

A GSM-R rendszer

A GSM-r rendszer	1
A Morse-távírótól a GSM-R-ig	1
A GSM-R RENDSZER SZOLGÁLTATÁSAI	3
Gyors hívásfelépítés	3
Körözvény- és csoporthívás	4
A prioritások kezelése	4
Funkcionális címzés	4
Helyfüggő címzés	5
A GSM-R RENDSZERTECHNIKAI ÖSSZEFOGLALÁSA	5
A MAGYARORSZÁGI GSM-R TESZTSZAKASZ	8
A MÁV Rt. GSM-R tesztrendszere	8
A helyszín kiválasztása	8
Az együttműködés és a kísérleti rendszer előnyei a MÁV számára	9
A tesztszakasz műszaki áttekintése	9
Hálózatépítés, önműködő vonatbefolyásolás	12
Irodalom	14

A Morse-távírótól a GSM-R-ig

A vasúti közlekedés az egyes állomások és a vonalhálózat egészének kiterjedtségéből, valamint a sokszereplős, bonyolult vasútüzemi technológiából adódóan a távközlési szolgáltatások hagyományos fogyasztója. A vezetékes összeköttetések (telefon, távíró) már a vasutak korai szakaszában is szolgálták az üzemi technológiát. Ilyen kapcsolatrendszer épült ki például

- az egyes állomásokon a forgalomirányítók (forgalmi szolgálattevők) és a váltóőrök, váltó- és sorompókezelők,
- az egymással szomszédos állomások forgalmi szolgálattevői,
- a két állomás forgalmi szolgálattevői és az állomások közötti vonalszakaszon szolgálatot teljesítő térköz- és sorompóőrök,
- a forgalmi szolgálattevők és a vonal forgalma fölött diszponáló menetirányító

között.

A különböző szakszolgálatok (forgalom, kereskedelem, gépészet stb.) végrehajtó szolgálatai helyeinek egymással és a felsőbb irányítási szintekkel való összeköttetésére kialakult a vasutak saját üzemi távbeszélő hálózata is, amely összeköthető a nyilvános hálózatokkal is. Nem egy szolgáltatás korábban, vagy nagyobb mértékben valósult meg a

vasutak saját hálózatában, mint a nyilvános hálózatokon (pl. az automatikus távválasztás az akkori Csehszlovák Vasutak és a MÁV üzemi távbeszélő hálózatában).

Számos vasútüzemi technológiai előrelépést jellemző módon a mobil kommunikáció megjelenése és fejlődése tett lehetővé. Ilyen például a mozdonyrádiók több évtizeddel ezelőtti megjelenése vagy a kocsifelírók és a tolatócsapatok munkáját megkönnyítő hordozható készülékek elterjedése a vasutak üzemvitelében.

Tekintettel arra, hogy az egyes szolgáltatások az elmúlt több mint 100 évben a legkülönbözőbb időszakokban, egymástól függetlenül, az akkori műszaki fejlettségnek megfelelő szinten valósultak meg, és korszerűsítésük is időben elhúzódó volt, az ezen szolgáltatásokat megvalósító távközlő hálózatok általában nem, vagy csak nehézkesen köthetők össze egymással.

Az összekapcsolást gátló kompatibilitási problémák még nagyobbak lehetnek, hogyha nem egyetlen, hanem több ország vagy vasúttársaság vonatkozásában vizsgáljuk őket. Ez például azt jelentheti, hogy a mozdonyokat a határállomáson vagy ki kell cserélni, vagy eleve számos, különböző rádióberendezéssel kell felszerelni. Még bonyolultabb a helyzet a pályamenti jeladó elemekről kapott információk alapján működő ún. vonatbefolyásoló berendezéseknél, hiszen ezekből Európa vasútjain közel 30 féle rendszer üzemel.

Az Európai Unió által a vasutak számára kitűzött cél, az egyes vasutak közötti akadálymentes átjárást jelentő interoperabilitás csak úgy valósítható meg, ha a vasutak egész Európában egységes kommunikációs platformot használnak.

Mivel a mobil kommunikációnak a vasútüzemen belül is egyre nagyobb a szerepe, és a GSM révén korszerű, tömeges felhasználása miatt kiforrott, kiterjedt szolgáltatásokkal rendelkező technológia áll rendelkezésre, amely a hagyományos hálózatokkal is összekapcsolható, célszerűnek látták a vasutak, hogy az egységes kommunikációs platform szerepét a GSM speciális vasúti igényeket is kielégítő változata töltsse be. A Nemzetközi Vasútegylet (UIC) 1993-ban döntött a közcélú GSM rendszeren alapuló, egységes, a nemzetközi együttműködő képességet maximálisan támogató vasúti rádiós szabvány kidolgozásáról. A szabványosítás alapján kialakított GSM-R rendszer bevezetésére azóta 32 európai nemzeti vasúttársaság vállalt kötelezettséget, közöttük a MÁV is.

A nemzetközi együttműködő-képesség biztosításán túlmenően a GSM-R rendszer bevezetése további előnyöket is nyújt az alkalmazó vasúttársaságoknak. Amellett, hogy lehetővé teszi az elavult, egyre nehezebben és költségesebben működtethető analóg technika kiváltását, közös, integrált platformot képez a különböző vasúti alkalmazások magasabb szolgáltatási színvonalú megvalósítása számára is. További előny, hogy egységes kommunikációs rendszerbe foglalja a jelenlegi, eltérő műszaki megoldású és frekvenciatartományú

- vonali rádiórendszereket,
- állomási technológiai rádiókörzeteket és
- munkairányító rádiórendszereket.

A GSM-R technológia nyújtja a kommunikációs infrastruktúrát az egységes európai vonatbefolyásoló rendszer (ERTMS/ETCS) 2. és 3. szintjének kialakítására, de egyes alkalmazásokban szerepe lehet már az 1. szintnél is. Az új technológia a közvetlen vasútüzemi alkalmazásokon túlmenően az utasok számára is számos új szolgáltatás bevezetését teszi lehetővé (pl. helyfoglaló rendszerek és jegykiadó automaták felügyelete, az utasok aktuális tájékoztatása a vonaton).

A GSM-R technológia az ETSI (European Telecommunication Standards Institute) GSM szabványain, valamint az UIC által megfogalmazott, vasútspecifikus feltételrendszeren (EIRENE) alapul. A rendszer lehetőséget nyújt arra is, hogy a konkrét implementációk során az előbbiekkal összhangban figyelembe vegyék az egyes vasúttársaságok speciális előírásait is.

A GSM-R RENDSZER SZOLGÁLTATÁSAI

A GSM-R rendszer szolgáltatáskészlete a nyilvános GSM hálózatok számára szabványosított, a GSM 2+ fázisnak megfelelően specifikált és kipróbált alap- és kiegészítő szolgáltatásokra épül. A GSM-R-en belül vasút-specifikus elemeknek tekinthetők a szolgáltatásminőségi (QoS) paraméterekkel szemben támasztott szigorúbb követelmények és a speciális, vasúti alkalmazások.

Vasúti alkalmazás esetén az egyik legfontosabb specialitás a GSM-R-nek a vonatbefolyásolás rendszerében való alkalmazása, ami miatt nagy sebességű mobil felhasználókkal kell számolni (max. 500 km/h). Többek között ez az oka annak, hogy egyes paraméterekkel szemben szigorúbb követelményeket támasztanak. Ilyenek például a következők:

- a hívásfelépítési idő,
- a sikeres hívások aránya,
- a hálózat rendelkezésre állása,
- az adatátviteli késleltetés,
- az adatátviteli hibaarány,
- az adatátviteli hibastatisztika eloszlása.

Ezeket a paramétereket természetesen több tényező is jelentősen befolyásolja, mint például

- a hívásátadások gyakorisága,
- a hívásátadások sikerességi aránya (min. 99,5 %),
- a hívásátadási idők (max. 300 ms megszakadási idő),
- a rádiófrekvenciás lefedés a pálya mentén és
- számos egyéb tényező.

A következőkben néhány vasút-specifikus szolgáltatást mutatunk be. Ezek

- a gyors hívásfelépítés,
- a körözüvény- és csoporthívás,
- a prioritási és megszakítási rendszer,
- a funkcionális címzés és
- a helyfüggő címzés.

Gyors hívásfelépítés

A nyilvános GSM rendszerekben a **hívásfelépítési idő** akár 10 s, vagy nagyobb is lehet. A vasúti alkalmazások a hívások gyors és garantált felépítését igénylik. A hívásfelépítési időre vonatkozó, a hívás prioritásától függő követelmények az **1. táblázatban** láthatók. Ezeknek az értékeknek az esetek 95 %-ában teljesülniük kell, de a maradék 5 % esetén sem szabad túllépniük a megadott értékek másfélszeresét.

1. táblázat Hívás-felépítési követelmények

A hívás típusa	Hívás-felépítési idő
Vasúti vész hívás	<1s
Mobil készülékek közötti sürgős csoporthívások	<2s
Minden, a fenti osztályokba nem tartozó vasútüzemi hívás	<5s
Valamennyi, alacsonyabb prioritású hívás	<10s

Körözhív- és csoporthívás

A GSM-R körözhív- és csoporthívás a nyilvános hálózatokra vonatkozó GSM 2+ fázisban definiált szolgáltatásokon alapul.

Mind a körözhív- mind a csoporthívás mindig egy adott területre és egy adott felhasználói csoportra vonatkozik. Körözhív- során egyirányú kapcsolat épül fel a hívást kezdeményező és egy hívási csoport tagjai között, azaz csak a hívást kezdeményező fél beszélhet, a hívottak passzív résztvevők. A csoporthívás viszont kétirányú kommunikáció, amelynek során a hívott felhasználóknak bizonyos korlátozásokkal válaszadási lehetőségük van: egyidejűleg csak egy csoporttag tud beszélni, és a kezdeményező fél bármikor magához veheti a beszédet.

A felhasználói csoportok összetétele mind a tagok, mind a terület vonatkozásában rugalmasan konfigurálható a rendszerben. Egy felhasználó több csoportnak is a tagja lehet. A csoport- és a körözhív- csak azokkal a csoporttagokkal épül fel, akik az előre meghatározott területen tartózkodnak. Ha egy résztvevő csoporttag felépült csoport- vagy körözhív- alatt elhagyja ezt a területet, akkor számára megszakadhat a hívás. Ugyanakkor, ha egy csoporttag akkor lép az előre definiált területre, amikor felépült csoport- vagy körözhív- van folyamatban, az ő készüléke is automatikusan belép a hívásba.

A prioritások kezelése

A vasúti távközlési rendszerekben a különböző fontosságú hívástípusokat célszerű megkülönböztetni annak érdekében, hogy a legfontosabb hívások akkor is létrejöjjenek, ha a hívott fél foglalt, vagy a rendszer olyan mértékben terhelt, hogy normál hívás felépítéséhez nem képes erőforrásokat biztosítani. Ennek érdekében a magasabb prioritású hívások megszakíthatják az alacsonyabb prioritásúakat.

A GSM-R rendszerben az eMLPP (enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption, többszintű prioritás és megszakítás) elv alapján alakították ki a hívásprioritások kezelését. A GSM-R rendszer a GSM 2+ fázis prioritási rendszere alapján öt felhasználói prioritási szintet különböztet meg 0-tól 4-ig. A legmagasabb prioritást a 0 jelenti. A vasúttársaságok közötti együttműködő-képességet a prioritási szinteknek a Nemzetközi Vasútegylet (UIC) általi egységes meghatározása garantálja. A hívási prioritásokat a **2. táblázat** tartalmazza

2. táblázat Hívási prioritások

A hívás típusa	Prioritás
Vasútüzemi vészhívás	0
Vasútbiztonsági vezérlőutasítás	1
Nyilvános vészhívás	2
Vasútüzemi hívás	3
Vasúti tájékoztatás és egyéb	4

Funkcionális címzés

Vasútüzemi szempontból ez a GSM-R egyik legfontosabb szolgáltatása. Alapja a GSM rendszerben definiált előfizető követési szolgáltatás. A lényege az, hogy egy adott szolgálati beosztást ellátó személyt mindig ugyanazon, a szolgálatot meghatározó számon lehessen felhívni, függetlenül attól, hogy éppen ki tölti be ezt a szolgálati beosztást.

Így például amikor a felhasználó a munkája során az 512. sz. vonat mozdonyvezetőjévé válik, akkor a telefonja menürendszerének segítségével bejelentkezik a beosztásának megfelelő funkcionális számra. Ettől kezdve ő ezen a számon is hívható a saját

telefonszáma mellett. Amikor a vonat a végállomásra ér, és a felhasználó már nem tölti be ezt a beosztást, akkor kijelentkezik, majd a későbbiekben, amikor új szolgálati beosztást lát el, az ennek megfelelő funkcionális számra jelentkezik be.

A funkcionális hívószámok segítségével, a mozdonyt azonosító pályaszám ismeretében, bármely mozdony is felhívható, függetlenül attól, hogy éppen hol tartózkodik, és milyen feladatot lát el. Ugyanígy felhívható a vonatszám alapján bármely vonat mozdonya akkor is, ha nem ismert, hogy melyik mozdony továbbítja a vonatot.

A funkcionális hívószámok alapvetően három részből állnak:

- hívástípus (CT) – meghatározza, hogy pl. csoport-, köröztvény-, vonat-, kocsis-, mozdony-, vagy egyéb hívásról van-e szó;
- felhasználó azonosító szám (UIN) – a szolgálati hely, illetve a jármű azonosító kódja;
- funkció kód (FC) – a szolgálati helyen belül a konkrét beosztást, munkakört határozza meg.

Példával illusztrálva: a 747 gyorsvonat vezető jegyvizsgálójának a funkcionális hívószáma 20074710. Itt CT=2, ami vonat hívását jelenti, UIN=00747, mert 5 számjegynél rövidebb vonatszámok esetén vezető nullákkal kell 5 számjegyűvé tenni az UIN-t, és FC=10, ami a vezető jegyvizsgáló beosztás nemzetközileg előírt funkció kódja.

A funkcionális számozási rendszer jelentős része nemzetközi előírások alapján van feltöltve, azonban nemzeti alapokon definiálható számmezők is vannak, hogy a rendszer az országoként, illetve vasúttársaságoként fellépő sajátosságokat is ki tudja szolgálni. A vasutak közötti roaming szerződések megkötése után akkor is felhívható lesz a felhasználó ugyanazon a funkcionális számon, ha nem a saját vasútjának a területén tartózkodik.

Helyfüggő címzés

A helyfüggő címzés lehetővé teszi a mobil készülék által kezdeményezett hívásoknak az felhasználó földrajzi tartózkodási helyétől függő állomásra való automatikus irányítását.

A vonali rádiórendszer esetében ez például azt jelenti, hogy ha a mozdonyvezető az e célra szolgáló rövid hívószámmal meghívja a menetirányítót, akkor a mozdony tartózkodási helyének megfelelő irányítói szakaszt felügyelő központ felé kell a hívást felépíteni, azaz a rövid hívószámot a helytől függő, fix hálózati hívószámmá konvertálja a rendszer. A rendszer annak alapján, hogy a hívó melyik cellában tartózkodik, egy adatbázisból kikeresi a területileg illetékes menetirányító fix hívószámát, és a hívást erre a számra irányítja át. Pl. az 1200 hívószámon mindig az aktuális főmenetirányító érhető el.

Helyfüggő címmel a diszpécser jellegű szolgáltatásokat célszerű ellátni. A területi illetékességi határok szabadon megválaszthatók, minden helyfüggő hívószámnál különböző lehet. A cellák közötti átfedésből adódóan az, hogy egy készülék mikor kerül át az egyik cellából a másikba, a pillanatnyi terjedéstől a cellák kihasználtságáig sok mindentől függ. Ha a felhasználó cellahatáron tartózkodik, és a cellahatár egyben illetékességi határ is, akkor bizonytalanná válhat a helyfüggő címzés. A funkcionális számozás megfelelő kialakítása azonban segíthet a bizonytalan címzés áthidalásában.

A GSM-R RENDSZERTECHNIKAI ÖSSZEFOGLALÁSA

A GSM-R vagy GSM rendszer cellás, duplex rádiórendszer, amely FDMA/TDMA (frekvencia- és időosztásos többszörös hozzáférés) csatornaosztást alkalmaz. A GSM-R

hálózatban a 876-880 MHz-es frekvenciatartományban történik az uplink, azaz a mobil állomások adása és a bázisállomások vétele, és a 921-925 MHz-es tartományban a downlink, azaz a bázisállomások adása, és a mobilállomások vétele. Ez a 2*4 MHz-es sáv szomszédos a GSM kiterjesztett 880-915, 925-960 MHz-es tartományával. Az RF csatornaosztás 200 kHz. A vivőfrekvenciák:

$f_{up}(n)=(876+0,2\times n)\text{MHz}$ (a mobil készülék adási frekvenciái) és

$f_{down}(n)=(f_{up}(n)+45)\text{MHz}$ (a bázisállomás adási frekvenciái),

ahol $0\leq n\leq 19$.

Egy duplex csatornapáron 8 időrés kerül átvitelre. Egy forgalmi csatorna (1 időrés) 16 kbit/s átviteli sebességű, amiből legfeljebb 14,4 kbit/s a hasznos átvitel sebessége.

A GSM rendszer **négy alapvető hálózati alrendszerre** osztható. Szeretnénk megjegyezni, hogy egyes alrendszerek, illetve egyes hálózati elemek elnevezéseként több kifejezés is meghonosodott.

Legfelső az **üzemeltetési- és fenntartási alrendszer**, az OMS (Operation and Maintenance Subsystem). Ennek a feladata az, hogy lehetővé tegye a hálózatmenedzsmentet, az előfizetők által elérhető szolgáltatások engedélyezését, letiltását, a számlázást stb. Ez az alrendszer tartalmazza a hálózat felügyeleti központot, az NOC-t (Network and Operation Center), és különböző informatikai rendszereket. Az NOC a hálózatmenedzsmentet teszi lehetővé, míg más informatikai rendszerek számlázásra, az előfizetők által megrendelhető szolgáltatások aktiválására stb. szolgálnak.

Az OMS alatt helyezkedik el logikailag a **kapcsolástechnikai alrendszer**, amit NSS-nek (Network and Switching Subsystem, hálózati és kapcsolástechnikai alrendszer) vagy SSS-nek (Switching Subsystem, kapcsolástechnikai alrendszer) szokás rövidíteni. Ez az alrendszer tartalmazza az egy vagy több mobil kapcsolóközpontot (MSC, Mobile Switching Center), ami lényegében egy ISDN központ olyan berendezésekkel és funkciókkal kiegészítve, amelyek lehetővé teszik az előfizető mobilitásának, jogosultságainak, azonosításának a menedzsmentjét. Az előfizetőt a hálózatban a 15 számjegyű IMSI azonosítja (International Mobile Subscriber Identity, nemzetközi előfizető azonosító szám). Az előfizetők a honos helyzetregiszterben (HLR, Home Location Register) vannak nyilvántartva. A HLR egy vagy több adatbázis, ami az IMSI alapján nyilvántartja az előfizető telefonszámát (MSISDN, Mobile Station International ISDN Number), legfontosabb adatait, és azt, hogy jelenleg melyik MSC szolgáltatási területén tartózkodik. Minden egyes kapcsolóközponthoz tartozik egy látogatói helyzetregiszter (VLR, Visitor Location Register). Amikor egy előfizető belép egy szolgáltatási területbe, a HLR-ből átmásolódnak az adatai a területileg illetékes VLR-be. A VLR tartalmaz minden, a hívások kezeléséhez szükséges információt, pl. hogy az előfizető a szolgáltatási területen belül melyik helykörzetben tartózkodik.

A hálózatot használó előfizetők adatainak a hitelesítéséért a jogosultságkezelő központ (AC, Authentication Center) felelős.

Minden egyes mobil készüléket egyértelműen azonosít a 15 számjegyű álló IMEI (International Mobile Equipment Identity, nemzetközi mobil készülék azonosító). Az EIR (Equipment Identification Register, berendezés azonosító regiszter) nevű adatbázis tartja nyilván a készülékeket az IMEI számuk alapján. Így lehetséges a hálózathoz a lopott, és a meghibásodott készülékeket kitiltani.

A csoporthívás regiszter (GCR, Group Call Register) hivatott a csoport- és körözvényhívások felépítéséhez szükséges adatokat tárolni.

A következő alrendszer a **bázisállomás alrendszer** (BSS, Base Station Subsystem), aminek a feladata a rádiós kapcsolat biztosítása, és szervezése az előfizető felé. Ez három féle berendezésből épül fel:

- o a bázisállomásból (BS vagy BTS, Base Transceiver Station),

- a bázisállomás vezérlőből (BSC, Base Station Controller) és
- a transzkóderből, vagy más néven TRAU-ból (Transcoder Unit).

A **bázisállomás** feladata, hogy a rádiófrekvenciás kapcsolatot megvalósítsa. Az egy BTS által, egy frekvencián lefedett területet nevezzük cellának. A bázisállomások egyszerre több, jellemzően 2, 6, 12 frekvencián is működnek, így több RF cellát is kialakítva. A cellák alakját elsősorban az alkalmazott sugárzók típusa határozza meg. Vasútvonalak lefedésére szektorsugárzókat, nagy kiterjedésű állomások ellátására körsugárzókat alkalmaznak.

A **bázisállomás vezérlők** feladata a BTS-ek konfigurálása és vezérlése, és hogy a forgalmukat a kapcsolástechnikai alrendszerhez juttassa. Az egy BSC-re kapcsolható bázisállomások száma sok mindentől függ, de jellemzően kb. 10 db BTS kapcsolódik egy BSC-re. A bázisállomásokat különböző topológiák alapján lehet a BSC-khez kapcsolni, a legjellemzőbbek a csillag, a gyűrű, és a lánc topológiák. Vasúti alkalmazásnál fontos, hogy valamely bázisállomás vezérlő meghibásodása esetén a lehető legkisebb terület váljon ellátatlanná. Ezért a szomszédos BTS-eket célszerű más BSC-re kapcsolni. Megfelelő cella átfedésekkel elérhető, hogy ne keletkezzen ellátatlan terület BSC, vagy BTS meghibásodáskor. Az átviteltechnika működőképességének minél biztosabb fenntartása érdekében a gyűrű topológiát érdemes választani.

A **transzkóderek** GSM-specifikus kódolást és dekódolást, illetve sebesség adaptálást végeznek. Alkalmazásukra azért van szükség, hogy a 16 kbit/s –os GSM csatornákat a kapcsolóközpont számára 64 kbit/s –osra alakítsák. Logikailag a BSS alrendszer részei, de célszerű őket az MSC közelébe telepíteni, mivel így a szükséges átviteltechnikai kapacitás kisebb.

A **negyedik alrendszer a mobil állomás** (MS, Mobile Station). A mobil állomás az egyetlen, amivel normál esetben az előfizető valaha találkozik. Két egységből tevődik össze, a mobil készülékből (ME, Mobile Equipment) és a SIM kártyából (Subscriber Identity Module). Egy GSM (-R) mobil készülék SIM kártya nélkül csak segélyhívásra használható.

Egy cellás rádióhálózatnál az egyik legfontosabb technikai rész a handover, vagyis a hívásátadás kialakítása. Ez azt jelenti, hogy meg kell oldani azt, hogy ha az előfizető elhagyja az adott bázisállomás által lefedett területet, akkor a szomszédos bázisállomáson keresztül megszakadás nélkül folytatódhasson a hívás, azaz az előfizető celláról cellára haladva folyamatosan tudjon telefonálni.

A hálózati infrastruktúra kialakítása befolyásolja a hívásátadások sikerességét is. Sikeresnek azokat a hívásátadásokat kell tekinteni, amelyek során a hívásátadás alatti burst adatátviteli hibák nem haladják meg az erre specifikált értéket, és a hívásátadást követő 10 sec alatt az adatátvitel hibamentes (nem történik többszörös hívásátadás). Az EIRENE specifikáció szerint a tervezésnél figyelembe vett terhelésnél a vasútvonal mentén 99,5 %-ban sikeresnek kell lennie a hívásátadásnak.

Annak érdekében, hogy a nagysebességű vonatok miatt se kelljen nagy cellaátlapolást megvalósítani, és ezáltal rontani a sikeres hívásátadások arányát a lassú vonatok esetében, a hívásátadási folyamat optimalizálására van szükség. Az optimalizálásra

- a hálózattopológia megfelelő kialakítása,
- a hívásátadási szakaszok megfelelő megválasztása és
- a hívásátadás idejének csökkentése

kínál lehetőséget.

Vasúti rendszereknél el kell kerülni, hogy a hívásátadási területek megállóhelyekre, állomásokra vagy olyan pályaszakaszokra essenek, ahol a vonatok lassan haladnak, és ily módon többszörös hívásátadásnak legyenek kitéve.

A MAGYARORSZÁGI GSM-R TESZTSZAKASZ

A MÁV Rt. GSM-R tesztrendszere

1999-ben a Siemens Telefongyár kereste meg a MÁV-ot a tesztszakasz ötletével. A TEB Szakigazgatóság ezt pozitívan fogadta, így megkezdődött az együttműködés részleteinek a kidolgozása. Az együttműködés alapelvei a következők voltak:

A tesztrendszer megvalósítása során a **MÁV**

- biztosítja a munkaterületek hozzáférhetőségét, az itt rendelkezésre álló víz- gáz- villany- és egyéb infrastrukturális szolgáltatásokat, a szükséges szakfelügyeletet, gondoskodik a MÁV számára átadott berendezések felelős őrzéséről, továbbá
- a kivitelezés során szükség esetén vágányzárat, feszültségmentesítést biztosít;
- koordinálja a hatósági egyeztetéseket, engedélyeztetéseket;
- koordinálja a szükséges vizsgálatokat, jóváhagyja az ezeket rögzítő dokumentumokat;
- ellátja a rendszer üzemeltetési és fenntartási feladatait.

A Siemens Telefongyár feladata

- a rendszerterv és a telepítési terv kidolgozása, jóváhagyatása;
- a kivitelezési munkálatok koordinálása,
- a tesztrendszer megvalósításához szükséges berendezések szállítása (mobil kapcsolóközpont, bázisállomás-vezérlő, bázisállomások, végberendezések, szükséges toronyállítások stb.);
- elvégzi ezek telepítését, üzembe helyezését;
- oktatást biztosít a MÁV kijelölt szakszemélyzete számára.

A rendszer semmiféle üzemszerű használatba nem kerül, a létesítmény célja a szolgáltatások és a műszaki paraméterek vizsgálata. Mind a MÁV, mind a Siemens támogatják egymást a tesztrendszer műszaki megoldásainak ismertetésében. Az együttműködés egyik fontos alapelve, hogy a két fél között pénzmozgás nincs.

A helyszín kiválasztása

A helyszín kiválasztását körültekintő elemző, egyeztető munka előzte meg. Többféle szempontot is figyelembe kellett venni ahhoz, hogy minden tekintetben optimális tesztszakaszt sikerüljön kiépíteni.

Természetesen a nemzetközi korridor vonalak közül kellett választani. A Budapest - Hegyeshalom/Rajka vonal nem jöhetett szóba, hiszen ott már így is két rádiórendszer működik. Mivel az UIC 751-3 rádiórendszer viszonylag modernnek számít, ezért a majdani GSM-R rendszer építését azon vonalakon célszerű elkezdni, ahol még a régi, 160 MHz rádiórendszer üzemel. Így a dunántúli országrészt a Budapest – Pécs vasútvonal kivételével nem volt célszerű választani.

Egy tesztrendszer megvalósításánál igen fontos szempont, hogy a megvalósítás költségei lehetőleg alacsonyak maradjanak. Így vizsgálni kellett az építés során felhasználható, már meglévő infrastruktúra mennyiségét, jelentőségét is. Ezek közül a legfontosabb, a már meglévő, felhasználható antennatornyok mennyisége.

A kiválasztott Szolnok - Békéscsaba vasútvonal ebben a tekintetben is ideálisnak tűnt. A szolnoki MÁV víztorony ideális hely egy ilyen nagyméretű, kiemelt fontosságú pályaudvar lefedésére szolgáló bázisállomás számára. Szajol és Mezőtúr állomásokon

felhasználható antennatartó oszlopok voltak. Pusztapó, Csugar, és Békéscsaba állomásokon antennatartó árbócokkal gazdaságosan megmagasítható felsővezetéki oszlopok találhatók. Így a megépült 12 bázisállomásnak csak 6 új tornyot kellett építeni.

Kevésbé fontos, de hangsúlyos szempont a felhasználható szerelvénytér számának. A rádiórendszer megvalósításához szükség van megfelelő sáv szélességű digitális átviteli útra is, ez azonban ma már gyakorlatilag a legtöbb fővonalon rendelkezésre áll. A megfelelő költség-hatékonyság érdekében célszerű volt sík terepet választani. A kísérlet eredményessége megkívánta, hogy nagyvárosi, beépített terület éppúgy legyen az ellátandó területen, mint beépítetlen, nyílt terep. Ezen szempontok alapján is az egyik legjobbnak minősíthető választás a Szolnok - Békéscsaba vasútvonal.

Az együttműködés és a kísérleti rendszer előnyei a MÁV számára

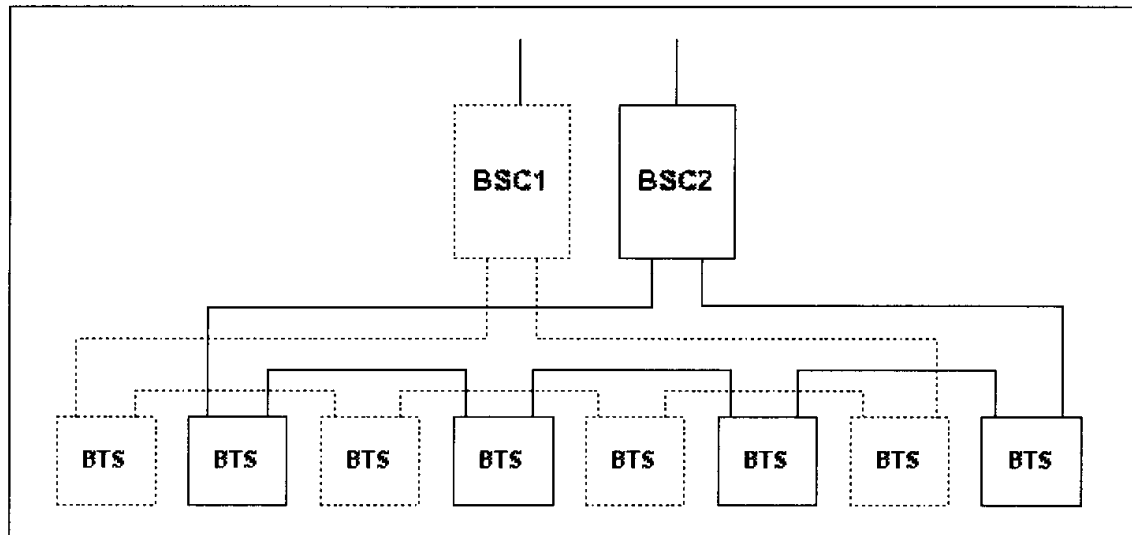
A rendszer megvalósítása a MÁV számára az alábbi fő célokat szolgálta:

- a GSM-R vasúti szabvány hazai alkalmazhatóságának általános vizsgálata;
- ETCS alapú vasúti biztosítórendszer szabványos rádiókommunikációs felületének tanulmányozása;
- felkészülés az EIRENE ajánlásoknak megfelelő alkalmazások hazai bevezetésére;
- a MÁV kiindulási adatokat kapott az országos GSM-R hálózat várható forgalmáról, végkészülék igényéről; ezáltal a beruházás műszakilag pontosabban tervezhetővé vált, ami a gazdaságos fejlesztés alapja.

A tesztszakasz műszaki áttekintése

A MÁV GSM-R tesztszakasza a már említett Szolnok - Békéscsaba vonalon helyezkedik el. A hálózat tizenkét bázisállomást tartalmaz. A bázisállomásokat egy darab bázisállomás-vezérlő (BSC) szolgálja ki. Ennek megfelelően elegendő egy TRAU (kód és sebesség konverter) a BSC és az MSC (mobil kapcsoló központ) közé. A fix hálózati alrendszer központi elemei (MSC és regiszterei, OMC, BSC, TRAU) egy helyen, a MÁV Budapesti Távközlési Osztály mérnökség Horog utcai telephelyén lettek telepítve. A központi berendezések nem valamely szerelvénytérbe kerültek, hanem egy direkt erre a célra kialakított konténerbe, ami légkondicionált, saját szünetmentes áramforrással ellátott. A hálózat felügyelete és üzemeltetése is itt történik.

Az MSC egy 10000 előfizető kiszolgálására tervezett, 3600 forgalmi csatornát kiszolgálni képes központ. A bázisállomások, illetve a BSC közötti kommunikáció, illetve adatátvitel 2 Mbit/s átviteltechnikai kapacitást igényel, ami a MÁV SDH adathálózatának felhasználásával lett biztosítva. A bázisállomások (BTS) és a bázisállomás vezérlő egység (BSC) közötti összeköttetések megvalósítása úgy történt, hogy a bázisállomások négyesével egy-egy hurokra vannak felfűzve. (lásd **1. ábra**) Ezáltal egy BTS meghibásodása, illetve az átviteli út megszakadása esetén a bázisállomások elérhetőek maradnak.



1. ábra Bázisállomások felfűzése

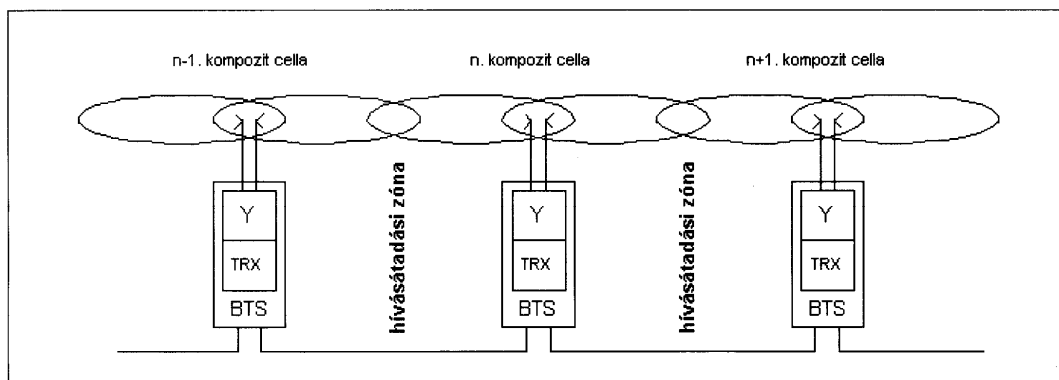
A bázisállomások (BTS) a következő állomások területén lettek elhelyezve:

- Szolnok,
- Szajol,
- Tiszatenyő,
- Pusztapó,
- Csugar,
- Mezőtúr,
- Nagylapos,
- Gyoma,
- Csárdaszállás,
- Mezőberény,
- Murony,
- Békéscsaba.

A tesztrendszer három féle bázisállomást tartalmaz: BS20, BS21, BS60.

- A **BS20** típus két TRX egységet tartalmaz, 14 forgalmi csatornával rendelkezik. BS20 került a következő helyekre: Tiszatenyő, Pusztapó, Csárdaszállás, Gyoma, Nagylapos, Csugar, Murony.
- A **BS21** a BS20 kültéri változata. Ez van Szolnok, Szajol, Mezőberény állomásokon.
- A **BS60** a BS20-astól abban különbözik, hogy maximum hat TRX egysége van, ezáltal akár 42 forgalmi csatornával is bírhat. Mezőtúrra és Békéscsabára került ez a nagyobb forgalmat kiszolgálni képes bázisállomás típus, három TRX egységgel szerelve, amelyek közül egy tartalékként lett felhasználva.

A **cellák kialakítása** a következő módon történt: mivel a bázisállomások egyenként két TRX egységet tartalmaznak, ezek teljesítményosztón keresztül két szektorális antennára csatlakoznak. Ezáltal két térbeli szektor által létrehozott kompozit cellát kapunk. (lásd **2. ábra**). Bázisállomásonként a két TRX egység két fizikai cellát hoz létre, ezek kiterjedése, helyzete teljesen azonos. Gyakorlatilag egy 14 csatornás logikai celláról beszélhetünk, nem két darab hét csatornás celláról.



2. ábra Kompozit cellák

Mindezek megvalósítása érdekében gondoskodni kellett az antennák megfelelő magasságban történő elhelyezéséről. Mint már említettük, a meglévő infrastruktúra felhasználása révén nem minden bázisállomás felállításához kellett új tornyot építeni, ami kedvezően hatott a projekt költségeire.

A toronyépítés, illetve az antennák elhelyezése a következőképpen alakult (3. táblázat):

3. táblázat Az antennák elhelyezése

Állomás	Az antenna elhelyezése	Az antenna föld feletti magassága (m)
Szolnok	a 35 m magas MÁV víztorony felhasználásával	35
Szajol	a meglévő 25 m-es antennatorony felhasználásával	24
Tiszatenyő	20 m-es új állítású csőtorony	19
Pusztapó	12 m-es felsővezeteki tartóoszlop megmagasítva 20 m-esre	19
Csárdaszállás	20 m-es új állítású rácsos torony	19
Gyomaendrőd	20 m-es új állítású csőtorony	19
Nagylapos	20 m-es új állítású rácsos torony	19
Mezőtúr	A meglévő 25 m-es antennatorony felhasználásával	24
Csugar	12 m-es felsővezeteki tartóoszlop megmagasítva 20m-esre	19
Mezőberény	20 m-es új állítású rácsos torony	19
Murony	20 m-es új állítású csőtorony	19
Békéscsaba	12 m-es felsővezeteki tartóoszlop megmagasítva 25m-esre	24

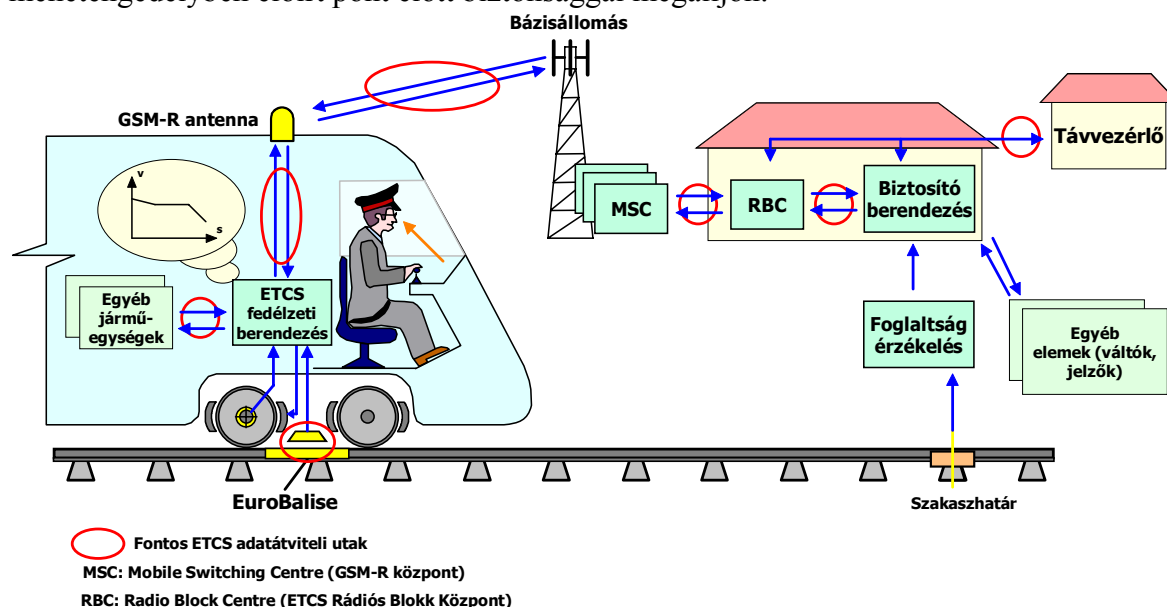
Hálózatépítés, önműködő vonatbefolyásolás

Az európai vasúti pályahasználat liberalizálása, illetve ezzel összefüggésben az interoperabilitás iránti fokozott igény megkívánja, hogy a közeli években, a többi vasúthoz hasonlóan, a MÁV is legalább a Transzeurópai Hálózathoz (TEN) tartozó vonalain kiépítse a GSM-R hálózatot.

Amint már említettük, az egységes európai vonatbefolyásoló rendszer (ERTMS/ETCS) 2. és 3. szintjén a forgalomirányító központ és a vonatok közötti kommunikáció is a GSM-R technológián alapul.

Az ETCS 2. szint rendszerfelépítése a **3. ábrán** látható. A biztosítóberendezések ellenőrzik az egyes állomási és vonali vágányszakaszok foglaltsági állapotát, vezérlik a váltókat és jelzőket, majd ennek alapján adják meg az egyes vonatok számára a továbbhaladáshoz a menetengedélyt. Az egyes körzetek biztosítóberendezéseitől összegyűjtött információk az ETCS biztosítóberendezési központon (RBC) és a GSM-R kapcsolóközponton (MSC) keresztül jutnak el a megfelelő bázisállomásra, majd onnan a megcímzett vonatra, az ETCS fedélzeti berendezéséhez.

A menetengedély a pálya meghatározott pontjáig szól. Ahhoz, hogy a fedélzeti berendezés ki tudja számítani az ún. sebességprofil, azaz a vonat számára megengedett maximális sebességet a menetengedélyben szereplő határponttól való távolság függvényében (v - s görbe), szükség van a vonat pillanatnyi helyének meghatározására. Ehhez a pálya meghatározott pontjain elhelyezett, transzponder elven működő, ún. Eurobalise-ok, mint „elektronikus kilométerkövek” nyújtják az alapinformációt, és a mozdonykerékre szerelt jeladó révén határozható meg a legutóbb érintett balise elhagyása óta megtett út. A fedélzeti berendezés a fékezés automatikus kiváltásával őrökdi azon, hogy a vonat ne lépje túl a számára megengedett sebességet, illetve hogy a menetengedélyben előírt pont előtt biztonsággal megálljon.



3. ábra Az ETCS 2. szint rendszerfelépítése

Az ETCS 3. szintje annyiban tér el a 2. szinttől, hogy a nagy beruházási igényű és üzemeltetési költségű hagyományos foglaltságellenőrzést (sínáramkörökkel vagy tengelyszámlálókkal) a hozzá tartozó kábelhálózattal együtt elhagyják, és a fedélzeti

berendezés közli a rádiós központon keresztül az érintett biztosítóberendezéssel a vonat helyét.

Az ETCS 1. szintjén a vonatok a menetengedélyt nem rádió útján, hanem a pálya felől, a forgalomszabályozó jelzők állásától függő információt továbbító balise-októl kapják. Mivel azonban ezeket a jeladókat csak a pálya bizonyos pontjain telepítik, célszerű lehet az adott vasútvonalon működő GSM-R segítségével két-két ilyen pont között a fedélzeti berendezés számára ún. in-fill információ átvitele.

A közelmúltban pilotprojektek keretében Európa számos vasútján végeztek ETCS rendszertesztet, néhány szakaszon megindult a rendszer üzemszerű alkalmazása is (részletesebben l. a következő fejezetben). A MÁV eddig az V. transzeurópai korridor részét képező Zalalövő-Hodos szakaszon helyezett üzembe ETCS rendszerű vonatbefolyásolást (1. szint), és megkezdődött a rendszer kiépítése a Budapest-Hegyeshalom fővonalon is. A többi európai vasút elképzeléseihez hasonlóan, az elkövetkező években remélhetőleg legalább a transz-európai vonalhálózat teljes magyarországi részén is fokozatosan kiépül az ETCS rendszere. Így a GSM-R bázisú ETCS európai szintű elterjedésével belátható időn belül elérhetővé válik a határon átlépő forgalom vonatkozásában a teljes körű interoperabilitás.

Irodalom

- Balás E.: A vasúti mobilrádiózás jelene: a GSM-R *Vezetékek Világa* VII(2002)3 pp. 2-4.
- Deutsche Bahn: Europa-Premiere - ETCS startet Serienerprobung bei Tempo 200
<http://www.lok-report.de/>
- Godziejewski, B., L. Lochman: Prinzipien der ERTMS/ETCS-Signalgebung auf Nebenbahnen *Signal und Draht* 12/97 pp. 14-15.
- Lochman L., P. Varadinov: Signaltechnik für die Nebenstrecken der CD, *Signal und Draht* 10/97 pp. 30-34
- Meyer zu Hörste, M., K. Lemmer: Communication-based Train Control in the Frame of Dispatcher Control, *Radio-Based Operation on Branch Lines* Proceedings of the Workshop 26th October 2001, Žilina, Slovak Republik, pp. 14-22.
- Mosóczi, L., Tóth, P.: Main Streams of Railway Telecommunication and Signalling Development in Hungary *ŽEL 2003* Žilina Railways on the Edge of the 3th Millenium „On the way towards the 'European' Railway” Žilina, Szlovákia, 2003 május 27-28.
- Pachl, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs, *Teubner*, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2002, p 258.
- Pachl, J.: Railway Operation and Control *VTD Rail Publishing (USA)* 2002, p. 239.
- Tarnai G.: Az informatika szerepe a vasúti forgalomirányításban, *Híradástechnika* 2003. szeptember, pp. 25-32.
- Tarnai G., I. Krbilová, J. Zahradnik: Egységes mobil távközlési szolgáltatás az európai vasutak számára, *Híradástechnika* 2003. november, pp. 18-22.
- Tarnai, G., B. Sági: Safety Issues of Remote Control in Railway Signalling, *1st IFAC Conference Telematic Applications in Automation and Robotics TA2001*, Weingarten, Germany, pp. 319-324.
- Tarnai, G.: Funksysteme als innovative Leitsysteme für Nebenbahnen in Ungarn *Radio-Based Operation on Branch Lines* Proceedings of the Workshop 26th October 2001, Žilina, Slovak Republik, pp. 57-66.
- Tarnai, G.: Tendencie vývoja v riadení prevádzky železničnej dopravy (A vasúti forgalomirányítás fejlődési tendenciái), *Žilinska Univerzita*, Žilina, Slovak Republik, 2004. április, p. 27.
- Tarnai, G.: Interoperabilita (Interoperabilitás), *Žilinska Univerzita*, Žilina, Slovak Republik, 2004. április, p. 15.
- Tarnai, G.: Riadenie prevádzky na vedľajších tratiach (Mellékvonalak forgalomirányítása), *Žilinska Univerzita*, Žilina, Slovak Republik, 2004. április, p. 11.