

JÓVÉR BALÁZS

ETCS



Az Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszer



Copyright CJB Prod. © 2004

Tartalomjegyzék:

I. Előszó	4
II. Bevezető.....	5
III. Történeti áttekintés.....	6
IV. Alapok.....	11
1. A fő tulajdonságokról általánosságban	11
2. Az alapvető rendszerstruktúra	13
a) Pályamenti komponensek.....	14
b) Járműfedélzeti komponensek	20
3. Közlekedés ETCS üzemmel.....	25
V. ETCS szintek.....	29
1. Az ETCS szintek	29
a) 0. szint	29
b) STM szint.....	29
c) 1. szint	30
d) 1. szint kitöltéssel	32
e) 2. szint	35
Bevezetés a GSM-R mobilrádiózásba, a GSM-R szolgáltatásai	36
f) 3. szint	41
A mozgó blokk rendszer	42
i. Előzmények.....	42
ii. Mozgó blokk – a teória	44
iii. Mozgó blokk és rádióátvitel.....	45
iv. Egy korai mozgó blokkos rendszer – a Seltrac	46
v. Miért a mozgó blokk?	46
g) Melyiket a három közül?	47
2. Konfigurációk – Centralizáció versus decentralizáció.....	49
a) Teljesen centralizált konfiguráció.....	49
b) Hierarchikusan centralizált konfiguráció.....	50
c) Decentralizált konfiguráció	50
d) Decentralizált nyíltvonali konfiguráció	51
e) Csatlakoztatott konfiguráció	51
VI. Üzem módok.....	53
1. Nincs táplálás (NP).....	53
2. Készenlét (SB).....	53
3. Teljes felügyelet (FS).....	53
4. Látra közlekedés (OS).....	54
5. Saját felelősség (SR)	54
6. Tolatás (SH)	55
7. Nincs jelfeladás (UN).....	55
8. Túlhaladás (TR).....	55
9. Túlhaladás után (PT).....	56
10. Távvezérelt (SL).....	56
11. Nem vezérelt (NL)	56
12. Hátramenet (RV).....	56
13. Rendszerhiba (SF).....	57
14. Leválasztott (IS).....	57
15. STM módok.....	57
Üzem módok és szintek kapcsolata.....	57

VII. Az EMSET és az ETCS-VB pre-pilot projektek	58
1. Az EMSET pilot projekt	58
2. A Bécs–Budapest installálás – ETCS-VB.....	60
a) <i>Fő célok</i>	61
b) <i>A környezet</i>	61
c) <i>Eredmények</i>	64
d) <i>Továbbra is itthon</i>	64
3. Egyéb projektek.....	66
VIII. Források.....	67

I. Előszó

A dokumentum bemutatja az ETCS rendszer alapjait. Megírására az készített, hogy nem lehet fel egyetlen magyar nyelvű áttekintő anyag sem a témában.

Ahol csak lehetett a magyar szakszavakat használtam, ám bizonyos esetekben még nem alakult ki az angol kifejezések itthoni megfelelője. Mindamelllett legalább egyszer igyekeztem mindennel kapcsolatban megemlíteni az angol kifejezést is.

A dokumentum szánt szándékkal nem egy bizonyos ETCS konfigurációt mutat be, számos alkalmazás, gyártó anyaga keveredik benne. Az anyag NEM tekinthető hivatalos ETCS dokumentációnak, pusztán tájékoztató, ismeretterjesztő jellegű.

Jóvér Balázs

II. Bevezető

Az ETCS a European Train Control System rövidítése, mely az Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszert takarja. A dokumentum az ETCS történetének bemutatásával kezdődik. Röviden bemutatja, hogyan is indult a koncepció, s hol tartunk napjainkban.

Az ezt követő fejezetek az alapokat tárgyalják. Itt szó esik a fő rendszerkomponensekről, és azok működéséről, feladataikról, ahol csak addig a mértékig mélyedünk el e témában, ami elegendő a következő – még az alapismertető részhez tartozó – fejezetek megértéséhez.

Szó esik továbbá az ETCS-szintekről, illetve az ETCS különféle üzemmódjairól. Zárásként érdekességképpen bemutatásra kerül az ETCS két legelső, méltán hírnevet szerzett tesztje, a spanyol EMSET és az osztrák-magyar ETCS-VB (Vienna-Budapest) pre-pilot projekt, ahol utóbbi a legelső „éles”, komplett telepítése és tesztelése volt az ETCS rendszernek.

III. Történeti áttekintés

A klasszikus vasúti közlekedés biztonsága korszerű állomási és vonali biztosítóberendezések esetén csak akkor lehet megfelelő, ha a mozdonyvezetők a pályamenti jelzők által meghatározott sebességparancsokat hibátlanul értelmezik és maradéktalanul betartják. A helyhez kötött pályaberendezés (biztosítóberendezés) és a mozdony gépi berendezései (pl. fékberendezés) közötti információs láncban tehát, a legkorszerűbb állomási és vonali automatikáknál az emberi tényező (mozdonyvezető) továbbra is nagy jelentőségű. A pályamenti jelzők, illetve jelzéseik megfigyelésének azonban nehézségei lehetnek: a nagy sebesség következtében az időben sűrűn érkező jelzési parancsok pontos kiértékelésének csökkenő valószínűsége, a távolbalátás korlátai, a figyelmetlenség és egyéb, a jelzők megfigyelését elterelő külső vagy belső körülmények.

Kezdetben a balesetmentes közlekedés valószínűségét a mozdony személyzet megkettőzésével növelték (aktív redundancia). Az első lépés az automatikai feladat ellátásában a mozdonyvezető éberségének gépi úton való, időszakos ellenőrzése volt. Ezesetben a mozdonyra egy éberségellenőrző berendezést telepítenek, amely a változó és az állandó jelzések által meghatározott sebességtől függetlenül, a mozdonyvezetőtől megkívánja éberségének időszakos nyugtázását. A nyugtázás – meghatározott időn vagy úton túli – elmaradása esetén a berendezés önműködő kényszerfékezést hajt végre. Az éberségellenőrző berendezés megléte esetén természetesen változatlanul fennáll a jelzők által meghatározott sebesség, valamint a vonalra vagy vonatra engedélyezett sebesség túllépéséből származó balesetveszély.

A vasúti közlekedés sebességével és biztonságával szemben támasztott egyre nagyobb elvárások idővel szükségessé tették olyan berendezések kiépítését, amelyek lehetővé teszik a vonatközlekedést irányító jelzések és esetleg egyéb információk (pl. sorompók állapotának) járműre történő nagybiztonságú eljuttatását és feldolgozását. Az emberi tényező okozta bizonytalanság csökkentésére megszületett tehát a jelfeladás és az önműködő vonatbefolyásolás. A világ vasútjain számos ilyen rendszer létezik és működik.

Éppen ez vet fel napjainkban egy igen komoly problémát. Az elmúlt évtizedekben az egyes országok önálló vasúttársaságai gyakorlatilag elszigetelt módon fejlesztették ki saját vonatbefolyásoló rendszerüket. Jóllehet régóta fennállnak különböző szervezetek, amelyek a társaságok közötti együttműködést szorgalmazzák, az egyes rendszerek továbbfejlesztése ezután is külön utakon történt.

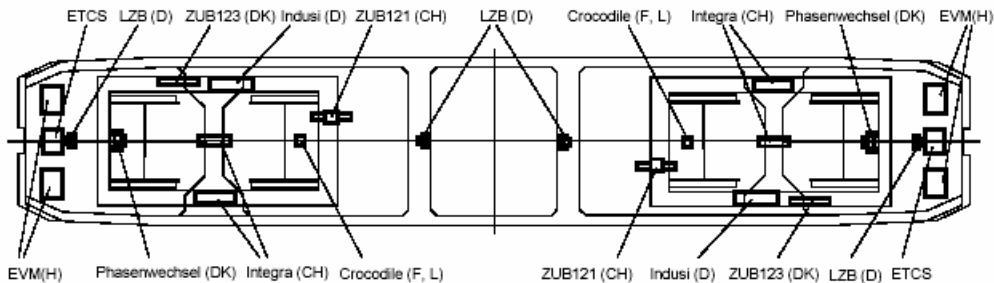
Hasonló akadályokkal kellett szembesülni a vontatási feszültségek esetében is, ám lényeges különbség, hogy itt a gyakorlatban mindössze három rendszerrel kellett számolni (25 kV 50 Hz; 15 kV 16 2/3 Hz; 1.5/3 kV egyenáram). Különböző vonatbefolyásoló/felügyelő rendszerekből viszont – mint ahogy az az **1. táblázatban** látható – Európában mintegy 20 különböző rendszer üzemel.

Ország	Rendszer	Funkcionalitás
Ausztria	PZB	Diszkrét sebesség-felügyelet
	LZB+PZB	Teljes biztosítottság
Belgium	Crocodile	Figyelmeztető
	TBL1 + Crocodile	Figyelmeztető/megállító
	TBL2	Teljes biztosítottság
	TVM	Teljes biztosítottság
Csehország	LS	Diszkrét sebesség-felügyelet
Dánia	ZUB 123	Teljes biztosítottság
	HKT	Teljes biztosítottság
Franciaország	Crocodile	Figyelmeztető
	KVB + Crocodile	Folyamatos sebesség-felügyelet
	TVM	Teljes biztosítottság
Hollandia	ATB	Diszkrét sebesség-felügyelet
	ATB NG	Folyamatos sebesség-felügyelet
Lengyelország	SHP	Figyelmeztető
Luxemburg	Crocodile	Figyelmeztető/megállító
Magyarország	EVM	Diszkrét sebesség-felügyelet
Németország	PZB	Diszkrét sebesség-felügyelet
	ZUB 122 + PZB	Folyamatos sebesség-felügyelet
	LZB + PZB	Teljes biztosítottság
Olaszország	BACC	Diszkrét sebesség-felügyelet
	SCMT + BACC	Folyamatos sebesség-felügyelet
Románia	PZB (Indusi 60)	Diszkrét sebesség-felügyelet
Spanyolország	ASFA	Diszkrét sebesség-felügyelet
	Ebicab + ASFA	Folyamatos sebesség-felügyelet
	LZB + ASFA	Teljes biztosítottság
Svájc	Signum	Figyelmeztető/megállító
	ZUB + Signum	Folyamatos sebesség-felügyelet
Svédország	Ebicab	Folyamatos sebesség-felügyelet
	Radioblock	Folyamatos sebesség-felügyelet
Szerbia	PZB (Indusi 60)	Diszkrét sebesség-felügyelet
Szlovákia	LS	Diszkrét sebesség-felügyelet
Szlovénia	PZB	Diszkrét sebesség-felügyelet

1. táblázat – Vonatbefolyásoló/felügyelő rendszerek Európa szerte

Észrevehető, hogy a létező rendszerek funkcionalitását elnézve a különbségek meglehetősen nagyok. A variációk felölelik a nem felszerelt, a figyelmeztető, a figyelmeztető/megállító, a sebességet diszkrét lépésekben felügyelő, illetve a folyamatos sebesség-felügyeletet biztosító berendezéseket, egészen a teljes biztosítottságig.

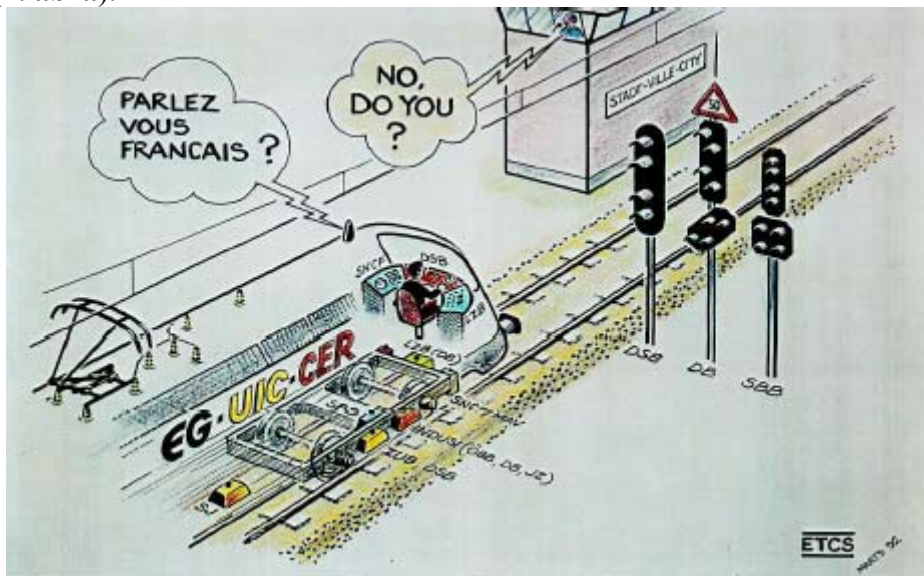
Az anomáliát tovább fokozza, hogy ahány berendezés, annyi felszerelési hely fordulhat elő a mozdonyon. Az alábbi 1. ábra a Bombardier egyik mozdonyának egy lehetséges elrendezési tervét mutatja több antenntípusra.



1. ábra – Antennatípusok lehetséges elrendezése egy mozdonyon

Két-három üzem használatára még megér(het)i kiépíteni egy mozdony fedélzeti rendszerét, e fölött viszont mind műszakilag, mind gazdaságilag komoly aggályok merülnek fel.

A helyzet abszurditását a fentiekkel összhangban a következő karikatúra szemléletesen ábrázolja (2. ábra).



2. ábra – Inkompatibilitás

A megoldás egy egységesített vonatbefolyásolási rendszer lehet, így nem véletlen, hogy az Európai Közösség a vasúti közlekedésben is célul tűzte ki az egységesítést. Az Európai Unió által deklarált irányelvek értelmében a vasúti társaságoknak olyan integrált irányítási rendszert kellett létrehozniuk, amely egységes elvek alapján kezeli a vasúti forgalom lebonyolításával kapcsolatos folyamatokat. A kitűzött feladatok teljesítése érdekében 1989-ben (!) megkezdődtek az ERTMS – European Rail Traffic Management System, azaz az Egységes Európai Vasúti Közlekedésirányítási Rendszer – fejlesztését megalapozó munkálatok. Ennek kidolgozása során kellett választ kapni az európai nagysebességű hálózat üzemeltetésének kulcskérdéseire.

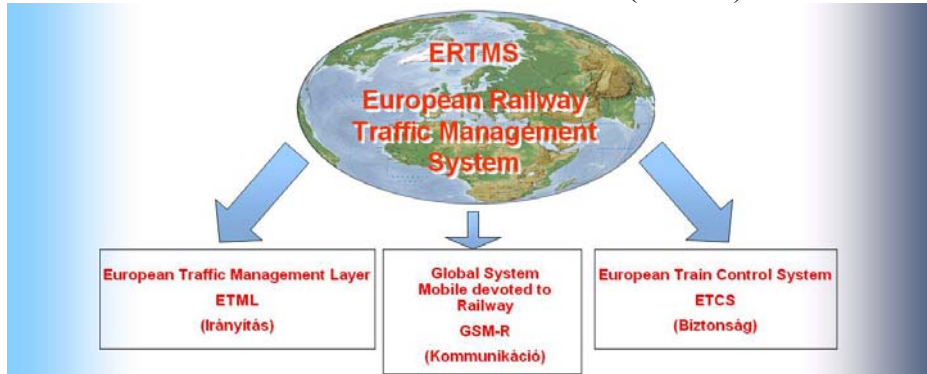
A fenti célt kidolgozó program az EURET 1.2 nevet kapta. A célprogram keretén belül folyó fejlesztésnél a vasúti ipar cégei (EUROSIG Konzorcium – Európai Biztosítóberendezéseket Gyártó Ipari Egyesülés) és a vasutak üzemeltetőinek tanácsadásával az Európai Vasúti Kutató Intézet (ERRI A200 Bizottság – European Rail Research Institute) végzett meghatározó tevékenységet. A munkálatok lefedték az ERTMS-re mint generikus rendszerre vonatkozó specifikációk elkészítését, valamint az alkotó komponensek felépítésének előzetes meghatározását. A fenti munkálatok a 4. Keretprogram (IV. Framework programme) részét képezték, legfőbb céljuk pedig az volt, hogy befejeződjenek az ERTMS-szel kapcsolatos fejlesztő tevékenységek, különös tekintettel a komplett ERTMS rendszer prototípusának üzemi körülmények között végrehajtott, mindenre kiterjedő tesztelésére. E tesztek célja a gazdasági előnyök demonstrációja volt, annak érdekében, hogy a szavakat tettek és a széles körben végrehajtott piaci behatolás követhesse. A két legnagyobb volumenű előteszt a spanyol EMSET és az osztrák-magyar ETCS-VB projekt volt. Az akkori szándékok szerint a rendszer üzembehelyezésének a század végéig lehetővé kellett válnia.

Annak érdekében, hogy a vontatójárművek végre ne csak egy vasút hálózatán közlekedhessenek, szükség volt az érintett vasutak által elfogadott egységes funkcionális követelmények és rendszerspecifikáció kidolgozására. A rendszernek meg kellett továbbá felelnie az UIC (Union Internationale des Chemin de fer – Nemzetközi Vasútegylet) által megfogalmazott elvárásoknak is.

Az UIC létre is hozott egy csoportot az ERTMS gerincét képező **Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszerre (ETCS – European Train Control System)** vonatkozó követelmények kidolgozására.

A munkában számos vasúttársaság és érdekeltségi csoport vett tehát részt. A specifikációt az Európai Unió illetékes szervei elfogadták és az irányelvekben meghatározott vasútvonalakon az alkalmazását kötelezővé tették! Jelen tervek szerint 15-20 éven belül teljesen felváltja az életciklusának végére kerülő korábbi rendszereket több európai vasúttársaság – köztük a MÁV – bizonyos vonalain. Sőt jöhet Svájc nem EU tagállam, a Svájci Szövetségi Vasutak is a jelenlegi ütemterv szerint 2017-re minden vonalát és járművét ki fogja építeni az ERTMS/ETCS használatára.

Az ERTMS-en belül három területről beszélhetünk (3. ábra):



3. ábra – Az ERTMS területei

Az ETML a menedzselési, forgalomirányítási szintű feladatokat foglalja magába, a GSM-R a magas szintű kommunikációt testesíti meg, míg az ETCS a biztonságorientált területekért „felelős”. E dokumentumban ez utóbbiról, az **Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszerről (ETCS)** lesz szó.

Az ETCS magas szolgáltatási színvonalú, összetett és bonyolult felépítésű rendszer, melynek számos funkciója van. A rendszer kialakítása szempontjából meghatározó fontosságú az interoperabilitás teljesítése. Ez azt jelenti, hogy a különböző vasutak pályamenti alrendszereit és fedélzeti berendezéseit úgy kell kialakítani, hogy azok együttesen működőképes rendszert alkossanak. Mindez elengedhetlenné teszi, hogy a rendszer kidolgozása nemzetközileg elfogadott, egységes és igen részletes specifikációk, illetve előírások alapján történjék.

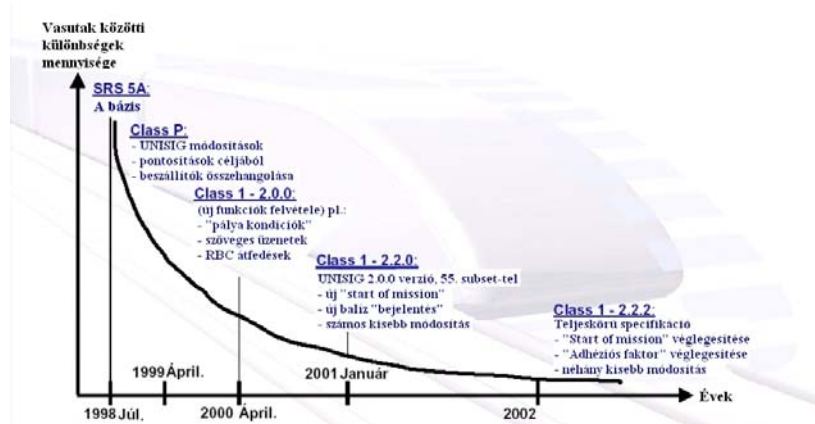
Az ETCS rendszerre vonatkozó, nemzetközi szinten elfogadott követelmények kidolgozása során abból indultak ki, hogy a funkcionális és műszaki követelményeket *”minden igényt”* kielégítő módon határozzák meg, ami a különböző vasutak speciális követelményeit, illetve a különböző kiépítési szinteket is figyelembe veszi. Így pl. a *”Funkcionális Követelmények Specifikációja” (Functional Requirements Specification – FRS)* c. anyag tartalmazza a rendszer valamennyi funkcióját, de számos helyen lehetőséget ad a nemzeti sajátosságok figyelembevételére is.

1994. november 8. volt az FRS dokumentum második verziójának hivatalos megjelenési időpontja. Egy évvel később november 30-án a vasutak javaslatai alapján érvénybe lépett a 3.x verziósorozat. 1999 januárjában mutatkozott be a 4.00 verzió. A napjainkban érvényben levő hivatalos FRS verziószám a 4.29, mely ’99. december 3-ától érvényes.

Másfelől annak érdekében, hogy az új rendszer specifikációja és tervezési eljárása ne legyen túl bonyolult, csak a különböző hálózatok közötti interoperabilitáshoz elengedhetlenül szükséges modulokat szabványosítják kötelező bázisként.

Az FRS tehát azt ismerteti, hogy mit lehet a rendszer bevezetésével elérni. A Rendszerkövetelmények Specifikációja (**System Requirements Specification – SRS**) pedig azt határozza meg, hogy milyen módon kell a funkcionális követelményeket kielégíteni. Példának okáért a MÁV részére szállítandó ETCS rendszerek funkcionális kialakítását

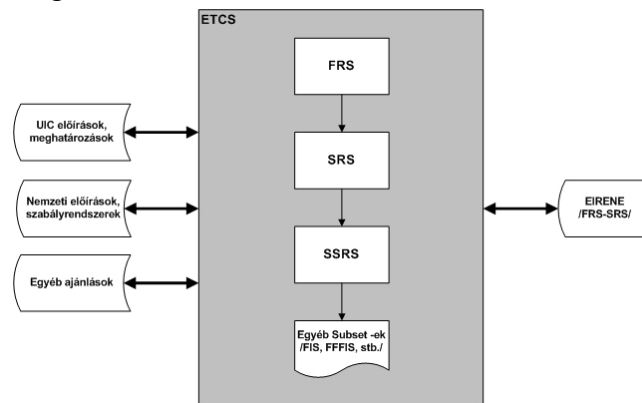
illetően is ezek az elsődleges és mérvadó dokumentumok. Az SRS 2.2.2 verziószámmal fut jelenleg, mely 2002. február elsején lépett életbe. A **4. ábra** az SRS létrejöttét mutatja be napjainkig:



4. ábra – Az egységesen elfogadott SRS kialakulásának folyamata

A specifikációk SRS-t követő szintjét az alrendszer követelmény specifikációk (**SSRS – Subsystem Requirement Specificaton**) alkotják, de ezen túl minden egyes építőelemnek saját specifikációi is megtalálhatók (egyéb ún. SUBSET-ek). A beszállítóknak a nemzetközi előírásokon túlmenően az érvényes törvényeket, rendeleteket és szabványokat, illetve például a magyar hatóságok és a MÁV által elfogadott előírásokat is figyelembe kell venniük és be kell tartaniuk (**5. ábra**). Ezekről eltérő követelmény, illetve előírás feltárása esetén kezdeményezniük kell a vitatott kérdés egyeztetését.

A nemzetközi szinten kidolgozott és elfogadott előírásokat kötelező érvényű referencia dokumentumoknak kell tekinteni! Az azokban foglaltakat a vasutaknak és a beszállítóknak figyelembe kell venniük! A beszállítók alapvetően felelősek azért, hogy a nemzetközi előírások módosításait figyelemmel kísérik, érvényes kiadásait beszerezzék és az aktuális változatokban foglalt előírásokat betartsák!



5. ábra – Specifikációs szintek és kapcsolatok

IV. Alapok

Mivel a rendszert alapjaiban tárgyaló fejezetnél tartunk, fontos megemlíteni, hogy itt csak a legalapvetőbb jellemzők, s a legegyszerűbb meghatározások hangoznak el az egyes elemekkel kapcsolatban, s a harmadik alfejezetben is a legegyszerűbb ETCS rendszerben történő közlekedésre láthatunk példát. A különböző ETCS szintek tárgyalását az ezeket követő fejezet öleli fel.

1. A fő tulajdonságokról általánosságban

A jövőben az európai vasúti infrastruktúra-tulajdonosok sikerének kulcsa az, hogy képesek legyenek túlélni a kereskedelmi alapokon zajló versenyt a többi vasúti pályatulajdonossal szemben – értsd ezen például a különböző országokban futó párhuzamos folyosókat, amelyek között a vállalkozó vasúti társaságok szabadon, üzleti alapon választhatnak.

Ahogy már említésre került, a jelző és biztosító rendszerek sokasága komoly gátja a közlekedés folyamatosságának az európai vasúti hálózaton: a határokon személyzet- és mozdonycserék szükségesek, vagy különböző kiegészítő berendezések beépítésére kell komoly összegeket fordítani a folyamatos üzem érdekében.

Az egyenletesen növekvő nemzetközi közlekedés is új követelményeket támaszt a vasúti rendszerekkel szemben. Az Európában működő mintegy 20 különböző jelző és biztosítóberendezési rendszer feladata a vonat automatikus megállítása, ha a mozdonyvezető nem reagált egy Megállj! állású jelzőre, a térközök biztosítása, stb. Ezen túl a vasúti biztosító- és jelzőberendezések napjaink nagysebességű vonatait is a megfelelő biztonsági és minőségi szinten kell, hogy kiszolgálják.

Az ETCS rendszer fő tulajdonságai a következők:

A. Nagy megbízhatóság és biztonságos működés

A rendszert – újdonságánál fogva – kezdetektől a már meglévő biztonsági szabványokra alapozva specifikálták. Alapvető követelmény volt a CENELEC szabványoknak való megfelelés.

B. Európai interoperabilitás

A főbb komponensek mindenhol azonosak, a nemzeti specifikumokat pedig egy külön modul kezeli, mely a moduláris rendszerfelépítésnek köszönhetően már szabványos interfészekkel kapcsolódik a többi ETCS berendezéshez. A specifikációk meghatározásában Európa majd minden vasútja képviselte magát.

C. Méretezhetőség a működési követelményekhez való optimális alkalmazkodás érdekében

Eleve több szintű specifikálásra került sor (ETCS-szintek), mely által elérhető:

- az optimális pálya-átbocsátóképesség, illetve
- az adott működési követelmények melletti optimális sebességprofil.

D. Automatizáltság a sebességvezérlés és -felügyelet területén

A kiépítési szint emelésével magas fokú automatizáltság érhető el.

E. Növelhető sebesség és vonalkapacitás

Az ETCS telepítésével magasabb szolgáltatási és biztonsági színvonal valósítható meg, s jellemzőinél fogva segíthet a jobb infrastruktúra-kihasználás megvalósításában.

F. Gazdaságos működés és nagyobb hatékonyság

A fentiekből is következik, hogy ETCS üzem kiépítésével hatékonyabb üzemeltetés valósítható meg. A beruházási költségek megtérülnek, s az üzemeltető élvezheti az alacsonyabb üzemeltetési és fenntartási költségek hordozta előnyöket; azaz a rendszer életciklus-költsége kedvező.

G. Az infrastruktúra méretének csökkentése az alacsony életciklus-költség elérése érdekében

Az előző ponthoz kapcsolódva további eredmény lehet az infrastruktúra méretének csökkentése, a forgalom magasabb szintű kiszolgálása mellett.

H. Megemelkedett biztonság a jelenlegi rendszerekhez képest

A rendszer újdonsága (legújabb szabványoknak való megfelelés), a nemzetközi együttműködés és a rendkívül pontos specifikációk mind a biztonságosság növelését szolgálják.

I. Átvitel GSM-R-rel

A magasabb szinteket modern, GSM rádiókommunikáció alkalmazása jellemzi, amely számos kiegészítő szolgáltatást is biztosít.

J. Minimális átalakítási igény a járművön

Alacsony szinteken is hatékonyan átalakítható a vontatójármű, köszönhetően:

- a modern rendszertechnikának,
- egzakt telepítési elveknek,
- a moduláris felépítés rugalmasságának.

K. Testreszabott bevezetési megoldások

Igény szerinti bevezetési megoldások alakíthatók ki a jelenlegi rendszerről az ETCS-re való átálláskor – beleértve ebbe a pályát és a járművet is.

L. Megemelkedett szolgáltatási színvonal

Flexibilitása miatt a rendszer könnyen bővíthető a növekvő igényeknek megfelelően. A rendszerben rejlő információátviteli kapacitás rendkívül nagy, és számos különféle üzenet küldését teszi lehetővé. Alkalmazásával mindenre kiterjedő szolgáltatás vezethető be (ajtónyitások ellenőrzése, alagútban közlekedés észlelése, stb.).

Röviden még néhány érdekes, gyakran felmerülő kérdés és felelet:

● *Mikor lesz kész az ERTMS?*

Az ERTMS készen van. Az általános specifikációkat jóváhagyták, azok elérhetőek. Már számos országban folyik ERTMS/ETCS kereskedelmi projekt és továbbiak indulnak a közeljövőben.

● *Van-e lehetőség az egyik ERTMS szintről a másikra fejleszteni?*

Igen. Ahol például az ERTMS/ETCS már telepítve az egyes szinten, ott a kettes szintre történő korszerűsítés a rádió hálózat hozzáadását feltételezi. Hasonlóan egy hármas szintre való lépés leegyszerűsítve a vonatintegritási funkciók fedélzetre telepítését jelenti.

● *Egy adott ország ERTMS-szel felszerelt vonata képes-e bármely ERTMS felszereltségű pályán közlekedni, bárhol a világon?*

Igen, mert az ERTMS specifikációkat minden beszállító és vasúttársaság elfogadta. Ezért valamennyi ERTMS vonat és pályamenti elem interoperabilis.

● *Lesz-e lehetőség egy terméket – például a balízt – bármely beszállítótól megvásárolni, de legalább is több mint egy beszállítótól?*

Igen, mivel mindenki számára ugyanaz a specifikáció áll rendelkezésére, ezáltal megfelelhetnek az interoperabilitás követelményének. Ez egyébként már számos telepítésnél bebizonyosodott (pl. EMSET-spanyol, VB-magyar/osztrák próbáknál), ahol egy bizonyos beszállító által felszerelt vonat képes volt olvasni a többféle beszállító gyártotta balízokat.

- *Lehet-e közlekedetni az ERTMS felszereltségű vonatot a jelenlegi hálózaton?*

Igen, az ún. STM (Speciális Átviteli Modul) használatával a létező alapok (így az osztrák INDUSI, a német LZB vagy a magyar EVM) információit az ERTMS felszereltségű vonat fogadni tudja.

- *Hogyan birkózzunk meg a nemzeti speciális követelményekkel egy szabványosított európai termék használatával?*

Az ERTMS specifikációja igazolva van ezekre az esetekre, így például az Eurobalíznál külön csatornák vannak lefoglalva nemzeti speciális használatra.

- *Tudom-e növelni a vonatok számát vonalaimon?*

Igen, az ERTMS második és harmadik szintjén. A kettes szint segítségével megvan a lehetőség a nagyobb sebességű szolgáltatás bevezetésére és a vonatok számának növelésére. A hármas szint lehetővé teszi a mozgó blokkos üzemet, valamint a vonalon közlekedő vonatok számának további növelését, ezáltal jobb gördülőállomány- és eszközkizhasználást érve el.

- *Az ERTMS alkalmas-e a nagysebességű közlekedésre?*

Igen, az ERTMS tervezésénél a több mint 500 km/h-s közlekedéssel is számoltak. Összehasonlításként a jelenlegi leggyorsabb menetrendszerűen közlekedő vonat sebessége kb. 350 km/h.

- *Csökkenhetők-e az üzemeltetési költségek?*

Igen, a második és harmadik szintnél. A költség egyfelől csökken (vagy megszűnik) a pályamenti jelzőberendezéseknél, ugyanakkor növekszik a fedélzeti rendszer-intelligenciánál. Az ERTMS emellett jelentősen csökkenteni képes a fenntartási költségeket, ami a legnagyobb költségtényező a pályamenti berendezéseknél.

- *Elfogadják-e valamikor az ERTMS-t, mint globális szabványt?*

Nem kizárható, hiszen napjainkra már számos ország érdeklődik az ERTMS iránt, így például Ausztrália, Kína, India, az USA és Kanada, valamint Dél-Afrika, míg Dél-Amerikában több hasonló üzemű (pl. FFB – Funk Fahr Betrieb, német rádiós üzem) kísérleti vonal épült már.

2. Az alapvető rendszerstruktúra

Következzen a rendszer alapelemeinek tárgyalása – két részben. Elsőként a pálya mentén elhelyezkedő berendezésekről, majd a járműfedélzeti alrendszerekről lesz szó. Mindenekelőtt azonban feltétlenül szükséges rögzíteni az alapokat.

Az ETCS-t úgy fejlesztették ki, hogy kiépítése a vonatközlekedés különösebb zavarása nélkül is lehetséges legyen. Ennek egyik következménye, hogy a rendszert fokozatosan lehet bevezetni, nem szükséges azonnal minden járművet és az összes pályaszakaszt egyszerre alkalmassá tenni a használatára. Az ETCS az átmeneti időszakban – speciális egységek alkalmazásával – együtt használható a már meglévő rendszerekkel. Ez persze azt is jelenti, hogy a fedélzeti rendszereknek „meg kell érteniük” a különböző, helyi vonatbefolyásoló rendszerek jeleit is.

Fontos megemlíteni, hogy az ETCS – szerteágazó szolgáltatásai lévén – túlmutat a hagyományos értelemben vett vonatbefolyásoló rendszereken, és a vasúti közlekedés biztonságát szinte minden téren igyekszik szavatolni. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a rendszer nem csupán a járművek sebességét felügyelheti, hanem például személyszállító vonatok esetében az ajtók helyes nyitását és zárását is.

Az ETCS rendszer tehát feltételezi a hagyományos értelemben vett állomási és vonali biztosítóberendezések meglétét. Mindamellet olyan változat is lehetséges, amelyiknél a biztosítóberendezések számos funkcióját maga az ETCS rendszer valósítja meg. Erről a szinteket bemutató fejezetben lesz bővebben szó.

Az ETCS az alapvető funkcióit tekintve vonatbefolyásoló rendszer. Az ETCS alapvető rendeltetése a vonatok közlekedésének felügyelete, a vasúti forgalom biztonságának a legkülönbözőbb üzemi helyzetekben történő garantálása. Ha a mozdonyvezető a rendszer figyelmeztetése után nem csökkenti a sebességet megfelelő mértékben, amikor a sebesség túl magas, illetve amikor a vonat egy Megállj! vagy egy sebességcsökkentésre utasító jelző felé közelít, automatikusan bekapcsolja az üzemi féket, és ha szükséges a vészféket is. (A jelenleg Magyarországon alkalmazott elektronikus vonatmegállító (EVM) rendszer sem közvetlenül, sem közvetve nem alkalmas a vonat megállítására a Megállj! állású jelző előtt. A fentiekben túlmenően az alkalmazott rendszer a vontatójárműre feladható információk csekély száma, nagy zavarérzékenysége és az információ feldolgozásának lassúsága miatt nem felel meg sem a biztonsági, sem az üzemeltetési, sem az egyre növekvő szolgáltatási igényekkel szemben támasztott, széles körű követelményeknek.)

Az ETCS rendszer két alrendszerből áll, az egyik a pályamenti, a másik a fedélzeti alrendszer. A két alrendszer között az információátvitel a specifikációkban meghatározott átviteli utakon, megadott felépítésű táviratok segítségével történik. Az átvitel – a kiépítéstől függően – lehet egyirányú vagy kétirányú. Egyirányú információátvitel esetén csak a pályamenti alrendszer ad információkat a fedélzeti berendezés számára.

A pályamenti alrendszer által adott információk tartalma változatos lehet. Az ETCS működési elvét, funkcióit és felépítését a már említett specifikációs anyagok határozzák meg, az alábbiakban csak a jelen rész megértése és értelmezése szempontjából lényeges jellemzők kerülnek ismertetésre

Az ETCS rendszert úgy alakították ki, hogy a különböző felhasználók forgalmi és műszaki követelményei, illetve kiépítési lehetőségei minél teljesebb mértékben figyelembe vehetők legyenek. Ennek érdekében három kiépítési szintet határoztak meg, nevezetesen az 1-es, 2-es és a 3-as szintet. A kiépítési szintek abban különböznek egymástól, hogy eltérő a megvalósítandó funkciók köre, a funkciók megvalósításának helye, illetve az adatátvitel módja. A felhasználók saját hálózatukon az ETCS rendszer kiépítettségi szintjét az üzemi és műszaki követelmények, a meglévő biztosítóberendezési ellátottság és a műszaki-gazdasági lehetőségek figyelembevételével határozhatják meg.

a) Pályamenti komponensek

A pályamenti alrendszer állítja elő a szükséges információt a pályáról, és továbbítja a megfelelő adatcsomagokat a vonatokra. A pályamenti berendezést fail-safe módon tervezték meg.

Elsőként essen szó a *balí*zról (francia eredetű szó). Ez egy, a vasúti sínpár között rögzített elektromágneses elven működő berendezés (6. ábra). A föltte elhaladó vonattal információkat közöl, amelyek a mozdonyon található balizantenna segítségével jutnak a fedélzeti berendezés feldolgozó egységéhez.

A pálya meghatározott részén kerül elhelyezésre, például jelző mellett (magasabb kiépítési szinteken „helyette”), szintbeli közúti keresztezés előtt, stb. Használatával ún. pontszerű vonatbefolyásolás alakítható ki, azaz a balíz föltt történő elhaladáskor információkat tudunk a mozdonyra juttatni, melyet fölhasználhatunk például, kényszerfékezés kiváltására, mozgásának befolyásolására.



6. ábra – Balizok

Nálunk például „alapszabály”, hogy balizokat kell telepíteni minden kijárat, bejárat, fedező, előjelző és fénysorompót ellenőrző útátjáró jelző elé. Tehető még ismétlőjelző és tolatásjelző elé is. A takarékosági megfontolásokra tekintettel azonban megengedhető, hogy a ritkábban használt kijárat, bejárat jelzők elé ne kerüljenek balizok.

A különböző üzemi feltételek teljesítése érdekében a helyhez kötött jelzők közelében elhelyezett balizokon kívül további balizok telepítésével is számolni kell. A jelzőkhöz rendelveken kívül balizok telepítése szükséges még a következő helyeken:

- Az ETCS rendszer hatókörzetének határánál.

Magyarázat: Az ETCS rendszer hatókörzetébe behaladó vonat fedélzeti berendezésével tudatni kell, hogy a körzetbe behalad és a mozdony áttérhet a megfelelő üzemmódra. A csak külön e célra szolgáló balizokat infill (*kitöltő* információkat szolgáltató) baliznak nevezzük. Itt jegyezzük meg, hogy az infill kifejezés minden olyan baliz esetén használatos, amely nem közvetlenül főjelző információját juttatja a vonatra, hanem további, kiegészítő információk feladására szolgál. Szűkebb értelemben véve azonban az *infill baliz* kifejezés csak a jelzési kép megváltozásának mielőbbi mozdonyra juttatását célzó, „pótlólagosan” elhelyezett balizokat jelöli.

A vonatok az ETCS hatókörzetén belüli haladását a jelzők előtt telepített balizok szabályozzák. Az ETCS hatókörzetbe történő behaladás tényére ezek a balizok is utalhatnak. Hasonlóan az ETCS rendszer hatókörzetéből történő kihaladásra külön e célra telepített vagy az egyébként is érintett balizok is utalhatnak.

- Ország, illetve Vasúti Társaság határánál.

Magyarázat: Az országhatárnál, illetve a vasút társaságok közötti olyan átmeneteknél, ahol a forgalmi szabályrendszer változik balizokat kell telepíteni annak érdekében, hogy a vonat fedélzeti berendezése érzékelje a határvonalon való áthaladás tényét és érvényesítse az ún. nemzeti értékeket, illetve az új vasúti üzemmódnak megfelelő paramétereket (pl. a hívójelzés mellett megengedett új elhaladási sebesség definiálása).

- Az ETCS funkciók megvalósítása érdekében szükséges egyéb helyeken.

Magyarázat: Balizok szükségesek pl. az útátjárók körzetében, ha a sorompók működését ellenőrző jelzők túl közel vannak az útátjáróhoz és emiatt a jelzők jelzési képét távolabb is meg kell ismételni vagy ha a sorompók működését nem jelzők útján ellenőrzik, de a sorompó állapotának megfelelő, gépi úton megvalósított sebesség felügyeletet egyedi hatósági határozat vagy vállalati jóváhagyás előírja.

Balizokat kell telepíteni a fentiekben túlmenően minden olyan helyen, ahol a felhasználó által megkövetelt funkciók végrehajtásához (pl. a lassan bejárando pályarészek körzetében) az ETCS rendszer azt szükségessé teszi.

A baliz segítségével tehát a vonatbefolyásolási feladatok megoldhatóak. Hátrányként azonban mindenképpen meg kell említeni, hogy önmagában a baliz csupán pontszerű vonatbefolyásolást tesz lehetővé, azaz csak ott tudunk információt juttatni a vonatra, ahol baliz található. A Magyarországon elterjedt 75Hz-es sínáramkörök ezzel szemben folyamatos jelfeladást tesznek lehetővé.

Az előbbieken elmondottak alapján annál jobb, minél sűrűbben helyezkednek el a balizok (elméletben végtelenig sűrítve azokat, kapjuk a folyamatos jelfeladást), aminek persze korlátot szab az ésszerűség és a gazdaságosság.

Essen még szó a balíz alapvető fajtáiról: egyrészt, mint fix adatot szolgáltató balízek, másrészt mint változtatható, vezérelhető balízek. A fix balíz minden esetben, minden vonatnak ugyanazt a statikus információt továbbítja. Ez lehet a vonal topográfiájának (lejtviszony), vagy például a helykódoknak (helyazonosító) az állandó, fix adata. Így mint egyfajta elektronikus kilométerkő szerepét tölti be a balíz.

Ezzel szemben a vezérelhető (másképpen kapcsolt) balíz a bemenetén (7. ábra) kapott információktól függően más és más adatokat sugároz a vonat felé. Például a jelzők jelzési képe, a váltók állása, a beállított vágányutak alapján mindig más és más sebességet és menetengedélyt ad a mozdónynak. A változtatható balízokat az aktuális állapot update információjával kell ellátni minden esetben, amikor a balíz felett egy ETCS-szel felszerelt mozdony halad el.



7. ábra – Vezérelhető balíz, kábelezve

Ez az adatátadás az úgynevezett *pályamenti elektronikus egység (Lineside Electronic Unit – LEU)* segítségével valósul meg, amely a biztosítóberendezésből vett információkat használja fel ahhoz, hogy a hozzátartozó balízon keresztül a járműre feladandó, megfelelő táviratot kiválassza. A LEU kifejezés „történelmileg” alakult ki, napjainkban a balízt vezérlő nyomtatott áramköri kártya elhelyezkedhet belsőtéren, fizikailag a biztosítóberendezés mellett is (centralizált telepítési mód); illetve lehet külsőtéren, jellemzően egy hozzá közeli jelzőnél (decentralizált telepítési mód).

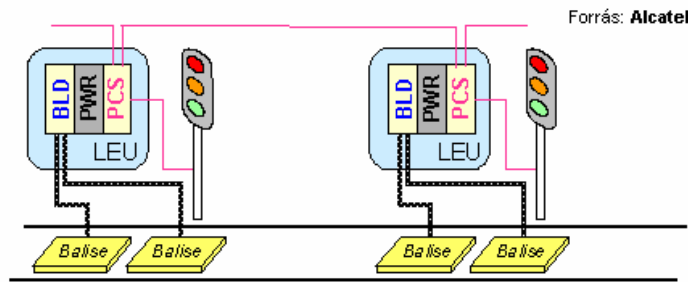
A LEU saját moduljai segítségével a jelzőizzók áramerősségét detektálja, amelyekből az éppen aktuális jelzési fogalom kikövetkeztethető. A LEU tehát ennek megfelelően kiválaszt egy, a jelzési fogalomnak megfelelő, előre meghatározott kódolt táviratot és annak kódját folyamatosan a vezérelhető balíz felé továbbítja. Így egyfajta csatolótag a jelző és a balíz között (8. ábra):

Forrás: Alcatel



8. ábra – LEU és egy MÁV-szabványú bejárati jelző LEU-szekrényvel

Az alábbi áttekintő ábra bemutatja a balíz, a LEU és a jelző kapcsolatát (9. ábra) – a rövidítésekről, és a modulokról a későbbiekben lesz szó:



9. ábra – A balíz kapcsolata a jelzővel LEU-n keresztül

A pályamenti alrendszer külvilághoz kapcsolódó külső interfészei egyik oldalról a LEU kapcsolódása a jelző- és biztosítóberendezéshez, a másik oldalon pedig a balízok fedélzeti rendszerhez való kapcsolódása a légréven keresztül.

Egy információ-feladó pontban leggyakrabban nem csak egy balíz található. Rendszerint egy fix balíz feladja a helyre vonatkozó adatokat (lokális adatok), valamint az ún. *balízcsoport* többi tagjáról is információval szolgálhat. A csoport minden egyes balíza egy rá jellemző üzenetet küld, és ezen üzenetek kombinációja határozza meg a balízcsoport üzenetet. Minden balízcsoport egy egyedi azonosítóval rendelkezik, és egyben láncszerűen kapcsolódik a szomszédos balízcsoportokhoz. A *balízok láncolása* egy az ETCS-ben alkalmazott módszer, amely szerint egy balíz vagy balízcsoport a saját üzenetében elküldi azt is, hogy az adott menetirányban a következő balízcsoport hol helyezkedik el. Két láncolt balízcsoport távolsága az egyik balízcsoport referencia balizától a szomszédos csoport referencia balizáig mérendő. Egy balízcsoport egy-nyolc balízt tartalmazhat. Az egy balízból álló „csoportot” egyszerű balízcsoportnak nevezzük.

Amíg a balíz csak egy adott pontban képes információt juttatni a vonatra, addig az *Euroloop* kvázi folyamatos feladást tesz lehetővé. A kvázi szó értelmét az adja, hogy nincs arról szó, hogy teljes vonal hosszában fektetnék le ezt a fajta sugárzókábel, hanem csak bizonyos részein a pályának, jellemzően az előjelzők és főjelzők között. Emiatt nevezik még szakaszosan folyamatos jelfeladásnak is.

Az Euroloop – magyar fordításban hurok vagy sugárzókábel (leaky cable) – egy a sínszál mellett futó vezető, jellemzően koaxiális kábel (10. ábra).



10. ábra – Euroloop (sugárzókábel) és telepítése

A sugárzókábel praktikus kiegészítője lehet a balízoknak. Jó példa erre az ún. „kitöltési” probléma, amelyre az ETCS 1-es szintjének részletes tárgyalásánál térünk ki bővebben; előrebocsátva azt, hogy a sugárzókábel használatával tehát adott szakaszokon folyamatos jelfeladás valósítható meg a balíz pontszerű jelfeladása mellett, amennyiben erre bizonyos okból szükség van (pl. jelzőfény változás balíz elhagyása után).

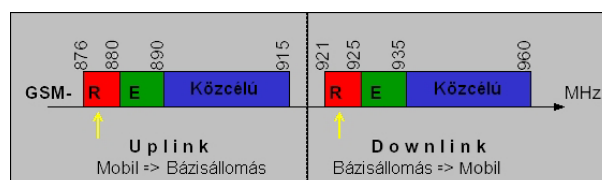
Ahhoz, hogy a fedélzeti berendezés felkészülhessen a huroküzemek vételére, tudatni kell vele, hogy hol fog hurok fölött elhaladni. A hurokvég jelző (**End Of Loop Marker** –

EOLM) egy a hurok elejére vagy végére utaló eszköz. Amikor a fedélzeti berendezés megkapja ezt az információt, akkor tudja, hogy egy hurokkal felszerelt pályaszakaszra ért, vagy azt éppen elhagyja. Az EOLM meghaladásakor a fedélzeti berendezés felkészül a huroküzemek vételére. Egyirányú alkalmazás esetén, amikor a hurkot csak az egyik irányban közlekedő vonatok információellátására alkalmazzuk, EOLM csak a hurok kezdeténél található. Hurokvég jelzőként leggyakrabban a szomszédos balízsoportot használják, aminek segítségével a következő információk adhatók fel az elhaladó vonat számára:

- hurokazonosító, a hurok azonosításához;
- szórt spektrumú kulcs kiválasztásához szükséges kód, a huroktávirat vételéhez (dekódolás);
- távolság a hurokig, amely megadja a távolságot az EOLM-tól addig a pontig, ahonnan a huroküzemek fogható lesz;
- hurokhossz, ami meghatározza, hogy a huroküzemek milyen hosszon keresztül lesznek foghatóak;
- mutató, amely megadja, hogy a hurok iránya megegyező vagy ellentétes a közlő EOLM irányával.

A hurok általában mintegy 1000 méter hosszú lehet, s használatával lehetővé válik az üzemi feltételekhez való rugalmasabb alkalmazkodás az ETCS alacsonyabb szintjén is.

A fejlettebb kiépítési szintek számára viszont egzakt megoldást kellett találni a folyamatos kommunikáció lehetővé tételéhez. Előzményként megemlítendő, hogy az akkori gazdasági, műszaki viszonyoknak megfelelően 1993-ban az UIC a már meglévő, közcélú mobil távközlési rendszeren alapuló vasúti rádiós szabvány kialakítása mellett döntött. A lehetséges rendszerek közül a GSM-et választották, ami a tömeges felhasználása miatt kiforrott és olcsó technológia. A vasútspecifikus szolgáltatásokkal kiegészített rádiórendszer (**GSM-R**) bevezetése mellett 32 európai ország – köztük Magyarország is – elkötelezte magát. A különböző GSM frekvenciasávok kiosztása látható a **11. ábrán**.



11. ábra – GSM frekvenciatartományok

A közcélú hálózatokhoz képest a GSM-R a vasutak igényeire szabott többlétszolgáltatásokat nyújt. Az új, nagysebességű vasútvonalak számára igen fontos, hogy a GSM-R hálózat az 500 km/h sebességgel mozgó előfizetőt is képes megszakadás nélküli kapcsolattal kiszolgálni; a közcélú GSM-nél ez a határ viszont „csak” 250 km/h.

A fejlettebb 2-es és 3-as szinteken tehát az információk jelentős részét nem szükséges a balízokig eljuttatni, hanem azokat a kiépített rádióhálózaton keresztül juttatjuk el a vonatra. Ehhez az adott vonalszakasz lefedése a feltétel, ami a **12. ábrán** látható antennához hasonló pályaelemekkel megoldható.

A balízok feladata ekkor már nem a változó jelzési képek átvitele, hanem inkább a pontos helymeghatározásban veszik ki a részüket, mint egyfajta stabil, fix mérföldkövek. A biztosítóberendezésekkel való kapcsolattartáshoz így már a LEU-k is nélkülözhetőek, szerepüket az ún. **RBC (Radio Block Center – Rádiós irányítóközpont)** veszi át – **12. ábra**. Az RBC-n keresztüli kapcsolattal a biztosítóberendezéstől nyert adatokat felhasználva a vonatok a GSM-R hálózaton keresztül kapják a továbbhaladásukhoz szükséges információkat.



12. ábra – GSM-R antenna és az RBC

Az irányítóközpont interfészekkel rendelkezik a váltók, útátjárók, stb. felügyeletének ellátásához. Az RBC felügyeli a körzetébe tartozó összes vonat mozgását és helyzetét, továbbá a fix berendezések állapotjellemzőit. Az állomások biztosítóberendezéseiből tehát az információ az RBC-be jut, ami ezeket feldolgozva azután GSM-R kapcsolaton keresztül továbbítja a menetengedélyt, sebességértékeket, stb. a járműre.

Azzal, hogy az irányítóközpont dönt a menetengedélyek kiadhatóságáról, az irányítóközpontnak biztosítóberendezési funkciókkal is rendelkeznie kell, hogy megakadályozza a nem biztonságos vonatmozgási engedélyek kiküldését.

A rádiókommunikációs hálózat előnye abban is megmutatkozik, hogy használatával sokkal rugalmasabbá válik a kapcsolattartás a pályamenti és a fedélzeti alrendszer között, de mint a későbbiekben látni fogjuk, a GSM-R kiegészítő szolgáltatásai a vonatok egymás közötti, valamint a kiszolgáló személyzet kommunikációját is nagyban segítik.

A GSM-R rendszer lehetővé teszi mind a biztonsági, mind a nem biztonsági adatok, valamint a beszéd átvitelét szabványosított hálózaton keresztül. Az európai szabványokkal összhangban lévő interfészek biztosítják a különböző gyártóktól származó vasúti rendszerekkel való kapcsolat lehetőségét.

Ahhoz, hogy ezek a lehetőségek – még ha csak szakaszosan is, de – az 1-es szinten is kihasználhatóak legyenek, létrehozták a *rádiós kitöltő egységeket (RIU – Radio Infill Unit)*. Ezek segítségével az infill balizokhoz hasonlóan, a vonatforgalom szempontjából kritikus helyeken többletinformációkat lehet a fedélzetre juttatni. Ehhez viszont nélkülözhetetlen, hogy a fedélzeti berendezés rendelkezzen az ehhez szükséges GSM-R modullal.

Rádiós kitöltés esetén tehát a „pótlólagos” balizokhoz hasonlóan meghatározott helyeken egy rádióantenna és egy egyszerűsített vezérlőegység kerül a pálya mentén telepítésre, amely a környék kitöltő információit kezeli, és adott esetben eljuttatja a vonatokra.

Az egyébként, hogy egy vasúttársaság kezeli-e, illetve hogyan kezeli a kitöltő információkat, az leginkább a saját költség-haszon elemzésén múlik.

Mielőtt rátérnénk a fedélzeti alrendszer komponenseire, tekintsük át a fentiekben bemutatott pályamenti alrendszer építőelemeit:

- Balíz – pontszerű jelfeladó elem
- LEU – a vezérelt balíz és a jelző közötti kapcsolattartó egység
- Hurok – szakaszosan folyamatos jelfeladó kábel kitöltési problémákhoz
- GSM-R – rádiókommunikációs hálózat
- RBC – a biztosítóberendezés és a GSM-R hálózat közötti kapcsolatot biztosító modul
- RIU – szakaszosan folyamatos rádiós jelfeladó egység kitöltési problémákhoz

b) Járműfedélzeti komponensek

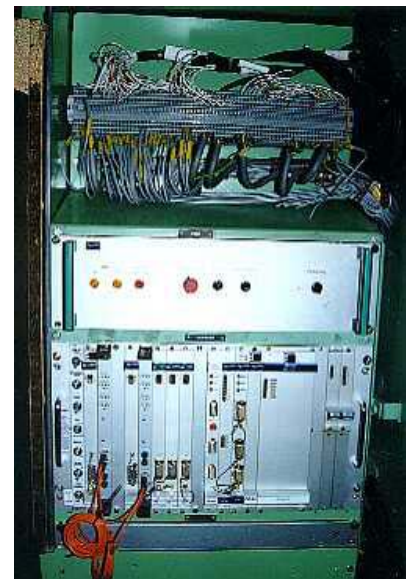


13. ábra – Alcatel 6413 ETCS 1-es szintű fedélzeti rendszer a MÁV M41 sorozatú mozdonyán

A fedélzeti alrendszer feladata a pályáról érkező adatcsomagok fogadása, a sebesség és távolság mérése, valamint a vonat adatainak felhasználásával az aktuális megengedett sebesség és fékhatás számítása, a pályaadatok kezelése. Ezenkívül folyamatosan jelzéseket ad a mozdonyvezetőnek a kijelzőn keresztül. Ha a vonat túllépi a biztonságos sebességhatárt, akkor a fedélzeti berendezés beavatkozik.

Nézzük meg milyen modulok találhatóak egy ETCS üzemre képes mozdonyon.

A fedélzeti berendezés lelke az ún. *Európai Biztonsági Számítógép (European Vital Computer – EVC)* – **14. ábra**. Az EVC alapvető fontosságú eleme az ETCS fedélzeti berendezésnek, ezért erre egy fail-safe számítógépet használnak. A fedélzeti berendezésben egy erre a célra kifejlesztett duál pre-processzor bonyolítja le a kommunikációt és az interfészvezérlést. Az EVC a jármű agya, éppen ezért gyakorlatilag minden egységgel kapcsolatban áll. Ez dolgozza fel továbbá a kerékérzékelő és a radar (odométer) szolgáltatott adatokat is, illetve periodikusan kiadja az onnan beolvasott adatokat és az aktuális sebességértékeket. Az EVC az összes szükséges fizikai és logikai interfésszel rendelkezik ahhoz, hogy a fedélzeti rendszer más elemeit csatlakoztatni lehessen, továbbá a szükséges diagnosztikai interfészek is rendelkezésre állnak, amely lehetővé teszi a fenntartó személyzet számára, hogy a (hiba)diagnosztikai adatokat le-töltse.



14. ábra – EVC a V63 156 számú MÁV mozdonyon

Jóllehet az ETCS célja az egységes rendszerként való elterjedés (európai interoperabilitás), szükséges a már létező vonatbefolyásoló rendszerekkel való együttműködés képessége is. Ezért fontos megemlíteni, hogy nem szükséges valamennyi, a vonat által érintett vonatbefolyásoló rendszer saját kijelzőjének és beavatkozó moduljának, interfészcsatlakozásainak külön-külön felszerelése a járművekre. Példának okáért jelenleg a Bécs-Budapest között közlekedő osztrák villanymozdonyokon az osztrák INDUSI és a magyar 75 Hz-es EVM rendszer fizikailag és kijelző tekintetében is két külön rendszerként került felszerelése. A tervezett Párizs-Köln-Brüsszel-Amszterdam (PKBA) vasútvonalon – mivel jó részben már üzemelő szakaszokon fog haladni – 7 különféle

vonatbefolyásoló rendszert kellene egy járműre felszerelni. Ez szinte lehetetlen. Ugyanakkor az is elképzelhetetlen, hogy egy vasúttársaság az ETCS érdekében a ma használt vonatbefolyásoló rendszerét megszüntesse és leszerelje, hiszen ez gazdaságilag hatalmas teher lenne.

Azért, hogy a jelenlegi rendszerek az ETCS-szel együtt tudjanak működni, ki kellett fejleszteni minden rendszerhez egy olyan modult, amely a régi rendszer információit fogadja a bemenetén, és azokat ETCS formátumúvá feldolgozva adja tovább a központi számítógépnek, illetve azon keresztül a többi egységnek. A moduláris felépítés miatt azokat a modulokat kell beilleszteni, amely rendszerek fölött a jármű elhalad. A már említett Párizs-Amszterdam vasútvonalon a számítógépbe 7 ilyen modul kell beilleszteni, ám az információk mindig egységesen jelennek meg egy kijelzőn, és az esetleges beavatkozások is egységesen, fizikailag egy rendszeren keresztül hajtódnak végre.

A kompatibilitást biztosító speciális csatolómodul neve: *Speciális Átviteli Modul (Specific Transmission Modul – STM)*, amelyből a hazai kivitel a **15. ábrán** látható.

Jóllehet az STM speciális feladatokat végez, teljes mértékben a rendszerbe van integrálva. Feladata a meglévő nemzeti vonatbefolyásoló rendszerek kezelése. Magyarországon például az STM-HU modul a folyamatos pálya-jármű információt (75Hz-es jelfeladás) vevőtekerccsek segítségével veszi, illetve azokat a specifikáció szerint értékeli ki. A vevőtekerccseket a jelenlegi EVM-120 berendezésekből szerezték be. Az STM-HU modul feladata továbbá az éberségi funkció megvalósítása is.

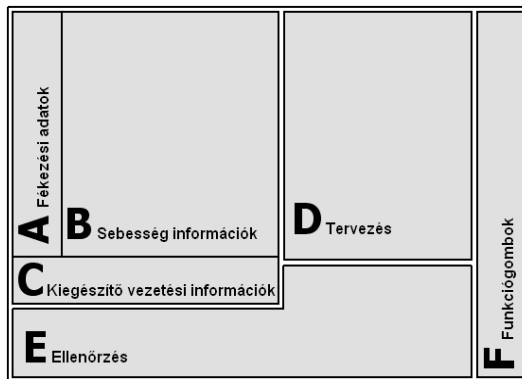


15. ábra – Az STM-HU modul ipari kivitelű egysége – Alcatel

A mozdonyvezetővel való kapcsolattartás feladatát a **DMI (Driver Machine Interface)**, azaz az *ember-gép interfész* végzi. (Megjegyzés: a korábbi specifikációkban még MMI, azaz Man Machine Interface elnevezés szerepelt.) Az ember-gép kezelőfelület egy intelligens, nagy felbontású, grafikus – általában – érintőképernyős megjelenítő egység, amely a pálya és a jármű felől vett és a központi egység által kiértékelt információkat alfanumerikus és grafikus formában a mozdonyvezető számára megjeleníti. Szintén a DMI kezeli a különböző hangjelzéseket is. Az érintőképernyős kijelző minimálisan 640 x 480 pixel felbontású és legalább 256 szín megjelenítésére képes. Noha a fedélzeti rendszer egésze üzembiztos (fail-safe) működésű, magának a kijelzésnek nem szükséges üzembiztosnak lennie. A DMI bármilyen meghibásodása nem befolyásolja az ERTMS/ETCS rendszer által nyújtott felügyeletet. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a kijelző működése a fedélzeti berendezés többi részétől független. Ha a DMI meghibásodik, a nemzeti előírásokat kell alkalmazni.

A DMI-t több ergonómiai szempont figyelembe vételével alakították ki, hogy használata minél egyszerűbb, kényelmesebb és biztonságosabb legyen. Ennek megfelelően a képernyő teljesen villódzás és tükröződésmentes, a fényerő pedig a kijelző főbb részein egymástól függetlenül állítható. Annak érdekében, hogy a DMI-on megjelenő információk fontosságát, hasznosságát vagy éppen veszélyét megfelelően kihangsúlyozzák, az egyes szövegek, ikonok és mezők színezését egységes szemlélet szerint határozták meg. Szürke vagy fehér színben jelennek meg azok az információk, melyek normális, veszélytelen működésre utalnak. Sárga színűek a figyelemfelkeltő információk és narancssárgák azok, amelyek azonnali beavatkozást igényelnek, mert veszélyeztető helyzet alakult ki. Az utolsó fokozat a vörös szín, amely olyan veszélyre vagy nem várt szituációra hívja fel a figyelmet,

ahol rendszer-beavatkozás történik. További figyelemfelhívó effektusként alkalmazható a meghatározott frekvenciájú villogás. Minden fontos esemény bekövetkeztekor van látható és hallható visszajelentés.



16. ábra – A DMI információs részei

A 16. ábrán látható módon a DMI kijelzőt hat jól elkülönített részre osztották fel, melyeket az ábécé A-F betűivel jelölnek. Az „A” jelű területen jelennek meg a fékezéssel kapcsolatos információk (fékezési célpont távolsága), a „B” jelűn látható a jármű mindenkor sebességét mutató analóg (mutató) kijelző, amely külső peremének színezése dinamikusan változva mutatja a megengedett- és célsebességet. A sebességmérő alatt elhelyezkedő területen („C”) kaptak helyet a különböző kiegészítő információk, illetve bizonyos konfigurációkban itt helyezhetők el a legfontosabb STM kijelzések is. A képernyő jobb oldalát szinte teljes egészében elfoglaló „D” területen követhetők nyomon a jármű előtt lévő pályaszakasz fontosabb jellemzői (statikus sebességprofil, emelkedők, útátjárók, stb.) Az ellenőrző információk területe („E” jelű) szolgál az ETCS fedélzeti berendezésének és a jármű egyéb egységeinek állapotáról tájékoztató ikonok és szövegek megjelenítésére (pl. fővezeték nyomás, ajtók állapota). A képernyő jobb szélén – az „F” részen – kilenc soft-gomb található, mellyel különböző funkciók aktivizálhatók.

A 17. ábrán a teljesség igénye nélkül áttekinthetők a DMI főbb információs mezői, néhány jellegzetes jelzésképpel és felirattal.



17. ábra – DMI megjelenés (ÖBB)

Hogy a balizok által küldött információkat képes legyen fogadni és feldolgozni a jármű, szükség van egy *baliz-aktiváló és olvasó kombinált antennára* (18. ábra), illetve egy a *baliz-távíratok biztonsági adatátvitelére szolgáló modulra* (**Balise Transmission Modul – BTM**).



18. ábra – ETCS vevő (mozdony hosszanti alulnézetében)

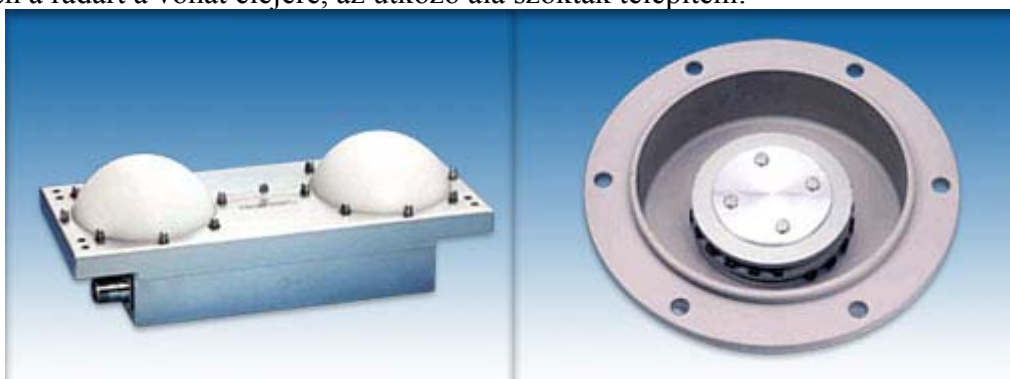
A BTM egység digitális processzorok segítségével végzi a balíztáviratok fogadását és feldolgozását, úgy mint:

- teljes táviratok kiválasztása,
- a vett táviratok dekódolása és érvényességük ellenőrzése,
- a redundáns (többször megkapott) táviratok törlése,
- a fogadott táviratok vételi időpontjának/helyének megjelölése a balíz pozíciójához kapcsolódóan,
- a fogadott távirat továbbítása az EVC felé (a vételi időponttal/távolsággal együtt).

A balízhoz hasonlóan az Euroloop számára is kifejlesztettek egy vevőantennát és egy átviteli modult. Az Euroloop fedélzeti berendezés tehát áll egyrészt egy *antenna egység*ből, ami lehet közös Euroloop és Eurobalise számára, és egy *Hurok Átviteli Modul*ból (**LTM – Loop Transmission Module**), ami szintén lehet egybeépített a BTM-mel. Felmerülhet a kérdés, hogy ha a sugárzókábel a sínszál mellett fut, a balíz pedig a vágánytengelyben fekszik, akkor hogyan lehet közös antennájuk. A jelfeladók és az antennák közötti átvitel ugyan maximálva van, hogy a szomszéd vágány jelfeladói ne zavarhassák az információátvitelt, ám ez az adott távolság bőven elég ahhoz, hogy a közös antenna mind a hurok, mind a balíz jeleit biztonsággal felvehesse.

Az *odométer* egység kerékszenzorból és opcionálisan Doppler-radarból áll (**19. ábra**). Használatukkal biztosítható a megfelelő minőségű sebesség- és távolságmérés. Opcióként felmerült, hogy egyes esetekben a futó mozdonyok meglévő érzékelőit is fel lehetne használni (pl. tachométerek).

A kerékszenzor a mozdony tengelyén helyezkedik el és a forgó kerék működteti. Ezzel szemben a radart a vonat elejére, az ütköző alá szokták telepíteni.



19. ábra – Odométer (Radar balról, kerékszenzor jobbról) – ALSTOM

A fedélzeti berendezés adatrögzítő egységgel is rendelkezik. A **JRU (Juridical Recording Unit)** *Hatósági Adattároló*ként vagy *Biztonsági Naplózó Egység*ként fordítható. Fontos megemlíteni, hogy bár maga a modul a legtöbb gyártónál az EVC házában foglal helyet, az nem tartozik az EVC-hez!

A rögzítő többek között az alábbi információkat tárolja:

- mért sebesség (aktuális),
- felügyelt sebesség (megengedett),
- balíztáviratok (ideje, helye, tartalma, stb.),
- mozdonyvezetői tevékenységek (kezelések),
- vonatadatok,
- fékezési tevékenység,
- érzékelt hibák kódja, ideje, stb.

A JRU a rendszer energiaellátásától függetlenül, külső energiaellátás nélkül legalább 30 napig tárolja az adatokat. A rögzítő egység (minimum) az utolsó 12 óra járműmozgására vonatkozó információt eltárolja. A JRU hordozható számítógéppel kiolvasható anélkül, hogy azt meg kellene bontani. A rendszerhez – beszállítótól függően – tartozik egy szoftvercsomag, amely lehetővé teszi a hatósági adatrögzítő berendezés által kiolvasott adatok PC-re történő kiolvasását, és ezzel az adatok exportálását azok off-line módon (utólagosan) történő kiértékeléshez.

A berendezés fontos feladatot lát el, ezért a vonatbefolyásoló rendszer működése alatt folyamatosan tesztelődik. Meghibásodás esetén a rendszer a mozdonyvezető felé hibajelzést küld, ahol is a hiba kijelzését a mozdonyvezetőnek nyugtáznia kell. A rögzítőegységet az EVC vezérli.

Diagnosztikai információit az STM modul is a Hatósági Adattároló egység felé továbbítja az EVC-n keresztül.

A *Vonatillesztő modul (Train Interface Unit – TIU)* biztonsági kapcsolatot teremt a központi egység (EVC) és a vasúti jármű vonatbefolyásolás szempontjából kritikus egységei között (fékberendezés, éberségi berendezés, menetirányváltó stb.). Alapvető feladata, hogy a fedélzeti számítógép felé fogadja az információkat a mozdony, illetve a szerelvény rendszerbe vont elemeitől, valamint azok felé utasításokat küldjön. Összességében tehát a TIU illeszti a járművet a számítógéphez, azaz magához az ETCS berendezéshez, továbbá rajta keresztül vezérelhetők a fékek, az áramszedők, és fogadhatók az információk az ajtók állapota felől, stb.

A fedélzeti berendezés *interfészei* közé tartozik a diagnosztikai interfész, a menetirány-választó kapcsoló, a vezetőállás kapcsoló, a tápegység (főkapcsoló) és a fékinterfész. A *fékinterfészek* körébe tartoznak az üzemi fék beavatkozásra, a gyorsfék (fail-safe) beavatkozásra, a vontatás leállítására szolgáló interfészek, illetve a főfékvezeték nyomását mérő nyomásérzékelők. Az EVC fékinterfésze különböző mágnesszelepeket és jelfogókat is tud vezérelni.

Egyetlen *főkapcsoló* szolgál a teljes fedélzeti ETCS rendszer leválasztására, beleértve az EVC, BTM, STM, JRU, Odométer, DMI egységeket és a fékinterfészt is. Egy további kapcsoló feladata, hogy az STM egységet külön is le lehessen választani. A vezetőállás-kapcsolók (vezetőállás aktiválását végző kapcsolók, a menetirányváltó kapcsoló, és néhány egyéb, a mozdonyra vonatkozó input információ) az EVC számára bemeneti információkat szolgáltatnak.

Ahhoz, hogy egy vonat GSM-R rádió keresztül kommunikációra alkalmas legyen, szükséges egy ezt a funkciót ellátó fedélzeti modul. Ebbe egyrészt beleértünk egy adó-vevő antennát, illetve egy az EVC és az antenna, azaz a GSM-R hálózat között kapcsolatot teremtő modult (20. ábra).

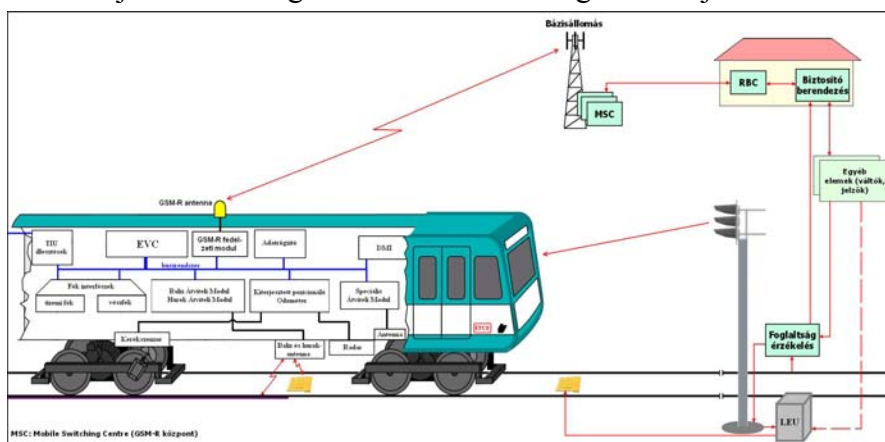


20. ábra – A fedélzeti GSM-R berendezés (ALSTOM)

Ezek függvényében a most megismert fedélzeti alrendszer építőelemei a következők:

- ERTMS/ETCS fedélzeti berendezés – EVC, BTM, DMI, stb.
- A GSM-R rádiórendszer – járműfedélzeti komponensek
- STM – A nemzeti vonatbefolyásoló rendszerek csatoló moduljai

Az ebben a fejezetben eddig elmondottak összefoglaló ábrája:



21. ábra – Az ETCS üzem építőelemei

3. Közlekedés ETCS üzemmel

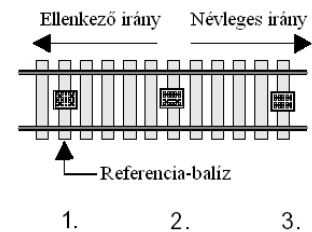
Mielőtt rátérnénk az ETCS szintek bemutatására, essen még pár szó általánosságban magáról az ETCS üzembről.

Ahogy láttuk az ETCS alapja a pontszerű vagy folyamatos adatátvitel, a moduláris fedélzeti számítógép-architektúra és az intelligens szenzorok, amelyekkel lehetővé válik a vonatok pontos helyének meghatározása a vonalon.

Az ETCS üzem alapköveit a balizok alkotják, bár a kiépítési szinttől függően feladatkörük változó. Induljunk hát el ismét a balizoktól.

Egy-egy ún. információs ponthoz általában két vagy több balíz tartozik, amit balízcsoporthoz nevezünk. A balízcsoporthoz tartozó balizok közötti távolságra az Eurobalise-ra vonatkozó specifikációkban található adatok. Az információs pontoknál általában elsőként egy fix balíz található, mely a pozíciót közli a vonattal, illetve utalhat a csoportba tartozó többi balízra, és/vagy a következő balízcsoporthoz is. A forgalmi helyzettől függő

információkat a vezérelhető balízek adják. Az információs pontoknál telepített balízscsoportok irányfüggők. Ez alatt az értendő, hogy a balízscsoporton az egyik irányban áthaladó vonatokat alapirányban haladóknak (névleges irány), a másik irányban haladókat pedig fordított (ellenkező) irányban haladóknak tekintjük. Az információs pontok, vagyis a balízek telepítési helyét a továbbiakban úgy értelmezzük, hogy a referenciapont a balízscsoporthoz tartozó, alapirányban haladó vonatokat által először érintett balíz helye (22. ábra). Az ETCS-nél tehát irányt rendelünk egyrészt magához a vonalhoz, illetve a balízscsoportokhoz, továbbá beszélhetünk még a vonat haladási irányáról.



22. ábra – Balízscsoport

A vezetőállásban található kijelző informálja a mozdonyvezetőt a megengedett maximális és az aktuális sebességről, a várható jelzésekről, a céltávolságról és a célsebességről. Mindezen információkat kiépítési szinttől függő módon meg kell, hogy kapja a jármű. Ami azonos, az az, hogy szabványosított táviratok formájában érkeznek be az információk. Az információkat hordozó táviratok leggyakrabban a következő adatokat tartalmazzák:

Helyazonosító adatok

A helyazonosító adatok a vonat pontos tartózkodási helyét adják meg. Ezek segítségével történhet a vontató járművek távolságmérő eszközeinek beállítása.

Pályajellemzők

A pálya jellemzők körébe mindenek előtt a pályára megengedett sebesség, az ív- és a lejtviszonyok tartoznak, de ebben a csoportban szerepelnek az állandó sebességkorlátozások is.

Menetengedélyek

A menetengedélyek a vonatok részére megadják, hogy az adott helyen meg kell-e állniuk, illetve tovább szabad-e haladniuk. Utóbbi esetben közlik, hogy milyen sebességgel szabad az adott helyen, illetve környezetben továbbhaladni. Arra is utalnak, hogy a menetengedély meddig érvényes. Ezzel kapcsolatban két fogalmat kell tisztázni. A menetengedély végén (**End Of Authority – EOA**) az engedélyezett sebesség zérusra csökken, a vonat számára eddig a pontig engedélyezett a mozgás. Amennyiben a célsebesség nem nulla, akkor a menetengedély vége helyett a menetengedély határáról (**Limit Of Authority – LOA**) beszélünk. E célsebesség érvényessége időfüggő lehet.

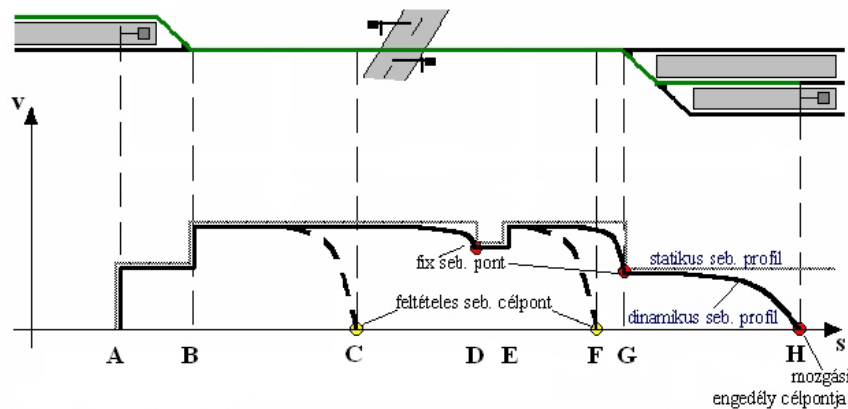
A menetengedély határára akkor van szükség, ha a pályaoldal számára nem áll rendelkezésre elég információ ahhoz, hogy a menetengedély végéig hátralévő lévő távolságot pontosan meghatározza. Ekkor a célsebességet nagyobbra engedélyezi, mint 0 km/h. Az viszont továbbra is a pályaoldal felelőssége, hogy ezt a célsebességet úgy határozza meg, hogy biztosított legyen a vonatnak a célsebességről állóra történő fékezése a rendelkezésre álló biztonsági távolságon belül anélkül, hogy bármilyen veszélyes helyzet kialakulna. A fedélzeti berendezés felelőssége pedig az, hogy haladéktalanul működtesse a fékeket, ha a menetengedély határának meghaladásáig nem érkezett új menetengedély-információ.

A fedélzeti alrendszer a fenti információkat hordozó, megkapott táviratokat feldolgozza és kiértékeli. A fedélzeti berendezés a vett információkat az ember-gép csatlakozó felületen keresztül a mozdonyvezető részére megjeleníti. A kiértékelés eredményei alapján a fedélzeti berendezés ellátja a vezérlési és ellenőrzési feladatokat is – ha szükséges, akkor a mozdonyvezető által végzett kezeléseket is figyelembe veszi. A végrehajtás eredményéről a vezetőt ugyancsak a DMI-on keresztül informálja. Ha a mozdonyvezetőnek a kapott jelzések

értelmében pl. fékeznie kell, akkor arra is felhívást kap, szükség esetén pedig a fékezés kiváltásával maga a fedélzeti alrendszer állítja meg a vonatot (vonatbefolyásolás).

Itt kell megemlíteni a statikus sebességkorlátozások és a dinamikus sebességprofil (DSP – Dynamic Speed Profile) közötti különbséget (23. ábra). A statikus sebességprofil (SSP – Static Speed Profile) összetevői a statikus sebességkorlátozások, ami gyakorlatilag a pályasebesség, a vonat maximális sebessége, a jelző által előírt sebesség és az ETCS üzemmódjától függő sebességkorlátozás. Az ezekből összeálló sebességprofil (szürke vonal) „készen kapja” a vonat, ezt használja fel azután a dinamikus sebességprofil számításához. A statikus sebességprofil tartalmazza az elméletben megengedett sebességet a pálya adott pontjain.

Az SSP alapja tehát a pályán elméletileg megengedett sebesség, amelyet adott helyeken módosíthatnak például az állandó lassújelek, ahogy az ábra D-E szakaszán is. Itt feltételeztük, hogy a váltóközvetben csökkentett sebesség alkalmazása szükséges (B-ig és G-től). Amint az látható, a statikus sebességkorlátozások nem veszik figyelembe a járművek gyorsulási és lassulási tulajdonságait, a profilban ugrások találhatók. Megjegyzendő, hogy egy adott vonalszakaszon többféle statikus sebességprofil is lehetséges, például a különleges járművek számára. A statikus sebességprofil a pályától kapott információk függvényében folyamatosan frissül.



23. ábra – Statikus és dinamikus sebességprofil

Ezzel szemben a dinamikus sebességprofil (fekete vonal) a jármű pillanatnyi helyzetéből, a statikus sebességkorlátozásokból és a jármű gyorsulási/lassulási paramétereiből határozható meg. A központi egységben végzett dinamikus sebességprofil számítás finomsága erősen függ a járműfedélzetre eljuttatott információk mennyiségétől és minőségétől. Ha több hasznos adatot adnak fel, a menetdiagram kiszámítása közelebb kerül az optimálishoz. Az átvinni szükséges adatmennyiséget – az előírásokon túl – minden vasút maga határozza meg, ezek minden vágányra, illetve vonalszakaszra az elvégzett költséghaszon-elemzéseken alapulnak.

A sebességprofilban történő változások során felhasznált referencia pont általában a vonat vége, azonban előfordulhat olyan eset is, ahol a vonat elejéhez viszonyítanak (pl. hosszú alagutak). A fékezési görbék kiszámításánál figyelembe veszik a menetengedélyeket, a statikus sebességprofil, a lejtési viszonyokat, a tapadási értékeket, a fékrendszer késleltetését, a vonóerő megszüntetésének időszükségletét és az üzemi- vagy vészfékezéssel elérhető lassulást a sebesség függvényében. A számítást minden esetben a célponttól, menetiránnyal szemben végzik.

A dinamikus sebességprofil számítás eredményképpen minden időpillanatban rendelkezésre állnak a felügyelethez szükséges sebességértékek (pl. vészfék beavatkozási sebesség, figyelmeztetési sebesség, megengedett sebesség, stb.).

A példában a C és F pontok feltételes sebességi célpontok. Ha a sorompó nem záródik/zavarba vagy hibába megy, illetve az F ponti bejárat jelző visszaesik, akkor a szaggatottal jelölt sebességgörbék aktivizálódnak – természetesen csak abban az esetben, ha a szakaszon a megfelelő infill információ rendelkezésre áll! Az A pont jelen esetben a jármű bejelentkezési pontja, a H pont pedig a menetengedély végét jelöli.

A lehetséges dinamikus sebességgörbék száma gyakorlatilag végtelen, hiszen ha belegondolunk, a jármű a vonal bármely pontján vészfékezési parancsot kaphat (pl. éberségi kezelés elmaradása).

Végül fontos megemlíteni, hogy a tapadási tényező megváltoztatásával, a valós pályaállapotnak megfelelően a vezető biztonságosabban tudja vezetni a vonatot rossz időjárási viszonyok között is, mivel biztos lehet abban, hogy a rendszer az új, biztonságos fékerővel fog számolni. Ennek elősegítésére – a legtöbb adattól eltérően – a tapadási érték menet közben is megváltoztatható.

V. ETCS szintek

Ez a fejezet az egyes ETCS szinteket mutatja be. Az esetleges hivatkozások megkönnyítése érdekében külön alfejezetet kapott az ún. 0-s és az STM szint, illetve külön lett bontva az 1-es szint aszerint, hogy kezeli-e és hogyan a korábban már említett kitöltési problémát.

Végül a fejezet második fő részében a szintek közötti átmenetről esik pár szó.

1. Az ETCS szintek

Az ETCS-nél tehát a pályafelszereltségtől függően különböző szintekről beszélhetünk. Ezek meghatározására azért került sor, hogy minden infrastruktúra-üzemeltető kiválaszthassa a számára optimális üzemmódot, igazodva ezzel saját lehetőségeihez, infrastruktúrájához, stratégiájához, és az igényelt (műszaki) teljesítményhez.

Talán már az eddigiekből is kitűnt, hogy az egyes szintek mind a pálya, mind a járműfelszereltségben különböznek, továbbá bizonyos funkciók ellátásának módjában is eltérések vannak. Ezáltal persze más és más az elérhető minőség, a szolgáltatási színvonal, ám nagyon fontos megemlíteni, hogy a három szint között a kompatibilitás alapvető követelmény.

a) 0. szint

A három alapszint mellett a 0-s szint kifejezést használjuk, amikor ERTMS/ETCS fedélzeti berendezéssel felszerelt vonat olyan pályán halad, amelyen (még) nincs ERTMS/ETCS telepítve, a meglévő rendszer pedig – ha van ilyen – nincs illesztve. Használatos továbbá akkor, amikor csupán sebességkorlátozási információkat adnak fel a balizók.

0-s szinten a menetengedélyt a mozdonyvezető a pályamenti jelzőktől kapja. A fedélzeti berendezés felügyelete csak a vonat abszolút maximális sebességére és a vonalon engedélyezett legnagyobb sebességre terjed ki.

A vonatintegritás ellenőrzését a meglévő rendszerek (sínáramkörök, tengelyszámlálók, biztosítóberendezések) végzik, az ETCS hatásköre ez esetben erre nem terjed ki. 0-s szinten tehát nem beszélhetünk ETCS szerinti pálya-jármű átvitelről, eltekintve a szintátmenetet jelző és néhány speciális parancsot küldő baliztól. Minden egyéb esetlegesen vett üzenet visszautasításra kerül.

Ennél fogva felügyeleti információk sem jelennek meg a DMI kijelzőjén, kivétel ez alól a mozdonyvezető külön kérése esetén ideiglenesen megjeleníthető legnagyobb megengedett sebesség.

A vonatadatokat mindazonáltal induláskor meg kell adni, hogy a vonatnak ne kelljen megállnia az ETCS-felszereltségű szintre történő átmenetnél, továbbá azért, hogy legalább a maximális sebességet felügyelni lehessen.

b) STM szint

Ekkor az ERTMS/ETCS fedélzeti berendezéssel felszerelt vonat olyan pályán halad, amelyen nem ERTMS/ETCS rendszer üzemel, de a telepített rendszer egy interfészen keresztül illesztve van.

A vonatbefolyásolás információit a pályaoldalon generálja a nemzeti vonatbefolyásoló rendszer, amely azután a meglévő rendszer kommunikációs csatornáin (pl. sínáramkörtől vevőantenna) a vonatra jut. Az illesztett STM-modul segítségével az információ ezután a fedélzeten átalakításra kerül; az ETCS értelmezi, feldolgozza és megjeleníti azt, valamint szükség esetén beavatkozik.

A pályamenti optikai jelzőkre szükség lehet, vagy el is hagyhatók, attól függően, hogy milyen a meglévő nemzeti rendszer megjelenése és funkcionalitása. A felügyelet elérhető biztonsági szintje a meglévő rendszer szintjéhez hasonló!

A vonatérzékelés és vonatvédelem itt is az ETCS-en kívüli berendezések feladata. A mozdonyvezető számára megjelenített információk szintén a nemzeti rendszer funkcionalitásától függenek. Az aktív STM típus neve mindig megjelenítésre kerül.

Most is szükséges az összes vonatadat megadása, hogy a vonatnak ne kelljen megállnia szintátmenetnél, és hogy a maximális sebesség felügyelhető legyen.

c) 1. szint

Az ETCS rendszer 1-es kiépítettségi szintje a hagyományos fogalmaink szerint a pontszerű vonatbefolyásolásnak felel meg. A pálya-jármű irányú információ-átvitel a vasúti pálya meghatározott helyeinél telepített balizoknál, illetve balizcsoportoknál – információ pontoknál – történik. Ebből a szempontból kiindulva egy adott vasút jelenlegi biztosítóberendezési, jelzési rendszere fontos szerepet játszik, hiszen ETCS 1-es szinten a fedélzeti berendezés képernyőjén megjelenő információ (legalább egy előre meghatározott távolságra) meg kell, hogy feleljen a pályamenti jelzők jelzési képeinek – azokkal konzisztens kell, hogy legyen. Így tehát a jelfeladási pontok erősen ehhez a biztosítóberendezési bázishoz kötődnek, a pontszerű rendszer mintegy ráépül erre.

Az egyes szint tehát megőrzi a hagyományos pályamenti jelzőket, azaz az országspecifikus jelzési rendszer ekkor még megmarad, s az ETCS alapesetben csak mint a meglévő jelzési rendszer kiegészítője jelenik meg. Rádiós lefedettség nem szükséges és valamennyi alapvető kommunikáció megvalósítható a balizokkal. A jelzési adatot a pályaoldali elektronikus egységek (LEU-k) szolgáltatják a balizoknak. A változó adatok átvitele a járműre szabványosított táviratokkal történik a vezérelhető balizok segítségével. Az információ-átvitel 1-es kiépítési szint esetén jellemzően csak egyirányú lehet, így csak a pályamenti alrendszer adhat információkat a fedélzeti berendezés részére. Ám, amennyiben a felhasználó azt igényli, lehetőség van kétirányú (jármű-pálya és pálya-jármű) adatátviteli kapcsolat megvalósítására is. Ezek alkalmazása elsősorban olyan helyeken lehet indokolt, ahol a vonatnak kell vezérelnie a pályamenti (pl. az útátjáró fedező) berendezéseket. Ilyen alkalmazás esetén lehetőség nyílik arra, hogy vegyes közlekedésnél (pl. normál és emelt sebességű járművek közlekedése ugyanazon a vonalon) megvalósítható a vonatforgalom eltérő követelményeknek megfelelő lebonyolítása. Kétirányú adatátvitel esetén a jármű-pálya irányú adatok továbbítása céljából balizokat kell elhelyezni minden olyan helyen, ahol azt a vonat által vezérelt objektum működtetése érdekében a felhasználó előírja.

Az ETCS rendszer 1-es kiépítettségi szintje esetén a vonatok forgalmának szabályozása normál üzemi körülmények között alapvetően a helyhez kötött jelzők által adott parancsokra épül. A mozdonyvezető megfigyeli a jelzők jelzéseit és annak megfelelően kell, hogy szabályozza a haladási sebességet.

Az ETCS rendszernek üzemszerűen nem kell beavatkoznia, csupán a fedélzeti berendezés kezelői felülete által adott információkkal kell a mozdonyvezetőt támogatnia. Az ETCS részéről beavatkozás csak akkor szükséges, ha a mozdonyvezető nem a helyhez kötött jelzők által adott jelzéseknek, illetve nem az egyéb módon adott – pl. a lassújelekkel

kapcsolatos, vagy a forgalmi szolgálattevők által gépi úton beadott – utasításoknak megfelelően vezeti a vonatot.

Az ETCS rendszernek lehetővé kell tennie, hogy az üzemserű esetekben az új információknak a fedélzeti berendezés kezelői felületén történő megjelenítése után a mozdonyvezetőnek a szükséges beavatkozás megtételére a rendszer funkcionális feltétfüzetében meghatározott idő rendelkezésére álljon.

A fentiekből következik, hogy ETCS 1-es szinten balízokat elsősorban a helyhez kötött jelzők közelében, a jelzők előtt kell telepíteni. A balízokat a jelző előtt úgy kell elhelyezni, hogy a jelző előtt esetleg megálló vonat mozdonyának vevő antennája még ne vegye a balízok által adott információkat, illetve ne lépjen be a balízok és a jelző közötti szakaszra. E feltételek teljesítése érdekében az alapirány szerinti balízokat (még pontosabban a balízcsoporthoz tartozó első balízt) célszerű a jelzőhöz minél közelebb elhelyezni. A balízok elhelyezésénél be kell tartani az egységes rendszerre vonatkozó utasításokat (elsősorban a balízok elhelyezésére vonatkozó előírásokat).

E kiépítési szinten rendkívüli szerep jut az STM modulnak, hiszen jelen esetben az alapot még a nemzeti (vonatbefolyásoló) berendezések nyújtják, amelyekkel az együttműködő-képességet az STM teremti meg. Segítségével az ETCS felszereltségű járművek is képesek a nemzeti információikat felhasználni.

Összefoglalva: az ETCS 1-es szint jellemzője, hogy a rendszer feltételezi a hagyományos értelemben vett állomási és vonali biztosítóberendezések meglétét. A vonatközlekedés aktuális forgalmi helyzetnek megfelelő szabályozása alapvetően a helyhez kötött jelzők jelzéseire épül. A vonatok követési rendjét, a vonal átbocsátóképességét a fix térközök határozzák meg. A foglaltság és a vonatvég-vonategység ellenőrzését a – meglévő vagy újonnan épülő – biztosítóberendezések végzik. A pálya-jármű kapcsolat egyirányú, az információátvitelt főleg pontszerű elemekkel, az úgynevezett balízokkal valósítják meg. A balízok lehetnek vezérelhetők, illetve nem vezérelhetők. Az információátvitel adattáviratok segítségével történik. A menetengedélyek adása szintén az információhordozó táviratok segítségével történik, ahol is a menetengedélyek tartalmát a pályamenti alrendszer határozza meg.

Végül foglaljuk össze a feladatköröket (nem csak az ETCS feladatkörökre vonatkoztatva):

- Főbb fedélzeti funkciók:
 - A mozgási engedélyek és pálya-karakterisztika fogadása (ETCS);
 - Statikus sebességprofil és távolságok kezelése;
 - A legkorlátozóbb érték kiválasztása a különböző engedélyezett sebességek közül (ETCS);
 - Dinamikus sebességprofil számítása, figyelembe véve a vonat futási karakterisztikáját (ETCS);
 - Az aktuális és az engedélyezett sebesség összehasonlítása, a fékberendezés működtetése, amennyiben szükséges (ETCS);
 - A vezető tájékoztatása, információellátás (ETCS).

- Főbb pályamenti funkciók:
 - A mozgási engedély meghatározása a hagyományos jelzési és biztosítóberendezési rendszer alapján (ETCS);
 - A mozgási engedély és az infrastruktúra adatok átvitele a vonatra (ETCS);
 - Biztosítóberendezési funkciók a berendezések vezérléséhez (pl. váltók, jelzők);
 - Központi irányítási funkciók, „hálózatmenedzsment”.

Ily módon a vasútüzemeltető a biztonsági szint növelésével modernizálhatja hálózatát, megtartva a lehetőségét, hogy a későbbiekben különösebb gond nélkül továbbfejleszthesse hálózatát az ETCS magasabb szintjeire – upgrade lehetőségek.

Észrevehető viszont, hogy az ETCS 1-es szintjén milyen messze vagyunk még a „tökéletes megoldástól”. Nézzük azt az esetet, amikor a vonat vörös jelzőhöz közelít, majd megáll. A mozdony vevői nem érik el a jelző melletti (a következő jelzőre vonatkozó) balízsoport első balízát. Amikor azután a jelző pl. sárgára vált, ezen kívül az égvilágon semmi nem történik (kitöltést nem tételezünk fel). A mozdonyvezető erről továbbra is csak a jelzőt figyelve kaphat információt. Hiába tudja a vezérelt balíz a sárga jelzési képet a LEU-tól, a mozdonyra ez az információ még nem jut fel, következésképpen a DMI-on sem jelenik meg semmi.

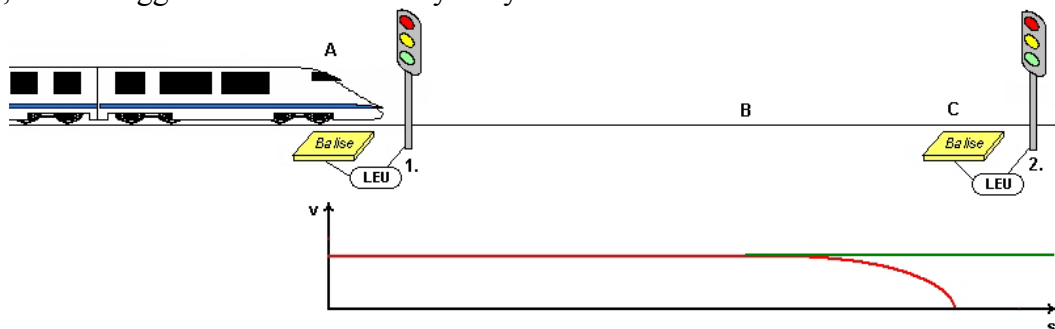
Ennél talán még rosszabb a helyzet olyankor, ha speciális (ritka) nemzeti jelzés jelenik meg, például Magyarországon a vörös fény alatt kigyullad a fehér Hívőjelzés. Ahhoz, hogy a mozdony ETCS formátumú üzenetet kaphasson, el kellene érnie a balízát. Ha belegondolunk a 75 Hz-es jelfeladás feltételezése sem segít sokat a helyzeten. Mert még a MÁV ugyan előírhatja az STM-HU telepítését valamennyi ETCS felszereltségű (saját) mozdonyára, azonban erre senki mást kötelezni nem lehet. Ne felejtjük el, hogy a rendszer lényege éppen abban áll, hogy ne kelljen számtalan drága berendezést a mozdonyokba telepíteni, vagy személyzetcsereket végrehajtani. Így az adott ország jelzéseinek ismerete továbbra is alapkövetelmény, és ez kötelezően elő is van írva minden országban. Az interoperabilitás tehát személyzeti vonatkozásban (is) komoly aggályokat vet fel az 1-es szinten.

Ezért fontos megemlíteni, hogy az egyes szint a maga nemében hasznos és biztonságot növelő, de valójában csupán egy lépcsőfoknak tekinthető a további fejlesztésekhez vezető úton, melyek feltételezik az állandó és folyamatos ETCS rendszerű információátvitelt – a GSM-R-t.

d) 1. szint kitöltéssel

A fentiek tükrében térjünk vissza még egy rövid ideig a balíz-sűrűség problémájára is – kövesd a **24. ábrán**. Nézzük azt az esetet, amikor a vonat az 1. számú jelzőhöz érkezve azt az információt kapja a baliztól az „A” pontban, hogy a 2. számú jelzőnél Megállj! jelzés várható. Ez egy – a kép alsó részén lévő diagramon vörössel jelölt – sebességgörbét érvényesít a mozdony számára.

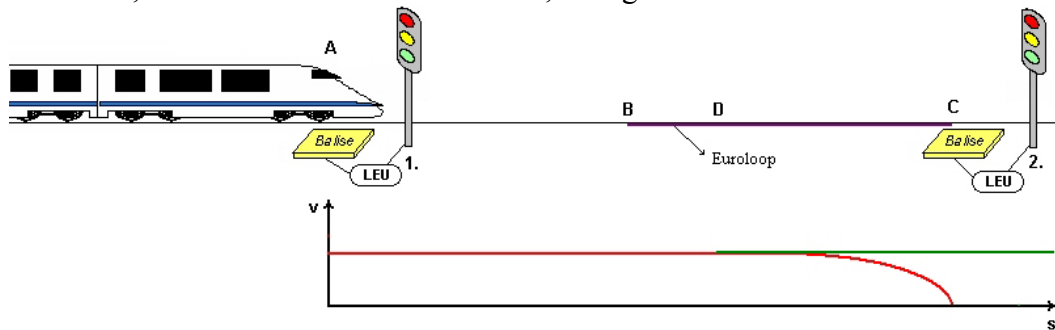
A vonatunk ennek megfelelően elhalad az 1. jelző mellett, s a mozdonyvezető felkészül a 2. előtti megállásra. Tegyük fel, hogy miközben már a két jelző közötti térközben halad a vonat, a 2. jelző továbbhaladást engedélyező állapotba kerül. Balíz segítségével ez az információ ebben az esetben csak a „C” pontnál juthatna fel. Azaz a vonatnak gyakorlatilag meg kellene állnia, például egy szabad fényű jelző előtt – hiszen ha a mozdonyvezető ezt nem tenné, a sebességörbe miatt a mozdony kényszerfékezést váltana ki.



24. ábra – A kitöltő balíz szerepe

A problémát az ún. kitöltő információ eljuttatásával oldják meg *kitöltő/közbenső balíz* (**infill balise**) beiktatásával. Ez mindössze annyit jelent, hogy jelen esetben a „B” pontnál egy újabb balízt helyeznek a pályára, ezáltal sűrítve a jelfeladási lehetőségek számát. A B pontnál lévő balíz már az új, zölddel jelölt sebességgörbét érvényesítheti a mozdonyal, ha a jelzési kép változása azelőtt történik, mielőtt a vonat elérte volna a B pontot.

Hasonlóan, *Euroloop* használatával is számolhatunk (**25. ábra**). Vonatunk jelen esetben az A pontban megkapja a vörössel jelölt sebességgörbét a 2. jelző Megállj! jelzésének megfelelően. Jelen esetben megint csak az történik, hogy a 2. jelző által fedezett szakasz szabaddá válik, ami miatt a 2. jelző továbbhaladást engedélyező állapotba kerül. A vonat erről újfent túl későn, a C balíznál szerezne tudomást, a megállás után.



25. ábra – Euroloop alkalmazása kitöltéshez

Az Euroloop használatával (lilával jelölt szakaszon) a probléma orvosolható. A hurok segítségével a B ponttól kezdődően a 2. jelző állapota folyamatosan felvihető a mozdonyra, a jel esetleges változásával együtt. Így a vonat időben tájékozódhat a változásról, és ennek megfelelően a zölddel jelölt helyes sebességgörbe érvényesül a D ponttól – ahol az állapotváltozást most feltételeztük.

Kitöltő információ alatt jelen esetben tehát olyan pálya-jármű irányú információt kell érteni, amelyet az ETCS rendszerre érvényes specifikációk szerint a vonal átbecsátóképeségének növelése céljából adnak fel a vonatra. Figyelembe véve, hogy az ETCS 1-es szintje pontszerű vonatbefolyásoló rendszer, esetenként szükséges az időközben szabadabb jelzési képre váltó jelzőre vonatkozó információ feladása a fedélzeti berendezés számára. (A jelző aggályosabb jelzési képe esetén az ETCS nem ír elő kötelezettséget, ezt egy másik, FRS-specifikációban meghatározott funkció segítségével valósítják meg.)

Az 1. szint ezen kiterjesztett változatában a balízokat a fentieknek megfelelően Euroloop-okkal (Siemens javasolta technológia), vagy kitöltő balízokkal egészítjük ki. Az üzemeltető ezáltal hatékonyabb pályakihasználást és nagyobb sebességet érhet el.

Röviden már szó esett a harmadik lehetőségről is, a *rádiós kitöltés*ről. Ekkor tehát a következő főjelző jelzési információit, és annak változásait rádiós úton juttatjuk el a vonatokra a kívánt helyeken. Ez nem tévesztendő össze a 2-es és 3-as szinttel, ahol gyakorlatilag valamennyi menetengedéllyel kapcsolatos információt rádióval juttatunk a fedélzetre. Most csupán arról van szó, hogy kiegészítő, kitöltő információk szakaszosan folyamatos feladását tesszük lehetővé rádióval.

Ehhez természetesen mind pályaoldalon, mind a fedélzetet tekintve változtatásokra van szükség. Pályaoldalon biztosítani kell, hogy a RIU (Rádiós kitöltő egység) folyamatos összeköttetésben legyen a következő főjelzővel, és ha szükséges, akkor további pályaelemekkel; továbbá az adott körzet megfelelő rádiós lefedettségét is biztosítani kell rádióantennákkal. A fedélzeti berendezés egy adó-vevőantenna beépítésével készíthető fel.

Maga a folyamat a következőképpen zajlik: az 1-es szintű körzetben a meghatározott helyen egy balíz parancsot küld a fedélzeti berendezésnek arra vonatkozólag, hogy az

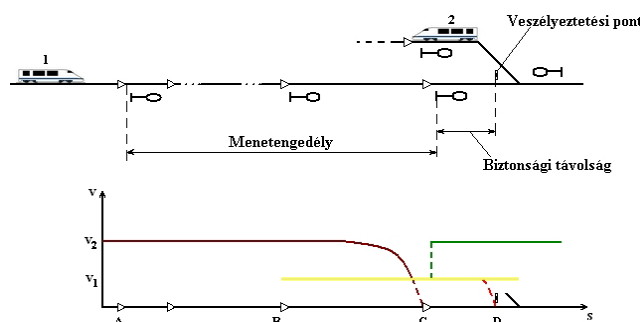
kommunikációs kapcsolatot létesítsen egy rádiós infill egységgel. A kapcsolat létesítése visszautasítható, ha a fedélzeti berendezés nincs a megfelelő (teljes felügyeleti) üzemmódban, vagy ha a fedélzeti berendezés nem rendelkezik rádióval. Ha a rádió rendelkezésre áll, akkor a kommunikációs kapcsolat létesítése a 2/3-as szinteknél alkalmazott protokollok és interfészek alkalmazásával történik. Ettől fogva azután a vonat a jelzési kép változásáról – a kommunikációs időt leszámítva – azonnal tudomást szerez.

Ha a kapcsolat létesítésére egy olyan fedélzeti berendezés kap utasítást, amelyik éppen egy másik rádiós infill egységgel áll kapcsolatban, akkor a fennálló kapcsolatot bontja és az újat felépíti a fedélzeti berendezés. Ha a jelzett rádiós egységgel már létezik a kapcsolat, akkor az természetesen fennmarad. Fontos megemlíteni, hogy a RIU nem kezdeményezhet kommunikációs kapcsolatot a fedélzeti berendezéssel. A RIU-val való kapcsolat megszakítását pedig szintén egy balíz(csoport) kezdeményezheti. A rádiós kitöltést előszeretettel alkalmazza például a svájci vasút.

Az Euroloop és a RIU növeli az 1-es szint biztonságát azáltal, hogy lehetővé teszik az *oldási sebesség* nélküli üzemet, amit viszont a finn és a svéd vasutak alkalmaznak a hurok/rádió helyett. Az időközben továbbhaladást engedélyező jelzési képre váltó jelző problémáját ők úgy oldják meg, hogy bizonyos sebességérték alatt (ez 55, illetve 40 km/h) a mozdonyvezető a fékezést oldhatja, ezzel elkerülve a felesleges megállást. Ez láthatóan bizonyos fokú engedmény a biztonság mértékéből, hiszen a mozdonyvezető felelősége, hogy csak akkor kezdeményezze az oldási funkciót, ha a jelző erre valóban lehetőséget ad.

Éppen ezért az ETCS is lehetőséget ad az oldási sebesség alkalmazására, de adott esetben képes a biztonsági szint „megtartására”. Az ETCS-nél kétféle módon állapítható meg az oldási sebesség. A jármű megkaphatja az adott helyen alkalmazható oldási sebességértéket egy baliztól, vagy számolhatja maga a fedélzeti berendezés a veszélyeztetési pont, az ún. biztonsági távolság és a jármű dinamikai adatainak ismeretében.

A biztonsági távolság a menetengedély vége után helyezkedik el, ha erre a meglévő biztosítóberendezés lehetőséget ad. Ez az a vágányszakasz, amire a vonat eleje még beérhet anélkül, hogy veszélyes szituáció alakulhatna ki. Szükségessége akkor mutatkozhat meg, ha a mozdonyvezető elvétí a megállás helyét (túlcúszik egy vörös jelzőn), vagy az alábbiakban bemutatásra kerülő oldási funkciót nem az előírtaknak megfelelően használja. A biztonsági távolság a vágányúthoz hasonlóan lezárásra kerül, és csak a vonat megállása után oldható fel. Ez a kiegészítő távolság csak egy meghatározott ideig érvényes.



26. ábra – A biztonsági távolság és az oldási sebesség

A **26. ábra** egy nyíltvonali elágazást mutat. Míg az 1-es vonat v_2 sebességgel közelít az elágazást fedező C pontban álló jelzőhöz, addig a 2-es vonat éppen elhagyja a területet. Az 1-es vonat érvényes sebességgörbéje ekkor az A pontban megkapott menetengedély alapján a bordóval jelölt vonal. A B pont elhagyásakor még a C jelző vörös, ám ezután a 2-es vonat elhagyja a körzetet, így a C jelző szabadra vált. Ha erről se hurok, se rádió nem tájékoztatja a vonatot, akkor megint csak a C pontban való megállás után indulhatna el újra a vonat.

Ha azonban például a B pontban lévő balíz feladja az elágazáshoz tartozó oldási sebességértéket (sárga vonal, v_1), akkor amint a vonat fékezés közben eléri ezt a v_1 sebességet, a mozdonyvezető oldhatja a fékezést. Ezután két eset lehetséges. Alaphelyzetben, ha a mozdonyvezető helyesen cselekedett, a C balíz elérésekor a vonat megkapja a zölddel jelölt új megengedett sebességértéket és felgyorsíthat. Ha a balíztól a vonat olyan üzenetet kapott, amely szerint a jelző még mindig továbbhaladást tiltó állásban van, akkor a fedélzeti berendezés haladéktalanul működteti a gyorsféket, egészen a megállásig. Az adott helyen tehát úgy kell megállapítani az oldási sebességértéket (v_1 -et), hogy a legrosszabb lassulási értékű vonat is a veszélyeztetési pontig erről a sebességről biztonsággal meg tudjon állni (pirossal jelölt fékgörbe).

Ha a mozdony fedélzeti berendezése számítja az oldási sebességértéket, akkor az adott vonat fékezési tulajdonságait felhasználva kapható meg az egyedi érték. Az oldási sebességet viszont csak ott lehet alkalmazni, ahol elegendő hosszúságú biztonsági távolság áll rendelkezésre.

e) 2. szint

A 2. szint – ahogy az első is – alapesetben a hagyományos biztosítóberendezésen alapul, ahol a vonatérzékelés sínáramkörökkel vagy tengelyszámlálókkal történhet. Azonban a mozgási engedélyeket nem szükséges a pályára „kivinni” a balízzal történő átvitelhez, hanem ezt a „pályától” nyert biztosítóberendezési és ETCS-specifikus adatokra alapozva a már említett **RBC (Radio Block Center – Rádiós Irányítóközpont)** kezeli és juttatja el a vonatokhoz GSM-R rádión keresztül. Alapesetben a pályaadat is az RBC-n keresztül jut a vonatra, jóllehet ahol útválasztási lehetőség nincs, ott balízzal is megoldható ez a funkció. A balízzok szerepe mindemellett ezen a szinten már leginkább csupán arra korlátozódik, hogy a vonat behatárolja vele pozícióját a pályaadatokhoz és a mozgási engedély végéhez képest, azaz a balízzok mint egyfajta elektronikus mérföldkövek, referenciapontok foghatók fel.

A fedélzeti berendezés mindig egy meghatározott balízcsoporthoz viszonyítja helyzetét, ahhoz képest számolja a távolságokat, kezeli a lokális adatokat. Ezzel kapcsolatban be kell vezetnünk egy újabb fogalmat: az *utolsó meghatározó balízcsoport*t (**Last Relevant Balise Group – LRBG**). Amikor a láncolási információ nem áll rendelkezésre a fedélzeti berendezésben, akkor ez az első elért és hibátlanul olvasott balízcsoport. Ha a láncolási információ ismert a fedélzeten, akkor az utolsónak meghaladott és hibátlanul olvasott láncolt balízcsoport az LRBG. Az LRBG tehát egyfajta közös vonatkoztatási pont a vonat és a pálya között 2/3-as szinten. Segítségével az odométer pillanatnyi kerékcúszások/kipörgések miatti pontatlansága is azonnal korrigálható, amint a vonat meghalad egy láncolt (ismert pozíciójú) balízcsoportot. A fentiekből értelemszerűen következik, hogy egy nem láncolt balízcsoport sosem lehet meghatározó balízcsoport.

A vasút üzemeltetője adott esetben eltekinthet a pályamenti jelzőberendezések nagy részétől, így az infrastruktúra-költségek csökkenthetők. Megtartásuk mellett szólhat ugyanakkor, hogy ebben az esetben visszaesési szintként szolgálhatnak, illetve a hagyományos rendszerű vonatok továbbra is egyszerűen közlekedtethetők.

Az üzemi határfeltételek túlnyomó többségét a biztosítóberendezés hatókörzetébe tartozó foglaltsági szakaszok határozzák meg. Durván fogalmazva, minden egyes szakaszhatárt az ETCS szempontjából virtuális jelzőként kell felfogni. Ez egyébként vonatkozik mind az 1-es, mind a 2-es szintre. Fontos megemlíteni, hogy a 2-es szinten is fix térközők vannak, az 1-es szinthez képest a legfontosabb előrelépés a folyamatos – rádiós – adatátvitelben van.

Foglaljuk össze itt is a főbb funkciókat (nem csak ETCS funkciók):

- Főbb fedélzeti funkciók:
 - A legkorlátozóbb érték kiválasztása a különböző engedélyezett sebességek közül (ETCS);
 - Dinamikus sebességprofil számítása, figyelembe véve a vonat futási/fékezési karakterisztikáit (ETCS);
 - Az aktuális és az engedélyezett sebesség összehasonlítása, a fékberendezés működtetése, amennyiben szükséges (ETCS);
 - A vezető tájékoztatása, információellátás (ETCS);
 - A vonat fogadja a balíz-információkat, s ezzel összhangban elküldi pozícióját a rádiós irányítóközpontnak (ETCS);
 - A vonat a mozgási engedélyét, valamennyi pályakarakterisztikát, a statikus sebességprofilokat és a távolságadatokat GSM-R átvitelrel kapja (ETCS).

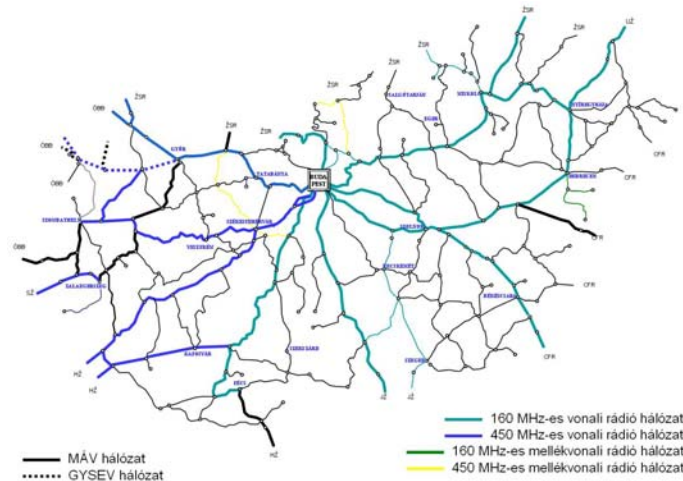
- Főbb pályamenti funkciók:
 - Az egyéni mozgási engedély meghatározása a jelzési és biztosítóberendezési rendszer alapján – minden vonatra külön-külön (ETCS);
 - A mozgási engedély és az infrastruktúra adatok átvitele minden vonatra külön-külön (ETCS);
 - Biztosítóberendezési funkciók a berendezések vezérléséhez (pl. váltók, esetleges jelzők);
 - Központi irányítási funkciók, „hálózatmenedzsment”;
 - Valamennyi ERTMS/ETCS felszereltségű és az adott RBC körzeten belül azzal közlekedő vonat ismerete egyéni azonosítójuk alapján (ETCS);
 - Valamennyi az adott RBC körzetben közlekedő felügyelt vonat pozíciójának folyamatos követése (ETCS),
 - Vonatok irányításának átadása RBC-k között, azok határainál (ETCS).

Az ETCS 2-es szintje jobb szolgáltatási minőséget jelent a folyamatos átvitelnek köszönhetően. A pályamenti infrastruktúra redukciója lehetővé teszi a költségek, leginkább a fenntartási költségek csökkentését. Hátrányként megemlítendő, hogy hosszú távon a hagyományos és ETCS rendszerek közös üzemeltetése magas (közös) életciklus költséget eredményezhet.

Mielőtt a hármas szint főbb tulajdonságaival is megismerkednénk, a következő alpont bemutatja a GSM-R alkalmazásának néhány, a felhasználó számára rendkívül hasznos funkcióját.

Bevezetés a GSM-R mobilrádiózásba, a GSM-R szolgáltatásai

Már a vasúti közlekedés hajnalán felmerült az az igény, hogy a mozgó vonat személyzetével értekezni tudjanak. Ez az akkor még utópisztikus lehetőség mára teljesen hétköznapivá vált. Európa gyakorlatilag minden fontos vasútvonalán működik valamilyen mobil távközlési rendszer, amivel a vonatok személyzetét, mindenekelőtt a mozdonyvezetőt el tudják érni. A különböző alkalmazásoknak, felhasználói csoportoknak (pl. vonali és tolatási rádió, vonatbefolyásolás) jellemzően saját rendszerük van, külön frekvenciatartománnyal. Ugyanazon célra eltérő műszaki megoldású, egyazon készülékkel átjárhatatlan hálózatok léteznek Európában, így az országhatárokon átnyúló mobilitás nem, vagy csak korlátozottan érvényes. Ezt a sokszínűséget a hazánkban kiépített kétféle vonali rádiórendszer is mutatja (27. ábra).



27. ábra – Vonali rádiórendszerek Magyarországon

A leginkább egységes és elterjedt, vasúti célra kifejlesztett mobil rendszer az UIC 751-3. Ez a legfejlettebb, analóg vasúti rádiórendszer, azonban a közcélú mobil rendszerekkel összehasonlítva műszakilag elavultnak nevezhető. Egyre kevésbé képes arra, hogy a mai kornak megfelelő kommunikációs igényeket kiszolgálja. Az évről-évre drágábban fenntartható analóg rendszerek helyett egységes, korszerű, integrált mobil-kommunikációs rendszerre van szükség, ami átviteltechnikát biztosít az összes beszéd- és adatátviteli célú összeköttetésnek, továbbá lehetővé teszi a nemzetközi mobilitást is, magas fokú biztonság és megbízhatóság mellett.

A GSM szolgáltatásai ma már igen széles körben jól ismertek, mindannyiunk rendszeresen használja közvetve vagy közvetlenül. A közcélú hálózatokhoz képest a GSM-R a vasutak igényeire szabott többlétszolgáltatásokat nyújt úgy, hogy a nagysebességű vasútvonalak számára is képes megszakadás nélküli kapcsolatot biztosítani.

Az európai vasutak közös rádió kommunikációs hálózatának, a GSM-R rendszer kifejlesztésének alapvető célja a meglévő analóg rendszerek lecserélése volt. Az új rendszer további fontos céljai a felhasznált frekvenciasávok kihasználtságának javítása, a magas üzemeltetési és karbantartási költségek csökkentése (nem csak a távközlés területén), és a vasúthálózatok együttműködésével, az interoperabilitással kapcsolatos feladatok megoldása.

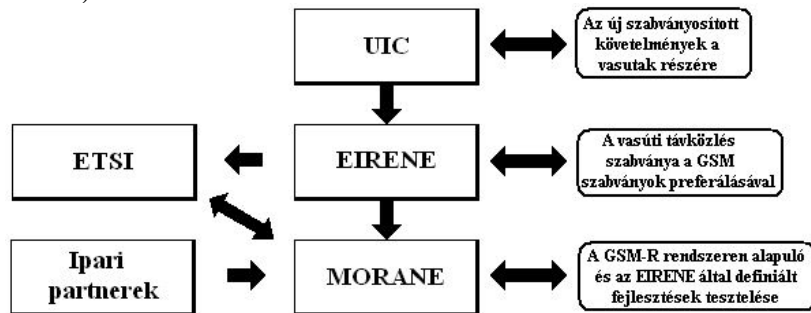
A ma használt rádióhálózatok jellemzője az analóg technológiából adódó gyengébb hangminőség, illetve a magas karbantartási és javítási költség, emellett a mai kor kommunikációs igényeinek a korábbi rendszerek egyre kevésbé képesek megfelelni. A nemzetközi vasútforgalom fejlesztése és az ezzel összefüggésben megalapozott ETCS rendszer bevezetése csak újabb lökést adott egy új kommunikációs rendszer létrejöttéhez.

A GSM-R rendszer ellátja a pálya és a vonatok közötti adatátvitellel kapcsolatos feladatokat, ugyanakkor biztosítja a vasúti munkások, az állomásokon dolgozók, illetve az adminisztratív és irányító személyzet folyamatos kommunikációját is. A GSM-R rendszer további előnye, hogy az általa megvalósított digitális adatátviteli platform lehetővé teszi a fix és a mobil részlegek közvetlen kapcsolatát biztosító alkalmazások bevezetését. A költségcsökkenést az egységes platform eredményeképpen kialakuló alacsonyabb működtetési és karbantartási költségek, a jobb spektrum kihasználás, valamint a szabványos GSM alapú rendszer bevezetéséből származó alacsonyabb beruházási költségek révén lehet elérni. A GSM-R megfelel az UIC előírásoknak; a folyamatosan fejlődő GSM újdonságai a GSM-R-ben is megjelennek, ezáltal a GSM-R is fejlődik; a szabványosított hálózaton alapuló megoldás pedig nemzetközi együttműködést biztosít; továbbá műszakilag és gazdaságilag is a világ legsikeresebb mobilkommunikációs szabványa, ami miatt a GSM-R bármely korábbi vasútspecifikus rendszerhez képest jobb fejlesztői, illetve beszállítói háttérrel rendelkezik.

Sikerességét jól jellemzi a több mint 1 milliárd előfizető a világ 208 országában, illetve a kb. 65 %-os mobilkommunikációs piaci részesedés.

A GSM-R követelményeinek meghatározása majd szabványosítása több európai szervezet munkájának eredménye. Az UIC által 1992 megfogalmazott **EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network – Egységes Európai Vasúti Rádióhálózat)** elnevezésű specifikáció egy olyan rádiórendszert határozott meg, amely teljes körűen kielégíti az európai vasutak mobil kommunikációs igényeit. Az **ETSI (European Telecommunication Standards Institute; Európai Távközlési-Szabvány Intézet)**, valamint a vasúti felhasználók, berendezésgyártók és fejlesztési szervezetek által – az Európai Közösség közreműködésével – létrehozott **MORANE (Mobile Radio for Railway Networks in Europe)** konzorcium dolgozott a specifikációk folyamatos fejlődésén, hogy létrejöhessen a GSM alapú kommunikációs hálózat a forgalomirányítók, utas kiszolgáló rendszerek, mozdonyvezetők, fenntartási csapatok, stb. részére (28. ábra).

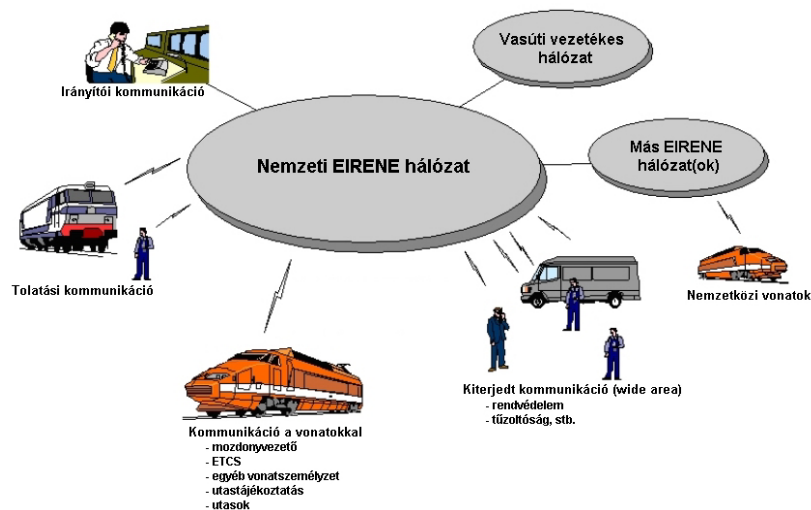
(Megjegyezzük, hogy a rendszer megalapozásánál komolyan szóba jövő másik lehetőség a TETRA volt, több más alternatíva mellett [NMT, Tetrapol, CDMA] ám végül a GSM-et választották.)



28. ábra – A GSM-R projekt

A GSM-R tehát nem csupán egy távközlési eszköz, hanem kommunikációs rendszer. Használata nem csak az eddigi üzemeltetés színvonalának emelését teszi lehetővé, de új szolgáltatások bevezetését is elősegíti. Külön kiemelendő, hogy a biztosítóberendezési és forgalmi szakterületeken a rendszer alkalmazásával személyzet-megtakarítás válik lehetővé, megteremtődik az interoperábilis közlekedés lehetősége, valamint nagymértékben csökken a távközlő- és biztosítóberendezési infrastruktúra beruházások anyagigénye (úm. kábelezés).

A GSM-R az alábbi szolgáltatásokkal, illetve kommunikációs kapcsolatokkal rendelkezik (29. ábra):



29. ábra – A GSM-R szolgáltatásai és főbb kapcsolatrendszere

- **Irányító és mozdonyvezető közötti beszéd és adatkommunikáció**

Az alábbiakban bemutatásra kerülő funkcionális, valamint helyfüggő számozás lehetővé teszi, hogy a mozdonyvezető egyszerű módon kapcsolatot teremthessen az illetékes forgalomirányítóval, mozdonyirányítóval, fő-menetirányítóval, stb.
- **Távvezérlés**

Kétirányú adatfolyamat biztosít a fix központ és a mozdony, vagy más fix hely között. Az adatkommunikáció lehetővé teszi különféle berendezések távvezérlését, mint például a fékpróbázó berendezés, sorompók, tolató mozdonyok, daru és portáldaru, összekapcsolt egyvezetős mozdonyok, peronvilágítás, légkondicionáló stb.
- **Vagyonbiztonsági rendszerek vezeték nélküli kapcsolata**

Vonaton vagy vasúti objektumokon telepített biztonsági rendszerek vezeték nélküli elsődleges vagy tartalék kapcsolata. Rongálás, illetéktelen behatolás és egyéb rendkívüli események (pl. tűz, vízelöntés stb.) jelzésének átvitele. Átviteli közeg a védett objektumok területén történő mozgás figyeléséhez (beléptető és térfigyelő rendszerek).
- **Vészhelyzet - területi körözvényhívás**

Vészhelyzetben az illetékességi területre körözvényhívással riasztás adható a vasúti személyzetnek. Megkülönböztetett, vörös színű vész hívó gombbal gyors hívás felépítést tesz lehetővé az irányító, mozdonyvezető, tolatási személyzet, pályamunkások vagy bármilyen más felhasználó között.
- **Tolatás**

Az állomási technológiai körzetek jelentős részét a tolatókörzetek teszik ki. A tolatási mozgások végzése fokozottan balesetveszélyes művelet, ezért ehhez olyan dedikált csoportosítás alkalmazható, amely folyamatos csatorna rendelkezésre állást és visszaigazolást igényel (irányító, mozdonyvezető, tolatásvezető és a tolatócsapat között). Ezt a kritériumot az erre a célra kifejlesztett GID 500 protokoll elégíti ki.
- **Pályafenntartási távközlés**

Beszéd- és adatkapcsolatot biztosít a pályafenntartó csoportok részére. Lehetővé teszi a csoportosítást a dolgozók között, a pálya mentén és azon túl is.
- **Vonat távközlés - beszéd és adat kommunikáció a vonatszámjelző és az utasok számára:**
 - **Vonatfedélzeti jegykiadás és infoterminál:**

Menetjegy- és helyjegy-értékesítés a vonaton, kapcsolódva a központi rendszerhez. Vonatfedélzeti online utas terminál. A fontosabb vonatok személykocsijaiba telepített információs és értékesítő pult, ahol az utas aktuális közlekedési és egyéb adatokat kérdezhet le – úm. csatlakozás, egyéb járatok, idegenforgalmi információk stb. –, illetve bankkártya segítségével menet- és helyjegyet válthat.
 - **Vonatfedélzeti utas tájékoztató berendezés:**

Személyvonat kocsijaiba telepített vizuális kijelző és hangosbemondó berendezés, amely az úttal, vonatcsatlakozással kapcsolatos és egyéb fontos információkat közöl az utasokkal. **GPS (Global Position System – Műholdas helymeghatározó rendszer)** vevővel való kiegészítés esetén, vagy a GSM rendszer helyinformációinak felhasználásával az utastájékoztató információk az aktuális helynek és időpontnak megfelelően automatikusan kerülnek továbbításra.
- **Helyi távközlés**

Kiszolgálja az állomási munkaterületek közötti kommunikációt, mint például vonatfelvétel (kocsi felírás), műszaki kocsivizsgálat, vonatmenesztés, állomásirányítás.
- **Kiterjedt távközlés (wide area)**

A nagy területű kommunikáció támogatja a pályamenti, a nem közvetlen a vonatközlekedés érdekében létrehozott kommunikációt és a vasúti fenntartási kommunikációt. Hang- és adatkapcsolatot biztosít a közúti járműveknek,

pályaelenőrzésnek, vasúti rendőrségnek és belépési lehetőséget ad zárt, illetve nyilvános hálózatokba.

- **Utas kiszolgáló rendszerek**

Ide tartozik a nyilvános kártyás telefon vagy a fax és az Internet használata a vonaton. Ezeknek a hagyományos értelemben vett kiegészítő szolgáltatásoknak a vasúttársaság jövedelemszerzése szempontjából is nagy jelentősége van.

- **ETCS és utastájékoztató**

A GSM-R az ETCS vonatbefolyásolási alkalmazásán túl (lásd jelen dokumentum) lehetőséget ad a személyzet nélküli működő állomások, megállóhelyek utastájékoztató berendezéseinek távvezérlésére, vezetékes átviteli út felhasználása nélkül. Biztosítható továbbá a telepített utasterminálok, értékesítő pultok rádiós kapcsolata azokon az állomásokon, megállóhelyeken, ahol a kábelezés nem megoldható vagy nem gazdaságos (pl. megállóhelyen nincs szabad érpár; légvezetékek megszüntetésének igénye esetén; vagy csak nagyobb rendezvények miatt szezonálisan megnövekedett utasforgalomnál).

A következőkben lássunk néhány fontosabb, főként a mozdonyrádiózás témaköréhez kapcsolódó GSM-R specifikus szolgáltatást, amelyek segítenek a rendszer hasznosságának megértésében.

Funkcionális számozás

A funkcionális számozás azt jelenti, hogy minden előfizető a meglévő telefonszáma mellé funkcionálisan kiosztott telefonszám(ka)t is kaphat. A funkcionális telefonszám lényege, hogy egyértelműen meghatározható az előfizető beosztásából és szolgálati helyéből. Példának okáért a 747-es vonat vezető jegyvizsgálója így mindig ugyanazon a funkcionális hívószámon lesz felhívható, attól függetlenül, hogy éppen ki tölti be ezt a szolgálati beosztást, és melyik telefonkészülékkel. Ehhez tehát a dolgozóknak nem kell egymás kezébe adniuk ugyanazt a mobiltelefont, hanem amikor az előfizető a munkája során a 747-es vonat vezető jegyvizsgálójává válik, akkor telefonja segítségével bejelentkezik erre a funkcionális számra. Innentől fogva ő ezen is hívható, a saját telefonszáma mellett.

Helyfüggő címzés

A helyfüggő címzés az a szolgáltatás, amikor a *hívó fél* földrajzi helyétől függ, hogy egy adott hívószámon mely előfizetőt kapcsolja számára a rendszer. Például az 1200 hívószámon mindig az aktuális főmenetirányító érhető el. A rendszer az alapján, hogy a hívó melyik cellában tartózkodik, egy adatbázisból kikeresi a területileg illetékes főmenetirányító fix hívószámát, és a hívást erre a számra irányítja át.

Csoport- és körözvényhívás

Csoport- vagy körözvényhívás kezdeményezésekor egy előre definiált csoport résztvevőit hívjuk. A hívás csak azokkal a csoporttagokkal épül fel, akik az előre meghatározott területen tartózkodnak.

A körözvényhívás egyirányú, csak a kezdeményező fél tud beszélni, a hívottak passzív résztvevők; a csoporthívás viszont kétirányú kommunikáció, a hívott előfizetőknek válaszolási lehetőségük van.

Többszintű prioritás

A közcélú hálózatok üzemeltetésében is szempont az, hogy a vészhívások, segélykérések akkor is felépüljenek, ha a hálózat sérült, korlátozottan üzemképes, vagy

túlságosan leterhelt, és a normál hívások felépítése akadályokba ütközik. A különcélú hálózatokban – így az ETCS esetében is – ez különösen fontos. A GSM-R rendszer öt különböző prioritási szintet tud megkülönböztetni. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy ha egy kellően magas prioritású hívás érkezik egy foglalt előfizetőhöz, a fennálló kapcsolat le bomlik, és helyette a magas prioritású hívás lép működésbe.

f) 3. szint

Az ETCS legmagasabb szintje. Jellemzője a folyamatos sebesség-felügyelet, a rádiós vonatbefolyásolás és a mozgó blokk rendszer. Kiemelendő, hogy a vonatintegritás, vonategység felügyeletében immár meghatározó szerepet játszik maga a jármű. A vonat folyamatosan figyelemmel kíséri a vonatintegritást (amihez egy külső egységet használ, amely közvetlenül nem része az ERTMS/ETCS-nek), és ennek eredményéről információt küld az RBC-nek.

Az alap itt is a 2-es szinten már említett GSM-R-en keresztüli pálya-jármű kommunikáció, és a balízek pontszerű jelfeladása, leginkább helymeghatározás céljából. Az RBC információkkal látja el a vonatokat, emellett folyamatosan figyelemmel kíséri azokat saját azonosítójukon keresztül. Ezen a szinten pályamenti jelzőkre már egyáltalán nincsen szükség, valamennyi információközlés alapja a rádiókommunikáció. A teljes rendszer feladatainak megoszlása itt a következő:

- Főbb fedélzeti funkciók:
 - A legkorlátozóbb érték kiválasztása a különböző engedélyezett sebességek közül (ETCS);
 - Dinamikus sebességprofil számítása, figyelembe véve a vonat futási/fékezési karakterisztikáit (ETCS);
 - Az aktuális és az engedélyezett sebesség összehasonlítása, a fékberendezés működtetése, amennyiben szükséges (ETCS);
 - A vezető tájékoztatása, információellátás (ETCS);
 - A vonat fogadja a balíz-információkat, s ezzel összhangban elküldi pozícióját a rádiós irányítóközpontnak (ETCS);
 - A vonat a mozgási engedélyét, valamennyi pályakarakterisztikát, a statikus sebességprofilokat és a távolságadatokat GSM-R átvitelével kapja (ETCS);
 - A vonat maga felügyeli a vonatintegritást (külső funkció, nem része az ERTMS/ETCS-nek), és erről informálja az RBC-t (ETCS).

- Főbb pályamenti funkciók:
 - Az egyéni mozgási engedély meghatározása minden vonatra külön-külön (ETCS);
 - A mozgási engedély és az infrastruktúra adatok átvitele minden vonatra külön-külön (ETCS);
 - Biztosítóberendezési funkciók a berendezések vezérléséhez (pl. váltók);
 - Központi irányítási funkciók, „hálózatmenedzsment”;
 - Valamennyi ERTMS/ETCS felszereltségű és az adott RBC körzetben belül azzal közlekedő vonat ismerete egyéni azonosítójuk alapján (ETCS);
 - Valamennyi az adott RBC körzetben közlekedő felügyelt vonat pozíciójának folyamatos követése (ETCS);
 - Kezeleni a „vágányutak” lezárásával és feloldásával kapcsolatos – főként vonatoktól kapott – információkat (ETCS),
 - Vonatok irányításának átadása RBC-k között, azok határainál (ETCS).

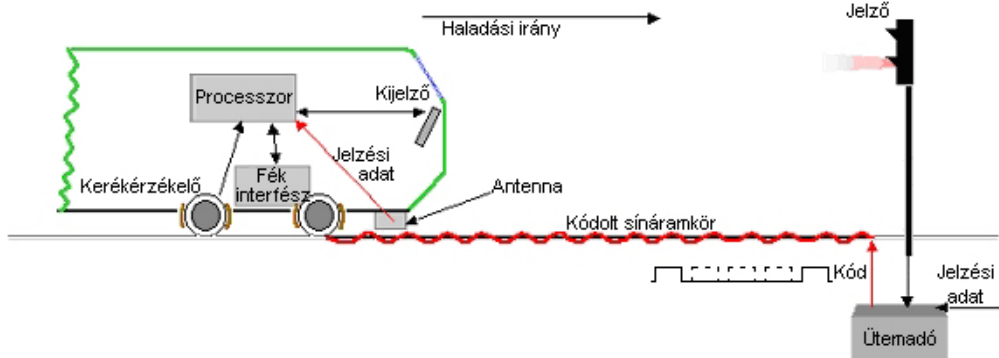
A mozgó blokk rendszer

Ebben a részben megismerkedhetünk a mozgó blokk teória lényegével. Az érthetőség kedvéért – egy kis ismétlésen keresztül – a folyamatos sínáramkörös jelfeladástól kiindulva a pontszerű átvitelen keresztül jutunk el a mozgó blokk szisztémáig.

i. Előzmények

Folyamatos jelfeladás sínáramkörökkel:

Ekkor a sínszámban (mint fémes vezetőben) futó kódolt jelet antenna veszi (általában kettő), amely a mozdony menetirány szerinti elején található a vezetőfülke alatt (30. ábra). Ez az adat azután továbbítódik egy fedélzeti dekódoló biztonsági processzor felé. Az engedélyezett sebesség összehasonlításra kerül az aktuális sebességgel, s ha az engedélyezett sebességet túllépi, a berendezés fékezést kezdeményez.



30. ábra – Folyamatos jelfeladás sínáramkörökkel

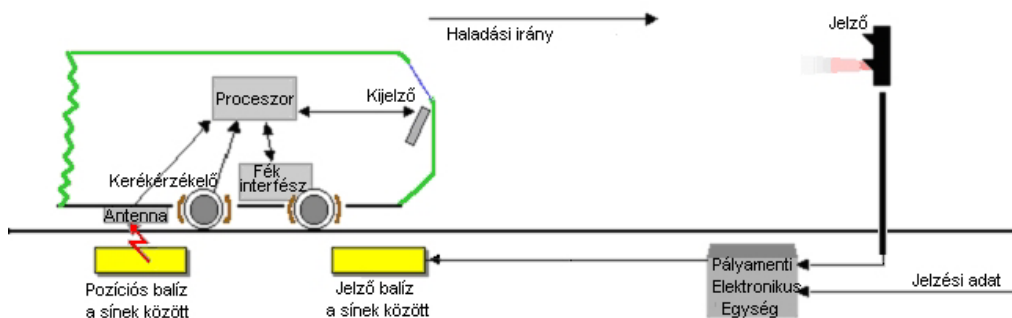
Pályaoldalon egy generátor folyamatos, adott frekvenciájú jelet szolgáltat (nálunk 75 Hz). Az ún. ütemadó az elkövetkező jelző jelzési képe által meghatározott jelzési parancsnak megfelelően vezérli az ütemkövetőt, amely a folyamatos jelet a jelzési parancs által meghatározott ütemben szaggatja.

A jelet veszi a mozdony antennája és továbbítja a fedélzeti számítógépnek. A fentebb leírtaknak megfelelően a számítógép megvizsgálja az aktuális sebességet, és összehasonlítja a kód által megengedett sebességgel. Ha a sebesség túl magas, fékezést vált ki.

Pontszerű vonatbefolyásolás:

A fenti példában a vonatbefolyásoláshoz szükséges adat kódolt sínáramkörökön keresztül jutott a pályától a járműre. Ez, mint folyamatos vonatbefolyásolás ismert, mivel az információ minden időben a vonatra jut. Mindazonáltal megvannak a maga korlátai. Hosszabb térközökben jelvesztés lép fel, és ez csökkenti az áramkör hasznos hosszát. A berendezés drága, érzékeny az időjárásra, elektromos interferenciára, veszélyezteti a rongálás, vandalizmus, lopás.

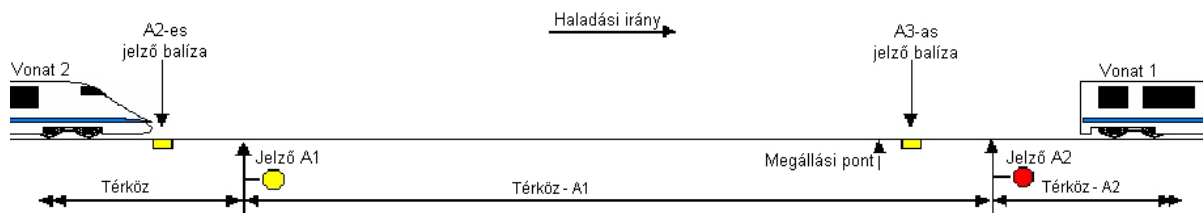
Több hátrányon is felülkerekedhetünk azonban, ha pontszerű jelfeladást vezetünk be. Ez a pálya meghatározott részén balizok telepítésével valósítható meg (31. ábra).



31. ábra – Pontszerű jelfeladás

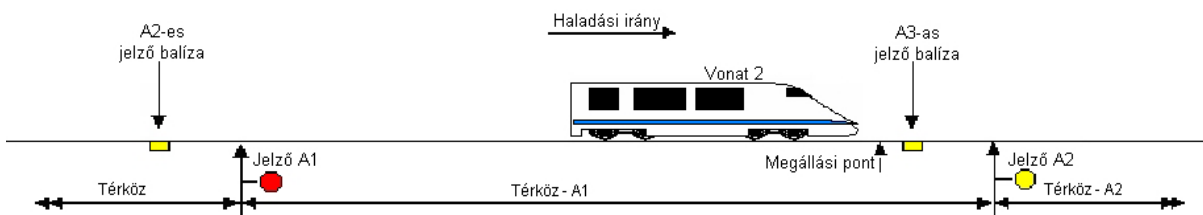
A legismertebb rendszer az ADTranz-é, ahol általában két balíz helyezkedik el egymás mögött. Az egyik közli a vonattal a pozíciót (fix), a másik az előrébb lévő térköz állapotáról nyújt információt (változó). Az adatfeldolgozás és a többi vonatvédelmi funkció hasonlít a folyamatosnál említettéhez.

Példaként nézzük a 32. ábrát. A képen a vörös A2-es jelző baliza az A1-es jelző előtt helyezkedik el, s ad parancsot a megállásra a közeledő vonatnak. A 2-es vonat itt megkapja a megállási parancsot, s megáll, mielőtt elérné az A3-as jelző balizát.



32. ábra – Közlekedés pontszerű jelfeladás esetén /1.

A 33. ábra: a vonat megállt az A2-es jelző előtt, és vár amíg az 1-es vonat kihalad az A2-es térközből, s a jelző továbbhaladást engedélyező állásba kerül. A valóságban persze ekkor nem történik semmi, mivel a mozdonyvezetőnek kell alapba állítania a rendszert, hogy elindulhasson. Ezért ez a típusú vonatbefolyásolás manuális vezérlésű rendszereknél alkalmazható.

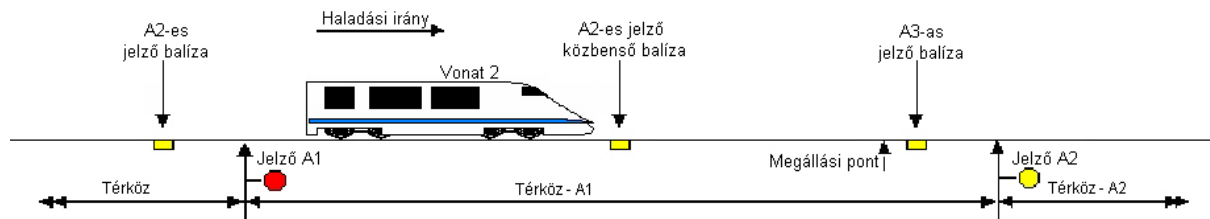


33. ábra – Közlekedés pontszerű jelfeladás esetén /2.

Közbenső frissítés:

Hátránya a pontszerű rendszernek, hogy amikor egy vonat egy megállásra vonatkozó előjelző üzenetet megkapott, akkor azt megőrzi egészen addig, amíg egy másik balízt meg nem halad, vagy meg nem áll. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a következő térköz kiürül mielőtt a 2-es vonat megállna, s a jelző vált, a vonat továbbra is a megállj üzenetnek megfelelően közlekedik, és meg is áll, jóllehet már nem kellene. Miért, kérdezhetnénk, miért nem érvényteleníti a mozdonyvezető a megállító üzenetet, ahogy a megállás után tenné, amikor a jelző szabadra váltott? Ha a vezető érvényteleníthetné a megállító üzenetet miközben a vonat mozog, akkor semmivel nem érnénk többet a rendszer használatával. A

vonatvédelem “létfontosságú” (fail-safe), és nem engedhető meg olyan emberi beavatkozás, amely hatékonyságát, biztonságát csökkentené.



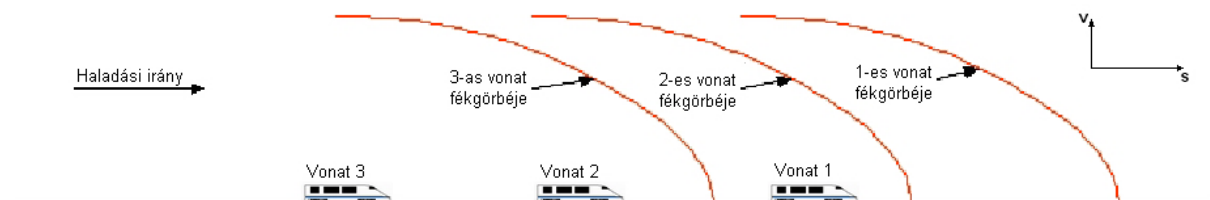
34. ábra – Közbenső baliz alkalmazása kitöltő információ továbbítására

Hogy elkerülhessük a felesleges megállást, egy közbenső balizt szerelünk fel (34. ábra). Ez frissíti a vonat információit, ahogy közelít a megállási ponthoz, s visszavonja a megállási parancsot, ha a jelzés ezt megengedi. Amennyiben az szükséges, akkor több kitöltő baliz is felszerelhető.

ii. *Mozgó blokk – a teória*

Ahogy a rendszerek fejlődtek, számos finomítás történt, de a legutóbbi időkben a hangsúly a fix blokkokkal történő szakítást támogató elképzelések felé tolódott. A fix blokkoktól való megszabadulásnak megvan az az előnye, hogy változtatható a vonatok közötti követési távolság, aktuális és egymáshoz képesti sebességük függvényében. Ez meglehetősen hasonlít az autópályákon megfigyelhető sebességválasztási szabályokhoz: nem szükséges teljes féktávra követni az előttünk haladó autót, hiszen az nem fog hirtelen egy helyben megmerevedni. Ha ugyanolyan sebességgel haladunk, mint ő, akkor elméletben közvetlenül mögötte haladhatunk, és ha fékez, mi is azt tesszük. Amennyiben hagyunk még pár métert a féklámpa kigyulladását követő reakcióidő és az eltérő fékhatás miatt, a dolog működik.

Noha tudjuk jól, hogy elég néhány látványos ütközés az autópályán, hogy megcáfolja e teóriát a közúti közlekedésben, a vasutak sokkal inkább szabályokhoz kötött világában azért megvan a valóságalapja, főként ha teljes biztonságú féktávolságot alkalmazunk.



35. ábra – A mozgó blokk teória

A 35. ábrán látható, hogy feltéve, hogy mindegyik vonat azonos sebességgel halad, mint az első, s mindegyik ugyanolyan fékhatással is rendelkezik, akkor elméletben néhány méterre követhetik egymást. Némi teret engedve a reakcióidőnek és a kisebb eltéréseknek, a vonatok kb. 50 méter távolságra követhetik egymást 50 km/h-s sebességnél.

Nos ez helytálló az elméletben, de nem a gyakorlatban! Jelenleg mozgó blokkal ETCS üzemben nem üzemelnek még sehol a világon. A nemrégén Németországban történt ICE nagysebességű szerelvény balesete, ahol is a vonat kisiklott, elsodort egy felüljárót és rendkívül rövid idő alatt állt meg, megkérdőjelezte az elméleti mozgó blokkos rendszer biztonságossági szintjét. Emiatt létkérdéssé vált a két vonat közötti biztonságos féktáv minden körülmény közötti fenntartása.

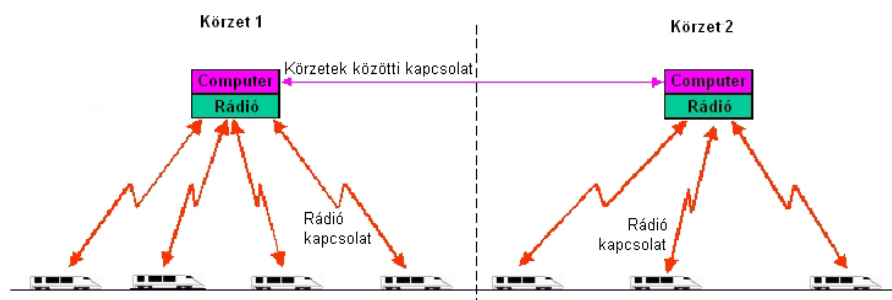
Amit mindenesetre érdemes megfontolni, az a blokkok helyének és hosszának a vonat helyével és sebességével megegyezően történő megválasztása. Mozgathatóvá kell tenni a

térközöket fix kiosztás helyett. Ez a rugalmasság ugyanakkor – hogy a vonat helyét, sebességét és irányát felügyelhessük, illetve, hogy közöljük a vonattal a megengedhető sebességet – sokkal inkább a rádióátvitelt követeli meg, mintsem a hagyományos sínáramköröket.

iii. Mozgó blokk és rádióátvitel

Mozgó blokkal kiépített pályán a vonalat általában régiókra, körzetekre osztják, ahol minden körzet egy számítógép irányítása alatt áll, s mindegyiknek megvan a maga rádiós átviteli rendszere. Minden vonat továbbítja azonosítóját, helyét, irányát és sebességét a körzeti számítógépnek, mely elvégzi a szükséges számításokat a biztonságos közlekedtetés fenntartásához, és közli azt a vonatokkal (36. ábra).

Az alábbiakban leírtak a mozgó blokkos üzemet kivéve megfelelnek a 2-es szinten lebonyolított rádiókommunikációnak is!



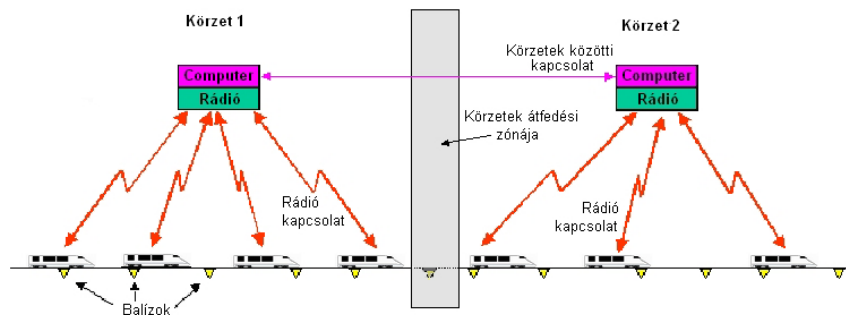
36. ábra – Mozgó blokkos körzetek

A rádiókapcsolat a vonatok és a körzeti számítógép között folyamatos, így a számítógép mindenkor ismeri valamennyi, a körzetben tartózkodó vonat pozícióját. Minden vonattal közli az előtte haladó vonat pozícióját és elküld egy fékgörbét, ami megakadályozza, hogy beérje az előtte levő vonatot. Ennek eredményeként beszélhetünk dinamikus követési távolságról.

Egy fix blokk jellemvonás azért megmaradt – a teljes féktávolság követelménye két vonat között. Ez garantálja, hogy amennyiben a rádiókapcsolat megszűnik, az utolsó adat rögzül a követő vonatban, és emiatt megáll, mielőtt beérhetné a megelőző vonatot. Az autópálya stílusú víziója annak, hogy két 50 km/h-val közlekedő vonat között 50 méteres követési távolság legyen egyelőre túl távoli, virtuális valóság maradt a legtöbb üzemeltető számára.

Ahogy láthattuk, mozgó blokk rendszerben a vonatok folyamatosan közlik pozíciójukat a körzeti számítógéppel rádión keresztül. Továbbá minden vonat hitelesíti saját pozícióját a balízkok segítségével, amik referenciapontként szolgálnak a vonat által a szenzorok alapján számolt pozícióhoz.

A vonatnak egyik körzetről a másikba történő „átengedését” szintén rádiókapcsolattal végzik mind a 2-es, mind a 3-as szinten (37. ábra), mégpedig rendszerint a két szomszédos körzeti számítógép közötti kapcsolat segítségével. A körzetek átfedik egymást, így amikor egy vonat először ér az új terület határára, az első körzet számítógépe felveszi a kapcsolatot a második körzet számítógépével, s figyelmeztetést küld annak, miszerint fogadja a hozzá érkező új vonat jeleit. Ugyanakkor a vonattal is közli, hogy változtassa meg rádiókódját, illeszkedve az új körzethez. Amikor aztán az új körzet megkapta a vonattól annak azonosítóját, visszaigazolja az átvételt az első körzet felé, és az átengedés megtörtént.

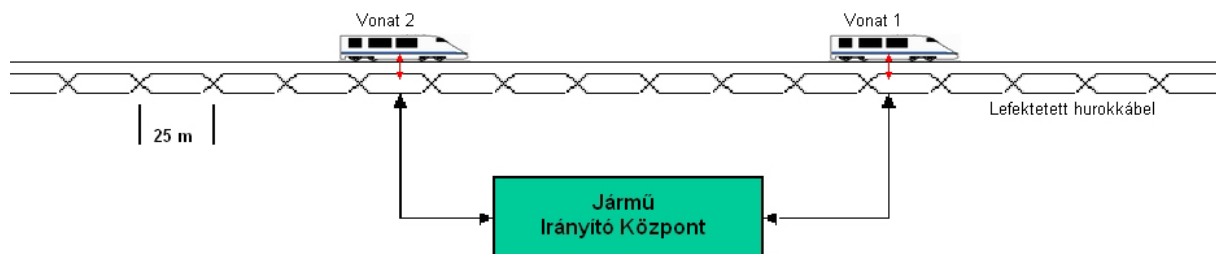


37. ábra – Mozgó blokkos közlekedés a rádiókörzetek határán

A mozgóblokk rendszerű közlekedés másik fajtája, amikor is a helymeghatározó számítógép a fedélzeten található. Minden vonat tudja, hol van a többi vonathoz képest, és ennek megfelelően beállítja a számára biztonságos sebességet. E rendszer előnye a kisebb pályamenti berendezés-igény, hátránya viszont az átvitelek számának jelentős növekedése.

iv. Egy korai mozgó blokkos rendszer – a Seltrac

A rendszer, amely az első mozgó blokkos rendszer elnevezésre jogot formálhat az Alcatel-hez fűződik, Seltrac néven. Kanadában és Londonban került kiépítésre. Megvannak a szükséges kellékei a mozgó blokknak, de a közvetítő eszköz szerepét a pályára szerelt hurkok képezik, amelyek a sínpár között találhatóak. Ezek a hurkok 25 méterenként keresztezik egymást, ezáltal lehetővé téve, hogy a vonat hitelesítse pozícióját (38. ábra). Az adatátadás a fedélzeti számítógép és az irányító központ között a hurkok segítségével történik. Az irányítóközpont vezérli a 2-es vonat sebességét az 1-es vonat pozíciójának megfelelően, és számolja a biztonsági fékgörbét.



38. ábra – A Seltrac mozgó blokkos működési elve

A Seltrac rendszer nem igényel vezetőt, mivel teljesen automatizált. Rendszerhiba esetén, ha a vonatot manuálisan kell vezetni, tengelyszámlálók figyelik a hurkok nélkül közlekedő vonat pozícióját. A koncepció egyik legnagyobb hátránya a sínek között folyamatosan végigfektetett kábelek, amelynek velejárója mind a drága telepítés, mind a pályakarbantartásoknál való sérülékenység.

A legfőbb különbség ezen és a modern rendszerek között, hogy a Seltrac kábelen keresztüli elektromágneses adatátvitelt használ, miközben a rádió alapú rendszer esetén „megszabadulhatunk” a kábelezési igénytől. Napjainkban a Seltrac továbbfejleszti rendszerét rádió alapú átvitelre.

v. Miért a mozgó blokk?

A hagyományos vonatbefolyásoló rendszerek a teljes vonal mentén igénylik a drága hardware-t, kivéve azt az időjárás viszontagságainak, elhasználódásnak, vandalizmusnak,

lopásnak és a nagy igénybevételnek. A meglehetősen kiterjedt elhelyezkedés miatt a fenntartás drága, és gyakran csak a vonatmentes időközökre korlátozódhat. A hibák nehezen behatárolhatók, és nehezen megközelíthetők. Ezen okok miatt az üzemeltetők igyekeznek visszaszorítani a pályamenti (vonal menti) berendezéseket, ezzel csökkentve a fenntartás és a telepítés költségeit. Ezzel tökéletesen összhangban van a mozgó blokkos rendszer, amely kevesebb pályamenti berendezést igényel, mint a fix térközös.

Az üzemeltetők számára igen fontos eredmény továbbá a nagyobb elérhető vonalkapacitás is.

Az alábbi **2. táblázat** a vonatközlekedés során előforduló egyes szintek közötti lehetséges átmeneteket mutatja be:

mire	0	STM	1	2	3
0					
STM		a)			
1					
2				b)	
3					b)

- a) STM-STM átmeneten egy STM rendszerről egy másik STM rendszerre történő átmenetet értünk.
- b) 2-es–2-es és 3-as–3-as átmeneten RBC körzetek közötti átmenetet értünk.

2. táblázat – Lehetséges szintátmenetek

g) Melyiket a három közül?

Minden egyes ETCS szintnek megvan a maga előnye és hátránya, ezért számos tényezőt figyelembe kell venni, ha egy adott vonal számára keressük a legjobb megoldást.

Az 1-es szintet viszonylag könnyű megtervezni és telepíteni egy már meglévő vonalra, de növekedést egyáltalán nem nyújt a vonali teljesítményben. Sőt, a meglévő nemzeti rendszer függvényében előfordulhat, hogy az 1-es szint kiépítésével az adott vonal átbocsátóképessége kis mértékben csökken, a szigorúbb és minden körülmény között betartatott feltételek miatt. Ezzel ugyanakkor nagyobb biztonságot és jobb információáramlást lehet biztosítani, valamint megteremtődnek a (technikai) interoperabilitás alapjai.

A 2-es szint lehet bizonyos szempontból – az életciklust tekintve – a legköltségesebb megoldás, hiszen megköveteli mind a hagyományos (bár nem a hagyományos értelemben), mind az ETCS berendezéseket, ugyanakkor éppen emiatt a legrugalmasabb is a használata. Megbirkózik a nem felszerelt vagy meghibásodott berendezésű vonatokkal, csak mérsékelt negatív hatást gyakorolva ilyen esetekben a vonatkiszolgálásra.

A 3-as szint telepítése és fenntartása lehet a leginkább költségkímélő megoldás az életciklus költséget tekintve, hiszen nem igényel hagyományos berendezéseket, kivéve természetesen a váltó- és sorompó-berendezéseket. Hátrányaként mindenképpen meg kell említeni, hogy nem működik együtt az ETCS-szel fel nem szerelt vonatokkal.

A három szintre bontás mindenestre csak akkor lehet vonzó az üzemeltetőknek, ha azok kompatibilisek egymással mind funkcionálisan, mind technikailag. Éppen ezért egy a legkifinomultabb rendszerrel felszerelt vonatok képesnek kell lennie közlekednie egy kevésbé fejlett szintű infrastruktúrán, valamint lehetővé kell tenni, hogy egy alacsonyabb szintű rendszer továbbfejleszhető legyen kiegészítő technikai modulok hozzáadásával.

Az 1-es szint tárgyalásának végén már említést tettünk néhány interoperabilitással kapcsolatos problémáról. Az interoperabilitás definíció szerint együttműködési képességet jelent, az ERTMS esetében ez annak a lehetősége, hogy a vonatok Európa szerte

biztonságosan közlekedhessenek anélkül, hogy útjukat a határokon meg kellene szakítaniuk. Az interoperabilitás viszont gyűjtőfogalom, annak több összetevője van.

Működési interoperabilitáson tehát annak képességet értjük, hogy a vonatok a különböző európai hálózatokon biztonságosan és teljes körűen közlekedhessenek anélkül, hogy a határokon meg kellene állni, mozdonyt kellene cserélni, mozdonyvezetőt kellene váltani, vagy bármilyen ERTMS-en kívüli tevékenységet kellene végezni. Az UNISIG SRS specifikációja ugyanakkor csak a feltétlenül szükséges **technikai interoperabilitást** teremti meg, azaz a működési interoperabilitás megléte korántsem egyenes következménye!

A fentieknek megfelelően az ETCS alsóbb szintjei önmagukban még nem jelentenek egy az interoperabilitás minden felmerülő kérdésére egzakt választ adó egyetemes megoldásnak. Egy elterjedt, funkcionalitásában teljes kettős, illetve a hármas szint teremtheti meg a nem csak nevében egységes európai vonatbefolyásoló rendszert, illetve az egységes Európai Vasúti Közlekedésirányítási Rendszert (ERTMS).

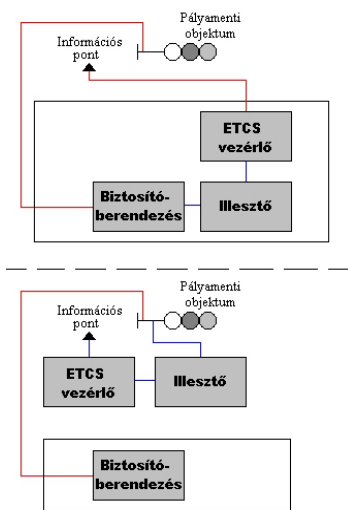
2. Konfigurációk – Centralizáció versus decentralizáció

Most hogy áttekintést kaptunk az egyes szintekről, ássunk egy kicsit még mélyebbre. Ebben a részben azt követhetjük végig, hogy az egyes szinteken belül is számos kialakítási mód közül választhatunk saját igényeink, vagy még inkább saját lehetőségeink függvényében.

A példa ezúttal az Alcatel-től származik: az Alcatel 1-es szintre kidolgozott konfigurációi következnek – egyszerűsítve.

Az alábbiakban a következő kifejezéseket különböztetjük meg:

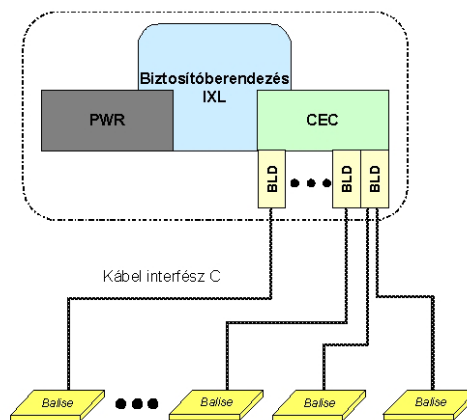
- *Centralizált* 1-es szintű ETCS: Itt a rendszer egy, a biztosítóberendezéshez csatlakozó, annak közelében elhelyezkedő interfészt használ. A beolvasás történhet párhuzamos érintkezőkről, vagy elektronikus biztosítóberendezések esetén más interfész (pl. soros) segítségével.
- *Decentralizált* 1-es szintű ETCS: a LEU-k közvetlenül a külsőteri elemekhez csatlakoznak, hogy azok állapotából származtassák a megfelelő táviratokat, amelyeket az Eurobalise segítségével a fedélzeti berendezésre továbbítunk. Ilyen esetekben a jellemző az, hogy a jelzési fogalmakat a jelfeladási pont mellett vizsgáljuk, vagy a jelzőizzó-áramok mérésével vagy párhuzamos bemenetek beolvasásával. A **39. ábrán** látható, hogy a kritikus, pirossal jelölt pályamenti kábelezési igény decentralizált telepítés esetén csökken.



39. ábra –Centralizált és decentralizált telepítés

a) Teljesen centralizált konfiguráció

“C” típusú pályamenti konfiguráció



40. ábra – Teljesen centralizált ETCS 1-es szint (Alcatel)

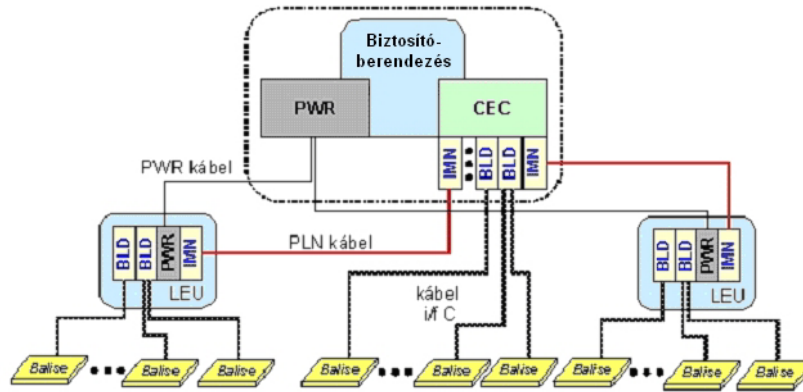
Ennél a megoldásnál a centralizált ETCS vezérlőt (CEC) belsőtérrel táplálják. A CEC valósítja meg a jelfogós vagy elektronikus biztosítóberendezéshez való illesztést. Számos belsőtéri BLD (balíz- vagy hurokvezérlő) alkalmazásával közvetlen C interfész csatlakozik a külsőteri balizok (és/vagy jelfeladó hurkok) felé.

A centralizált ETCS vezérlő (CEC) mind a biztosítóberendezés felé történő csatlakozást, mind pedig más illesztéseket (pl. KÖFE/KÖFI, áramellátás állapot, stb.)

megoldja. A származtatott ETCS információk a balízvezérlő modulok, illetve a pálya meghatározott pontjaira telepített balízek segítségével továbbítódnak a balíz felett elhaladó jármű fedélzeti berendezéséhez.

b) Hierarchikusan centralizált konfiguráció

“H” típusú pályamenti konfiguráció



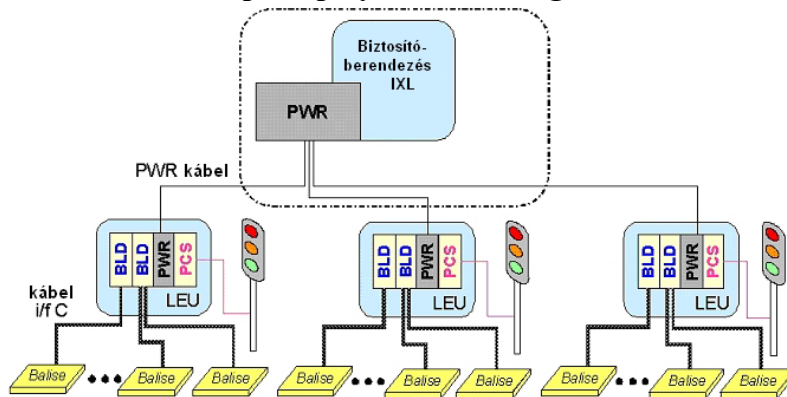
41. ábra – Hierarchikusan centralizált ETCS 1-es szint (Alcatel)

Bizonyos telepítési szituációk esetén (pl. a C interfész-kábelek maximális hossza korlátozott) néhány esetben központi és távoli alközpontokkal kiépített hierarchikus konfigurációra lehet szükség.

Ebben az esetben az Alcatel CEC/BLD belsőteri rendszerei nemcsak a “C” típusú konfigurációnál használhatók fel, hanem ún. party-line hálózat alkalmazásával a távoli jelfeladási pontok intelligens modemek (IMN) segítségével csatlakoztathatók. Ezeken a helyeken külső LEU-t használnak, amelyekben az adott körzetben vezérelendő balízek mennyiségétől függően számos BLD nyer elhelyezést. A tápellátást vagy helyből, vagy a központból kell biztosítani.

c) Decentralizált konfiguráció

“D” típusú pályamenti konfiguráció

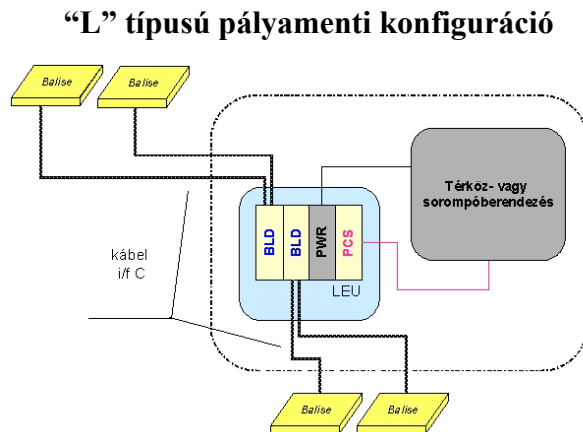


42. ábra – Decentralizált ETCS 1-es szint (Alcatel)

Számos helyzet adódhat, ahol az ETCS vonatbefolyásolást centralizált ETCS vezérlés nélkül lehet a legelőnyösebben megoldani. Ilyen esetekre áll rendelkezésre az Alcatel 6413 AITrac úgynevezett decentralizált konfigurációja.

Ebben az esetben a jelzőknél, vagy más, meghatározott ETCS információs pontoknál helyezik el a LEU-kat. A LEU PCS modulokkal (áramérzékelőkkel vagy párhuzamos I/O-val ellátott egységek) vizsgálja a jelzőizzók áramerősségét – ebből következtet az aktuális jelzési fogalomra –, majd kiválasztja a vonatkozó, előre meghatározott kódolt táviratot és továbbítja azokat a BLD-ken és a soros I/F C összeköttetésen keresztül a vezérelhető balízekhoz. A táplálás ismét történhet helyből, vagy a központból, távolról. A meghatározó tényező itt is a decentralizált LEU körzetében elhelyezkedő vezérelendő balízek mennyisége.

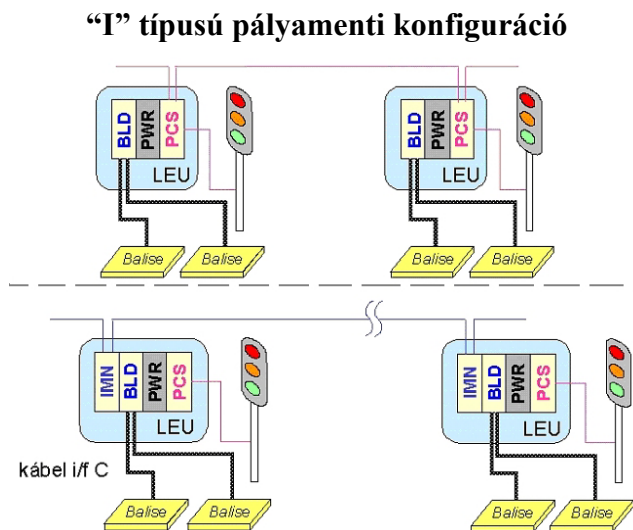
d) Decentralizált nyíltvonalai konfiguráció



43. ábra – Decentralizált ETCS 1-es szint nyíltvonalai alkalmazásokra

A decentralizált konfigurációnak egyik verziója nyíltvonalon alkalmazható. Ezt jellemzően térköz- és sorompó-berendezésekhez célszerű alkalmazni. A jelzőizzó-áramok mérése helyett itt párhuzamos I/O-t használnak a releváns információ biztosítóberendezésből történő kiolvasására. Az ETCS LEU táplálásához helyben tápfeszültség szükséges.

e) Csatlakoztatott konfiguráció



44. ábra – „Interconnected” decentralizált ETCS 1-es szint

A decentralizált 1-es szintű ETCS alkalmazásánál több esetben problémát jelenthet, ha az adott jelzőnél vagy térközberendezésnél rendelkezésre álló információ mennyisége korlátozott. Ez a hiányosság gyakran úgy küszöbölhető ki, hogy a szomszédos pályamenti

berendezésekből megfelelően kiválasztott és kinyert információt is eljuttatjuk az adott LEU-hoz. Ezen helyzetek megoldására az Alcatel 6413 termékcsalád rendelkezik egy I-vel jelölt, ún. Interconnected decentralizált konfigurációval is.

Amint az ábrákon látható, az információátvitel párhuzamos (felső kép) illetve soros (alsó kép) lehet. Az információátvitel típusa az áthidalandó távolságtól, illetve a továbbítandó információ mennyiségétől függ. Az esetleg szükséges IMN modulok szükségességének eldöntésénél gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell venni.

VI. Üzem módok

Ebben a fejezetben visszatérünk a fedélzeti berendezéshez, és megvizsgáljuk, milyen üzemmódok állnak rendelkezésre az ETCS rendszerben.

Azt, hogy egy adott időpillanatban milyen működési funkciókat kell a rendszernek ellátni, a fedélzeti berendezés aktuális üzemmódja határozza meg. Bizonyos üzemmódok nyomógomb segítségével hívhatóak, míg mások vett távirat alapján aktualizálódnak, de belső logikai állapotváltozások is kezdeményezhetnek üzemmódváltást. Az ETCS specifikációk 16 üzemmódot különböztetnek meg.

1. Nincs táplálás (NP)

Ha a fedélzeti berendezés nem kap táplálást (No power), ebbe az üzemmódba kerül. Ilyenkor a fedélzeti berendezés csak a vészféket vezérelheti.

2. Készenlét (SB)

A rendszer élesztése az ún. Start-Up folyamattal kezdődik. Bekapcsoláskor ez az alábbiakra terjed ki:

- Önteszt (EVC)
- CAB teszt (vezetőállás)
- Vészfék teszt
- Üzemi fék / Vontatási relé teszt
- DMI teszt

Készenléti (Standby) üzemmódban a rendszer egy olyan elő-üzemállapotban van, amikor semmilyen menetállapot nincs meghatározva. Ekkor a járművel nem lehet elindulni, mivel az elindulást az ilyenkor aktív „állóhelyzet felügyelet” meggátolja. A készenléti üzemmód két esetben fordulhat elő:

- a) a bekapcsolás, feszültség alá helyezés utáni állapotban *automatikusan*, és
- b) az üzemmódok bármelyikéből való „kezelés” SB-be való visszatéréskor.

Korábbi specifikációkban külön üzemmódként jelent meg az adatbeviteli üzemmód, ám a küldetés kezdete koncepció újragondolásával ez megváltozott. Jelenleg a készenléti üzemmód alatt van lehetőség a vonat közlekedéséhez szükséges adatok mozdonyvezető általi megadására, ugyanakkor a vonatadat módosítása a vonat álló helyzete esetén a legtöbb üzemmódból elérhető.

Az egyes adatok kötött sorrendben jelennek meg, s a vezetőnek csak változatlan (érvényesítés), vagy változtatásos (módosításkérés, megerősítés) formában lehet megadnia azokat. Az adatmező megtekintése menet közben is lehetséges, sőt az adatmezőben való mozgás is megengedett, de adatmódosítás csak megállás után lehetséges. Ez alól az egyedüli kivétel a tapadási tényező (Adh%), amelynek módosítása menet közben is lehetséges.

3. Teljes felügyelet (FS)

Teljes felügyelet (Full supervision) esetén gyakorlatilag minden tekintetben a fedélzeti berendezés felel a vonatért. Teljes felügyeleti módba a fedélzeti berendezés kézi úton nem, csak automatikusan kerülhet, ha az átkapcsolás minden feltétele teljesül, azaz valamennyi a felügyelethez szükséges pályá- és vonatadat a fedélzeten rendelkezésre áll.

FS üzemmódban a vonatmozgás felügyeletének alapja a dinamikus sebességprofil. Ha a mozdonyvezető ilyenkor a sebességfelügyelet feltételeit betartja, akkor a vonat a mindenkor aktuális sebesség/fékgörbe szerint közlekedik. Ellenkező esetben automatikus fékezés indul be.

Ebben az üzemmódban a mozdonyvezető számára valamennyi sebességinformáció elérhető a DMI-on, így például az aktuális, az engedélyezett és az oldási sebesség (ha van), továbbá a céltávolság értéke is.

4. Látra közlekedés (OS)

Ez az üzemmód a foglalt pályaszakaszon történő közlekedés üzemmódja, ahová csak automatikusan kerülhet a berendezés, a vezető azt nem választhatja ki. Nagyon hasonló a teljes felügyelethez, de a vonat sebessége a nemzeti adatoknál megadott látra közlekedési (On sight) sebességhatárt nem haladhatja meg.

Az OS üzemmód tehát azt teszi lehetővé, hogy ha a vonat a pályaoldaltól egy speciális táviratot kapott, akkor a vonat az abban megadott pontig FS-ben legyen vezethető. A megadott ponttól viszont csak a nemzeti értékben meghatározott sebességgel (nálunk 15 km/h) lehet haladni, és ilyenkor a mozdonyvezető felelőssége a pálya szabad, illetve foglalt állapotának felügyeletére terjed ki.

5. Saját felelősség (SR)

Ez a mód (Staff responsible) lehetővé teszi a mozdonyvezető számára, hogy egy ETCS-sel kiépített pályaszakaszon a járművet saját felelősségére irányítsa. Ekkor a fedélzeti berendezés be van kapcsolva, rendelkezésre állnak a vonatadatok, de a pálya-jármű információk a teljes felügyelet megvalósításához (még) nem elegendők, azaz a fedélzeti berendezés nem ismeri pontosan a bejárando utat. Ez jellemzően a fedélzeti berendezés üzembehelyezésekor, Megállj! állású jelző meghaladásakor, vagy egyéb pályaoldali meghibásodáskor (pl. rádiókapcsolat elvesztésekor) következhet be.

A vonat sebessége ebben az üzemmódban a nemzeti adatokban specifikált saját felelősségi módhoz tartozó legnagyobb, ún. plafonsebességet nem lépheti túl, és csak egy bizonyos távolság megtételére van lehetőség. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy míg Magyarországon az SR módban engedélyezett sebesség mindössze 15 km/h (ami egyáltalán nem tekinthető normális haladási sebességnek), addig a specifikációk szerint a default érték 40 km/h, ami majdnem háromszoros különbséget jelent!

Az RBC ezen túl – ha ennek feltételei adottak – rendelkezésre bocsáthat a fedélzeti berendezésnek egy listát, ami az adott irányban a vonat által meghaladható balízkokat tartalmazza. Ennek birtokában a fedélzeti berendezés bizonyos megszorításokkal, de az útvonalat és a vonatmozgás engedélyezett irányát is felügyelheti. Végül amennyiben a vonat egy „megállj SR módban” információt küldő balízttal halad meg, akkor azonnal megállítja a vonatot. A mozdonyvezető kérésére lehetőség van a megtehető távolság újbóli kiterjesztésére is.

Ez a „részleges felügyelet” egy ETCS-sel kiépített vonalon addig van érvényben, amíg az üzemmód megváltoztatásához szükséges információk be nem érkeznek. Az SR üzemmód így biztosítja a lehetőségét annak, hogy a vonat a bemenetelnél megadott fix sebességhatár mellett a következő balízsig, illetve a rádiókommunikáció helyreállításáig a személyzet felügyelete mellett vezethető legyen, majd a kapott távirat(ok) értelmében automatikusan átmenjen valamely más, jellemzően „magasabb” üzemmódba.

6. Tolatás (SH)

Ez az üzemmód teszi lehetővé a tolatási mozgásokat. A fedélzeti berendezés – az SR módhoz hasonlóan – felügyeli az engedélyezett plafonsebességet (nálunk 40 km/h), az SH módra vonatkozó balízlistát és a „megállj tolató módban” üzenetet küldő balízokat.

A tolatás (Shunting) üzemmód különlegessége, hogy a vonatmozgás úgy is lehetséges, hogy egyáltalán nincsenek vonatadatok a fedélzeti berendezésben. Tolató módban nem hajtható végre sem szintátmenet, sem RBC körzetek közötti átmenet.

Tolató módba kapcsolni egyrészt a jármű álló helyzetében lehetséges, illetve elrendelheti a pályaoldal is, amely megköveteli a mozdonyvezető nyugtázását. Ennek elmaradása kényszerfékezést vált ki. ETCS 1-es szinten az átmenet feltétel nélkül megtörténik, 2/3-as szinteken viszont a pályaoldal (RBC) engedélye válik szükségessé.

A fedélzeti berendezés ebben az üzemmódban tehát semmilyen balíz információt nem vesz figyelembe. Kivétel ez alól a „tilos a tolatás” üzenet, illetve ha rossz balízt halad meg a vonat, egyébként csak a nemzeti tolatási sebességérték felügyelete történik meg.

Ha a mozdony tolatás közben megáll, működésbe lép a korábbiakban már említett állóhelyzet (Standstill) felügyelet kiegészülve az „Elgurulás elleni védelem felügyelet” funkcióval.

7. Nincs jelfeladás (UN)

Ez az üzemmód (Unfitted) olyan pályaszakaszokon alkalmazható, ahol ETCS rendszer nincs kiépítve, vagy nem üzemel, és az esetlegesen meglévő nemzeti vonatbefolyásoló rendszer pedig nincs illesztve. A fedélzeti berendezés csak a vonat sebességét felügyeli, a vonatadatoknak és a nemzeti adatokban meghatározott jelfeladás nélkül engedélyezett legnagyobb sebességnek megfelelően. Az esetlegesen előforduló ideiglenes sebességkorlátozásokat a rendszer képes figyelembe venni. Ebben az üzemmódban a mozdonyvezető gyakorlatilag teljes felelősséggel tartozik a vonatért!

8. Túlhaladás (TR)

A fedélzeti berendezés automatikusan ebbe a módba kapcsol, amennyiben:

- a vonat túllép a menetengedélye végén,
- a vonat rossz balízt halad meg,
- saját felelősségi módban a vonat egy olyan balízt halad meg, amely „Megállj! saját felelősségi módban” táviratot küld,
- letelik a két rádiótávirat beérkezése közötti maximális biztonsági időzítés,
- tolató módban a vonat rossz balízt halad meg vagy „veszély tolatáskor” tartalmú táviratot kap.

Túlhaladáskor (Trip) automatikus vészfékezés következik be, ám a kettő nem ugyanaz. Például amikor a vonat túllépi a vészfék beavatkozási sebességet, a gyorsfék bekapcsol, de amíg a vonat nem lép túl a menetengedélye végén, addig nem beszélünk túlhaladásról.

Túlhaladáskor a fedélzeti berendezésnek feltétel nélkül, a lehető legrövidebb távon belül meg kell állítania a vonatot, és életbe kell léptetnie az álló helyzet felügyeletet. Bizonyos értelemben tehát a mozdonyvezetőnek túlhaladáskor már semmilyen felelőssége nincsen, csupán a megállás után van nyugtázási kötelezettsége.

A túlhaladás bekövetkeztevel 0,5 másodpercen belül a kényszerfékezést a fedélzeti berendezésnek meg kell kezdenie. Ennek tényéről a mozdonyvezetőt vizuálisan és akusztikusan is tájékoztatni szükséges a DMI-on keresztül.

AZ ETCS specifikáció bizonyos esetekben lehetőséget ad arra, hogy a túlhaladás funkció ne juthasson érvényre. Ilyen például a tolt tolatómozgás során meghaladott „Megállj” jelzést mutató jelző melletti elhaladás; és hasonlóan biztosítani kell, hogy a permisszív jelzők az adott szabályok szerint meghaladhatóak legyenek, a kényszerfékezés ne jusson érvényre.

9. Túlhaladás után (PT)

Csak *túlhaladás* módból kerülhet ide (Post trip) a fedélzeti berendezés, ha a mozdonyvezető megállás után nyugtázta a túlhaladást. Ilyenkor lehetősége van feloldani a vészféket, és vagy tolató módba kapcsolnia vagy új kihaladást (Start) kezdeményeznie. Csak e két módon folytathatja útját, hiszen az innen elérhető további üzemmódok (a fedélzeti berendezés leválasztása, lekapcsolása, illetve meghibásodása) esetén a továbbhaladás nem biztosított.

PT módban a mozdonyvezetőnek lehetősége van egy bizonyos távolságot eddigi menetirányával ellentétes irányban megtenni, úgymond visszatolatni. Mivel PT módban ez az alapértelmezett irány, ezért az ellentétes irányú mozgás-felügyelet ekkor az előre haladást gátolja.

10. Távvezérelt (SL)

Távvezérelt üzemmódban (Sleeping) a vezető („első számú”) jármű fedélzeti berendezése végzi a szerelvény felügyeletét, míg ez a mozdony „alvó” üzemben közlekedik. Minthogy ebben a mozdonyban vezető sem tartózkodik, a kijelző lekapcsolt állapotban van. Semmilyen vonatmozgás-felügyeletet nem lát el a mozdony.

11. Nem vezérelt (NL)

Olyan több mozdonyos szerelvény valamely mozdonyának üzemmódja, amely nincs összekötetésben a vezető mozdonyal (Non leading), de van saját mozdonyvezetője (tandem). A mozdony semmilyen mozgásfelügyeletet nem lát el ebben a módban, de az aktuális sebességet kijelzi a mozdonyvezetőnek.

12. Hátramenet (RV)

Ez a mód lehetőséget ad a mozdonyvezetőnek, hogy veszélyhelyzetben a jármű menetirányát megfordítsa, és visszafelé haladjon (Reversing) anélkül, hogy elhagyná az aktuális vezérállást. A fedélzeti berendezés ebben az üzemmódban a megengedett legnagyobb sebességet és a megtehető távolságot felügyeli.

A hátramenet üzemmód aktiválása csak a pályaoldal által előre engedélyezett helyeken lehetséges. Ennek egyik példája lehet egy hosszabb alagút, ahol is egy esetleges tűz miatt egyszerre akár több vonatnak is biztosítani kell a menekülési útvonalat, „visszafelé”.

13. Rendszerhiba (SF)

Ha az öntesztek során bármilyen biztonságkritikus meghibásodást észlel a fedélzeti berendezés, „rendszerhiba” (System failure) állapotba kerül. Ez azonnal vészfékezést vált ki, amely nem oldható fel. SF módból csak „izolált” (IS) módba lehet kapcsolni.

14. Leválasztott (IS)

Ebben az üzemmódban az ETCS fedélzeti berendezés minden más fedélzeti berendezésről (beleértve a fékrendszert is) fizikailag le van választva (Isolated). Ezzel minden felügyeleti felelősség elhárul a fedélzeti berendezésről, ettől fogva a mozdonyvezető teljes felelősséggel tartozik! A leválasztott üzemmód az egyetlen, amelyből a specifikációk nem határoznak meg egyetlen üzemmód-átmenetet sem, mivel ekkor egy külön eljárással kell a fedélzeti berendezést újra üzembe helyezni.

15. STM módok

- a) **Nemzeti STM mód (STM National – SN):** „STM” kiépítési szint esetén használatos. Ilyenkor a vonat olyan vonalon halad, ahol ETCS ugyan nincs kiépítve, de a meglévő vonatbefolyásoló rendszer illesztve van. Az ETCS fedélzeti berendezés ilyenkor a felügyeletet a nemzeti STM egységhez rendeli, amely ezen kívül hozzáférhet a DMI-hoz, a sebességmérőkhöz és a jármű-illesztőkhöz; így nem igényel minden funkcióhoz külön egységeket a meglévő vonatbefolyásoló rendszer fedélzeti része.
- b) **Európai STM mód (STM European – SE):** Hasonló a nemzeti STM módhoz, de a felügyeletet itt az ETCS fedélzeti berendezés adja. Az STM egység feladata hogy a vonatbefolyásoló felől kapott adatokat az ETCS berendezés számára is feldolgozható módon (pl. menetengedélyekké) átkonvertálja.

Üzemmódok és szintek kapcsolata

Az egyes üzemmódok és az ETCS szintek összefüggését mutatja be a **5. táblázat**. Az adott szinten a zölddel jelölt módok érvényesek. A pirossal kiemelt üzemmódok csak egyetlen szinten értelmezhetők.

Szint	IS	NP	SF	SL	SB	SH	FS	UN	SR	OS	TR	PT	NL	SE	SN	RV
0																
STM																
1																
2																
3																

5. táblázat – Szintek és üzemmódok kapcsolata

Az ETCS specifikáció pontosan meghatározza azt is, hogy az egyes üzemmódok között milyen átmenetek lehetségesek, ezeknek milyen feltételei és következményei vannak.

VII. Az EMSET és az ETCS-VB pre-pilot projektek

Az ETCS-t bemutató dokumentum utolsó fejezete visszatér a kezdetekhez, és a világ két legmeghatározóbb ETCS tesztjéről tesz említést, amelynek komoly hazai vonatkozásai vannak, hiszen az első komplett teszt ETCS-VB, azaz ETCS-Vienna-Budapest néven futott. Jóllehet a kiépítés végül korántsem ekkora szakaszon történt meg, mégis számos érdekes momentum rajzolódik ki e teljesen új rendszer első szárnypróbálgatásaiból.

1. Az EMSET pilot projekt

Projekt neve: Eurocab Madrid – Seville European Tests

Résztvevők:

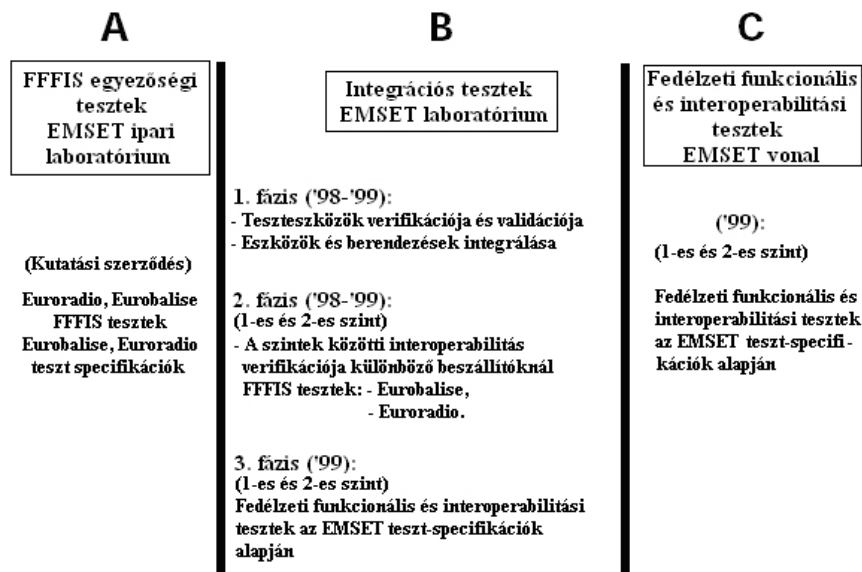
Projekt koordinátor: CEDEX

Partnerek:

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| • ALSTOM BELGIUM | • ALSTOM TRANSPORT S.A. |
| • ADTRANZ | • RENFE |
| • ALCATEL (ES) | • ALSTOM TRANSPORT S.p.A. |
| • ANSALDO TRASPORTI | • SIEMENS AG |
| • CEDEX | • TIFSA |
| • CSEE TRANSPORT | • ALCATEL (DE) |
| • DIMETRONIC | • WESTINGHOUS |

Projekt ideje: 1996.10.01 – 1999.06.30

Projekt célja: Az EMSET legfőbb célja az első lépés megtétele volt az ERTMS/ETCS fedélzeti alrendszerének (EUROCAB) alapvető funkcióinak validációja felé, valamint az interoperabilitás vizsgálata a különböző rendszerek között. A tesztek egyrészt laboratóriumokban, másrészt a Madrid-Sevilla vonalon zajlottak. A projekt több részből állt: a tervezéstől a tesztek meghatározásáig; a pálya és a járművek kiépítésétől a teszteszközök kifejlesztéséig; valamint az Eurocab prototípusának és az STM-ek meglévő nemzeti rendszerekkel való együttműködésének teszteléséig nagy területet ölelt fel. A **48. ábrán** a tesztfázisok három fő csoportja látható.



48. ábra – Az EMSET három fő tesztfázisa

Az EMSET vállalkozás folyamánya, hogy szépen sorban valamennyi EUROCAB eszközből elérhetővé vált az első EEIG SRS 4.A szerint igazolt példány, valamint az EURORADIO és az EUROBALISE laboratóriumi tesztek is végrehajtásra kerültek.

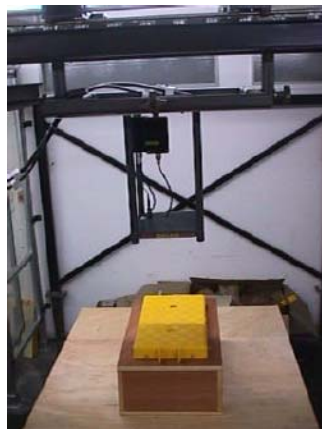
Ez a projekt bár nem komplett ETCS teszt volt, mégis alapjaiban járult hozzá az ETCS valós rendszerré fejlődéséhez, s megalapozta a további munkálatokat. Bár bizonyos tesztek és validációk nem fejeződtek be az ETCS-VB projekt kezdetéig, mégis a hazai teszt során sok eredményét felhasználták az EMSET-nek. Zárásként következzen pár kép e méltán híres korai ETCS tesztről.



49. ábra – A RENFE teszt-szerelvény (középen) felszerelése a “La Sagra” műhelyben



50. ábra – A tesztszakasz a „La Sagra” műhely közelében

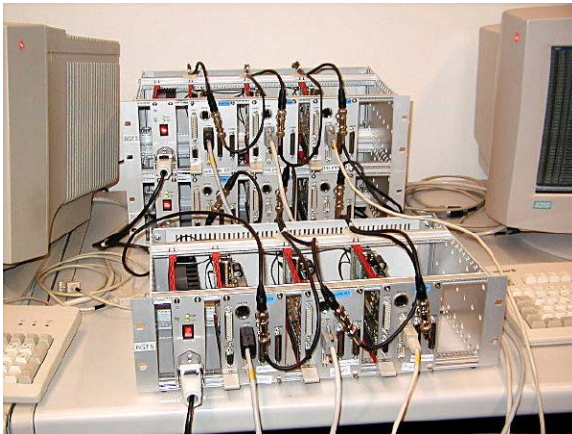


51. ábra – Eurobalise laboratóriumi tesztek

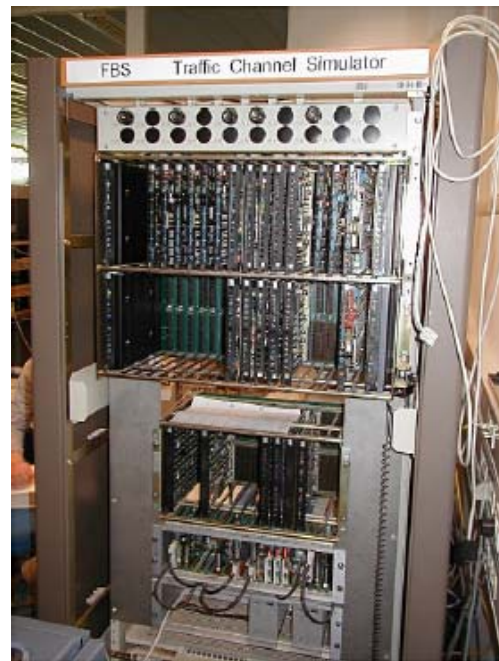


52. ábra – Interoperabilitási tesztek

Balra: ALSTOM antenna/BTM Siemens Eurobalise-okkal
 Jobbra: ANSALDO antenna/BTM ALSTOM Eurobalise-okkal



**53. ábra – Protokoll tesztek a prototípuson
 (Euroradio)**



**54. ábra – A projekt során használt
 GSM-szimulátor (Siemens, Berlin)**

2. A Bécs–Budapest installálás – ETCS-VB

A Bécs-Budapest vonal tesztszakaszának ERTMS/ETCS 1-es szintű tesztjében két vasúti társaság (a MÁV és az ÖBB) vett részt, továbbá öt ipari vállalat és egy független kutató és teszt központ. A projekt teljes megnevezése: „Kialakítása és helyszíni tesztelése az ERTMS/ETCS 1. szintű pilot telepítésnek a Bécs-Budapest vonalon (ETCS-VB)”. Az ETCS-VB Konzorcium tagjai tehát:

- Alcatel Austria AG (AAA), Ausztria
- Magyar Államvasutak (MÁV) Magyarország
- Arsenal-Ausztriai Kutató és Teszt Központ (Arsenal), Ausztria
- Osztrák Szövetségi Vasutak (ÖBB), Ausztria
- Alcatel SEL AG (SEL), Németország
- ALSTOM Belgium (ALSTOM), Belgium
- Ansaldo Signalamento Ferroviario (ASF), Olaszország
- CSEE Transport (CTR), Franciaország

a) Fő célok

A pilot projekt fő céljai pontokban a következők voltak:

- Különböző beszállítók alrendszerének és komponenseinek tesztelése egy komplett rendszerinstalláció keretein belül;
- Az ERTMS 1-es szintű rendszer vizsgálata kitöltő információk használatával;
- Az ERTMS/ETCS együttműködésének vizsgálata a nemzeti vonatbefolyásoló rendszerekkel (itt: a magyarországi EVM és az ausztriai Indusi), egy valóságos vonalon, vegyes vonatforgalom mellett, határátmenettel;
- A különböző működési módok közötti átmenetek kezelésének meghatározása és tanulmányozása (kitöltés az ERTMS/ETCS-ből illetve kitöltés az EVM-ből, működés kitöltéssel és kitöltés nélkül, ETCS működés az EVM és Indusi nemzeti üzemmódokban); valamint
- Bizonyos újonnan kifejlesztett különleges alrendszerek tesztelése valós üzemi körülmények között (TIU, STM-EVM, stb.).

Az ETCS-VB teszt során megkövetelt funkciók és a kapcsolódó szkenáriók az **ERRI (European Rail Research Institute – Európai Vasúti Kutató Intézet)** FRS és az **EEIG (European Economic Interest Group – Európai Gazdasági Érdekeltségi Csoport)** (ERTMS felhasználók) SRS általános rendszerspecifikációiból lettek egyenként átvéve. Ezen túl a létező nemzeti rendszerekre (az EVM Magyarországon és az Indusi Ausztriában) vonatkozóan specifikálásra kerültek konkrét, egyedi követelmények, valamint a jelzési rendszerekhez és a tesztjárművekhez kapcsolódó követelmények is. Mindkét vasúttársaság megkövetelte továbbá kitöltő információk átvitelét.

Jóllehet az ÖBB a folyamatos ETCS kitöltő átviteli megoldást követelte meg, a kitöltő információk csupán kiegészítő Eurobalise-okkal kerültek átadásra a teszt folyamán a vonal ausztriai részén (legfeljebb három közbenső balíz főjelzőnként). Ennek oka az az egyszerű tény volt, hogy akkoriban egyéb ERTMS kitöltő technológiák (sugárzókábel, GSM-R) nem voltak még elérhetőek. Magyarországon speciális követelmény volt a meglévő STM-en keresztüli EVM sínáramkört rendszer használata a kitöltő átvitelhez az ETCS működése közben. További különleges követelménye volt a MÁV-nak az útátjárók vezérlésének és ellenőrzésének befoglalása az ETCS funkciókba.

b) A környezet

A tesztszakasz végül a határ mindkét oldalán kiépült (Nickeldorf és Hegyeshalom között), 15 km hosszon Ausztriában (3 állomás 30 jelzőberendezéssel) és 30 km hosszon Magyarországon (4 állomással és 40 jelzővel, valamint egy szintbeni útátjáró berendezéssel). Egy ÖBB-s és egy MÁV-os mozdony lett felkészítve a tesztre, melyekből csak az ÖBB-s mozdony volt képes mind Ausztriában, mind Magyarországon közlekedni, köszönhetően az eltérő felsővezetéki hálózatnak.

A MÁV fedélzeti rendszerének kifejlesztését, a MÁV mozdonyához illesztését és beszerelését a CSEE Transport végezte. Magában foglalta az Eurobalíz átviteli rendszert, valamint egy STM modult a magyar EVM vonatbefolyásoló rendszer számára. A rendszer képes volt fogadni az EVM adatokat kitöltő információként, amikor ETCS 1-es szintű teljes felügyeleti módban futott. Egy ergonómikus, az ERTMS/ETCS specifikációknak megfelelő és az UIC normákhoz igazodó DMI-t használtak, mely képes volt megjeleníteni a szükséges információkat, így például az EVM adatokat, amikor nemzeti üzemmódban futott, igazodva az adott rendszer megjelenéséhez.

Az ÖBB fedélzeti rendszerének kifejlesztését, az ÖBB mozdonyához történő illesztését és beszerelését az ALSTOM végezte. Ugyancsak magában foglalta az Eurobalise

átviteli rendszert az ETCS 1-es szintjén, valamint egy STM-et az EVM és egy másik STM-et az Indusi számára. A DMI-ről ugyanazok mondhatók el, mint a MÁV esetében, azzal a különbséggel, hogy mind az EVM mind az Indusi adatokat képes volt megjeleníteni, ha az adott nemzeti üzemmódban futott.

A MÁV ETCS pályaoldali rendszerének fejlesztését és felszerelését az ASF végezte. A LEU-k központosítása az állomási biztosítóberendezésekben történt (centralizált telepítési mód), direkt interfésszel a biztosítóberendezéshez és a balizokhoz (legfeljebb 5 km hosszú kábellel). A hegyeshalmi biztosítóberendezés rekonstrukciójának köszönhetően ott az interfészt egy szimulátor helyettesítette, ami emulálta a biztosítóberendezési funkciókat összhangban az adott szituációval. A LEU-k gyártási nehézségei miatt a vonal másik részén nem minden jelző lett végül bevonva, így az ezekhez kapcsolódó balizok felprogramozása fix üzenetekkel történt az adott napon tesztelt szkenáriónak megfelelően. A szintbeni keresztezést a tesztekhez helyi LEU-val, illetve fix és programozható Eurobalizokkal szerelték fel.

Az ÖBB pályaoldali ETCS rendszerének fejlesztését és felszerelését az Alcatel végezte (részben Siemens alkotóelemekből). Ez esetben a decentralizált megközelítés okán a LEU-k közvetlenül az adott jelző mellett kerültek telepítésre, interfészekkel minden izzóáramkörhöz, rövid baliz kábelekkel (14 méter a főjelzőknél, 3 méter előjelzőknél).

A tesztek megfigyeléséhez és a teszteredmények rögzítéséhez a következő berendezéseket használták (az ETCS telepítéstől függetlenül):

- DGPS rendszer az aktuális idő, hely és sebesség mérésére,
- egy videokamera a DMI kijelző rögzítéséhez,
- egy videokamera a pályamenti jelzők állapotának rögzítéséhez (külső nézet).

Az eredményeket egy laptop segítségével rögzítették, s a későbbiekben szkenárióról szkenárióra értékelték ki, ellenőrizve, hogy vajon a specifikációknak megfelelően működött-e a rendszer. A tesztberendezést az Arsenal biztosította, aki ezen felül felügyelte és kiértékelte a teszteredményeket.

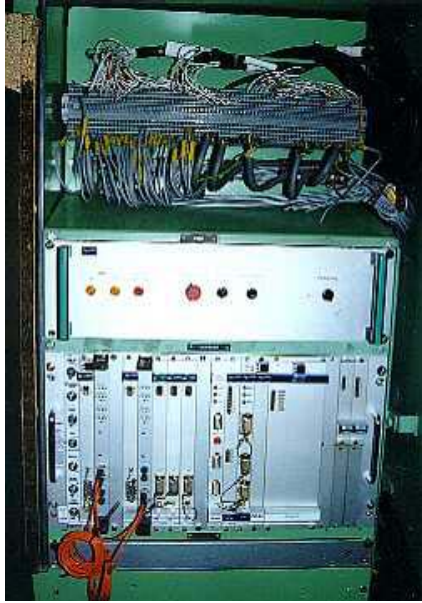
Az alábbi képek az ERTMS/ETCS-VB pre-pilot projekt egyik tesztnapján – 1999. november 3-án – készültek:



55. ábra – Kimle bejáratú jelző előtti térközjelző jelfeladói



56. ábra – A jelfeladók pályamenti egységeinek telepítése



57. ábra – Az ETCS agya, a számítógép (V63 156-on)



58. ábra – V63 156 elindulás után, az ETCS rendszert használva, Kimle kijárata után



59. ábra – V63 156 Kimlén, a próbafutás előtt, installálása alatt



60. ábra – Az ETCS kijelzője a V63 156 vezérállásában (nagy képernyő)



61. ábra – V43 1316 elhalad egy tehervonattal a telepített jelfeladók felett

c) Eredmények

- Az ETCS 1-es szintű teszt végrehajtása, bemutatása és rögzítése a Bécs-Budapest vonalon sikeres volt.
- Az összes előírt FRS funkciót és az összes meghatározott szkenáriót tesztelték.
- Bemutatták és sikeresen tesztelték az STM Indusi funkciókat Ausztriában és az STM-EVM funkciókat Magyarországon.
- A kitöltő funkciót sikeresen bemutatták Ausztriában a kitöltő Eurobalise-ok, míg Magyarországon az STM EVM használatával. Mindamelllett általános véleményként fogalmazódott meg, hogy a kitöltő információk kiegészítő Eurobalise-okkal megoldott eljárása nem helyettesítheti maradéktalanul a kitöltéseknek hurokkábel vagy GSM-R technológia segítségével történő folyamatos átvitelét.
- A határátmeneti működést is tesztelték, ahol néhány kezdeti problémával kellett szembesülni. Ezek főként pontos távolság és azonosító hivatkozásokat érintettek, valamint az Ausztriában és Magyarországon bázisként szolgáló ETCS specifikáció verzió problémái jelentkeztek. Ezek a problémák a balíz táviratok újraprogramozásával és az EVC (European Vital Computer) szoftver-adaptációjával kiküszöbölhető. Sajnálatos módon a teszt korlátozott időkerete miatt ennek megvalósítására már nem volt lehetőség.
- A különböző beszállítók moduljainak interoperabilitása, együttműködő képessége is bemutatásra került. Legjobb példája ennek az ÖBB mozdony különösebb problémák nélküli futása a magyarországi szakaszon.
- Végző következtetésként megállapítható, hogy ebben a projektben az első komplett ERTMS/ETCS telepítés bemutatkozása sikeres volt, és a fő rendszerfunkciók, illetve a tulajdonságok a vasutak számára meggyőző módon kerültek bemutatásra.

Ezen első pilot projekt után sorozatban kezdődtek különféle tesztek számos európai országban, melyekről röviden a következőkben még szó lesz. Az igazsághoz hozzátartozik, hogy Magyarországon a teszt után a rendszert nem használták többé a vonatközlekedésben. A későbbiekben bizonyos rendszer elemeket el is távolítottak, ráadásul napjaink ETCS üzemű mozdonya számos még jelenleg is a pályán megtalálható balíz információját nem is tudná értelmezni az eltelt idő folyamán bekövetkező változások miatt (formátum, verzió, stb.). A Szlovénia felé kiépített ETCS ezzel ellentétben valós üzemi körülmények között szolgálja napjaink vonatforgalmát (**62. ábra**).



62. ábra – Zalaegerszeg-Hodoš

d) Továbbra is itthon

A külföldi pilóták előtt nézzünk szét egy kicsit alaposabban a hazai környezetben. Néhány érdekes kiegészítő információ következik, a teljesség igénye nélkül.

--- 0 ---

Egy a MÁV-nál alkalmazandó ETCS rendszer meghatározása során abból kell kiindulni, hogy az új rendszer bevezetése csak fokozatosan történhet, és annak mind a már

jelenleg is meglévő, mind az újonnan épülő állomási, vonali és egyéb biztosítóberendezésekhez illeszkednie kell.

A MÁV a kódolt sínáramkörökkel működő EVM típusú folyamatos vonatbefolyásoló berendezéseket széles körben alkalmazza. A 75 Hz-es kódolt sínáramkörökkel működő jelfeladás a fővonalak jelentős részén mind az állomásokon, mind a nyílt vonalakon ki van építve. A szükséges fedélzeti berendezéssel a vontatójárművek döntő többségét felszerelték. E körülményekre tekintettel számolni kell az EVM típusú vonatbefolyásoló berendezések további üzemeltetésével.

A figyelembe veendő pályamenti alrendszer-kombinációk a következők:

- EVM típusú folyamatos vonatbefolyásolásra kiépített vonalak,
- ETCS rendszerű vonatbefolyásolásra kiépített vonalak,
- ETCS rendszerű és EVM típusú folyamatos vonatbefolyásolásra kiépített vonalak,
- Egyedi típusú vonatbefolyásolásra kiépített vonalszakaszok (pl. INDUSI rendszer az ÖBB határátmenetnél),
- Vonatbefolyásolásra ki nem épített vonalak. (Megjegyzendő, hogy a fedélzeti rendszerrel ellátott járművek haladása a vonatbefolyásolásra ki nem épített vonalakon az EVM-re vonatkozó feltételek szerint történik, de ebben az esetben a rendszer csak éberségellenőrzést hajt végre.)

--- 0 ---

Centralizált konfigurációban jelfogós biztosítóberendezéseknél a balizok vezérléséhez szükséges információkat a biztosítóberendezés jelfogós áramköreiből kaphatjuk meg. A legtöbb információ a berendezésben létező jelfogó állapotából leolvasható, azonban a berendezésekre az a jellemző, hogy az ilyen szerepet betöltő jelfogókon már nem található szabad érintkező, illetőleg felhasználható egységkivezetés. Ilyen eseteknél a szükséges érintkezők biztosításához olyan jelfogós illesztő áramköröket kell tervezni, amelyek jelfogói a biztosítóberendezésben megfelelő funkciót ellátó jelfogók ismétlődő jelfogóiként működnek, és azok alapállás- és működés-ellenőrzése is a biztosítóberendezésben megkövetelt módon megoldott.

--- 0 ---

A nemzetközi fővonalakon az ETCS kiépítése alapkövetelmény. Így van ez hazánkban is. Az 1-es fővonalon (Budapest – Hegyeshalom-országhatár) előkészítés alatt áll az ETCS kiépítése (budapesti végen csak Kelenföld állomásig, a másik végen Kimléig, mivel *elviékben* (!) a pre-pilot során Kimléig már kiépítésre került az ETCS). A vonalon számos állomás található, több közülük jelfogós berendezés, mely az ETCS számára jelfogós illesztő áramkörökkel elérhető. Más a helyzet két, elektronikus biztosítóberendezéssel ellátott állomásunkkal: Tata (Siemens) és Almásfüzitő (Alcatel).

Tata

Tata állomáson a Siemens SIMIS-C elektronikus biztosítóberendezése üzemel. Ebben a berendezésben a jelfogós biztosítóberendezésekhez hasonló módon, jelfogós illesztő áramkörökkel nem lehet hozzáférni a balizok, illetőleg a LEU-k vezérléséhez szükséges információkhoz, tekintettel arra, hogy a jelzőfények vezérlése és ellenőrzése is részben a külsőtéren, a jelzők közelében történik. Ennek megfelelően a jelzőknél hozzáférhető információkat a decentralizált rendszerben szokásos módon, közvetlenül a jelzők fényáramköreiből veszik át, míg a belsőtéri berendezésből csak azokat az információkat veszik át, amelyek a jelzőknél nem állnak rendelkezésre, vagy technikailag nem megoldható az információ átvétele. Az állomáson 4 bejáratú és 8 kijáratú jelzőről kell információt átadni az ETCS rendszer számára.

Almásfüzitő

Almásfüzitő állomáson Alcatel ELEKTRA elektronikus biztosítóberendezés üzemel. A berendezés hatókörzete gyakorlatilag két állomásra, Almásfüzitő két átmenő fővágányára és Almásfüzitő-Felsőre, valamint a közöttük található területre terjed ki. Almásfüzitő állomás további vágányaira az ETCS rendszernek nem kell kiterjednie, ezért annak biztosítóberendezéséhez sem kell csatlakozni. Az ELEKTRA berendezésben a jelfogós biztosítóberendezésekhez hasonló módon, jelfogós illesztő áramkörökkel ugyancsak nem lehet hozzáférni a balizok illetőleg a LEU-k vezérléséhez szükséges információkhoz, a Tata esetében is említett okok miatt. Ennek megfelelően itt is közvetlenül a jelzők fényáramköreiből veszik át a jelzőknél hozzáférhető információkat. A belsőtéri berendezésből csak azokat az információkat veszik át, amelyek a jelzőknél itt sem állnak rendelkezésre, vagy technikailag nem megoldható az információ átvétele. Az állomáson 8 bejárati és 18 kijáratú jelzőről kell információt átadni az ETCS rendszer számára.

--- 0 ---

Érdekes probléma jelentkezik olyan vonaton, amikor az kijáratú hívásfeloldóval közlekedik. A bejárati jelzőnél elhelyezett baliz ugyanis a jelző előtt található. Ez a fenti vonat esetén azt jelenti, hogy az első térköz foglalttá válik, mire a mozdony a baliz fölé ér. Ezt a problémát egyébként a LEU interfészben, a megfelelő jelek késleltetésével kívánja a MÁV megoldani.

3. Egyéb projektek

A teljesség igénye nélkül következzen néhány ERTMS projekt Európából:

- ⊕ Magyarország (MÁV Rt): ETCS 1-es szint és állomási biztosítóberendezések megvalósítása a magyar – szlovén vasútvonalon Zalalövő és Hodoš között, 5 jármű felszerelésével együtt – lásd 62. ábra. [Alcatel]
- ⊕ Luxemburg (CFL): A “Krokodil” típusú vonatbefolyásoló rendszerhez illesztett ETCS 1-es szintű pályamenti rendszer kb. 200 jelfeladó ponttal 2001 vége óta üzemel. A megvalósítás több ütemben történik. [Alcatel]
- ⊕ Svájc (SBB): Az Alcatel TAS Austria “ETCS fogadására kész” elektronikus biztosítóberendezéseket, illetve komplett ETCS-megoldásokat szállított (pl. Az Olten – Luzern és Mattstetten – Rothrist ETCS 2-es szintű vonalak). Lenzburg és Emmenbrücke között, kb. 45 km hosszú szakaszára telepítettek új ETCS 1-es szintre felkészített Elektra 2.x generációs biztosítóberendezéseket, amelyek 2002. november 29. óta vannak üzemben. [Alcatel]
- ⊕ Ausztria (ÖBB): a Bécs – Hegyeshalom vonalra telepített, Eurobalizokkal és Euroloopokkal (jelfeladó kábelhurkokkal) kialakított ETCS 1-es szintű rendszer. A telepítés 2002 végén befejeződött, jelenleg az ETCS-szel felszerelt járművekkel folyik a jóváhagyáshoz szükséges teszt sorozat (Ausztria). [Alcatel]
- ⊕ Románia: 2002-ben a Siemens nyerte a Bukarest-Campina vonal ETCS 1-es szinttel való felszerelésének feladatát. A vonal a IV korridor (Magyarország-Románia) része. A kiépítés várható kezdési ideje 2004 (202 fix baliz, 306 vezérelt baliz, 140 LEU).

VIII. Források

Specifikációk:

1. ETCS FRS 4.29
2. ETCS SRS 2.2.2
3. EIRENE FRS 6.0
4. EIRENE SRS 14.0
5. Subsetek, egyéb specifikációk: 032, 033, 037, 039, 041, 043, 044, 045, 047, 050, 078, 092, WGA9DprEN part I-VI,

Internet:

1. www.ertms.com
2. www.russellpublishing.com/railway
3. www.cordis.lu/transport
4. <http://europa.eu.int/comm/transport/extra>
5. www.pp.bme.hu/tr
6. www.aeif.org
7. <http://zpok.hu/fjoo/etcs.htm>
8. www.siemens.com/ts
9. www.trainweb.org
10. <http://www.modemido.hu/julius/kisszotar.html>
11. www.alcatel.de

Nyomtatott sajtó:

1. Jóvér Balázs – Egyszerűen ETCS (v2.2), kézirat
2. Jóvér Balázs – Továbbra is ETCS (v1.1), kézirat
3. Aranyosy Zoltán, dr.Mosóczi László – Az Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszer (ETCS) bevezetése a MÁV hálózatán – Vezetékek Világa, 1996/1. szám
4. dr.Rózsa Gábor, dr.Héray Tibor, Aranyosy Zoltán – Az ERTMS/ETCS telepítési lehetőségei, tekintettel a megvalósítás költségeire – Vezetékek Világa, 2002/3. szám
5. Aranyosy Zoltán, dr.Mosóczi László – ERTMS/ETCS 1-es szintű rendszerének kísérleti üzeme a Kimle-Hegyeshalom-országhatár vonalszakaszon – Vezetékek Világa, 2000/1. szám
6. MÁV Rt. Szakjegyzet: Vasúti villamos felsővezeték – MÁV Rt. Vezérigazgatóság, 1997.
7. Balás Elemér – A vasúti mobilrádiózás jelene: a GSM-R – Vezetékek világa, 2002/3. szám
8. Jóvér Balázs – Rádióhullámok és antennák – saját jegyzet (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, szakdolgozat)
9. Jóvér Balázs – Rádió alapú forgalomirányítás a vasúti közlekedésben – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, OTDK dolgozat, 2001.
10. Tasnádi Dénes – Az ETCS rendszer engedélyezési és biztonságigazolási eljárása – Vezetékek Világa 1998/2. szám
11. Buzgány Imre – Az Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszer – Forgalom, 2001/3. szám
12. Dárdai Árpád – Mobil távközlés, 1999. – Nap kiadó
13. Ujhelyi Tamás – GPRS adatátviteli lehetőségek és alkalmazások a GSM-R hálózaton – Vezetékek világa 2002/3
14. Vince Béla György – ETCS-szel támogatott vonali sorompók szimulációs vizsgálata, diplomaterv, BME 2002

A szerző elérhetőségei:

Contestjb@hotmail.com

joverb@mav.hu

+3630/293-64-97