

# Az ETCS rendszer

Összeállította: dr. Sághi Balázs

BME Közlekedésautomatikai Tanszék

# Vázlat

- Az ETCS előzményei
  - A vonatbefolyásolás története, áttekintése
- Az ETCS szintjei
  - L0, L-STM, L1, L2, L3
  - szintátmenetek
- Az ETCS alkotóelemei
  - Pályamenti elemek
    - Balíz, hurok, RBC
  - Fedélzeti elemek
    - EVC, DMI stb.
  - A GSM-R rendszer

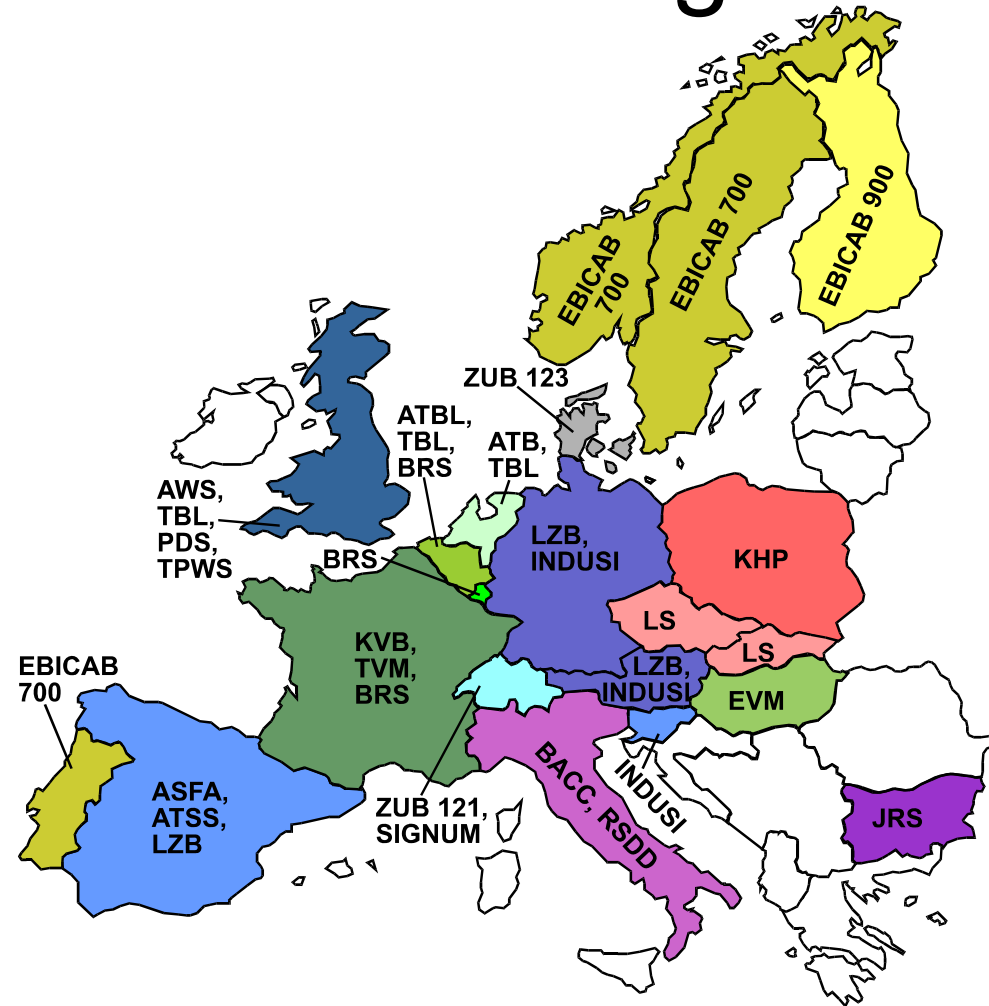
# Vonatbefolyásoló rendszerek

- A pályamenti jelzők által meghatározott parancsok hibátlan értelmezése és betartása → BIZTONSÁG
- Problémák
  - nagy sebesség
  - korlátozott távolbalátás
  - figyelmetlenség
- Megoldások
  - mozdony személyzet megkettőzése
  - éberség-ellenőrző berendezések
  - figyelemfelhívás jelzőhöz közeledve (~1850)
  - fedélzeti jelzésismétlés
  - vonatmegállító rendszerek (Megállj! meghaladására) (~1870)
  - vonatbefolyásolás

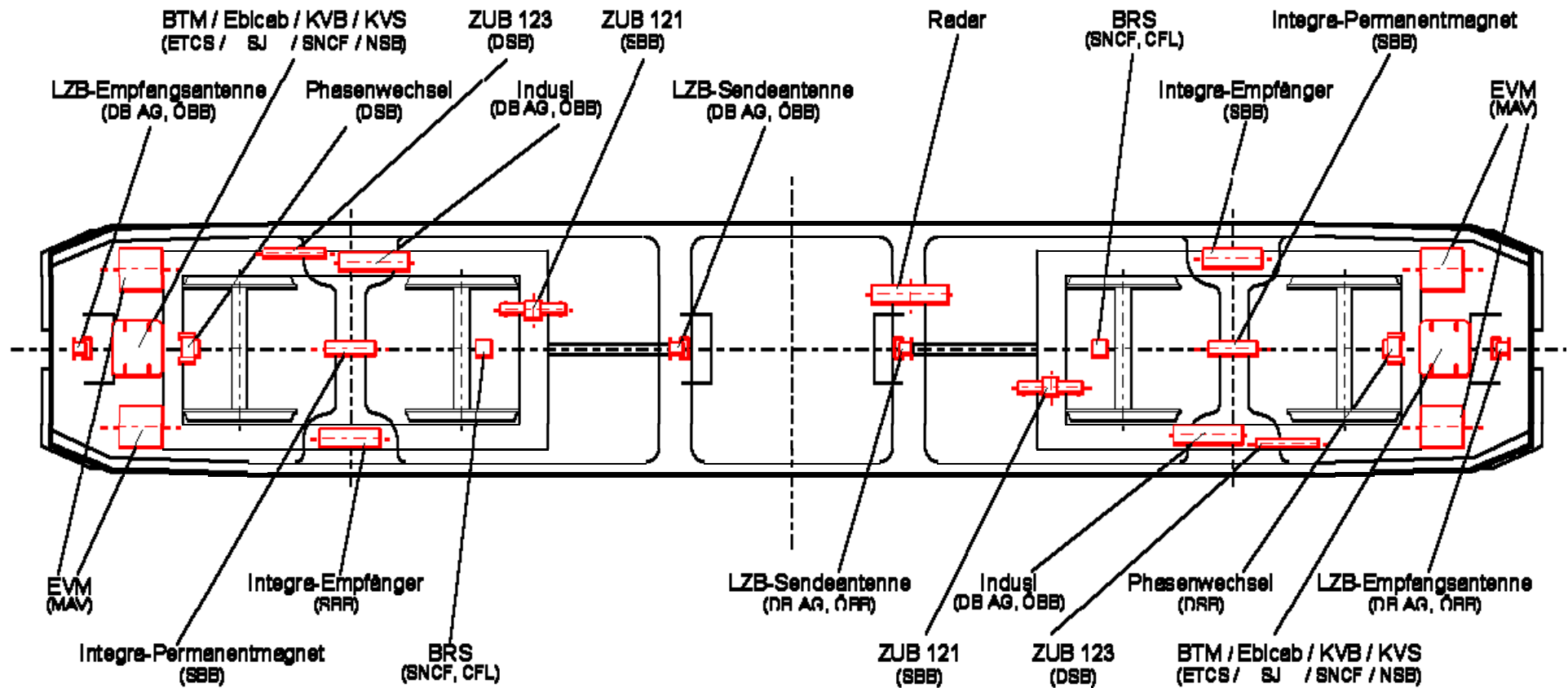
# Vonatbefolyásoló rendszerek

- Pontszerű rendszerek
  - mechanikus és elektronikus vonatmegállító rendszerek
    - Megállj! állású jelző meghaladása esetén avatkozik be
  - elektronikus vonatmegállító rendszerek pontszerű sebességméréssel
    - a Megállj! állású jelzőhöz közeledve, túl nagy sebesség esetén avatkozik be
- Folyamatos vonatbefolyásolás
  - Pontszerű jelfeladással, folyamatos sebességfelügyelettel
    - fékgörbe-felügyelet (kvázi folyamatos)
  - Folyamatos jelfeladás (ütemezett sínáramkörök, sugárzókábelek vagy rádiós adattovábbítás útján)
- Vegyes rendszerek
  - pl. EVM: folyamatos jelfeladás, de csak jelzőmeghaladás esetén avatkozik be.

# A vonabefolyásoló rendszerek sokfélesége



# A vonabefolyásoló rendszerek sokfélesége



# Interoperabilitás

- Történelmileg nagyon sok vonatbefolyásoló rendszer alakult ki
- Új igény: **interoperabilitás** (átjárhatóság)
  - a sokféle vonatbefolyásoló rendszer akadály (az egyik)
  - megoldás: ERTMS → ETCS
  - a vonatbefolyásoló rendszerek egységesítése
- ETCS: egységes európai vonatbefolyásoló rendszer
  - egységes
    - pályamenti (balíz, hurok, RBC stb.) és
    - fedélzeti (EVC, DMI/MMI) rendszer, illetve azok
    - komponenseinek meghatározása
  - üzemviteli szintek meghatározása

# Az ETCS szintjei

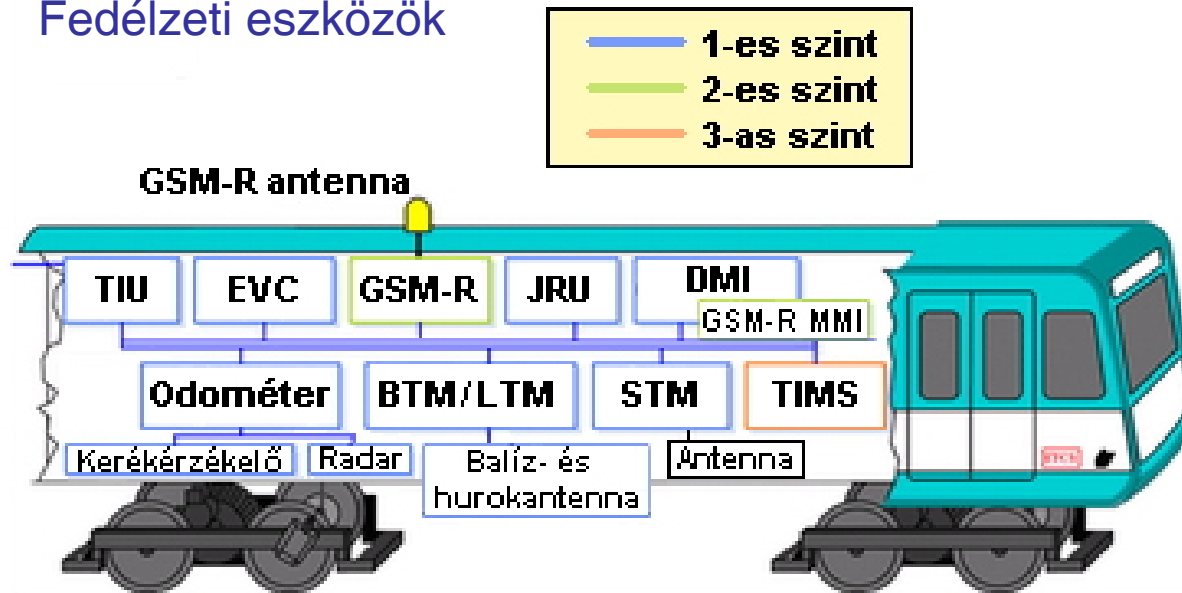


# AZ ETCS rendszer szintjei

- 0-s szint
  - ~hagyományos közlekedés
- STM szint
  - nem ETCS pálya, de illesztve van a fedélzeti rendszerhez
- 1-es szint
  - pontszerű vonatbefolyásolás, folyamatos sebességfelügyelettel
  - 1-es szint kitöltéssel
- 2-es szint
  - GSM-R hálózaton alapuló kommunikáció
  - a helymeghatározás/vonatérzékelés a pályamenti rendszer feladata
- 3-as szint
  - GSM-R kommunikáció
  - folyamatos sebességfelügyelet
  - mozgó-blokk rendszer

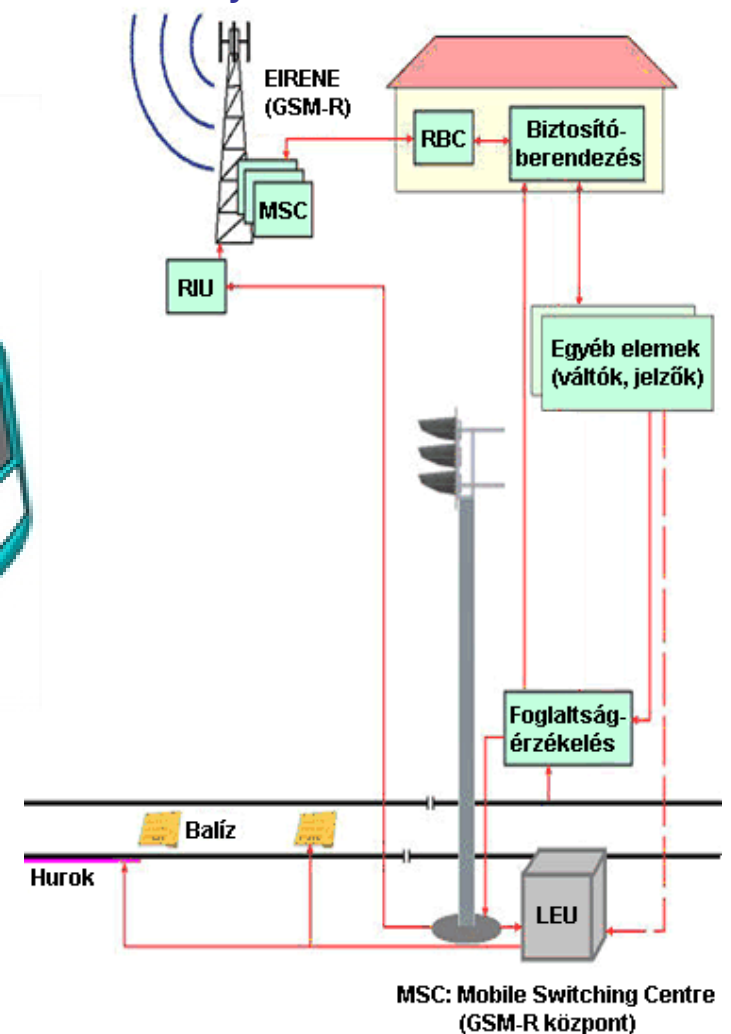
# A műszaki eszközök áttekintése

## Fedélzeti eszközök



(Képek forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

## Pályamenti eszközök



# ETCS 0. szint

- Jellemzők
  - Nincs ETCS pályamenti rendszer
  - Nemzeti vonatbefolyásolás
    - nincs vagy
    - nincs illesztve az ETCS-hez.
  - A járművön ETCS fedélzeti berendezés
- Üzem
  - Menetengedélyt a pályamenti jelzők adják
  - A fedélzeti berendezés működik
    - vonat/vonal Vmax sebességfelügyelet
- MMI-n (DMI) csak sebességinformáció
- A fedélzeti rendszer a balízokat olvassa, mivel a szintátmeneti parancsot így kapja

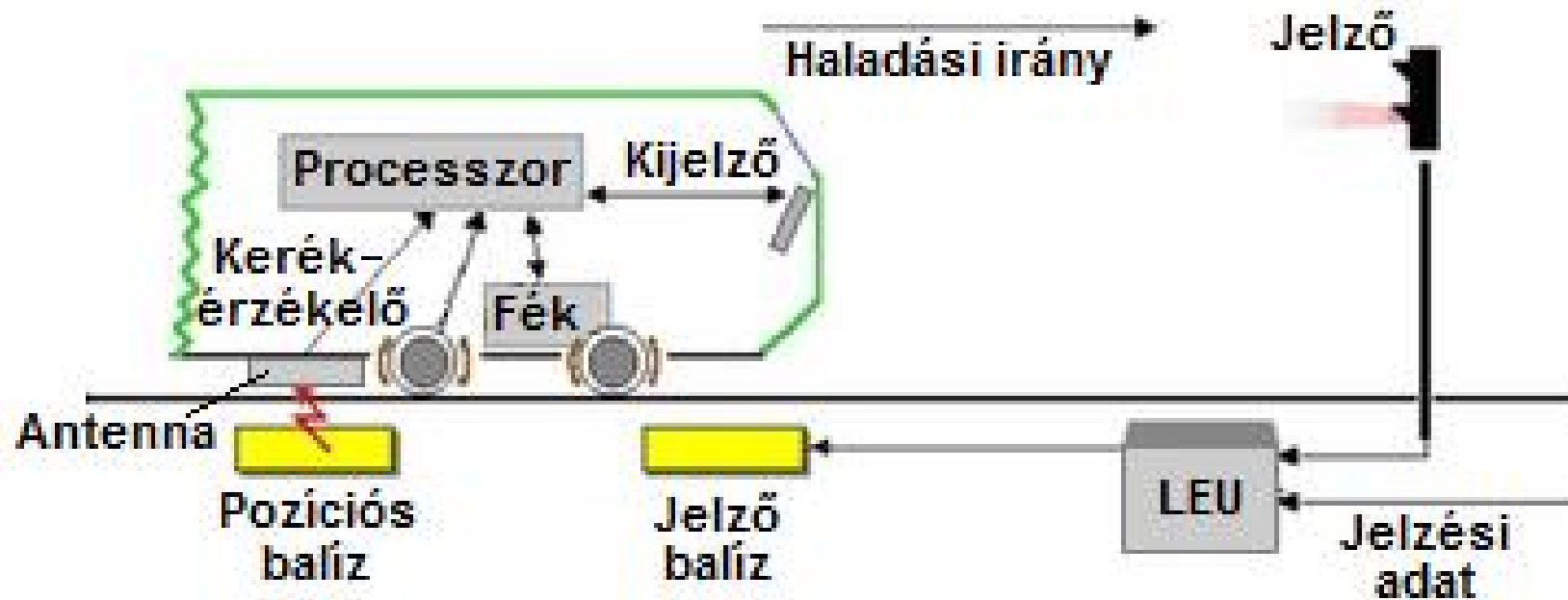
# ETCS STM szint

- Jellemzők
  - Nincs ETCS pályamenti rendszer
  - A járművön ETCS fedélzeti rendszer van
  - Nemzeti vonatbefolyásoló: illesztve az ETCS fedélzeti berendezéshez
- Illesztés
  - **STM** : Specific Transmission Module – speciális átviteli modul
- Működés
  - A nemzeti vonatbefolyásoló rendszer információi az ETCS fedélzeti berendezéssel kerülnek megjelenítésre.
  - A vonatfelügyelet (sebesség stb.) **funkcionalitása** és biztonsága az „eredeti” **nemzeti vonatbefolyásolóhoz** hasonló
- Pályamenti jelzők
  - szükségesek vagy elhagyhatók attól függően, hogy a nemzeti rendszernek kell-e
- A fedélzeti rendszer a balízokat olvassa, mivel a szintátmeneti parancsot így kapja

# ETCS 1. szint

- Jellemzők
  - 1-es szintű pályamenti ETCS rendszer
    - balízkok, LEU-k
  - az állomási és vonali biztosítóberendezések működnek
- Működés
  - pontszerű vonatbefolyásolás (balízkok révén)
    - az adatátvitel egyirányú: pálya → jármű
    - szabványos táviratokkal
  - folyamatos sebességfelügyelet
    - menet-engedély, vonatadatok, pályaadatok
  - pályamenti jelzők szükségesek
    - megmarad az országspecifikus jelzési rendszer
    - a menetengedély kiadásának az alapja a biztosítóberendezés által kiadott jelzési fogalom
    - az ETCS rendszerben csak a nemzeti hagyományos biztosítóberendezési, ill. jelzési rendszerből származó adatok dolgozhatók fel
  - rádiós lefedettség nem szükséges
  - az STM-ek továbbra is alkalmazhatók
  - közlekedés fix térközökben

# ETCS 1. szint



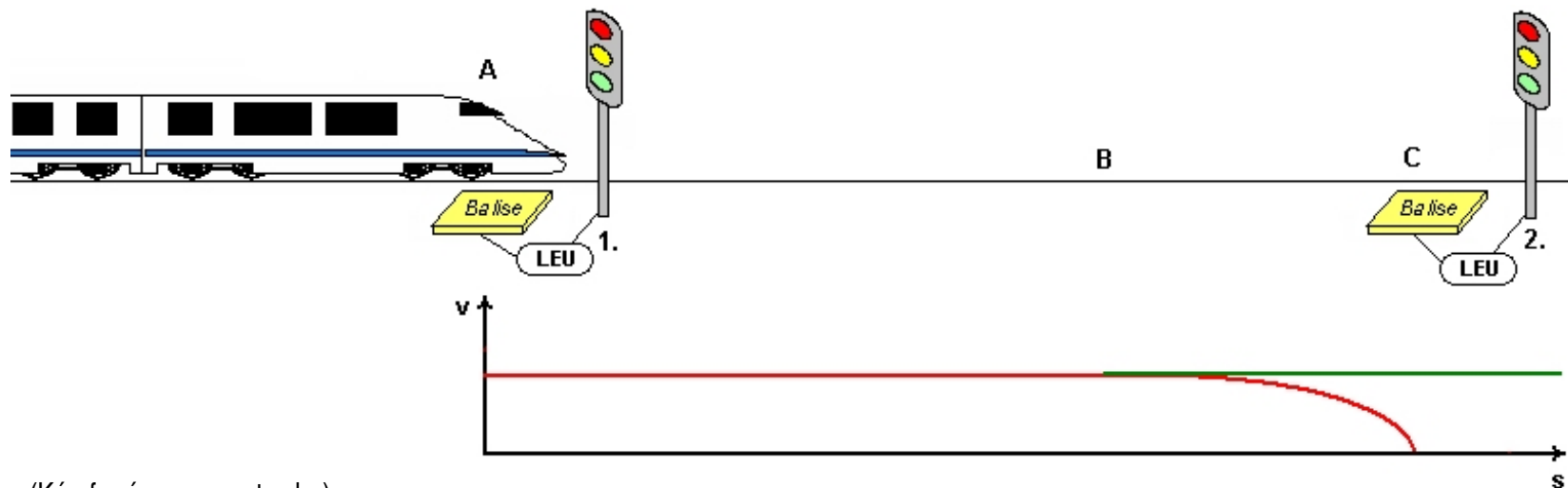
(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# ETCS 1. szint

- Problémák az 1-es szinttel
    - 1. szituáció
      - a vonat Megállj! állású jelzőhöz közeledik, majd megáll
      - a jelző ezután szabadra áll
      - erről a vonat nem kap információt az ETCS-en keresztül (csak a jelzőt figyelheti)
      - megoldás: **oldási sebesség**
    - 2. szituáció
      - speciális nemzeti jelzés (pl. hívójelzés)
      - amíg a jelző előtt lévő balízt el nem éri, addig nem kap információt erről ETCS-en
- A jelzési rendszer ismerete továbbra is követelmény

# ETCS 1-es szint kitöltéssel

- Probléma:
  - két balíz között nincs új információ
  - a fedélzeti berendezés a jelzőnél való megállás fékgörbéjét felügyeli

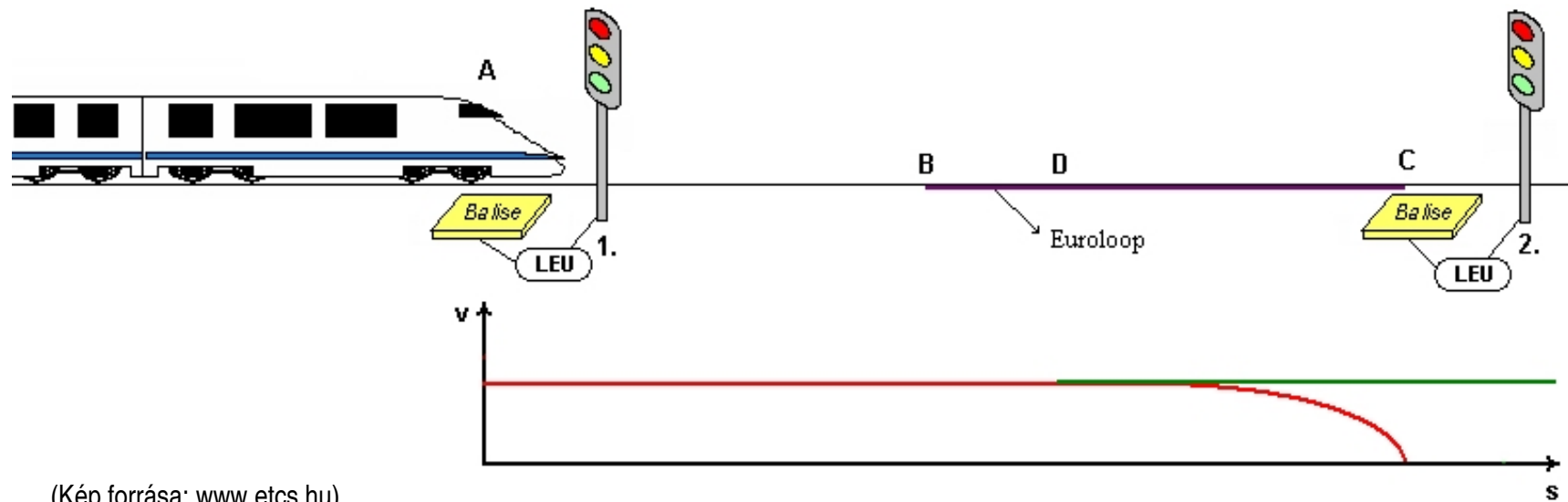


(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))



# ETCS 1-es szint kitöltéssel

- Megoldás:
  - kitöltő információ (kitöltés, infill)
  - balíz, Euroloop vagy rádió (RIU) útján



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# ETCS 1-es szint kitöltéssel

- Kitöltő/közbenső balíz (infill balíz)
  - újabb balízek elhelyezése (sűrűbben)
- Euroloop
  - egy szakaszon folyamatos jelfeladást biztosít
  - LTM kell a fedélzeti berendezéshez
- Rádiós infill
  - RIU – Radio Infill Unit
    - kapcsolatban van a főjelzővel (esetleg más pályaelemekkel)
    - fedélzeti GSM-R kell
    - biztosítani kell a rádiós lefedettséget
  - Nem 2-es vagy 3-as szint!

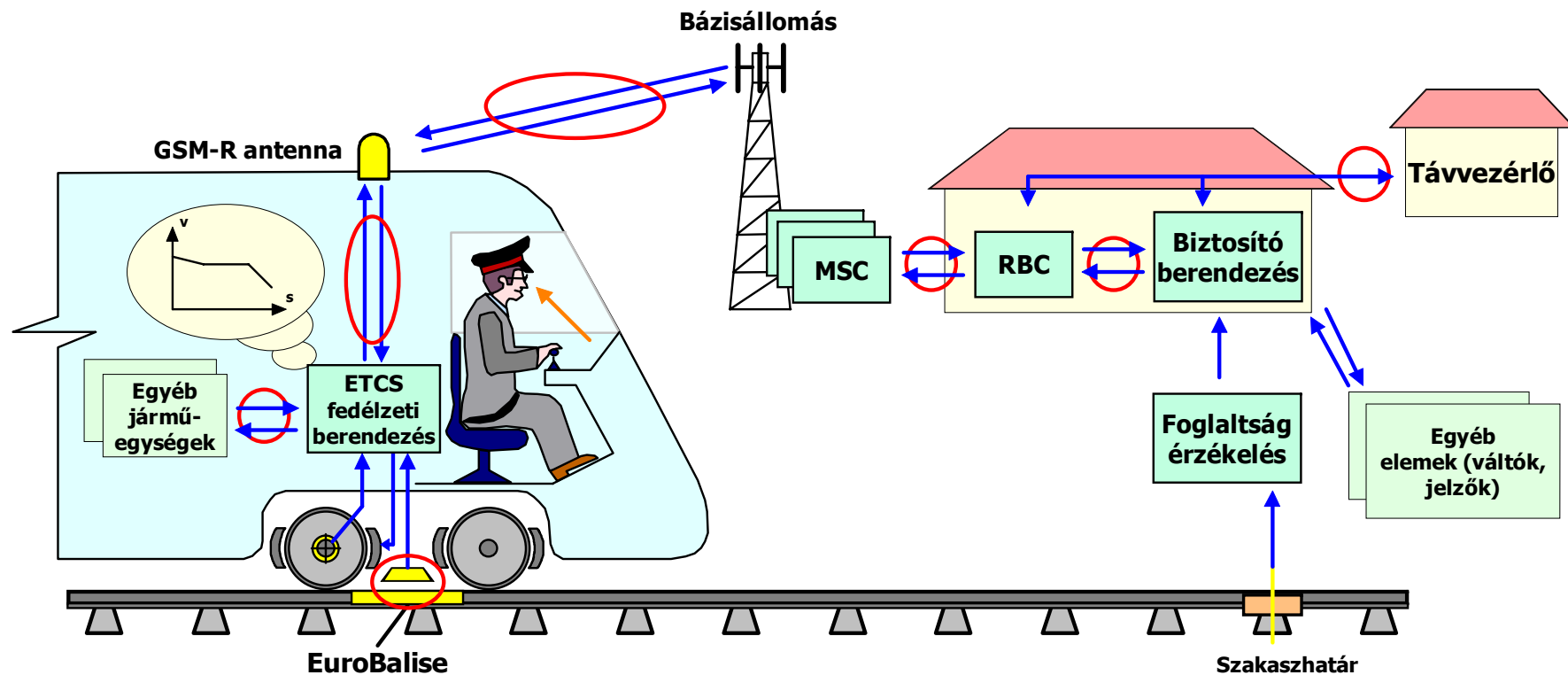
# ETCS 1-es szint értékelés

- Előny
  - alacsony kiépítési költség
  - biztosítja a továbblépést magasabb szintek felé
  - önmagában hasznos, biztonságnövelő rendszer
- Hátrány
  - alacsony szolgáltatási színvonal
  - Kitöltés nélkül alacsony kapacitása
- Hiányosságai miatt inkább csak lépcsőfoknak tekinthető a magasabb szintek felé

# ETCS 2. szint

- Jellemzők
  - alapja a hagyományos biztosítóberendezés (állomási és vonali)
  - a **menetengedélyt** nem a jelzőkön és a pályaelemeken keresztül kapja meg a vonat, hanem
  - az **RBC-n** (Radio Block Centre) keresztül, **GSM-R** rádióval
- Működés
  - folyamatos vonatbefolyásolás
    - Probléma a kommunikáció kiesése!
  - folyamatos sebességfelügyelet
  - jelzők elhagyhatók
    - de ha vannak, akkor hogyan értelmezendők eltérés esetén?
  - a balízek csak repozícionálásra alkalmazva
  - a „pályaoldal” (RBC) is ismeri a vonatot
  - helymeghatározás
    - a biztosítóberendezésből származó foglaltság, illetve
    - a vonat által közölt pozíció alapján

# ETCS 2. szint



Fontos ETCS adatátviteli utak

MSC: Mobile Switching Centre (GSM-R központ)

RBC: Radio Block Centre (ETCS Rádiós Blokk Központ)

# ETCS 2. szint értékelése

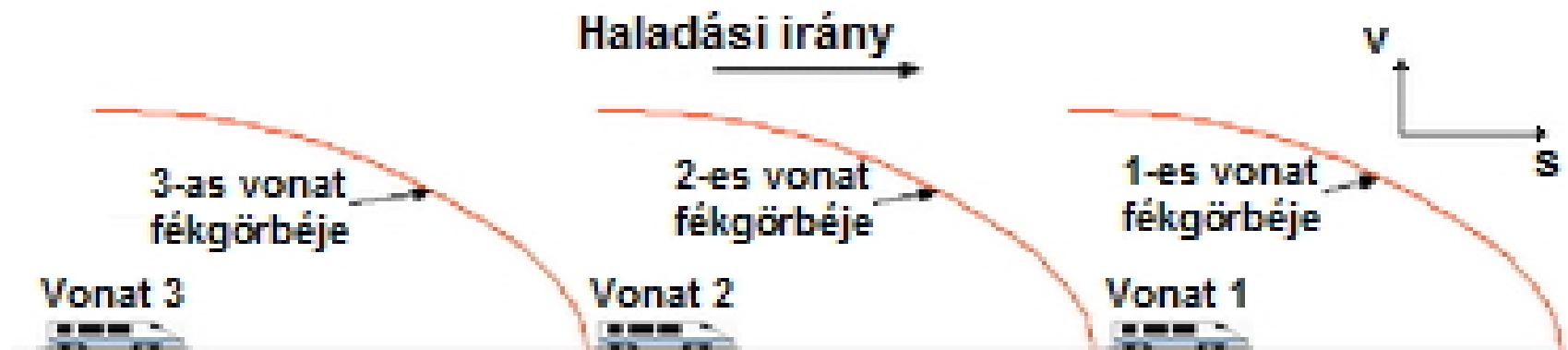
- Jobb szolgáltatási minőség (folyamatos jelátvitel)
- Csökkenő pályamenti infrastruktúra
  - alacsonyabb fenntartási költségek
- Hátrány
  - nagyobb kiépítési költség
  - hosszú távon a hagyományos biztosítóberendezési rendszer és az ETCS rendszerek együttes üzemeltetése költséges

# ETCS 3. szint

- Jellemzők:
  - 2. szint (folyamatos jelátvitel és sebességfelügyelet) plusz:
  - vonatpozíció és vonatintegritás meghatározása az RBC és a fedélzeti rendszer együttes feladata
- Működés
  - a vonat saját integritását ellenőrzi (nem ETCS feladat), majd az RBC felé továbbítja
  - nincsenek pályamenti jelzők, foglaltságérzékelő elemek
    - Kérdés a vegyes közlekedés (nem ETCS járművek)?
  - közlekedés „villamos láttávolságra” - mozgó blokk rendszer
- Alkalmazása:
  - nagysebességű, jellemzően zárt pályás vonalakon
  - „ERTMS Regional” – mellékvonali, infrastruktúra-takarékos hálózatokon

# ETCS 3. szint – mozgó blokk rendszer

- Előnyei:
  - alacsonyabb létesítési költségek a „pályamentén”
  - nagy kapacitás



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))



# Az egyes szintek összehasonlítása

Szint	Előny Lehetőség	Hátrány Kockázat
L1	Könnyebb tervezés, telepítés Megnövekedett biztonság Jobb információáramlás Technikai interoperabilitás	Kisebb kapacitás Nincs működési interoperabilitás
L2	Rugalmas Működési interoperabilitás	Költséges (közös életciklus- költség a hagyományos rendszerrel) Bonyolult tervezés
L3	Alacsony életciklusköltség Könnyebb tervezés, telepítés	Rugalmatlan a hagyományos vonatokkal

(www.etcs.hu)

# A szint kiválasztásának néhány szempontja

- Meglévő vagy új infrastruktúra?
  - Meglévő biztosítóberendezés illesztése, jelzőnél kicsatolható információ, új rádiórendszer stb.
- Csak ETCS-szel felszerelt járművek, vagy nem felszerelt járművek is közlekednek?
  - Jelzők szükségessége, hagyományos (nemzeti) vonatbefolyásolás szükségessége stb.
- „Hagyományos” ( $v \leq 160$  km/h) vagy nagy sebesség?
  - Jelzők láthatósága

# Szintátmenetek

- Bármely szintről bármely szintre való váltás lehetséges
- Általában a rendelkezésre álló legmagasabb szint kiválasztása történik
- Szintkiválasztás (prioritási sorrend) fix balízzal adott információ alapján, pl.:
  - Level 2
  - Level 1
  - Level STM / EVM
  - Level STM / Indusi
  - Level 0
- Azonnali / előjelentett szintátmenet
- Mindig mozdonyvezető általi nyugtázás szükséges

# Az ETCS műszaki eszközei

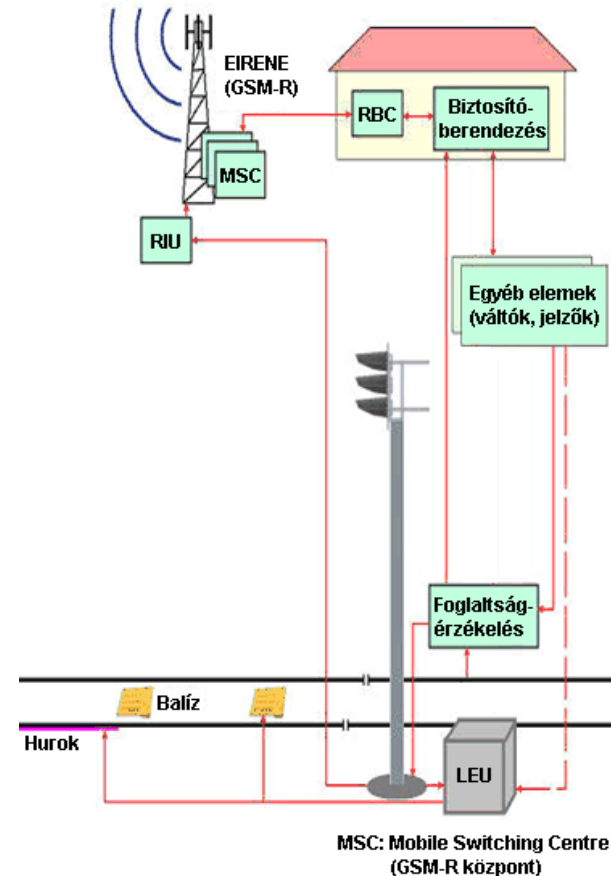
Pályamenti eszközök

Fedélzeti eszközök

GSM-R

# Pályamenti eszközök

- Balíz
  - pontszerű jelfeladó elem
- Hurok (loop)
  - szakaszosan alkalmazott, folyamatos jelfeladó kábel (kitöltésre)
- LEU
  - a vezérelhető balíz és a jelző/bizt.ber. közti illesztő egység
- RBC
  - a bizt.ber. és a GSM-R hálózat közti illesztő
- RIU
  - szakaszosan folyamatos rádiós jelfeladó egység kitöltésre



(Kép forrása: [www.etc.hu](http://www.etc.hu))

# Balíz

- Ponszerű jelfeladó elem
- Típusai
  - Fix balíz
    - állandóan ugyanazt az információt szolgáltatja
  - Vezérelt (transzparens) balíz
    - fix és változtatható információk továbbítása
    - a változtatható információ a balíz bemenetére adott információtól függ

# Balíz

- Fix balízk alkalmazása
  - nemzeti értékek
    - sebességhatárok (pl. tolatáshoz), oldási sebesség, stb.
  - pályajellemzők
    - pl. lejtviszonyok
  - ideiglenes sebességkorlátozások, feloldás
  - szintátmenetek
    - be- és kiléptetés
  - linkelés
    - következő balíz helye
  - repozícionálás

# Balíz

- Vezérelhető balízek jellemző alkalmazása
  - menetengedély
  - ideiglenes sebességkorlátozás
    - jellemző MÁV alkalmazás: AS fedezésre
  - statikus sebességprofil
  - mód profil
  - a fedélzeti rendszer új üzemmódja
    - pl. hívójelzésnél „OS” módba való átváltás)



# Balíz elhelyezése

- Mérete gyártótól függő
- Szerelhető külön tartószerkezettel aljközbe, ill. keresztaljra
- A vágánytengelyben helyezkedik el



# Balíz elhelyezése



# A balíz működése

- Tápellátást nem igényel
- Táplálása a felette elhaladó jármű antennájáról sugárzott jellel történik
- A „gerjesztés” hatására a balíz táviratok küldését kezdi meg
- A balíz által küldött jelet a jármű antennája érzékeli



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))



# Balízek programozása

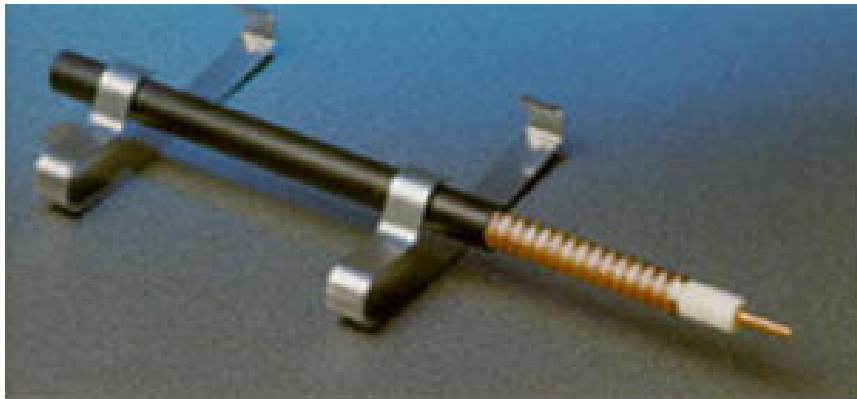
- Kábelén keresztül (pl. Ansaldo balíz)
- Légrésen keresztül (pl. Siemens S21 balíz)
- Ún. balíz  
„programozó bőrönd”  
segítségével az  
ellenőrzés  
végrehajtható



# Hurok / Euroloop

- Sugárzókábel (áteresztő koax kábel: lyuggatott árnyékolású kábela kábelen kívüli elektromágneses mező érdekében)
- Hurok kezdetének jelzése ún. (EOLM) marker balízzal (hol keresse a fedélzeti berendezés a hurkot)
- Jellemző hossza: 50 ... 500 (max. 1000) m
  - nem a vonal teljes hosszában fektetik!
- A MÁV nem kívánja alkalmazni

# Hurok kábel és a kábel elhelyezése



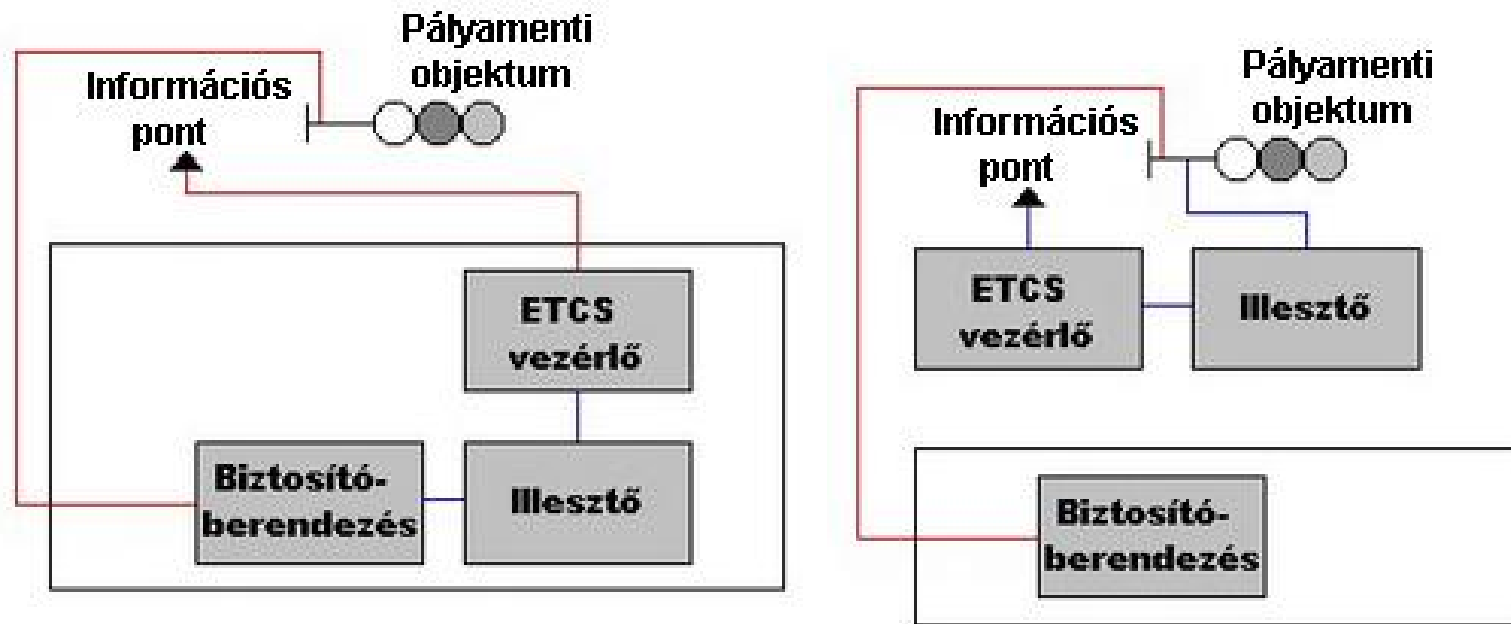
(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# LEU – Pályamenti elektronikus egység (Lineside Electronic Unit)

- Feladata
  - a biztosítóberendezés és a balíz közötti interfész berendezés
  - a biztosítóberendezésből vett változó információ fogadása (mérése)
  - a megfelelő távirat kiválasztása
  - a kiválasztott távirat továbbítása a balíznak
  - biztonsági elem!
- Elhelyezés
  - centralizált (jellemzően a bizt.ber. „közelében”)
  - decentralizált (a külsőtéri objektum [jelző] közelében)

# LEU

## Centralizált és decentralizált elhelyezés



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))



# LEU



# RBC

- Feladata
  - Illesztőfelület a biztosítóberendezés és a GSM-R között
  - Létrehozza a pálya-jármű kapcsolatot
  - Biztosítóberendezési információkból menetengedélyt képez
  - A GSM-R központ felé továbbítja a menetengedélyeket
  - Kapcsolatot tart más RBC-vel
  - Biztosítóberendezési (biztonsági) elem
- L2 és L3 szinten szükséges
- Jellemző telepítés
  - 20-100 km felügyelt vasútvonal
  - objektumszámtól is függ
  - L2 vonatbefolyásolással közlekedő járművek (20-40)

# RBC

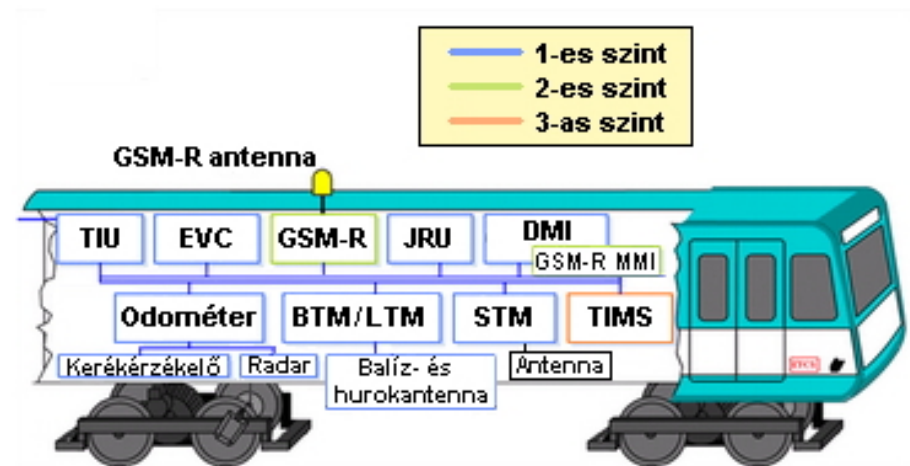
- Biztosítóberendezési információk az RBC-nek
  - objektuminformációk
    - egyes objektumok állapotai
    - jelző állapotok (vágányút integritás)
    - „maradék” vágányút kezelése az RBC feladata
  - (rész)vágányúti információk
    - vágányút integritás
    - ekkor nem kell az RBC-nek ezt képeznie

# RIU (Radio Infill Unit)

- Feladata
  - kitöltő információ
  - egy „kis” körzetben
- Működés
  - nem szükséges teljes GSM-R lefedettség
  - RIU = leegyszerűsített RBC
  - 1 RIU csak 1 járművel kommunikál
- A fedélzeten GSM-R rádiómodulra van szükség

# Fedélzeti rendszerek

- EVC
  - központi rendszer
- DMI
  - kezelőfelület
- BTM
  - balíz vevő
- LTM
  - hurok vevő
- Odométer
  - távolság/sebességmérés
- JRU
  - adatrögzítő
- TIU
  - „gépészeti” interfész
- GSM-R
  - rádiós modul
- TIMS
  - vonatintegritás
- STM
  - nemzeti rendszerek illesztője



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# EVC – European Vital Computer

## Európai Biztonsági Számítógép

- A fedélzeti berendezés „lelke”
- Biztonsági kialakítás
- Minden más egységgel kapcsolatban áll
- Diagnosztika



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# DMI – Driver Machine Interface

## Ember-gép interfész

- Feladata
  - a mozdonyvezetővel való kapcsolattartás
  - megjeleníti a pálya és a jármű felől vett és a központi egység által kiértékelte információkat
  - fogadja a vezető parancsait
- Kialakítás
  - nagy felbontású, grafikus, érintőképernyős megjelenítő
  - ergonomikus kialakítás
    - tükröződésmentes, állítható fényerő
  - többnyelvű kialakítás

# DMI



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))



# BTM – Balise Transmission Module

## LTM – Loop Transmission Module

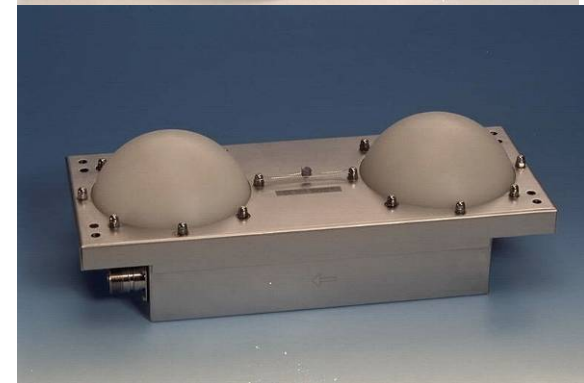
- Feladatuk:
  - a balízek, illetve a hurkok által szolgáltatott jelek vétele,
  - ellenőrzése és
  - továbbítása az EVC-nek.
- Részei:
  - antenna
  - továbbító modul



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# Odométer (Útjeladó)

- Feladata
  - az aktuális balízcsoporttól való távolság meghatározása
  - konfidencia-intervallum számítása
  - sebességszámítás
    - állóhelyzet
    - mozgás iránya
- Kialakítás
  - kerékszenzor
    - a jármű tengelyén helyezkedik el
    - a forgó kerék működteti
  - Doppler radar (opcionális)
    - többnyire a vonat elején helyezik el



(Kép forrása: [www.etc.hu](http://www.etc.hu))

# JRU – Juridical Recording Unit

## Hatósági Adatrögzítő

- „Feketedobozként” rögzíti a következő fontosabb információkat
  - sebesség, felügyelt (megengedett) sebesség, balíztáviratok, mozdonyvezető tevékenységei, vonatadatok, fékezi tevékenységek, hibák stb.
- Külső energiaellátás nélkül 30 napig megőrzi az adatokat
  - részletes adatokat 24 órára visszamenőleg
- A tárolt adattartalom kiolvasható
- Ezenkívül a legfontosabb diagnosztikai eszköz is

# TIU – Train Interface Unit

## Vonatilelesztő Modul

- Feladata
  - biztonsági kapcsolat az EVC és a jármű vonatbefolyásolás szempontjából fontos egységei között
    - fékberendezés, éberségi, menetirányváltó stb.
  - fogadja az információkat a mozdony elemeitől és továbbítja azokat az EVC-nek
  - fogadja az utasításokat az EVC-től és továbbítja a mozdony berendezéseinek

# GSM-R modul

- A jármű interfésze a GSM-R rádiós hálózathoz
- Szükséges ahhoz, hogy
  - rádión menetengedélyt és más információkat kaphasson
  - rádión adatokat küldjön
- Részei
  - adó-vevő antenna
  - feldolgozó modul (az antenna és az EVC között)
- Kialakítás
  - lehet önálló kijelzője, de lehet a DMI-ban integrálva



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# A GSM-R rendszer

# GSM-R

- UIC 1993: GSM-R szabvány
- GSM alapú
  - korszerű, kiforrott technológia
  - kiterjedt szolgáltatások (GSM 2+ fázis)
  - speciális vasúti igények kielégítése
- 32 európai vasúttársaság csatlakozott
- Szolgáltatások
  - hagyományos: magasabb színvonalon
  - új szolgáltatások (utazók tájékoztatása stb.)
  - ETCS

# GSM-R speciális követelmények

- Nagy sebességű mobil felhasználó (max. 500 km/h)
- Követelmények
  - gyors hívásfelépítés
  - a sikeres hívások aránya,
  - a hálózat rendelkezésre állása,
  - az adatátviteli
    - késleltetés,
    - hibaarány
- Befolyásoló tényezők
  - a hívásátadások
    - gyakorisága,
    - sikerességi aránya (min. 99,5 %),
    - időtartama (max. 300 ms megszakadási idő),
  - a rádiófrekvenciás lefedés a pálya mentén
    - sektorsugárzók
    - körsugárzók



# Gyors hívásfelépítés

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

# Prioritások kezelése

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

# További szolgáltatások

- Körözüvény- és csoportthívás
  - definiált terület és csoport
  - kommunikáció
    - egyirányú
    - kétirányú
- Funkcionális címzés
  - hívástípus
  - szolgálati hely, jármű azonosítója
  - szolgálati beosztás
- Helyfüggő címzés
  - diszpécser jellegű szolgálatok számára

# Rendszertechnika

- GSM alapú
  - 876...880MHz és 921...925MHz
  - Csatornaosztás 200kHz, 8 időrés
  - Átviteli sebesség 16 (14,4)kbit/s
- Sikeres hívásátadások
  - Megfelelő hálózat-topológia
  - A hívásátadási szakaszok megválasztása
  - A hívásátadás idejének csökkentése
- Bázisállomás, -vezérlő
  - gyűrű topológia



(Kép forrása: [www.etc.hu](http://www.etc.hu))