

# Mi is az az ETCS?

OLASZ PÉTER

Nokia Networks  
peter.olasz@nsn.com

*Kulcsszavak: GSM-R, ETCS, ERTMS, vasúti biztosítóberendezés*

**A GSM-R hálózatokon használt legfőbb alkalmazás a biztosítóberendezések egyik modern, szabványosított technológiája, az ETCS – ez a két rendszer annyira „összenőtt”, hogy együttesük külön nevet is kapott: ERTMS. Telekommunikációs szakemberek szempontjából a legfontosabb a két rendszer közötti felületek egyértelmű definíciója, az ETCS által a GSM-R-el szemben megfogalmazott követelmények teljesítése. Mégis, a pusztán technikai tényeken felül érdekes lenne tudni, miért is kell az ETCS-hez a GSM-R, hogyan működik ez a korszerű biztosítóberendezés rendszer, milyen alkalmazási szintjei vannak, mit lehet vele megvalósítani a páneurópai, nagy járatsűrűségű vasúti rendszerben.**

## 1. Bevezetés

A cikk alapszintű bevezetést nyújt a távközléssel foglalkozók számára a vasúti biztosítóberendezések egyik speciális, a GSM-R technológiával együtt használt típusába, az ETCS-be. Nem törekszem a vasúti automatizálás teljes bemutatására, inkább kitekintő jelleggel ismertetem a híradástechnikusok számára határterületnek számító technológiát. Az ETCS nomenklatúrája és struktúrája után annak a GSM-R-hez való kapcsolódása, minősítése, majd a mindennapi használat előnyei kerülnek ismertetésre.

## 2. A biztosítóberendezések taxonómiája

A vasúti közlekedés biztonságos és gazdaságos üzemeltetésének alapfeltétele egy olyan rendszer, mely – az emberi tényezők minél nagyobb kizárásával – befolyásolja a vonatok közlekedését, kizárja a balesetekhez vezető humán hibákat. A vasúti közlekedés kialakulása, fejlődése során sokféle biztosítóberendezés és rendszer jött létre. Ezek kezdetben kevéssé kerültek harmonizáltan szabványosításra, távközlési analógiával élve az analóg telefóniához lehetne hasonlítani őket: hiába csak egy érpár, de országonként eltérő impedancia, eltérő fizikai csatlakozófelület, eltérő vonali jelek/jelzések uralkodnak.

Jelen cikkben a modern, önműködő berendezések egyikével, az Európai Vonatbefolyásoló Rendszerrel, azaz European Train Control System (ETCS)-el foglalkozunk. Ez az ún. automatikus vonatbefolyásoló rendszer kezdetben az európai átjárhatósági törekvések érdekében jött létre, mára azonban a világ majdnem összes kontinensén használatos, kvázi világszabvánnyá nőtte ki magát.

Működéséhez szükség van a GSM vasúti verziójára, a GSM for Railway (GSM-R) rendszerre, mely a fo-

lyamatos, vezeték nélküli hang- és adatkommunikációt valósítja meg a vonatbefolyásolással párhuzamosan és azzal együttműködve.

A két rendszer együttese alkotja az Európai Vasúti Közlekedés Irányító Rendszert, a European Rail Traffic Management System-et, azaz ETCS + GSM-R = ERTMS. (Az átjárhatósághoz természetesen szükség van még egyéb harmonizált komponensekre is mint pl. egyező vontatási feszültség, kompatibilis nyomtáv, hogy akadálytalanul utazhassunk például Hamburgtól a Boszporuszig, de híradástechnikai vonatkozás hiányában ezek tárgyalásától most eltekintünk.)

Az ETCS rendszer különböző szinteken valósítható meg, melyek aszerint kategorizálhatók, hogy az adott megvalósítás milyen funkcionalitással bír, mekkora a pálya menti kiépítettsége, illetve milyen mértékben képes beavatkozni a rendszer a vonat vezetőjének feladatába, döntéseibe.

Ezeket a szinteket általában az ETCS „Level x” (röviden Lx) elnevezéssel jelölik, ahol „x” az adott szintre utal.

**ETCS L0:** ebben az esetben egy ETCS-el ellátott jármű olyan pályán közlekedik, amelynek mentén nem került ETCS kiépítésre (így nincs is interakció a pályamenti berendezések és a fedélzeti ETCS között). A GSM-R rendszer (ha telepítve van) hanghívásokra használható.

**ETCS L STM:** mint a L0, de a pálya menti nem-ETCS rendszer illesztésre került a jármű ETCS rendszeréhez, azaz a fedélzeti berendezés mégis megkapja a külső információkat. A GSM-R rendszer (ha telepítve van) hanghívásokra használható.

**ETCS L1:** a pálya mentén telepített ETCS rendszerrel a jármű csak pontszerű kapcsolatban van, a sínek közé telepített ún. balizokon, jeladó antennákon keresztül. A GSM-R rendszeren bonyolódnak a hanghívások.

**ETCS L2:** a L1-hez képesti többlet, hogy a jármű a GSM-R rendszeren keresztül folyamatos adatkapcsol-

latban van a pálya menti rendszerrel, azaz a fedélzeti számítógép mindig aktuális információkkal rendelkezik a vasúti környezetről. Természetesen ezen felül a GSM-R rendszer hanghívásokra is használható.

**ETCS L3:** mint a L2, de a térközök az egyes járművekhez kötődve dinamikusan változnak, illetve a vonat integritás tekintetében maga a jármű játszik fontos szerepet, nincs külső érzékelőkre utalva.

**ETCS Regional / LC:** mint L3, de annál sokkal alacsonyabb megvalósítási költséggel (LC=Low Cost), kifejezetten kis vasúti hálózatokra tervezve (nem országos, hanem regionális megvalósítással).

Általánosságban elmondható, hogy jelenleg a L2 a legelterjedtebb, legdinamikusabban épülő megvalósítási forma, így a továbbiakban ezzel foglalkozunk.

### 3. Az ETCS L2 komponensei

Az ETCS L2 rendszer elemeit alapvetően két szegmensre bonthatjuk: a pálya menti és a járművön elhelyezkedőre. Ezeket az 1. ábrán láthatjuk.

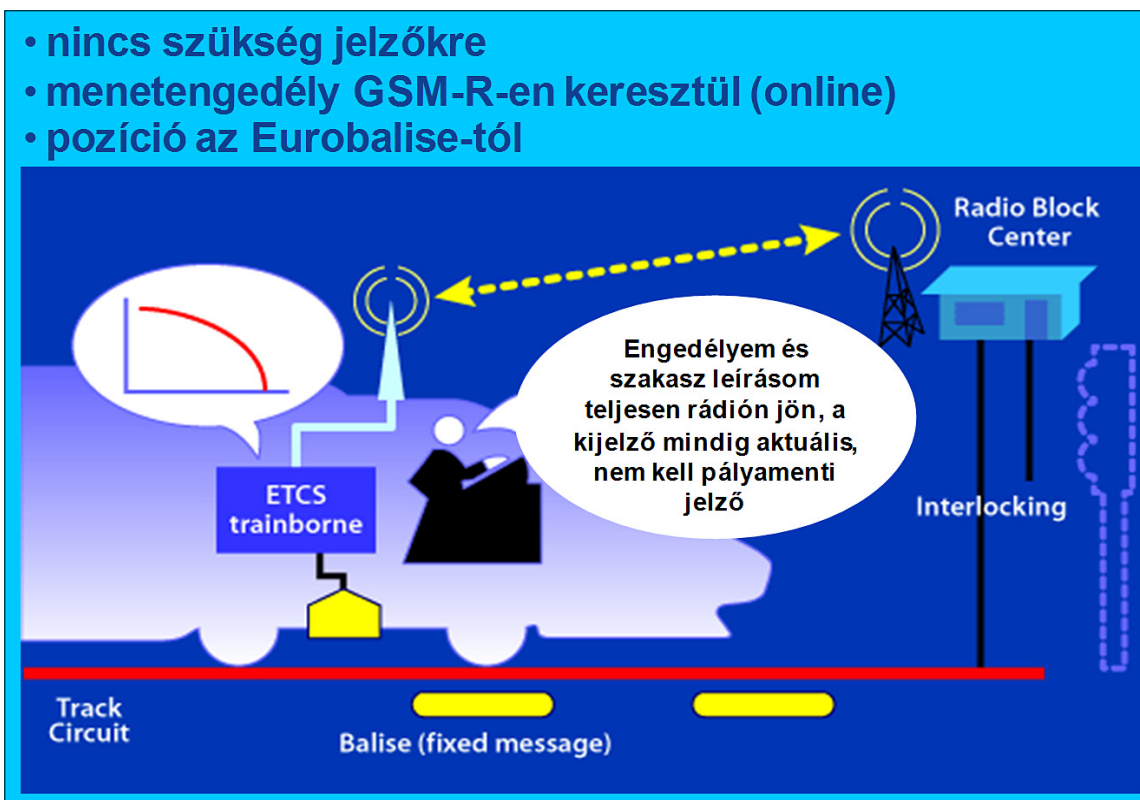
A pálya menti érzékelők (mint pl. tengelyszámláló), visszajelzők, jeladók, balízkok az ún. Rádiós Blokk Központtal, a Radio Block Center (RBC)-vel állnak kapcsolatban. Az RBC egy adott pályaszakasz hosszon (tipikusan 70-100 km) kezeli az összes ilyen elemet, és minden pályamenti információ gyűjtőhelye.

A jármű fedélzetén lévő ETCS berendezés lényegében egy olyan számítógép, mely a szerelvény automatikus közlekedéséhez szükséges paramétereket (menesztés, gyorsítási profil, fékezés) a számára rendelkezésre álló fedélzeti és pályamenti adatokból kiszámítja.

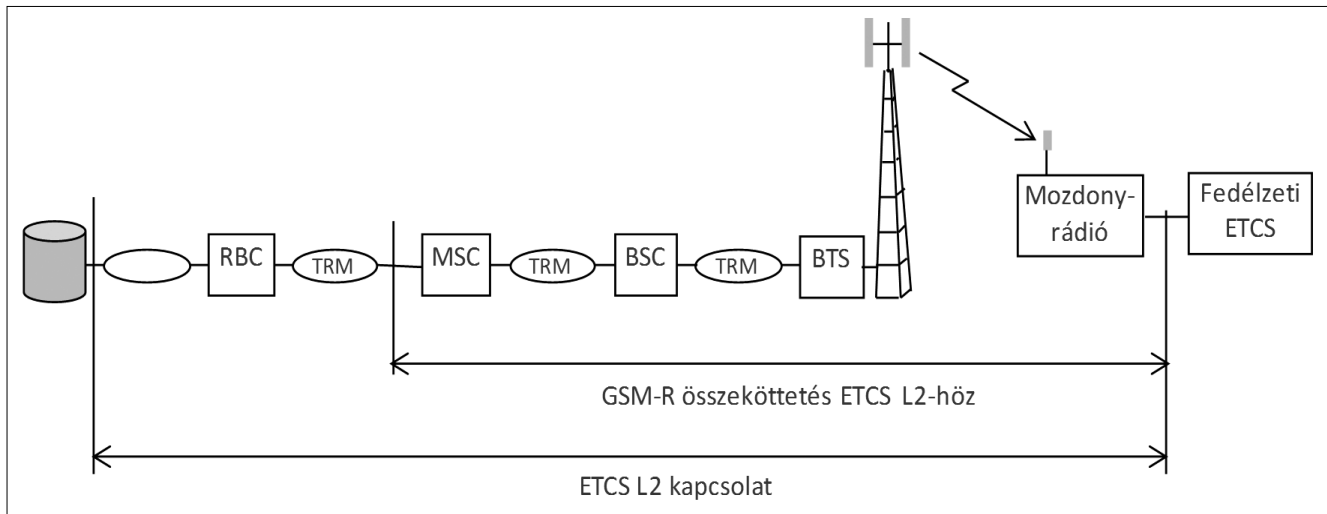
A fedélzeti berendezés és az RBC folyamatos adatkapcsolatát az ERTMS esetében a GSM-R rendszer biztosítja. A GSM-R rendszer felépítése egy szokványos 2G mobilhálózaténak felel meg, azaz MSC (kapcsolóközpont), BSC (bázisállomás vezérlő), BTS (bázisállomás) és rádiós terminál, jelen esetben speciális nevén mozdonyrádió az alkotóelemei. A mozdonyrádió egy, a vontatójárműbe fixen beépített rádió, mely a jármű tetejére kivezetett antennákkal rendelkezik, adóteljesítménye pedig szabványosan 8 W. A beszédcélú mozdonyrádió humán kezelőfelülettel bír, míg az ETCS rádió működésébe a vonat vezetője nem tud beavatkozni, az lényegében egy M2M alkalmazás részeként üzemel. Az ETCS rádió két rádiós modult is tartalmaz az RBC handover lebonyolításához, mindaddig nem lehet lebontani az aktuális RBC-vel fennálló adatkapcsolatot, míg a következőre be nem jelentkezett a jármű.

### 4. ETCS L2-GSM-R kapcsolódási felületek

Az ERTMS rendszer folyamatos adatátvitelét a szabvány jelenlegi verziója szerint egy transzparens, vonalkapcsolt adathívás biztosítja a vonaton elhelyezkedő speciális mozdonyrádió, a csak ETCS-célú adatrádió, ETCS Data Only Radio (EDOR) valamint a kapcsolóközpont-hoz (MSC) kapcsolódó RBC között. Ebből a rendszerfelépítésből adódnak a jól definiálható interfész felületek is: az EDOR és a fedélzeti ETCS berendezés közötti soros csatoló (tipikusan RS485 vonal) valamint az MSC-RBC csatoló (tipikusan E1, ISDN primer). Az ERTMS követelmények ezeken a referencia felületeken (2. ábra) mérik a GSM-R rendszer által biztosított átvitel minőségét.



1. ábra  
ETCS  
építőelemek



2. ábra ETCS L2 és GSM-R kapcsolódási felületek

(Megjegyzendő, hogy a jövőben a szabvány következő verziójában új átviteli módként az ETCS GPRS-en keresztül, ETCS over GPRS (EoG) jelenik majd meg, ezáltal változni fog a kapcsolódási felületek központi oldala, hiszen az RBC többé nem az MSC-hez, hanem a csomagkapcsolt átjáróhoz, azaz a GGSN-hez fog kapcsolódni.)

A definiált kapcsolódási felületek között a GSM-R hálózat ideálisan „sötét csőként” viselkedik a transzparens átviteli mód miatt, a valóságban azonban ez a cső igen képlékeny a több részből álló átviteli út miatt. Ahogy a 2. ábrán jobbról balra haladva megfigyelhető, először a rádiós hálózat stabilitásával kell számolni, melyre az EIRENE szabványok ugyan szoros lefedettségi követelményt fogalmaznak ugyan meg, a jármű sebessége, a bázisállomástól való távolság változása, a fading-ből adódó télerő-ingadozás, az egyes bázisállomások közötti handoverek nagyban befolyásolják az átvitelt. A GSM-R hálózat elemei közötti átviteli utak (melyeket megvalósíthat SDH/TDM vagy IP/MPLS hálózat is) sem egyetlen node-ból állnak, a vasúti működés más szegmenseinek működéséből adódó egyéb forgalom is hatással lehet az ERTMS jelátvitelre.

## 5. ETCS L2 indikátorok

Hogy a fent definiált változó jellemzők ellenére az átviteli út minősége bizonyossággal mérhető legyen, az

ERTMS szabványok, ajánlások között kettő is foglalkozik a szolgáltatás minőségére vonatkozó KPI-okkal. A UNISIG Subset 093 mondja meg, mit kell mérnünk, míg az O-2475 azt is elárulja, hogyan.

A kapcsolati sebesség nem nagy, a 2G-ben szokásos 2,4 / 4,8 / 9,6 kb/s vivőszolgáltatások megléte a megkövetelt. Az ehhez kapcsolódó jellemzőket az 1. táblázat foglalja össze.

A tesztelésről szóló dokumentum a tesztkörnyezet, a referencia architektúra definiálása mellett iránymutatást ad a mérések lebonyolításához, a használandó eszközökhöz, példákul szolgál a jelfolyamokra, végül a kiértékelésre, a statisztikák felállítására is kitér.

Fentiekből következik, hogy a mérések végrehajtásához végponttól végpontig terjedő, úgynevezett end-to-end tesztelési környezetre van szükség, ahol egy teljes GSM-R hálózat felépíthető laboratóriumi körülmények között, hogy a mérés reprodukálható legyen a különféle valós hálózatok topológiáját, berendezés állományát mégis legjobban megközelítve.

A Nokia Networks budapesti Technológiai Központja kivételes helyzetben van ezen a téren. Itt zajlik ugyanis a GSM-R hálózatok modern, Rel4 architektúrájú (MSS+MGW felépítésű) kapcsolóközpontjának fejlesztése, emiatt több átfogó tesztkörnyezet is kialakításra került különféle célokkal, így például elkülöníthető a funkcionális tesztelés és a redundancia mechanizmusok kiértékelése. A Rendszer Ellenőrzési laboratórium két különböző tesztkörnyezete a 3. ábrán tekinthető meg.

QoS paraméter	Érték
Kapcsolat felépítési késleltetés	max. 8,5 s (95%), 10 s (100%)
Kapcsolat felépülési hiba	max. $10^{-2}$
Átviteli késleltetés (30 byte-ra)	max. 0,5 s (99%)
Csatlakozás megszakítási hiba	max. $10^{-2}$ / h
Átviteli interferencia	max. 0,8 s (95%), 1 s (99%)
Hibamentes időköz	min. 20 s (95%), 7 s (99%)
Regisztrálási késleltetés	max. 30 s (95%), 35 s (99%), 40 s (100%)

1. táblázat  
ETCS QoS  
kivánalmak

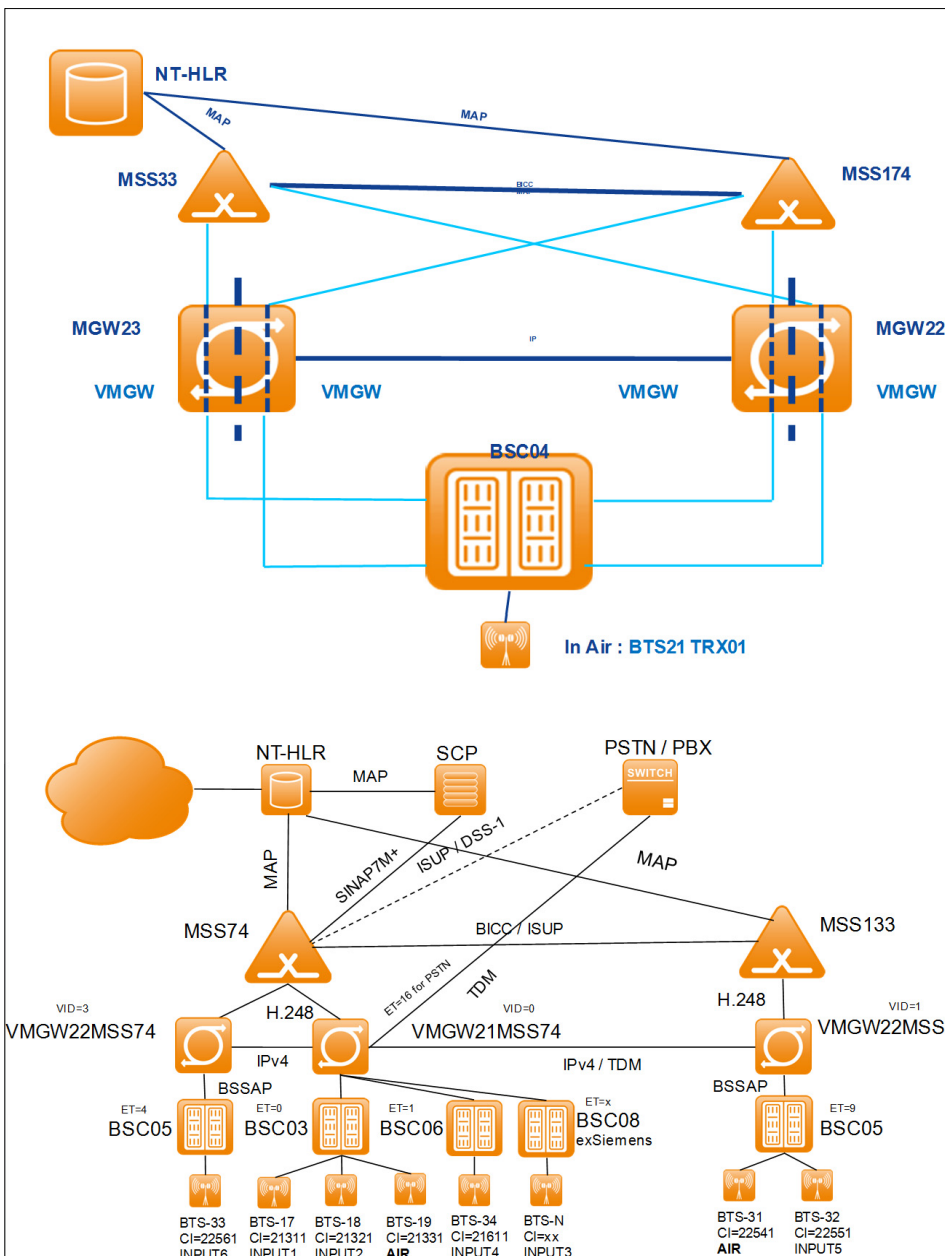
Nemzetközi, éles ETCS L2 projektekben szerzett tapasztalataink szerint az egyik legkényesebb pont az EDOR készülékek rádiós moduljainak működése, ennek megfelelően a budapesti labor több rádiós bázisállomással bír a hívásterveztek lefolytatásához.

A TEN-T program keretében történő, GSM-R infrastruktúra vendorok közti átjárhatóságot biztosító Interoperabilitási Tesztek (IOT) aktuális fázisa is ebben a laboratóriumban zajlik, várhatóan 2015 első negyedévi befejezéssel.

### 6. ETCS L2 alkalmazási előnyök

Az ETCS L2 alapvető célja a vasúti közlekedés biztonságának szavatolása, felhasználhatósága azonban ezen a célon jóval túlmutat, az alábbiakban vázoltak miatt.

3. ábra Nokia System Verification tesztkörnyezetek



Az ETCS L2 telepítésével a biztosítóberendezési hálózat egyszerűsödik, a különféle célú (külön állomási és külön vonali) szegmensek helyett egyetlen homogén rendszert lehet használni. Hasonlóképpen igaz mindez a távközlési hálózatra is a GSM-R hálózat kiépítése miatt: átfogóan képes leváltani a szeparált, szigetszerű rádiós hálózatokat (pl. tolatóközveti és vonali).

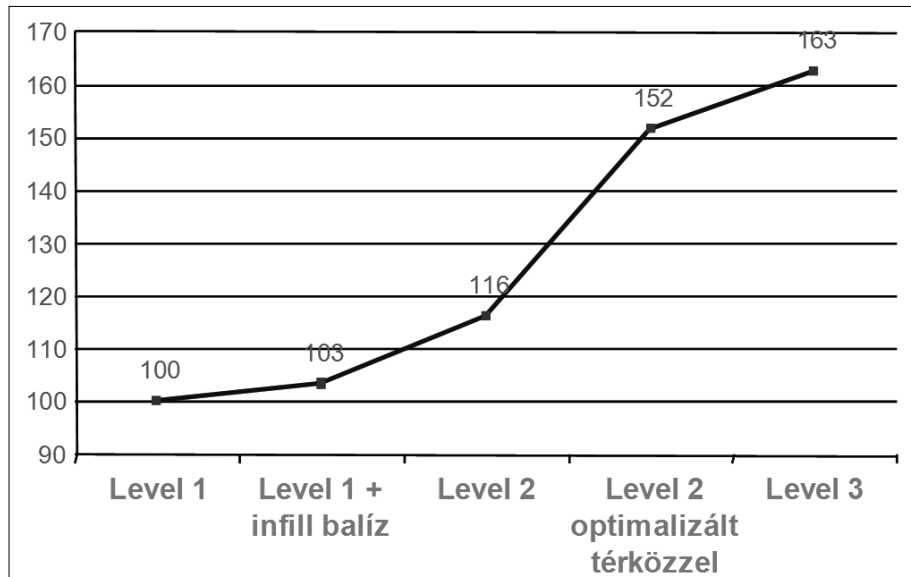
A homogén, egyazon technológiából felépülő hálózatok karbantartási igénye kisebb, kevesebb típusú alkatrészt kell raktáron tartani, logisztikázni, a szervízszemélyzet kevesebb tréningben kell részesüljön – egy szóval, hosszú távon az OPEX jelentősen csökken, kedvezőbb a TCO. Mivel a rendszer részeként települő távközlési hálózat univerzális célú, több funkcióban is kihasználható a hálózat megfelelő kapacitás méretezés és az úgynevezett mission critical alkalmazások elkülönítése mellett.

A teljesen önműködő biztosítóberendezés a humán hiba kiküszöbölésével magasabb biztonsági szintet valósít meg, amely a balesetek megelőzésével nemcsak anyagi, nemzetgazdasági megtakarításhoz vezet, hanem emberéleteket óv meg.

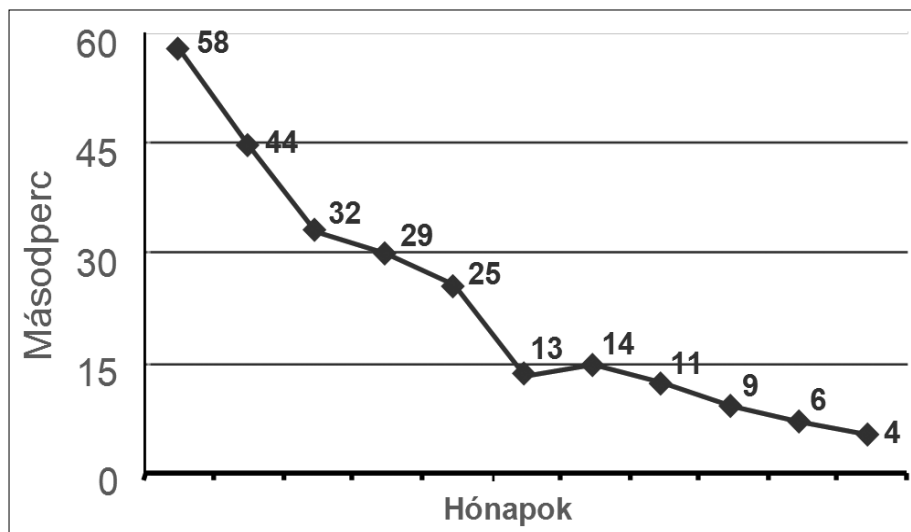
Az ETCS L2 alkalmazása nagyobb vonatsűrűséget tesz lehetővé egy adott vonalszakaszra vonatkoztatva, hiszen kisebb térközökkel, precízebb menetrenddel közlekedtetethetők. Ez jótékony hatással van úgy a személy- mind a teherforgalomra, ráadásul a vasút komoly értéket képviselő állóeszköz-állományának holtidejét is csökkenti azok jobb kihasználtságával. A 4. ábrán látható összehasonlító diagramból egyértelműen látszik, hogy – elsősorban a nagysebességű vasúti közlekedés esetében – egy optimalizált térközű ETCS L2 rendszer 150%-ra növeli a kapacitást a L1 rendszerhez képest.

Az ETCS L2 esetében csökken a pályamenti berendezések száma, részint a kevesebb érzékelő, sínhurok és balíz, részint pedig a többé nem szükséges vizuális jelzők miatt.

Az ERTMS mindkét komponensének szabványosítása több előnnyel is jár: egyrészt biztosított mindkét szegmens számára az átjárhatóság a különböző országok va-



4. ábra Vonali kapacitás nagy sebesség esetén



5. ábra Átlagos járatkésés Svájcban

súti hálózatában (vagy akár a heterogén hálózattal rendelkező országok különböző vendoroktól származó részei között); másrészt pedig az egymással csereszabatos berendezések nyílt piaci versenyt eredményeznek, a vasúttársaságok előtt nyitva áll a választási lehetőség a beszállítók között.

Mindezek összessége vezet ahhoz, hogy az ETCS L2 rendszer magasabb működési teljesítmény elérését teszi lehetővé ehhez viszonyítottan alacsonyabb működési költséggel (a CAPEX tekintetében azonban több pénzt igényel egy konvencionális rendszerrel).

Mindez természetesen kevésbé hatja meg az utazóközönséget, nekik is jut azonban olyan statisztikai mutató, mely bizonyítja, az adófizetői pénzek elköltésének hatékony módja az ERTMS hálózat építése. Az 5. ábrán az SBB hálózatában tapasztalható változás olvasható le, az ETCS L2 bevezetésével, a kezdeti gyermekbetegségek kiküszöbölésével egyenes arányban nőtt meg a járatok pontossága is.

## 7. Összefoglalás

Az ETCS L2 olyan érdekes M2M alkalmazása a több évtizede bevált 2G mobilhálózatoknak, mely összehozza a vasúti és távközlési technológiákat. Segítségével a biztonságos mellett gazdaságos vasúti közlekedés érhető el, jövőbiztos megvalósítással. A cikk igyekezett rávilágítani az ERTMS két alkotóelemének, az ETCS-nek és a GSM-R-nek szimbolizására, a távközlési mérnökök számára betekintést adni egy másik világba, mely legalább olyan bonyolult mint a telekommunikáció.

### A szerzőről



**OLASZ PÉTER** a BME Villamosmérnöki Kar elvégzése után 1995-től radartechnikára szakosodván töltött még 4 évet a Mikrohullámú Híradástechnika tanszéken doktoranduszként / tanársegédként, majd 1999-től a Siemens Mobile-nál a mobilkészülékek, GSM-modulok, zsinór nélküli és ISDN telefonok műszaki termékmenedzszerként folytatta pályafutását. Később mindhárom mobil hálózatüzemeltető értékesítőit segítette műszaki támogatóként, 2005 óta pedig a GSM-R megoldások vevői követelményekre szabásáért felel hazánkban kívül több országban is. 2011 óta az európai szakértő csapatot is vezeti.

### Irodalom

- [1] UIC EIRENE FRS „Functional Requirement Specification”
- [2] UIC EIRENE SRS „System Requirement Specification”
- [3] UNISIG Subset 093 „GSM-R Interfaces – Class 1 requirements”
- [4] UIC O-2475 „ERTMS/GSM-R Quality of Service Test Specification”
- [5] Nokia, Networks GSM-R prezentációs anyagok