinnat ovat em. seikoista johtuen selvästi korkeampia kuin kaupallisten puhelimien. Sen sijaan GSM-R-peruskännyköissä hintaero ei ole suuri.

## GSM-R:n erityistoiminnot ja käyttö rautateillä

Osa GSM-R erityistoiminnoista on määritelty 3GPP-standardissa ja siitä johtuen palveluita olisi mahdollista tarjota myös kaupallisissa GSM-verkoissa. Toistaiseksi tällaisia toteutuksia ei ole juurikaan tehty, johtuen mm. heikosta päätelaitetarjonnasta.

Monet GSM-R toiminnoista määritellään tilaajakohtaisina GSM-R puhelimen SIM-kortille, joka siitä johtuen on tavallista SIM-korttia monipuolisempi. Eri käyttäjäryhmillä rautateillä

on erilaisia viestintätarpeita ja SIM-tilaajaprofileilla voidaan toteuttaa tilaajaryhmäkohtaisesti omia palveluita. Käytännössä esim. kuljettajilla on samat toiminnot ja ohjaamoradioiden SIM-korteilla siten samat tilaajaprofiilit.

## Ryhmäpuhelut (VGCS, VBS)

Rautateillä ryhmäpuhelua tarvitaan monissa tilanteissa, mm. ratapihoilla tapahtuvassa vaihtotyössä, radan kunnossapitotoissa ja tietyissä vaara- tai uhkatilanteissa. Ryhmäpuhelun toteuttaminen GSM:ään on ollut kaikkein suuritoisoin GSM-R kehitystyössä. Ryhmäpuheluita on kahdentyyppisiä: yksisuuntainen kuulutuspuhelu VBS (Voice Broadcast Service) ja ryhmäpuhelu VGCS (Voice Group Call Service), joka on yleisimmin käytetty. VGCS vastaa PMR järjestelmistä tuttua liikennemuotoa (ns. avoin kanava) missä yksi ryhmän jäsen kerrallaan voi puhua painamalla puhepainiketta. Ryhmäpuhelujen ominaisuudet kuten ryhmäpuhelualueet, prioriteetit ja ryhmiin liitetyt liikenteenohjaajat määritellään ryhmäpuhelurekisterissä (GCR), ja tilaajan oikeus ryhmäpuhelupalvelun käyttöön määritellään HLR:ssa. Tilaajan käytettävissä olevat ryhmät määritellään SIM-kortilla, jolle sopii 50 + 50 (VGCS+VBS) ryhmätunnusta. Tilaaja voi itse aktivoida haluamansa ryhmät SIM-kortilla olevien joukosta. Tiettyjen ryhmien aktivointiin ei käyttäjä voi vaikuttaa, tällaisia ovat esim. hätäpuheluryhmät.

## Puhelujen priorisointi ja nopea puhelunmuodostus (eMLPP)

Rautatieviestinnässä tarvitaan puhelujen priorisointia. Tärkeät turvallisuuteen liittyvät puhelut on voitava kytkeä riippumatta verkon kuormituksesta. GSM-R:ssä priorisointi on toteutettu ISDN-standardiin perustuvalla Multi Level Pre-emption and Precedence (MLPP) palvelulla. Sen pohjalta on mobiiliverkkoihin kehitetty GSM-verkoissa käytettävä eMLPP (e=enhanced) palvelu. Palvelun avulla verkko voi ruuhkatilanteissa vapauttaa liikennekanavan korkeamman prioriteetin puhelulle, tarvittaessa alta purkamalla. Prioriteetilla ohjataan myös päätelaitteiden toimintaa. Esim. ohjaamoradoissa puheluun kytkeytyminen (automaattivastaus) ja muiden puheluiden purkautuminen on määritelty prioriteetin perusteella siten että korkean prioriteetin puheluissa puhelu kytkeytyy ja kaiutin avautuu automaattisesti.



Operatiivinen radio (Sagem) ja GSM-R peruskännykkä (Sagem).



Korkean prioriteetin puheluissa käytetään lähtevässä suunnassa nopeutettua puhelunuodostusta. Verkon ja päätelaitteiden keskeiset toiminnot kuten prioriteetit ja käytettävät ryhmät, on määritelty EIRENE-standardissa ja ne on yhteentoimivuuden vuoksi toteutettava samoin kaikissa GSM-R-verkoissa ja päätelaitteissa.

### Toiminnallinen numerointi (FN)

Kaikilla aikataulun mukaisilla henkilö- ja tavarajunilla on yksilöidyt ns. junanumerot, jotka ovat voimassa matkan ajan. Voidakseen soittaa kuljettajalle on liikenteenohjaajan tiedettävä vastuullaan olevalla rataosalla liikkuvien junien puhelinnumerot. GSM-R-puhelimissa on kyllä GSM:n tapaan normaali kiinteä tilaajanumero (MSISDN), mutta tilaajanumeroiden ylläpito ja käyttö olisi hankalaa, koska veturit vetävät eri junia satunnaisesti päivittäin. Ongelma on ratkaistu käyttämällä tilaajanumeron lisäksi tilapäistä, tehtävän mukaista toiminnallista numeroa (Functional Number, FN), jonka käyttäjä aktivoi käyttöönsä. FN avulla liikenteenohjaaja voi soittaa kuljettajalle junanumeroon perustuvalla numerolla tarvitsematta tietää tilaajanumeroa. Junanumeron ja MSISDN numeron linkitys on toteutettu IN:illä ja GSM:n USSD-palvelulla. Ennen matkan alkua kuljettaja rekisteröityy USSD-palvelua käyttäen junanumeroon perustuvaan tilapäiseen FN-numeroon, jonka loppuosa muodostuu junanumerosta (5 numeroa) ja kuljettajan toimintakoodista (2 viimeistä numeroa). Vastaavasti saman junan konduktöörille voi soittaa samalla junanumerolla mutta konduktöörin toimintakoodilla. Numerot ovat voimassa matkan ajan ja rekisteröinti puretaan matkan jälkeen määräasemalla, tai veturin tai konduktöörin vaihtuessa. Päätelaitteissa on FN-rekisteröintiä ja rekisteröinnin poistoa helpottavat menut.

Suomen RAILI-järjestelmässä junanumerot toimintakoodineen ilmestyvät myös ao. rataosasta vastaavan liikenteenohjaajan käyttöpääteelle heti rekisteröinnin jälkeen tai kun juna tulee ao. liikenteenohjaajan vastualueelle. Tällä helpotetaan viestintää ja lisätään turvallisuutta mm. siirtymävaiheen aikana, kun vain osassa vetureita on uusi päätelaite käytettävissä. Myös tekstiviestejä voi lähettää FN-numeroihin.

### Toiminnallisen numeron välitys ja näyttö (PFN)

Viestinnän turvallisuuden lisäämiseksi toiminnallinen numero FN välitetään puhelun yhteydessä kohdepäätelaitteelle. Toiminto (Presentation of Functional Number, PFN) on vastaavanlainen kuin standardi CLI, mutta välittyvänä tietona on soittajan MSISDN numeron lisäksi soittajan toiminnallinen numero FN. Ellei soittaja ole rekisteröitynyt, näytetään CLI kuten normaalisti. FN välitykseen käytetään GSM:n UUS1 palvelua (User-to-User Signalling). Tiedot välitetään sekä soittajalle että vastaanottajalle SETUP/ALERT/CONNECT sanomissa UUIE-tagissa. FN lähetetään UUIE-tagissa tietyssä kentässä ja tieto luetaan ja näytetään vastaanottajan päätelaitteessa. PFN liittyvät UUIE-tagin kentät on määritelty EIRENE-standardissa ja niiden täytyy toimia samoin kaikissa maissa. Soittajan FN:n lisäksi UUIE-tagissa voidaan lähettää esim. paikkatieto (GPS) tai muuta junaan liittyvää turvallisuustietoa.

### Paikasta riippuva puhelunohjaus (LDA)

Kuljettaja ei voi junaan ajaessaan selata puhelinluetteloa ja valita näppäimistöä puhelinnumeroita, vaan hänen täytyy voida paikasta riippumatta soittaa rataosan vastaavalle liikenteenohjaajalle yhdellä kutsupainikkeella. Tätä varten on järjestelmässä LDA-toiminto (Location Dependant Addressing). Kun kuljettaja painaa kutsupainiketta, puhelu ohjautuu valitun lyhytnumeron ja junan paikan (solun) perusteella oikealle liikenteenohjaajalle. Toiminto on toteutettu IN:illä ja lyhytnumeroilla samalla periaatteella kuin 112 hätänumeron ohjaus yleisissä mobiiliverkoissa. Puhelu ohjautuu normaalisti solun perusteella, mutta EIRENE-standardissa on varauduttu ohjauksen tarkentamiseen liikenteenohjausalueiden rajalla käyttämällä joko (UUS1:lla välitettävää) GPS-tietoa tai turvalaitejärjestelmästä junanumeroitain saatavaa tarkempaa raideosuustietoa.

### Rautatiehäätäpuhelu

Eräs GSM-R-järjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia on häätäpuhelu, jota voivat käyttää liikenteenohjaajat, kuljettajat tai muut rautatiealueella olevat henkilöt tilanteissa missä onnettomuuden tai ilmeisen uhan vuoksi on tarpeen nopeasti varoittaa alueella olevia muita käyttäjiä. Häätäpuhelu on korkeimman prioriteetin ryhmäpuhelu (VGCS). Puhelu avautuu aina ryhmäpuheluna tietylle alueelle ja siihen pakotetaan liittymään kaikki häätäpuhelualueella olevat käyttäjät. Häätäpuhelu kytkeytyy nopeasti (2s) ja se purkaa päätelaitteessa meneillään olevan puhelun ja päätelaitteen kaiutin avautuu automaattisesti. Häätäpuhelualueet (kuten muutkin ryhmäpuhelualueet) on ennalta määritelty verkkoon ja ne määräytyvät puhelukohtaisesti puhelun aloittajan sijainnin perusteella. Esim. radalla häätäpuhelualue käsittää yleensä solun, jossa mobiili on aloitushetkellä ja viereiset solut meno- ja tulosuunista. Liikenteenohjaaja voi päätteeltään valita häätäpuhelualueen, esim. koko vastuullaan olevalle rataosalle.

Häätäpuhelun loputtua kaikki puheluun kytkeytyneet mobiilipäätelaitteet lähettävät keskukseen kuittaussanomana, mistä näkyy esim. kellonaika milloin päätelaite kytkeytyi puheluun, puhelun kesto ym. asioita. Tämän lisäksi liikenteenohjauksen kaikkien puhelujen sisältö tallennetaan keskitettyyn pu-



heentallennusjärjestelmään. Em. tallenteita voidaan käyttää apuna onnettomuuksien tai muiden vakavien uhkatilanteiden tutkimisessa.

Päätelaitteissa on yleensä erillinen hätäpainike jolla hätäpuhelu aktivoidaan. Hätäpuhelun käyttö ja kuljettajan toiminta hätäpuhelun tullessa on määritelty rautateiden viestintäohjeissa.

## Muut ryhmäpuhelut

EIRENE-standardissa on määritelty myös kuljettajien keskinäinen ryhmäpuhelu jota samalla alueella olevat kuljettajat voivat käyttää keskinäiseen viestintään. Ryhmä toimii hätäpuhelua alemmalla prioriteetilla. Ratapihoilla tai linjalla tapahtuvaan vaihtotyöhön ja kunnossapitotöihin on varattu tietyt kansainväliset ryhmänumerot. Lisäksi numeroinnissa on runsaasti vapaita ryhmäalueita kansalliseen käyttöön.

## ERTMS ja ETCS

Euroopan rautateiden liikenteenohjaus, turvalaitejärjestelmät ja junan kulunvalvontajärjestelmät ovat niin ikään yhtenäistymässä yhteentoimivuusdirektiivin hengen mukaisesti. Liikenteenohjaus- ja hallintajärjestelmä on nimeltään ERTMS (European Train Management System) ja siihen liittyvä turvalaiteosuos ETCS (European Train Control System). ETCS:n kehittyneissä versioissa (Level2 ja Level3) käytetään tiedonsiirtoon GSM-R-verkkoa.

ETCS-järjestelmän ytimenä ovat alue- tai rataosakohtaiset keskusyksiköt (Radio Block Center, RBC), jotka ylläpitävät tietoja rataosalla liikkuvista junista ja ohjaavat niiden turvallista ja sujuvaa liikkumista. Junat ovat GSM-R:n kautta kiinteästi yhteydessä RBC:hen ja tietoa siirretään jatkuvasti molempiin

suuntiin. RBC lähettää junille toistuvia kulkulupasanomia, joiden avulla kuljettajalle näytetään esim. mitä nopeutta juna voi kullakin hetkellä ajaa. Junat lähettävät RBC:lle tilatietoja (paikka, nopeus, jarrutus jne). ETCS:n tiedonsiirrossa sanomat ovat lyhyitä ja datanopeudet pieniä, mutta kytkentäajoille, luotettavuudelle ja siirron laadulle asetetaan korkeat vaatimukset.

Tällä hetkellä operatiivisessa ja testikäytössä olevissa ETCS-järjestelmissä on datavälitykseen käytetty piirikytkentäistä GSM:n 9,6 kbit/s dataa, mutta todetuista kapasiteettiongelmistä johtuen paraikaa tutkitaan myös GPRS:n käyttömahdollisuutta. Järjestelmistä saa lisätietoa mm. UIC:n sivuilla olevista linkeistä.

## Lopuksi

GSM-R on jo laajalti käytössä Euroopassa ja näyttää että GSM:n ”tuunaus” on tältä osin onnistunut. Toivoa sopii että käytön lisääntyessä myös päätelaitteille tulisi lisää valmistajia, markkinat laajenisivat ja hinnat sitä kautta alenisivat.

900 MHz alueella toimiva GSM-R edusti uusinta tekniikkaa kun kehitystyö alkoi. Nyt ollaan kaupallisella puolella jo siirtymässä UMTS900 käyttöön ja tietoliikennetekniikka kehittyvä vauhtia. Siksi näyttääkin selvältä, ettei GSM-R:n elinkaari tule olemaan niin pitkä kuin nykyisen linjaradiojärjestelmän. VR pääjohtaja käynnisti linjaradion kehitystyön vuonna 1958 pian Kuurilan junaonnettomuuden jälkeen ja vaikka tukiasemia ja veturiradioita on uusittu muutamaan kertaan, on sama perustekniikka ollut käytössä jo 50 vuotta.

Linkkejä: UIC / GSM-R: <http://gsm-r.uic.asso.fr>  
ETSI 3GPP -standardit:  
<http://www.etsi.org/WebSite/homepage.asp>