



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

**Közlekedésmérnöki kar**  
**Közlekedésgazdasági Tanszék**

Közlekedésgazdaságtan I.

## **A vasúti forgalomirányítás hatékonysági kérdései**

*/ A rádió alapú üzem, mint lehetséges megoldás /*

Írta: Jóvér Balázs



2000. április

## Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
I. Előszó.....	3
II. Bevezető.....	4
III. Rendszeralapok.....	6
Rendszerszimuláció 4 fázisban.....	6
Az FFB céljai.....	6
A rendszer fő tulajdonságai.....	6
Az FFB működési elve.....	7
A központ felépítése.....	8
A vonat felépítése.....	8
Az üzemi működés alapjai.....	8
IV. Az RBS üzem.....	12
Leírás.....	12
Konfigurációk.....	12
Rendszerkomponensek.....	12
Következtetés.....	13
V. Az FFB üzem részletes tárgyalása.....	14
Bevezető.....	14
Az alkotórészek tervezési szempontjai.....	15
Feladatok.....	15
Leírás.....	15
Magyarázat.....	16
Az FFB központ egységei.....	17
Feladatok.....	17
Útlogika.....	17
Mellék feldolgozó egység.....	18
Mozgáskoordinátor munkaállomás.....	18
Pályatérkép munkaállomás.....	19
FFB járműberendezések.....	19
Feladatok.....	19
Fő fedélzeti feldolgozó egység.....	20
Helymeghatározó eszközbázis.....	20
Pályatérkép.....	21
Interface-ek.....	21
Pályaelemek.....	21
Kommunikáció.....	22
Átviteli eljárás.....	22
Kompatibilitás.....	24
VI. Költségek.....	25
VII. Jelenlegi állapotok és távlatok.....	27
VIII. Összegzés:.....	28
Képek.....	29

## I. Előszó

Dolgozatomban egy olyan új technikai-irányítási rendszert mutatok be, mely válasz lehet azokra a kihívásokra, amelyeket a kor követelményeinek megfelelő szolgáltatási színvonalú vasúti fuvarozás költségeinek csökkentése támaszt. A téma Magyarországon is aktuális, s beleillik országunk Európai Unió csatlakozásának témakörébe is, minthogy az EU a vasút fejlesztésére szólította fel országunkat annak érdekében, hogy belépéskor megfeleljünk a transzkontinentális hálózat igényeinek. A megoldás újdonságára jellemző, hogy az alább bemutatott – a fejlesztésben élenjáró - rendszert a 2000-es Expo-n fogják először hivatalosan bemutatni.

Jelentős magyar nyelvű dokumentáció nincs, csak kisebb cikkek jelentek meg eddig a témában, épp ezért csupán rövid angol nyelvű cégdokumentációk álltak rendelkezésemre a dolgozat megírásához. Miután bizonyos esetekben igen nehéz a magyar nyelvben még meg nem honosodott szakszavak lefordítása, ezért zárójelben több helyen feltüntettem az eredeti (angol) kifejezést.

A példaként felhozott FFB ill. az ERTMS/ETCS rendszerek technikai/technológiai paramétereinek részletezésére nem tértem ki, mivel már alapjaiban is speciális ismereteket igényel, s ráadásul bizonyos esetekben bizalmas adatoknak tekintendők.

## II. Bevezető

Magyarországon több éve újra és újra felszínre kerül a mellékvonalak gazdaságos üzemeltetésének gazdasági problémája. Azonban a vasútvonalak megszüntetése, a járatok ritkítása előtt nem végeznek megfelelő hatástanulmányokat, a már eleve levont következtetés az, hogy ezek a járatok gazdaságtalanok, és nem éri meg a társadalomnak fenntartani őket. Ez sok esetben nem felel meg a valóságnak. Azokban az esetekben pedig, amikor tényleg ez a helyzet, általában akkor is hibás a jelenlegi körülményekből levonni a következtetéseket, hiszen a legmesszebbmenőkig természetes az, hogy egy lepusztult, 20-30 km/órás sebességkorlátozásokkal teli vonal nem vonzó az utasok számára. A járatok ritkítása sem magyarázható a jelentős költségmegtakarításokkal. A vasúti közlekedés költségeinek nagyobbik részét ugyanis – mint később látni is fogjuk – az állandó költségek teszik ki. A naponta közlekedő vonatok számának csökkentésével tehát csak a ráfordítások legkisebb részét kitevő üzemeltetési költségeket lehet mérsékelni. Ráadásul a járatritkítás még tovább rontja a vasúti közlekedés vonzerejét, és – a csatlakozások elmaradása miatt – kihat azokra a vonalakra is, amelyeket közvetlenül nem érint a ritkítás. Sőt, nem egy esetben fordul elő az, hogy valamely mellékvonalon történő járatritkítás az érintett fővonalon sokkal nagyobb bevételkiesést eredményezett, mint amennyit a mellékvonalakon „megtakarítottak”.

Példa a fentiekre az a tipikusan politikai döntés, mikor a 65 és 70 év közöttiek ingyenes utazását bevezették, ami évente mintegy 2 milliárd forint bevételkiesést okoz a MÁV-nak. Ez az összeg kétszer akkora, mint amennyit a MÁV megtakarítana a tervezett 1000 kilométeres vonalbezárással.

Alapvetően persze más elképzelések is vannak a helyzet kezelésére, mint az e dolgozatban bemutatott rendszer. Így például támogatói vannak annak is, hogy a gyenge forgalmú mellékvonalakon vezessék be az úgynevezett egyemberes üzemet, ahol a vonatvezető adja ki és ellenőrzi a menetjegyeket, így csökkentve a jelentős bérköltségeket. Megjegyzendő azonban, hogy ez esetben sem lehet a pénztáratat bezárni, már csak az elővételi lehetőséget szem előtt tartva sem, s az igazán jelentős további állandó költségek (pályaberendezések, azok működtetése, stb.) sem redukálódnak.

Végezetül még egy példa. Angliában, Franciaországban és Németországban nemrég építettek vissza több mellékvonalat, mivel rájöttek, hogy a bezárásuk a helyi társadalom és gazdaság tekintetében igen súlyos következményekkel járt. Ugyanakkor az új pályák építése a sokszorosába került annak, mintha a korábban meglévő vonalakat kellett volna korszerűsíteni.

Az Európai Unió – az interoperabilitás jegyében – a European Rail Traffic Management System (ERTMS) elnevezésű tervezetben fogalmazza meg a vasúti közlekedéssel kapcsolatos elképzeléseit, melyen belül a vasútirányítás rendszerét a European Train Control System (ETCS) foglalja össze.

Németországban a Deutsche Bahn (DB AG) az FFB (Funk Fahr Betrieb), azaz a „rádió alapú vonatirányítási rendszer” megvalósítását tervezi a

másodrendű vonalakon, igazodva az említett ERTMS-hez. Részletesebben az V. fejezetben mutatom be e németországi rendszert, mint lehetséges megoldást. A rendszer tulajdonságai miatt egyszerre biztosítja a rugalmasságot, a megbízhatóságot és biztonságot, a kényelmet valamint az automatizáltságot a költségtakarékos és interoperábilis üzemben. Ezek mellett összhangban van a környezetünk állapotának javítását, a gazdaság korszerűsítését és az Európai Unióhoz való csatlakozásunkat célzó törekvésekkel.

Pár szó magáról a rendszerről: a rendszer alapja és fő sajátossága a rádiókommunikáció. Az egységek így kommunikálnak egymással, ezáltal megszabadulhatunk a pályamenti kábelezés terheitől. A vonat, a sorompók, a váltók, s minden egység adó-vevő készülékkel ellátott. A vonat – a hagyományos rendszerhez hasonlóan – vezetővel fut, azonban az irányítási feladatokat a vonat maga végzi, a központtal és az egységekkel fenntartott kapcsolatok alapján. Indulás előtt a vonat – üzembe helyezéskor automatikusan – bejelentkezik a központnak, melynek során az felismeri. Ezután megtörténhet a speciális útkérelem és az út-hozzárendelés. Majd a vonat a számára – és csakis a számára – kijelölt úton teljes biztonsággal elindulhat, s útja során folyamatos kommunikáció mellett önmagát és a pályaelemeket (pl sorompó, váltó, stb.) is irányítja. Elhaladás után a pályaszegmensek újra szabaddá válnak, s további vonatok számára is igénybevehetőek.

### III. Rendszeralapok

A rendszer részletes tárgyalása (V. fejezet) előtt természetesen szükség van a rendszer alapelemeinek a bemutatására. Ezt a célt szolgálja a következő két fejezet. E fejezeten belül a fő fogalmakkal, elvekkkel, célokkal, illetve az alapelemekkel és azok működésének alapjaival ismerkedhetünk meg. A negyedik fejezetben pedig már konkrét példával szolgálunk, bemutatva az Adtranz Radio Based System („Rádió alapú vonatirányítási rendszer”, továbbiakban RBS) üzemét.

#### ***Rendszerszimuláció 4 fázisban***

1. Az első fázis a kívánalmak megfogalmazása: az FFB rendszer működésének egésze legyen összehangolt, illeszkedjen a különböző alrendszerekhez és termékekhez.
2. A második fázis az előtervezet elkészítése: a rendszer-alrendszer modellek és a termékek interaktív tervezeteinek elkészítése, szimulációjuk és fejlesztésük.
3. A harmadik fázis a végső tervezet: a termékek kivitelezése és a prototípusok megalkotása. Rendszer- és terméktesztek a szimulációra alapozva.
4. A negyedik fázis az integráció: Termék- és rendszertesztek, szabadtéri tesztek, üzembe helyezés. E fázis végén az FFB rendszer üzemkész.

Az alábbiakban tehát röviden megfogalmazom az alapvető célokat az FFB rendszer számára, majd ugyancsak röviden bemutatom a rendszer fő tulajdonságait. Ha a két rész közül az első mint kérdés, a második pedig mint arra adott felelet értelmezhető, akkor a rendszert életképesnek mondhatjuk.

#### ***Az FFB céljai***

A rádióirányítású vonatüzem számára kitűzött célok a következők. Először is ki kell fejleszteni egy olyan új üzemi alaprendszert mely – lefedve a teljes vasúthálózatot is – képes kielégíteni a felmerülő teljesítmény igényeket. Ennek első lépése – ez az úgynevezett „minimál koncepció” – a mellékvonali megvalósítás. Az interoperabilitás szükségessé teszi, hogy együttműködjön a már említett ERTMS/ETCS rendszerrel. Fontos, hogy vonzóbb legyen, mint a hagyományos rendszerek, hiszen csak így kelthető életre, illetve így tud elterjedni.

#### ***A rendszer fő tulajdonságai***

Minimális a telepített összekötő infrastruktúra, ellentétben a hagyományos rendszerekkel – gondoljunk csak a jelentős (pályamenti) kábelezésre – melyek komoly költségnyadot képviselnek. Rugalmas, ezért alkalmazkodni képes az újonnan jelentkező teljesítményigényekhez. Folyamatosan ellenőrzi az

engedélyezett sebesség betartását – beleértve a  $v=0$ -t is! Alapjaiban a pálya gazdaságosabb üzemeltetését teszi lehetővé.

Mint azt látjuk (és látni fogjuk) az FFB számára kitűzött célok, valamint az FFB tulajdonságai összhangban vannak egymással, ami a rendszer életrevalóságát igazolja.

### **Az FFB működési elve**

Három csoportot különböztethetünk meg a rendszeren belül. Az első az FFB központ, ez az „agy”, második a vonat a fedélzeti berendezéseivel. A harmadik csoport a pályaelemek, azaz a váltók, a szintbeni keresztezések sorompói, illetve fénysorompói, s további elemek, mint például a balízkok.

A **központ** fő feladata a vonatok megkülönböztetése, a vonatok jelzése, a vészmegállás kezdeményezése, valamint a hagyományos és a tolató szerelvények kezelése.

A **vonatok** folyamatosan felügyelik saját működési és irányítási folyamataikat, mindezt olyan sűrűn, ahogy szükséges. A vonatok engedélyt kérnek a mozgásra, beállítják és levédik a kívánt utat. Kapcsolatot tartanak, tájékoztatják és jeleznek a vezető számára. A vonat feladata az állandó sebességmérés és -ellenőrzés, a fékfelügyelet, s az ő hatásköre a vágányfoglaltság illetve a vonathelyzet meghatározása is, továbbá felelős a vonat integritásáért, a mozgási engedélyek betartásáért

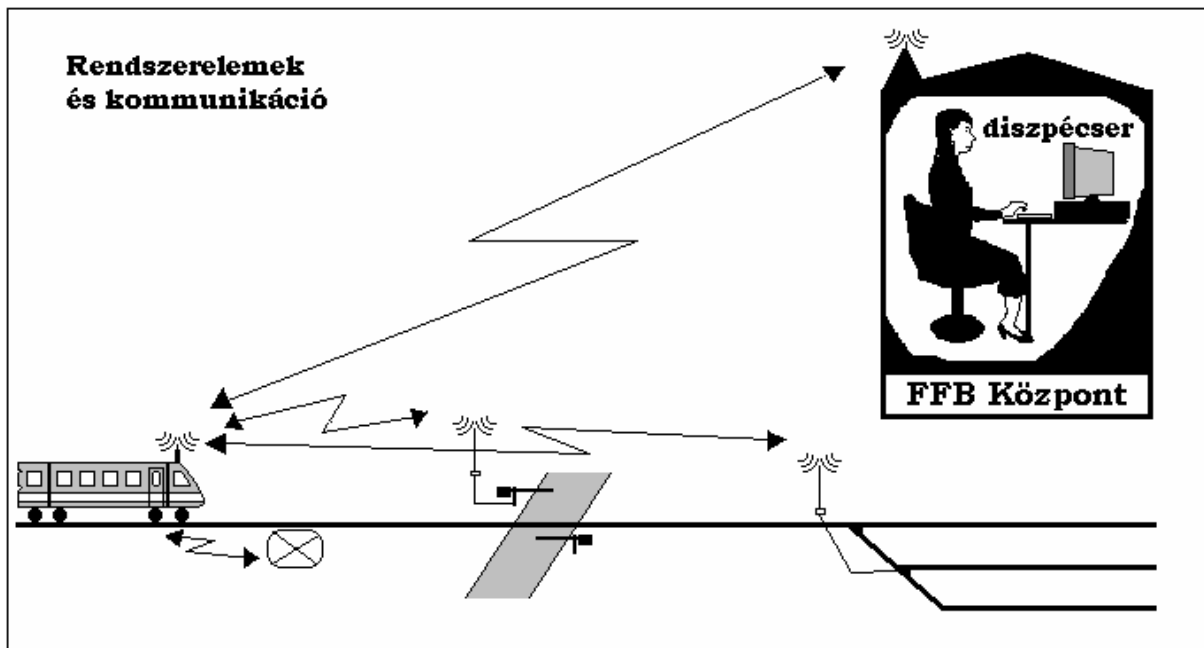
A vágányelemek helyi irányítása, a hibajelentés és kérésre az állapot-visszajelentés a **pályaelemek** feladata.

Minden alrendszer rádióon keresztül kommunikál – GSM-Rail (továbbiakban GSM-R) – mely az ismert GSM rendszer vonatirányítás számára teljes biztonsággal leválasztott része.

Az FFB rendszerben a vonatpozicionálás, helymeghatározás a pályatérkép és a balízkok (balise) segítségével történik. A pályatérkép modul tartalmazza az egész vasúthálózat kapcsolatrendszerét, s a központ részét képezi. Ezzel szemben a balíz – ebben a rendszerben – egy passzív eszköz, azaz kizárólag a vonat áthaladásakor ad információt, és kizárólag a vonat részére. Más egységekkel a balíz nem tart kapcsolatot.

Az egyes pályaelemek (úgy mint szintbeni útátjárók, váltók) rendszeres ellenőrzés alatt állnak, s állapotukról adatokat küldenek mind a járműveknek, mind a központnak.

Ez a kölcsönös és összetett kommunikáció a rendszer alapja, s ebből származnak az előnyei is. Az egyes rendszer elemek és a kommunikáció fő irányai az 1. ábrán láthatók.



1. ábra

Röviden ismertetem még a központ és a vonat fő berendezéseit. Ezek feladatainak részletezésére a későbbiekben térek ki.

### **A központ felépítése**

Az alapvető rendszerösszetevők a következők: a működtető és kijelző egység, a kijelző adatfeldolgozó egysége, a pályatérkép munkaállomás, a vonat fő computerének másolata, a fő út-számító egység valamint a kommunikációs platform, melyek mind kapcsolatban állnak egymással.

### **A vonat felépítése**

Az alapvető fedélzeti berendezések a következők: a fő computer, a pályatérkép, a rádió interface, a pozicionáló, a dopplerradar, az odométer, a balíz antenna, az üzemi- valamint a vészfék. A vonat ezeken keresztül kommunikál, illetve irányít, illetve szerzi be a szükséges információkat.

A vonat közli az utasításait, illetve állapotlekérdezéseit a pályaelemek felé; míg az útkérelmét, a vonatpozíciót, a sebességet, a vészmegállás információt és a vészjeleket a központ felé.

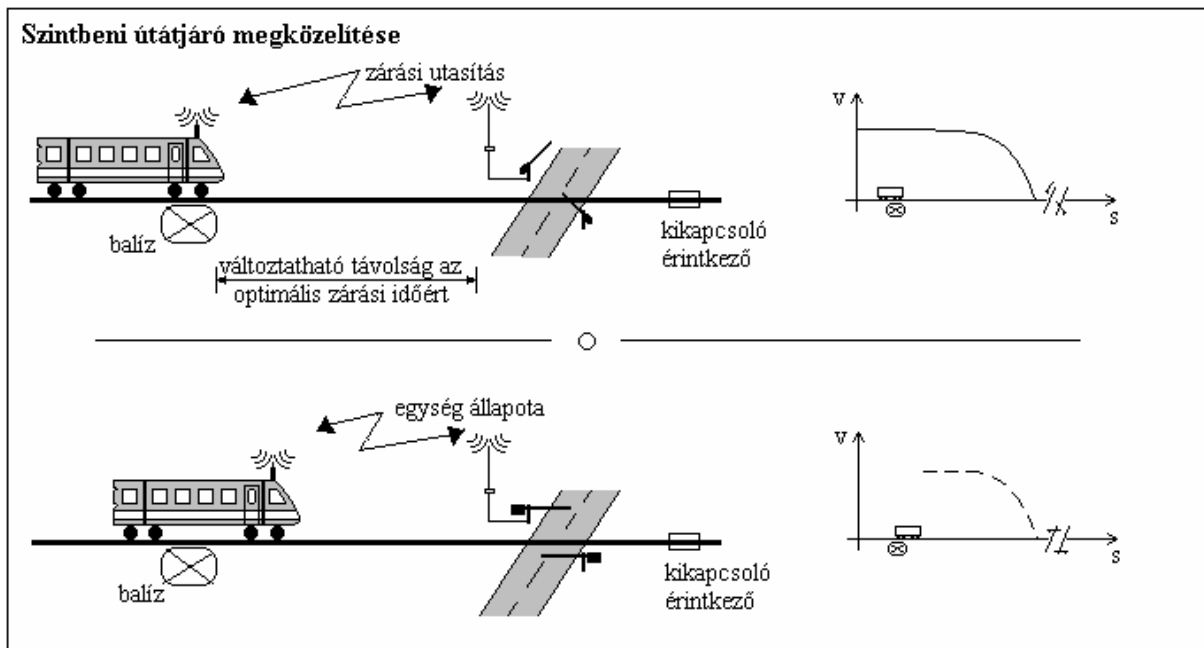
A központ az útkiosztást, a vészmegállást és a pályatérképet közli a vonattal.

Mindezek a kommunikációk természetesen nem egyszerre folynak, s nem is állandó jelleggel.

### **Az üzemi működés alapjai**

Példaként tekintsük azt az esetet, mikor egy vonat a szintbeni útátjáróhoz közelít (2. ábra).

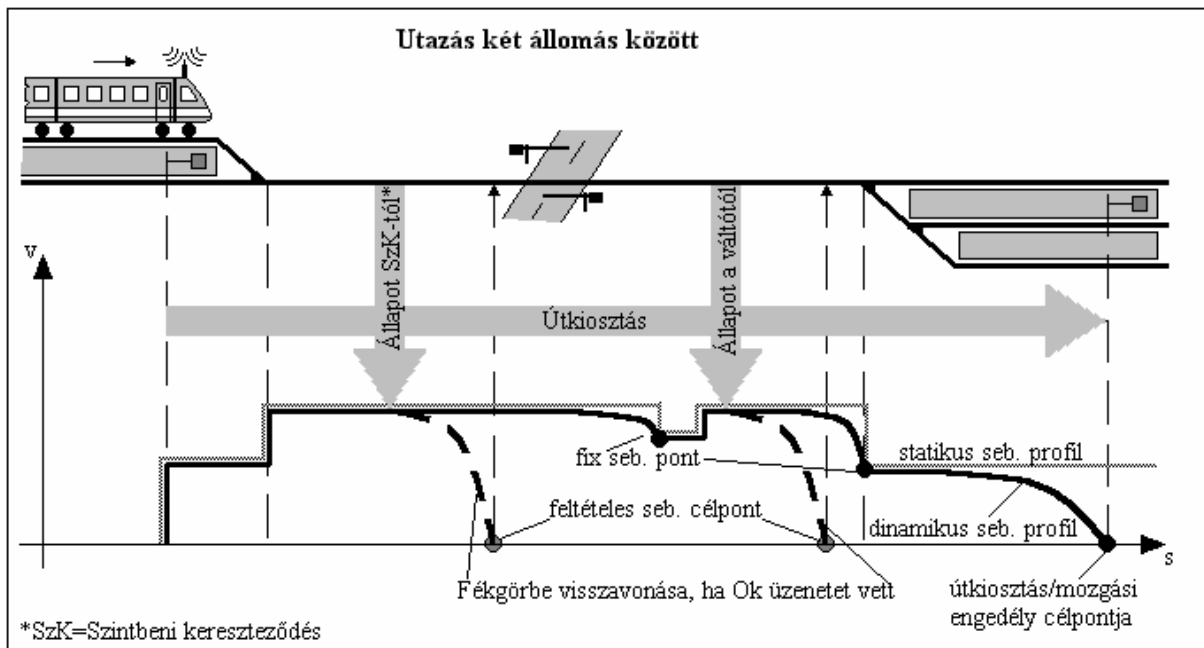




2.ábra

A balíz elérésekor a vonat parancsot ad a sorompó zárására. Ekkor még aktív fékgörbével számol, mint az a  $v$ - $s$  diagramból jól látható. Amennyiben megtörténik a zárás,  $s$  a pályaelem (jelen esetben a sorompó) ezt visszajelzi, akkor a fékgörbe érvénytelenné válik. Ha valamilyen okból nem így történik – például a pályaelem hibája, vagy egyszerűen az állapot-visszajelzés késlekedése miatt – akkor a fékgörbe aktív marad,  $s$  a vonatsebesség ennek megfelelően alakul. Ha azután a „zárt állapot” üzenet megérkezik, a fékgörbe inaktívvá válik, a vonat felhagy a lassítással, és áthalad. A hiba további fennállása esetén a fékgörbének megfelelően a vonat a pályaelem előtt lefékez. Az érintkezőn való áthaladás után a sorompó újra nyitott állapotba kerül. A balíz a példából láthatóan tehát valóban passzív eszköz, csupán áthaladáskor kommunikál a vonattal. A sorompótól való távolságát úgy kell megválasztani, hogy megfelelő idő álljon rendelkezésre a kommunikáció lezajlására, de ne legyen a szükségesnél hosszabb idejű a közúti forgalom akadályozása.

Lássuk ezután a vonat egy útját két állomás között (3. ábra).

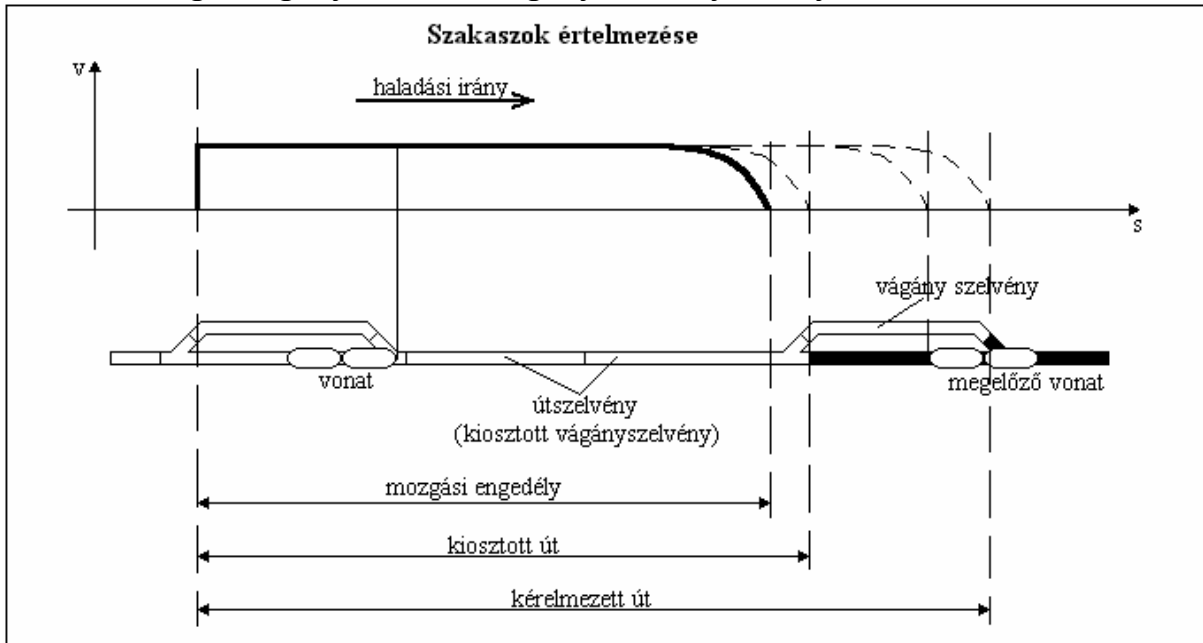


3.ábra

A vonat kérelmezi a számára szükséges utat a központtól. Amennyiben nincs már más vonat számára kiosztva a kért út, akkor a vonat meg is kapja. Az útkiosztás vétele után a vonat elindulhat. Az útkiosztás tarthat a célállomásig, vagy ha addig nem szabad a teljes vágányút, akkor a leghosszabb kiosztható folytonos pályaszelvényt jelenti. A  $v$ - $s$  diagramból leolvasható a vonat adott pillanatbeli sebessége. Mint látható az állomásról való kihaladás után a megengedett legnagyobb sebességre gyorsít. A vonat első feladata a szintbeni útátjáró sorompójának állítása lesz. Ha a zárás rendben megtörtént – Ok üzenet vétele – akkor a fékgörbe inaktívvá válik, s a vonat rendben áthaladhat (ld előbbi példa). Lényegében ugyanez a folyamat játszódik le a második állomás váltóinál is. Ha a váltás rendben lezajlik, akkor a vonat behalad az állomásra, majd a kiosztott út végén megáll. Ekkor a központtal tudatja megérkezését, s szükség esetén további útkérelmekkel folyamodik felé. Amennyiben bármelyik pályaelem felől nem érkezik be az Ok jelzés, úgy a fékgörbe aktív marad, hiszen ez az alapállapot. Így valósítható meg a hibabiztos rendszer, amikor is a vonat a problémás pályaelem előtt automatikusan lefékez, s vár annak szabad állapotára, majd továbbhalad az éppen akkor aktuális sebességgörbének megfelelően. Az állandó illetve bármikor újra létesíthető kapcsolat és a beavatkozásra való folyamatos lehetőség biztosítja, hogy pillanatnyi kommunikációs zavarok ne okozzanak problémát. Így egy kissé későn beérkező jel nem vált ki vészfékezést, csupán a fékgörbe kezdeti szakasza válik érvényessé, s a bejövő Ok jel hatására a vonat gond nélkül felgyorsíthat.

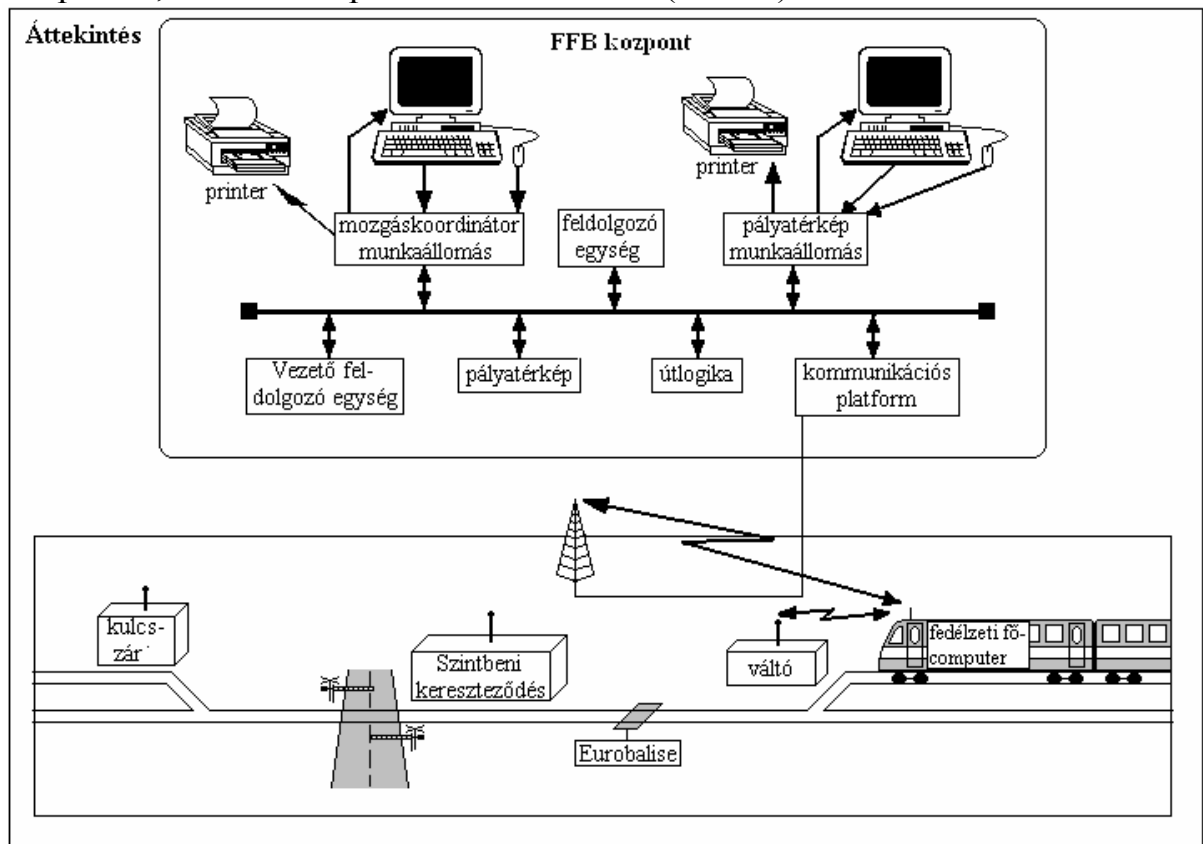
Meg kell még különböztetnünk az egyes vágányszakaszokat (4. ábra). A mozgási engedély az az útszakasz, melyet a vonat kizárólagos használatra igénybe vehet. A kiosztott út jelenti a számára a központ által kijelölt utat, s beszélhetünk a vonat által a központtól kérelmezett útról. Optimális esetben a

három szakasz ugyanaz. Ekkor a vonat kizárólagos használatra megkapta a célállomásáig a vágányutat, ami vágányszelvények folyamatos sorozatából áll.



4.ábra

Végül összefoglalásként tekintünk át a rendszer fő moduljait, azok felépítését, valamint kapcsolatrendszerüket (5. ábra)



5.ábra

## IV. Az RBS üzem

Az FFB rendszer részletes tárgyalása előtt bemutatom annak „kistestvérét”, az ADtranz rádió alapú rendszerét (Radio Based System, továbbiakban RBS).

### **Leírás**

Az ADtranz rádió alapú rendszerét főként az alacsony forgalmú vonalak számára fejlesztette ki, ahol nem fő szempont az interoperabilitás, s az ERTMS magas követelményszintje. Jellemzője még a rendszernek, hogy 300 km/h alatti vonatsebességre tervezték. Az RBS-t eddig Svédországnak (Linköping-Västervik másodrendű személyforgalmú vonal), Kolumbiának (La Loma-Santa Marta alacsony forgalmú tehervonal) és Chilének (Esmeralda vörösréz bánya-El Teniente iparvonal) adták el, s helyezték üzembe. A rendszer fő előnye a rendkívül kicsi beruházási költség, az alacsony fenntartási költség, a nagy fokú lehetőség az automatizálhatóságra, a nagy fokú biztonság és az egységes ATP-platform, mely miatt könnyen továbbfejleszhető, hiszen az ERTMS rendszernek is ez a platform az alapja.

Összehasonlítva az ERTMS rendszerrel az RBS együttműködik a VHF/UHF hálózattal, így nincs szükség komoly kezdeti beruházásra a GSM-R rendszerben. Az RBS – ahogy már említettem – nem igényel kábelezést a vonalak mentén. A legegyszerűbb rendszer kiépíthető csupán rugós váltókkal. Igaz, hogy ez esetben a sebesség rendes körülmények között limitált. Természetesen vezérelt váltók is beépíthetők a rendszerbe.

### **Konfigurációk**

Minimál konfiguráció esetén is a központ az agy. Kiegészítői a pályatérkép és a jelzésirányító munkaállomás. A pálya egyszerű rugós váltókkal és Eurobalise-okkal kiépíthető. A vonat fedélzeti berendezésének fő komponense az Euroradio, s a kapcsolattartás rádióhálózaton (pl. GSM-R) keresztül zajlik.

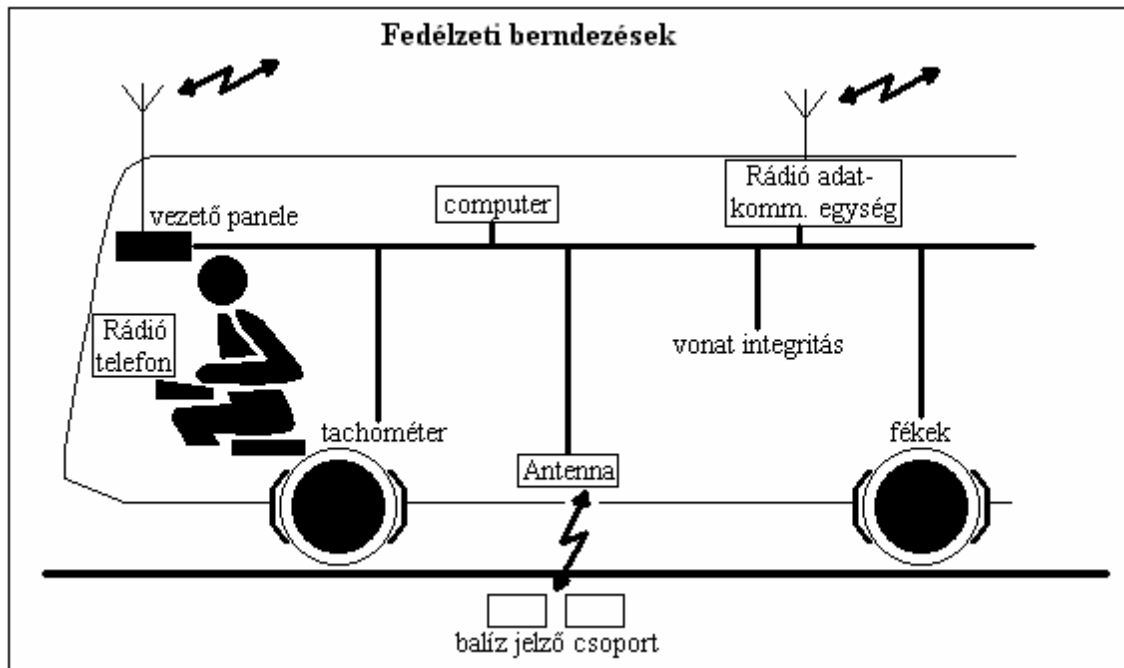
Haladó konfiguráció esetén a pályamenti elemek (váltók, útátjáró sorompói, stb.) is rádióirányításúak.

### **Rendszerkomponensek**

A rendszer fő komponensei a következők:

1. Fedélzeti rendszer minden járművön,
2. Balírozok a vonal mentén,
3. Mobil rádió rendszer,
4. Távolsági összekapcsoló rendszer.

Ad 1. Az ADtranz RBS üzem járműfelépítésének egyszerű sémája a 7. ábrán látható.



7.ábra

A vonat a passzív rendszerű balizokkal az antennán keresztül kommunikál. A tachométer a sebességadatokat szolgáltatja, míg a központtal a rádió kommunikációs egység tartja a kapcsolatot. Az összes többi egységgel együtt ez is a computer felügyelete alatt áll.

Ad 2. A vonalmenti berendezések fő jellemzője, hogy nincsenek a hagyományos rendszerben megszokott jelzők. Minden balíz egy-egy ilyen optikai jelzőt helyettesít, s egyenként rendelkeznek egy földrajzi pozícióazonosítóval. Különböznek a jelzőktől abban is, hogy azoktól eltérően a balizok állandó információt küldenek, s más berendezésekkel nem állnak elektromos kapcsolatban. A balíz állandó jelleggel nulla célsebességet közöl, így védve az őt követő elemeket. A balizokat táblák azonosítják. A váltók központi működtetésűek vagy rugósak.

Ad 3. A mobil rádiórendszer lehet például Euroradio.

Ad 4. A kapcsolatot a rádióhálózat teremti meg (pl. GSM-R).

### **Következtetés**

Összességében az ADtranz RBS rendszere egy elérhető és kipróbált alternatívát jelent minden olyan esetben, amikor a hagyományos rendszer nem gazdaságos az adott vonalon, vagy kis kihasználtságú vonalat kell újonnan építeni, összességében tehát nincs igény a komolyabb, költségigényesebb rendszerek kiépítésére. Rugalmas (szabványos, és más rendszerekkel – beleértve a hagyományost is – kompatibilis), a felhasználók szempontjából áttekinthető, költségtakarékos, biztonságos, automatizálható és továbbfejleszthető (upgrade lehetőségek).

## V. Az FFB üzem részletes tárgyalása

A III. fejezetben megismertük az elméleti alapokat, s láthattunk néhány egyszerű példát, a IV. fejezetben pedig az egyszerűsített RBS üzemről olvashattunk rövid összefoglalót. A most következő fejezet az, melyben a rendszer mélyére tekintünk, s megismerhetjük a pontos részfeladatokat, a bonyolultabb rendszerkapcsolatokat. Bizonyos esetekben ismétlésekre is sor kerül, mely a könnyebb megértést segíti.

### **Bevezető**

A máig megvalósult vasúti pályák biztonsági rendszereinek berendezései, azok üzeme és fenntartása nagyon sok pénzt emésztenek fel, s nem függenek közvetlenül a lebonyolódó forgalom nagyságától. Az FFB elgondolás célja, hogy minimalizálja ezeket a felmerülő költségeket úgy, hogy a jelenleg a pályához rendelt elemeket – úgymint jelzők, vágánymenti automatikus vonatirányító rendszerek, vágányfoglaltság jelzők – feleslegessé teszi. Míg a jelenlegi üzemben a „minden kábel a központba fut” elv érvényesül, addig az FFB alapvető filozófiája az, hogy decentralizálja azokat az irányítási és biztonsági feladatokat, melyeket ma a jelzők valósítanak meg, így az ehhez tartozó hagyományos összekapcsoló berendezések feleslegessé válnak a jövőben.

A hagyományos jelzők feladatai a következők:

- Megakadályozása annak, hogy egy vágányszakaszt egyidejűleg több mint egy vonat foglaljon el, így kerülve el a különféle ütközéseket.
- A hibás vonalmenti elemek (pl. váltók) okozta kisiklás kizárása.
- Valamint a változó vasúthálózati információk aktuális értékeiről való tájékoztatás

Most mindezt az alábbi rendszerösszetevőkkel valósítjuk meg:

- Intelligens járművek (fedélzeti feldolgozó egységgel, automatikus pályamágnes érzékelővel, fedélzeti távolságmérő eszközzel és tachométerrel, valamint a feldolgozó egységhez tartozó pályatérképpel, stb.)
- Az UIC-project Eurobalise-én alapuló pályamágnes (mely hitelesíti, illetve szükség esetén javítja a pályatérkép által számolt járműpozíciót és a fedélzeti feldolgozó egység által számolt vonathosszt).
- A váltók és szintbeni útátjárók decentralizált intelligens irányító eszközei
- Rádióon keresztül biztonságos adatátvitel, összhangban az ERTMS/EUROSIG project Euroradio rendszerével, a pályamenti jelzőeszközök nagy költségű kábelezése helyett.

Az FFB eljárás univerzális és bármely kategóriába tartozó vágányra alkalmazható a moduláris felépítésének köszönhetően. Az FFB Minimál Eljárást a regionális forgalom számára alakították ki, megteremtve a szükséges technikai

előfeltételeket a gazdasági eredményességhez, újraélesztve így azokat a vonalakat, melyeket már leválasztottak a modern járművektől. A maximális adatmennyiséget kihelyezve a – felújított vagy új – járművekbe lehetővé válik a személyforgalom optimalizálása azáltal, hogy mérsékeljük mind az utazási időt, mind pedig a két vonat közötti követési távot, a csúcsforgalmi várakozási idők következetes csökkentésével együtt. Úgy felelve meg ezáltal a felmerülő teljesítményigényeknek, hogy számos – a hibabiztos üzem érdekében intelligens egységekkel felszerelt – váltó és szintbeni kereszteződés nem követeli meg a nagy beruházási igényű kábelezést.

Az FFB Minimál Eljárás optimális használatához a regionális üzemet tekintve a domináns homogén utasforgalom mellett a vonatok 20 vagy több percnyi követési időköze, a csak kivételesen előforduló tolató mozgások és az aránylag nagy számú szintbeni közúti/gyalogút kereszteződés az üzemi és infrastrukturális előkövetelmény, ahol is a maximális sebességet csak a vonattípus és a pálya paraméterei (terepviszonyok) határozzák meg.

### ***Az alkotórészek tervezési szempontjai***

Az egyik legfontosabb szempont a gazdasági kívánalmakkal való azonosulás. Annak a ténynek köszönhetően, hogy az FFB rendszer a kommunikációra épül további szempont, hogy mind a kommunikációk száma, mind azok időtartama minimális legyen. Ezért az egyes feladatblokkokat el kell osztani az alrendszerek között. Továbbá magától értetődően figyelembe kell venni, hogy a meghibásodott és a hagyományos (felszerelés nélküli) vonatok is közlekedhessenek az FFB üzemű pályákon a rendszer segítségével. Ehhez kapcsolódóan beszélhetünk a más rendszerekkel való kompatibilitásról. Lehetővé kell tenni, hogy ERTMS/ETCS (az európai egységes vonatirányítási és biztonsági rendszer jelenleg fejlődési stádiumban) rendszerű vonatok is haladhassanak az FFB felszerelésű vágányokon – európai kívánalom az interoperabilitásra – s az FFB rendszerű vonatok is járhatnak az ERTMS/ETCS üzemű pályákon.

E célok megvalósításának érdekében a rendszer elgondolásakor és specifikációjakor szét kell választani az alapvető és a nem alapvető feladatokat. Ki kell gondolni a működést és a módszertant, a modularizációra alapozott decentralizált és elosztott „intelligencia” alkalmazásával.

### ***Feladatok***

#### ***Leírás***

Az FFB Minimál Eljárás fő feladatai a következők:

- A haladáshoz szükséges térköz biztosítása
- Sebességellenőrzés
- Az utak zárása és irányítása

A térköz biztosítása a központ feladata, mely emellett tartalmazza az úgynevezett útlogikát. Ez fogadja a mozgáskoordinátor munkaállomás

instrukcióit, s testesíti meg a döntő felismerő hatalmat, mely kijelöli a kizárólagosan szabad vágányutat a vonat számára. A vonat csakis ezen az úton mozoghat, s e kijelölt út végén a fedélzeti feldolgozó egység működésbe hozza a fékrendszert, megakadályozva ezzel a túlfutást. A fedélzeti feldolgozó egység – mely az FFB üzemű vontatójárművekbe van telepítve – feladata a sebesség figyelése és az út lezárása. Kiszámít egy dinamikus felügyeleti profilt a pályára, melyet eltárol a pályatérképben, így biztosítva a sebesség-felügyeletet a helyi jellegnek megfelelően. Ráadásul a változó állapotú pályaelemek (váltók és szintbeni útátjárók) pontosan számítható veszélyes pontok, s védelmük a hozzájuk tartozó fékfelügyelettel biztosított – gondoljunk csak a fékgörbére, mely alapállapotban aktív. A fékgörbe csak akkor válik inaktívvá, ha a vonatkozó pályaelemek a vonat mozgását engedélyező pozícióba kerülnek. Összességében tehát ezek a felügyeleti profilok garantálják az út közbeni vonatmozgások korlátozásának lehetőségét, az engedélyezett sebesség betartását, valamint a kizárólagos használatát a lezárt pályaelemeknek. Az út lezárása és irányítása elosztott objektumvezérlők (object controllers) segítségével történik, ha szükséges csoportvezérlőkön (group controllers) keresztül. Rendes körülmények között csak az FFB rendszerű vonat képes hozzáférni a számára kijelölt út pályaelemeihez – a központ meghibásodása esetén is! Éppen ezért a vonat felelőssége az, hogy a pályaelemeket időben kapcsolja és a kívánt állapotban tartsa, míg a megfelelő pályaszelvény-érvénytelenítés meg nem történik, melyet azonnal közöl a központi egység útlogikájával.

#### Magyarázat

Pontokba foglalva az alábbi feladatok jelentkeznek a vonatmozgás során:

1. Kérelem az út kijelölésére – a vonat kérelme a központi berendezés útlogikájához az út kijelölésére.
2. Forgalomvizsgálat – a központi berendezés útlogikája ellenőrzi a kérelmezett pályaszelvények engedélyezhetőségét vagy annak már más vonat általi lefoglalását, s előbbi esetén lefoglalja azt a vonat számára.
3. Útkijelölés – amint az útkijelölés megtörténik, a vonatnak kizárólagos elérhetőségi engedélye van az illető pályaelemekre nézve.
4. Útra bocsátás – a pályatérkép tájékoztatja a vonatot a kijelölt út pályaelemeinek pozíciójáról. Ha a pályaelemek érvényes állapotüzenei még nem érkeztek be, akkor ezen elemek fékgörbéi aktívak maradnak. Az útra bocsátás a kijelölt út hosszára korlátozódik, egészen a következő konfliktus pontig.

Gondolatban érdemes még felidézni a 3., 4. és 5. ábrát.



## **Az FFB központ egységei**

### Feladatok

Az FFB központ egységeinek feladatai az alábbiak:

1. Egyértelmű kijelölés mindkét oldalon (jármű/pálya).
2. Jegyzése a kijelölt (kiosztott) és kijelöletlen vágányoknak (pályaszelvények).
3. Teoretikus grafikai eljárások alkalmazása konfliktusok megelőzésére.
4. Útkijelölés és célállomás részletek.
5. Útkijelölések továbbítása, s következésképpen a kijelölt úton való mozgás felelősségének továbbítása a vonatnak.
6. Útkijelölés visszavonása, amint a vonat továbbította a „pálya szabad” üzenetet (teljes felügyeletű vonatok esetében ez az eljárás a vágányszakaszok sorozataként hajtható végre).

### Útlogika

A központi berendezés útlogikája biztosítja a forgalmat, mint a pályaszelvények kizárólagos kijelölője. Az útlogikának fel kell tudni ismernie a vonatot, hogy utat jelölhessen ki számára. Ezért a vonat üzembe helyezésekor, az FFB rendszerbe való belépéskor illetve a tolatási művelet befejezésekor a fő fedélzeti feldolgozó egység lekéri a szükséges adatokat a vonatvezetőtől. A vonat adatai ezután továbbítódnak az útlogikához. Az utat érvényes vágányszelvények folyamatos, összefüggő sorozataként jelöli ki. Minden vonat csak a neki kijelölt úton közlekedhet, így az útvégek a fő fedélzeti feldolgozó egység által automatikusan beállított és frissített fékgörbével biztosítottak. A logikai védelmi oldalon köszönhetően a párhuzamos kijelölések kizártak, így a vonat az útszakaszon belül védett. A fő fedélzeti feldolgozó egység kérésére a fő központi feldolgozó egység továbbítja a kijelölt pályaszelvények listáját, jelezve azt a fedélzeti pályatérképen. Az útlogika megszünteti a kijelölést, mihelyt a fedélzeti feldolgozó egység informálja őt a pályaszelvény szabad voltáról. Ez a szabad pályaszelvény elismerésének folyamata. Lehetséges továbbá vágányszelvény kijelölése tolató mozgások számára, valamint üzenés a mozgáskoordinátor irányítása alatt.

### Vezető feldolgozó egység

A vezető feldolgozó egységet hibabiztos jelzőtechnikával a fő fedélzeti feldolgozó egység segítségével tervezték, az olyan esetekre, amikor egy vonat nincs felszerelve az FFB rendszerrel, vagy meghibásodott. Biztosítja tehát az ilyen szerelvények hibabiztos közlekedését az FFB körzeten belül. Ha a mozgáskoordinátor kételkedik egy vonat fedélzeti berendezésének helyes működésében, akkor kér, illetőleg végre is hajt egy ellenőrzést. Felszerelés nélküli vonatnak telefonon keresztül kell bejelentkeznie, közölve a vonat kódját az útlogikával. A vezető feldolgozó egység mindkét esetben átveszi a fedélzeti feldolgozó egység feladatát. Miután kijelölték a teljes utat, a vezető feldolgozó egység kapcsolja az egyes pályaelemeket, majd a mozgáskoordinátor telefonon

tájékoztatja a vonatvezetőt az utazás feltételeiről (sebesség, cél, speciális jelentőségű pályaelemek, stb.), s felszabadítja az utat. A tervezett cél elérésekor a vonatvezető tájékoztatja a mozgáskoordinátort az érkezésről. A mozgáskoordinátor beviszi a megérkezés tényét a vezető feldolgozó egységbe, megerősítve ezzel a vonat mozgásának befejeződését (út vége). Ennek következményeként a vezető feldolgozó egység felszabadítja a vágányszelvényt, mely így nem foglalt tovább. A vezető feldolgozó egység az ERTMS/ETCS üzemű vonatok esetében is használható. Azonban ekkor a vonat felismerése automatikusan történik, s az útkijelöléssel együtt a központi feldolgozó egység pályatérképén alapulva egy teljes útleírást is kap a vezető feldolgozó egységtől, így a vonat képes automatikusan felügyelni a sebességét. A pályaelemeket a vezető feldolgozó egység kapcsolja, ahogy már fentebb említettem.

#### Mellék feldolgozó egység

A kiegészítő funkciók nem biztonsági kritériumok, de segítik a mozgáskoordinátort az útlogika kezelésében. Ezeket a segédfeladatokat (részfeladatokat) tartalmazza a mellék feldolgozó egység. A vonat által közölt útkérelem továbbítódik a mozgáskoordinátorhoz, aki meghatározza az elkövetkező vonatmozgásokat, a mellékfeldolgozó egység útleírásának megfelelően. A mellékfeldolgozó egység egyedi útkijelölő parancsokat küld – a jelenlegi útleírásra alapozva – a központi főfeldolgozó egységnek. Egy vágányszelvény felszabadulása után, ha a felszabadulás elismerése megtörtént, az útlogika informálja a mellékfeldolgozó egységet az elkövetkező útkijelölés megszüntetéséről.

#### Mozgáskoordinátor munkaállomás

A címben szereplő munkaállomás működési és jelző egységekkel ellátott, beleértve ebbe a szükséges bemeneti és megjelenítő eszközöket (képernyő, billentyűzet, nyomtató, stb.) is, valamint csatlakozással a mellék feldolgozó egységhez. A járművek négy csoportra oszthatók fel, mindegyikhez tartozik egy megfelelő működtető eljárás. A csoportok a következők:

1. FFB felszereltségű járművek, vonatteljesség felügyelettel
2. FFB felszereltségű járművek, vonatteljesség felügyelet nélkül
3. ERTMS/ETCS felszereltségű járművek (mint már láttuk a vezető feldolgozó egység segítségével a mozgáskoordinátor FFB üzemű járműként is képes kezelni)
4. FFB rendszer nélküli járművek.

A vonatteljesség tulajdonképpen a vonategység megmaradásának, a vonat vége jel figyelésének, a szétkapcsolódás tényének ellenőrzésének lehetősége.

Az FFB rendszer nélküli vonatok FFB körzeten belüli közlekedésének lehetővé tételéhez a mozgáskoordinátor és a vonatvezető között információáramlás telefonon zajlik. Ez az eljárás az úgynevezett „parancsillesztési eljárás” („command setting procedure”). Ez alapján

megkülönböztetjük a rendes üzemmódot, a parancsillesztési eljárású, illetve a tolató üzemi utazást.

További eljárások is elérhetőek innen, úgymint a pályaelemek felügyelete és működtetése, az útkijelölés visszavonása, pályaszelvények szabad voltának bejelenthetősége vagy például a vészhívás és az azonnali megállítási.

A bemenő parancsok valamint a részletes és átfogó nézetek a monitor képernyőjén jelennek meg. E képernyőkön keresztül lehetséges a műveletek végrehajtása az egész rendszerre vonatkozóan. Az adat az egér és a billentyűzet segítségével vihető be. Azonban a mozgáskoordinátor által a biztonsággal összefüggő bevitel az úgynevezett KF (parancsadás) eljáráshoz tartoznak, így meg kell erősíteni a KF gomb megnyomásával. Ezen műveletek számolása és nyomtatása is a rendszer feladata.

### Pályatérkép munkaállomás

A pályatérkép képezi le a háromdimenziós helyi információkat (hosszúság, magasság, vágánykoordináták). A vasúthálózatot vonalak és csomópontok rendszereként értelmezi. Adatelemei között az egyes szegmensek kapcsolatrendszerei is helyet kapnak. Az adattartalomnak ez a fajta felosztása segít abban, hogy egy megváltozott vágányadat esetén nincs szükség újvizsgálni a helyes vonatkoztatásokat a helyi feladatok és a pályatérkép között.

Az eredeti pályatérkép a központi berendezésben található, de másolatai szét vannak osztva a vontatójárművek között. Utóbbiak kizárólag arra használják, hogy meghatározzák a célt és lehívják a helyi üzemi információkat. Az eredeti verzió referenciaként szolgál, s ez az alap a jövőbeli szükséges változtatásokhoz.

## **FFB járműberendezések**

### Feladatok

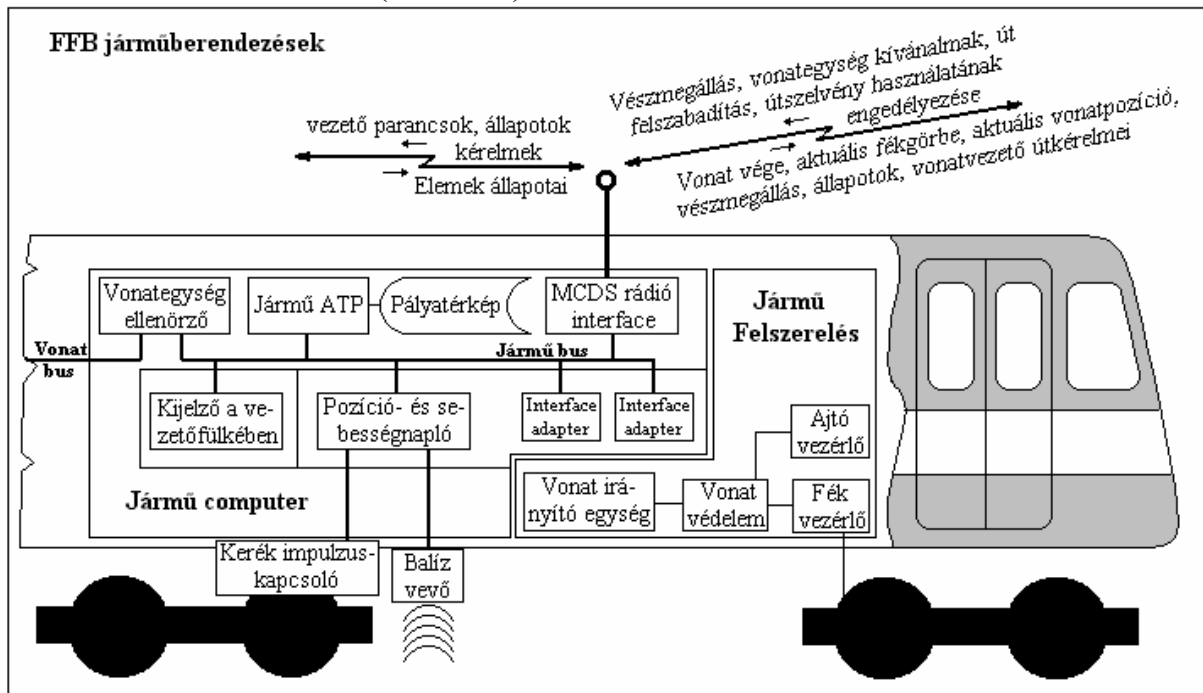
Az FFB járművek szerkezete az FFB elgondolás eredménye, mely két részre osztható: „vonatirányító” és „vonatvédelem”.

A vonatirányító a vontatójármű vezetőjével együttműködve kifogástalan szolgálatot teljesít. Előállítja az információkat a vontatójármű vezetője számára, utat kérelmez, kezdeményezi az azonnali megállást, valamint meghatározza a távolságot a célpontig.

A vonatvédelem feladata a vonatmozgások felügyelete és a meg nem engedhető üzemi körülmények esetén a biztonsági szankciók kezdeményezése. Megállapítja a pozíciót, a sebességet, a sebességkorlátozásokat; felügyeli a sebességet, számítja a fékezési görbét. Kezdeményezi a fékezést normál üzemmódban, valamint a vészfékezést is. A pályaelemek kapcsolóparancsainak kiadója, azok állapotának lekérdezője és azok lefoglalója is. Végül felügyeli a vonat teljes működését.

Az FFB fő feladatait a vontatójárművekben az alábbi modulok valósítják meg (ld. még 8. ábra):

- Fő fedélzeti feldolgozó egység
- Fedélzeti vezérlő és képernyő
- Rádió interface
- Pályatérkép
- Helymeghatározó eszközbázis (alap és részletes pozicionálás)
- Fő interface (gyorsfékezés, vonatteljesség, visszaigazolás)
- Mellék interface (normál fékezés, kürt nyomógomb)
- Adatkimeneti eszköz (recorder)



8.ábra

### Fő fedélzeti feldolgozó egység

A fedélzeti feldolgozó egység tartalmazza a központi elemeket, melyek a részfeladat-modulokon keresztül valósítják meg a „vonatirányító” és „vonatvédelem” feladatait, s kicseréli az információkat a perifériával. Ez az információ egyrészt a vontatójármű technikai és fizikai állapotadata, másrészt a fedélzeti feldolgozó egység és a vontatójármű számlálója, illetve a fedélzeti feldolgozó egység és az FFB központ által kicserélt adat, de bele tartozik az egyes pályaelemek állapotadatairól kapott utolsó információ is. Mindezeket az információkat a fedélzeti feldolgozó egység dolgozza fel.

### Helymeghatározó eszközbázis

A bázis magában foglal minden olyan fedélzeti adatszerző komponenst, mely a vonatpozíció meghatározását célozza, valamint a már végrehajtott feladatokat lezárja. A pozíció meghatározásának alapja az odométer által mért adatok, kiegészítve a pályamágnes által szolgáltatott információkkal. Az

optimális üzemben a Doppler-radar (Doppler elven működő radar) és/vagy a GPS-szatelit (Global Position System) használata is indokolt a pontos helymeghatározáshoz (DGPS).

### **Pályatérkép**

A pályatérkép magában foglal minden fontos adatot az FFB üzemű körzeten belüli vágányszelvényekről. Adatokat szolgáltat a vasúthálózaton belüli helymeghatározáshoz éppúgy, ahogy a pályaelemekről és a területi határpontokról is. Amennyiben ezek az információk elérhetőek a központi berendezés útlogikája számára akkor - mint egyedüli ilyen – hozzáférhet a pályaelemekhez és felügyelheti a sebességet. Rendszerint a pályatérkép kér adatokat az adatbázistól, ami egy rezidens memóriában tárolódik, ám ennek ellenére lehetőség van a vágányadatok frissítésére (upgrade).

### **Interface-ek**

A nem említett modulok képviselik lényegében az interface-eket (csatlakozási felületeket) a vontató jármű perifériájához. A vezető által bevitt adatokat a vezetőfülkében lévő rádió és kijelző eszköz kapja meg, majd megjeleníti az információkat grafikus és alfanumerikus formában. Ez a kijelző eszköz minden vezetőfülkében, a vonat mindkét végén telepítve van. A jármű eszközeinek interface-ei szétválaszthatóak fő- és mellékcsoportra. A vonatteljesség meghatározása és a gyorsfékezés kezdeményezése a vonatvédelem parciális feladatainak a része, épp ezért a fő feladatokhoz tartozik. Ezzel szemben az adatkimeneti eszköz (recorder) – hasonlóan egy tachográfhoz – a fontosabb adatok rögzítésének nem létfontosságú feladatát kapta. Egy hagyományos rendszerrel a visszaigazolás az induci nyomógombbal történik. Az induci nyomógomb megértéséhez vegyük a következő példát. A vonat éppen elhalad egy pályamágnes mellett, s attól fékezési impulzust kap. Ha azonban balesetelkerülési vagy egy egyszerű eszközhiba miatt a továbbhaladást kell kezdeményezni, akkor az az induci nyomógombbal történik. E biztonsági gomb megnyomásával a vonat a fékezési impulzus ellenére továbbhaladhat. Ezzel segíthetjük a rendszer biztonságosabbá tételét és rugalmasságát.

A GSM rádió modem, valamint a helymeghatározó eszközbázis (pályamágnesek információbeolvasó eszköze) interface-ei alapozzák meg a vágányúttal való kommunikációt.

### **Pályaelemek**

A kommunikáció rádión keresztül történik a pályaelemekkel, melyeknek az alábbi három típusát különböztetjük meg:

1. váltók,
2. szintbeni útátjárók,
3. kulcszárak.

A szintbeni gyalogosátjárók beillesztése az útátjárók irányításához és működéséhez hasonló, az FFB elgondolásnak megfelelően. A kulcszárakat

speciális feladatokra használják, például kézi állítású váltókkal kapcsolatban, illetve a tolatási körzeteken belül. A pályaelemek beillesztése három módon történhet:

1. Rendszer által támogatott (rádiókommunikáció nélkül) – a támogatás egy a vezetőfülkében lévő kijelző formájában adott; például szintbeni útátjáró jelentése a pályatérkép információira alapozott technikai védelem, illetve a kürt aktiválásának kérelme nélkül.
2. Rendszer által felügyelt – csak állapotlekérdezés a rádión keresztül.
3. Rendszer által irányított – kapcsolóparancsok közlése a pályaelemeknek és azok állapotának lekérdezése rádión keresztül.

Lehetőség van az egyes pályaelemek összefogására, egységbe foglalására. Az alábbiakban a rendszer által irányított és a rendszer által felügyelt elemek egységbe foglalását láthatjuk.

A pályaelemek váltását végző vágányoldali eszközök három csoportra oszthatók: rádiókommunikációs egység, csoportvezérlő és objektumvezérlő. A rádiókommunikációs modul használjuk az összes objektumvezérlő kommunikációjához, s a csatlakozás a csoportvezérlő felügyeletével zajlik.

A pályaelemek közvetlen váltását a vonat fedélzeti feldolgozó egysége végzi. Gyakorlatilag mindössze két kommunikációtípusról beszélhetünk a pályaelemekkel kapcsolatban. Ezek a kapcsolóparancsok és az állapotlekérdezések. A kommunikációt mindig a fedélzeti feldolgozó egység kezdeményezi. Az állapotüzenet lekérése után a pályaelem közli választát. Emellett a pályaelemnek lehetősége van önként tájékoztatást adni a váratlanul bekövetkezett zavarokról. Az állapotlekérdezések (és speciális esetben a kapcsoló parancsok is) közvetlenül a központi berendezésen keresztül is végrehajthatók (=>vezető feldolgozó egység).

Közvetlenül az útkijelölés vétele után a fedélzeti berendezés kapcsolhatja a váltókat, vagy csoportokba tömörítheti azokat (pl. állomás váltói esetében). Emellett a fedélzeti berendezés feladata a szintbeni útátjáró elem optimális kapcsolási időpontjának számítása is, minimalizálva ezzel a közúti forgalom szüneteltetésének idejét. Tekintettel kell lenni a szintbeni útátjárók speciális feladataira és tulajdonságaira, úgymint az állandó kapcsolat, a reaktiválódás elleni védelem fontossága, a maximális áthaladási idő, s a helyi működés.

## **Kommunikáció**

### **Átviteli eljárás**

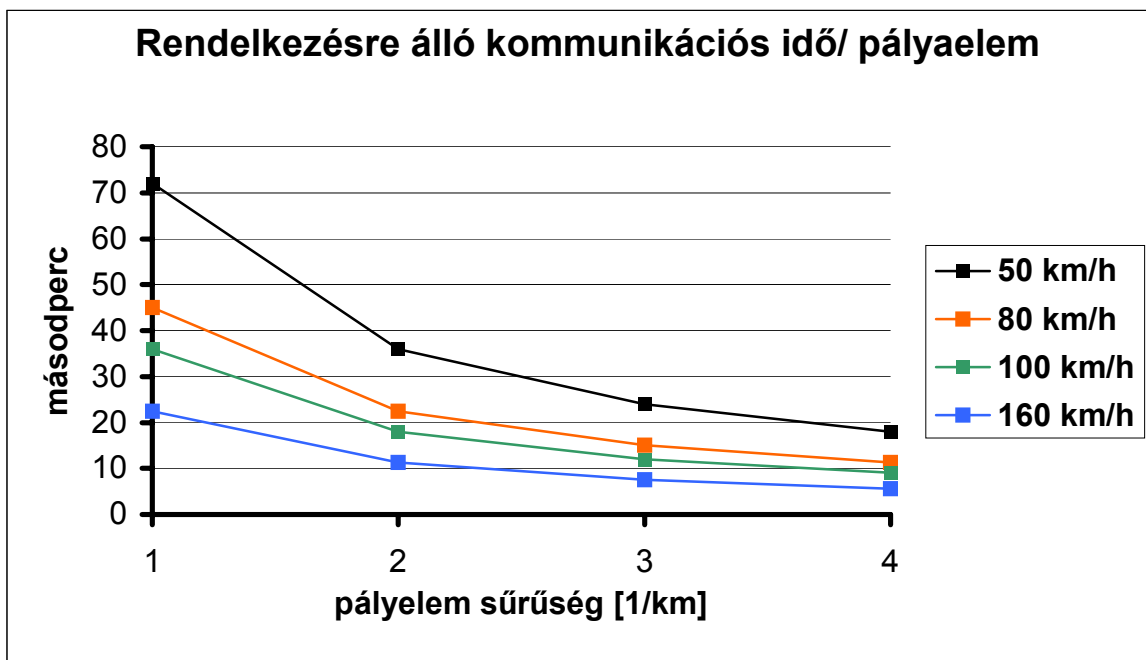
Az FFB eljárásnál nem csupán a vonat és a központi berendezés közötti rádiókapcsolatról beszélhetünk (ahogy az ERTMS/ETCS esetében), hanem a vonat, a központi berendezés és a pályaelemek közötti kommunikációról is. A kommunikációs igény csak az eseményeknél jelentkezik, s rövid időtartamra korlátozódik. A kommunikáció létesítési idejének és az adatátvitel időtartamának aránya optimalizált. Ha például egy pályaelem kapcsolási ideje

meghaladja a maximális tervezett kommunikációs időt, akkor a kommunikáció újralétesítéséhez folyamodik az állapotjelző. Ez az eljárás minimális üzemi költségeket jelent a kommunikációra nézve, valamint kiváló felhasználhatóságot a rádiókommunikáció résztvevői számára.

A nagy kapacitású vonalakhoz képest az FFB kisebb igényű, így végszükségben eltekinthetünk az adatátviteltől. Azonban egy permanens ciklikus eljárás sem előnyös az FFB számára, minthogy a kommunikációs kapcsolatok változnak. Hasonlóan nem érdemes dupla interface alkalmazása a vonatban a célból, hogy folyamatos átvitelt hozzunk létre egy FFB központi berendezés és egy másik között, mivel a szétosztott kommunikáció az eseményekhez igazodik.

A jövőben lehetőség nyílik további rádió eljárások használatára a pályaelemek kapcsolására. Ez az eljárás lehetővé tenné a rádió átviteli frekvenciasáv használatát a díjak és licenszek alóli mentességgel, mely a GSM rendszer átmeneti meghibásodása esetén tartalékként átvinné annak szerepét. Ez költségmegtakarítást eredményezne a rádiódíjakat illetően feltéve, hogy a szükséges terjesztési feltételek adottak. A rendszer kipróbálását és tesztelését már tervezik.

Az FFB kommunikációs kihívásai a 9. ábrán láthatóak. A grafikon a rendelkezésre álló kommunikációs időt mutatja a pályaelemek sűrűségének függvényében, különböző sebességviszonyok esetén.



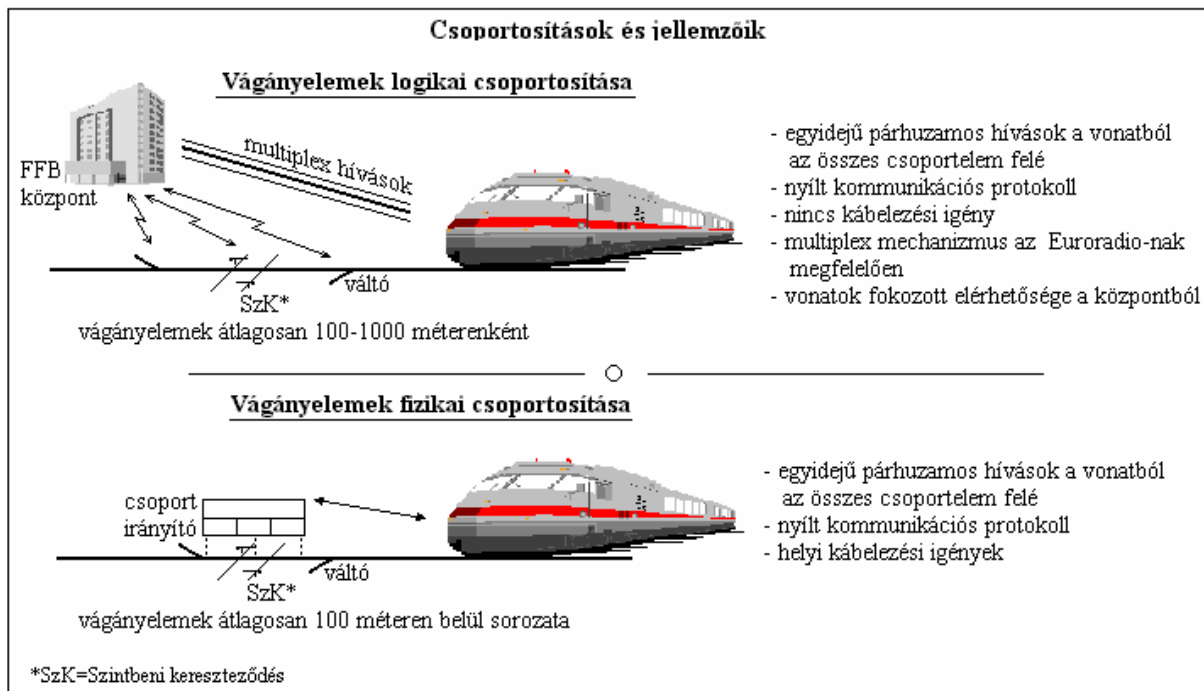
9.ábra

Íme néhány pont, mellyel megfelelhetünk a kommunikációs kívánalmaknak:

- két mobil/vonat
- vágányelemek fizikai csoportosításával
- vágányelemek logikai csoportosításával

- túlterhelés kerülése az alkalmazási szinten

A csoportosítást és azok jellemzőit mutatja be a 10. ábra.



10.ábra

### Kompatibilitás

A digitális rádiókommunikáció az FFB központi berendezés, a járművek és a pályaelemek között az Euroradio előírásaival megegyező. A rádióinfrastruktúra a GSM-RAIL-re épül. A már említett GPRS - ami jelenleg még nem elérhető – gazdasági hasznot remél a rádióhálózat használatától. A GSM-RAIL-t illetően meg kell említeni, hogy nyílt csatlakozású rádióhálózat. Ebből következően előfordulhatnak különféle hibák az adatátvitelben, melyek lehetnek véletlenszerűek, rendszeresen ismétlődők, vagy akár szándékosak. Mivel ezek bármelyikének bekövetkezése az adatátvitellel kapcsolatban – legyen az hiba vagy manipuláció eredménye – katasztrofális következményekkel járhat, ezért a megfelelő védelmi stratégiát ki kell dolgozni, megvédve ezzel az FFB létfontosságú kommunikációit. Az úgynevezett Euro Safe Functional Module biztosítja ezt a hibabiztos adatátvitelt kriptográfiai algoritmusok használatával.

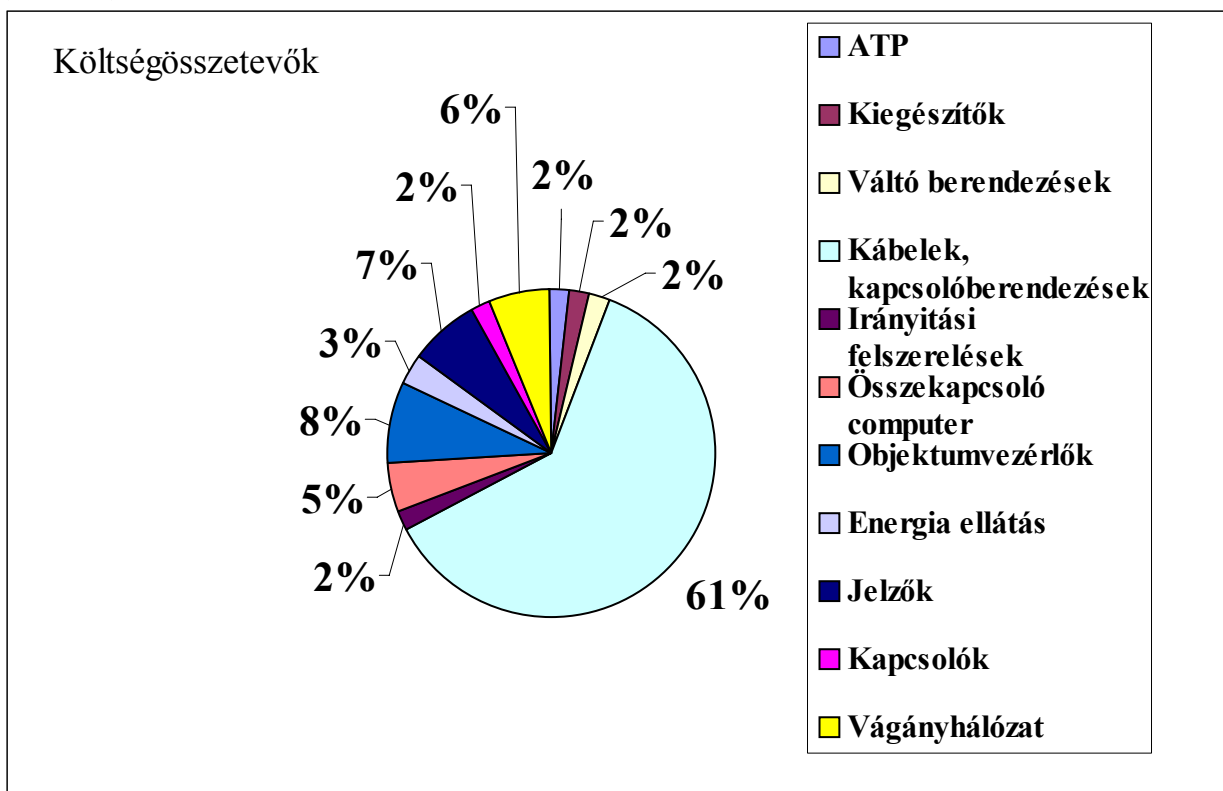
Az ERTMS/ETCS üzemű vonatok biztonságos közlekedtetése az FFB üzemű pályákon és viszont az ERTMS antenna interface (rádiókommunikáció a pályával) valamint a pályamágnes interface használatával lehetséges. Szükséges, hogy a központ és a vontatójármű mindkettőt támogassa, továbbá a pályatérkép adat mindkét interface által olvasható legyen, s elég információval szolgáljon a helymeghatározó eljárás számára.



## VI. Költségek

A dolgozat folyamán több összetevő illetve jellemző esetén szóba került már a költségek redukálásának igénye. A céloknál is fő szempont volt a gazdaságosság mind a kiépítés, mind az üzemeltetés során. Mint láttuk többféle üzem (FFB/RBS/ETCS stb.), s többféle konfiguráció érhető el, így minden környezet megtalálja a számára legmegfelelőbbet. Ezek a különféle eljárások azonban nem csak technikában/technológiában, hanem költségekben is mások, ám a hagyományos vasutakkal való összehasonlításban a fő költségösszetevők hasonlósága miatt (azonos rendszeralapok) akár együtt is kezelhetőek.

A rendszer költségigénye a hagyományos jelzőrendszereknek mindössze körülbelül 25-30%-a. Megvizsgálva egy hagyományos vasútvonal jelzőrendszerének összes beruházási költségét, a következő képet kapjuk: A kábelek, berendezések, stb. (anyag és munka) az összes költség több mint 60%-a. Az összekapcsoló rendszer 5%-a az összes költségnek, míg a jelzők 7-8%-át teszik ki. Ez az oka, hogy az RBS rendszernek alacsony a beruházási költsége. Lássunk egy példát a hagyományos irányítás összes költségének összetételére (6. ábra).



6.ábra

Az FFB üzem tulajdonságaiból következik, hogy a kábelezés (61%), a váltóberendezések (2%), a jelzők (7%) és a vágányhálózat (6%) költségei a rádió alapú rendszer kiépítésénél nem jelentkeznek, hiszen vagy nincs rájuk szükség (pl. jelzők), vagy ha van, akkor a meglévő vonalé hasznosítható (vágányzat). Ezek összesen 76%-ot tesznek ki. Ebből természetesen le kell

vonnunk a rádió üzem kiépítési költségeit, melyek kb. 6%-ot tesznek ki. Így jutunk ahhoz a végeredményhez, mely szerint a költségek csupán a 30%-át teszik ki a hagyományos rendszernek, s 70% megtakarításként jelentkeznek. Ezek az adatok csak irányszámoknak tekintendők, hiszen egy minimál koncepció természetesen még ennél is kisebb, míg egy fejlett rádió üzem – igaz kis mértékben – nagyobb költségű.

Az életciklus folyamán a költségmegtakarítások tehát mind a beruházásnál, mind a fenntartásnál jelentkeznek. Egyszerű és optimalizált üzem, mely a visszafogott infrastruktúrának és a nagymértékű szabványosításnak (Eurobalise, Euroradio, GSM-R/GSM) is köszönhető.

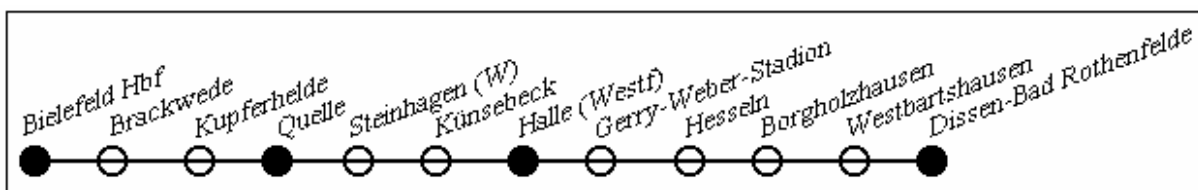
## VII. Jelenlegi állapotok és távlatok

Az egyszerűsített RBS üzem svédországi, kolumbiai és chilei telepítéséről már esett szó. A DB AG-nál 6000 kilométernyi mellékvonal esetében veszik fontolóra az FFB eljárást. A racionalizálhatóság magas foka lehetővé tette egy rövid szakasz megtervezését. A működési és technikai leírások jóváhagyása a Szövetségi Vasúti Hatóság által 1997-ben megtörtént. Ezt követte a rendszerfejlesztés megvalósítása a Lautertalbahn (Kaiserslautern-Lauterecken-Grumbach) és az AlzeierY (Mainz-Gensingen-Hornweiler-Monsheim) vonalakon, kiegészülve a vállalatspecifikus előírások kidolgozásával. A szükséges biztonsági igazolások megvalósultak az Európai szabványokra, EN 50 126, 50 128 és 50 129. A DB AG központi irányítórendszerét valamint a biztonsági koncepciókat és igazolásokat tekintve lehetőség van más európai vasutak eljárásait is a szabványokba illeszteni.

További vágányokat is szándékoznak a rendszerbe illeszteni, hogy a 2000-es Expón (2000. júniustól) szabványos FFB alkalmazásokként mutathassák be a rendszer elemeit. A SIMIS FFB Expo vonal jellemzői:

- 26 km vonalhossz,
- 3 állomás (plusz nyolc további megálló),
- 7 FFB személyvonat,
- 2 FFB tehervonat,
- 35 rendszervezérlésű szintbeni kereszteződés,
- 4 rendszervezérlésű váltó,
- 2 időleges tolatási térség.

Az útvonal:



## VIII. Összegzés:

Az FFB rádió alapú vasútüzem elnevezés több egy egyszerű névnel. Egy radikális változást jelöl a jelző- és irányítótechnikában egyaránt a mellékvonalak számára. Az FFB nem csak a vágány mentén sorakozó jelzőket váltja fel, hanem megszabadít az eddigi sok hátránnyal járó összekapcsoló technikától is. A fejlesztést illetően a strukturáltság, a funkciók, a rendszerkomponensek és azok feladatainak meghatározottsága a DB AG kifejezett célja...

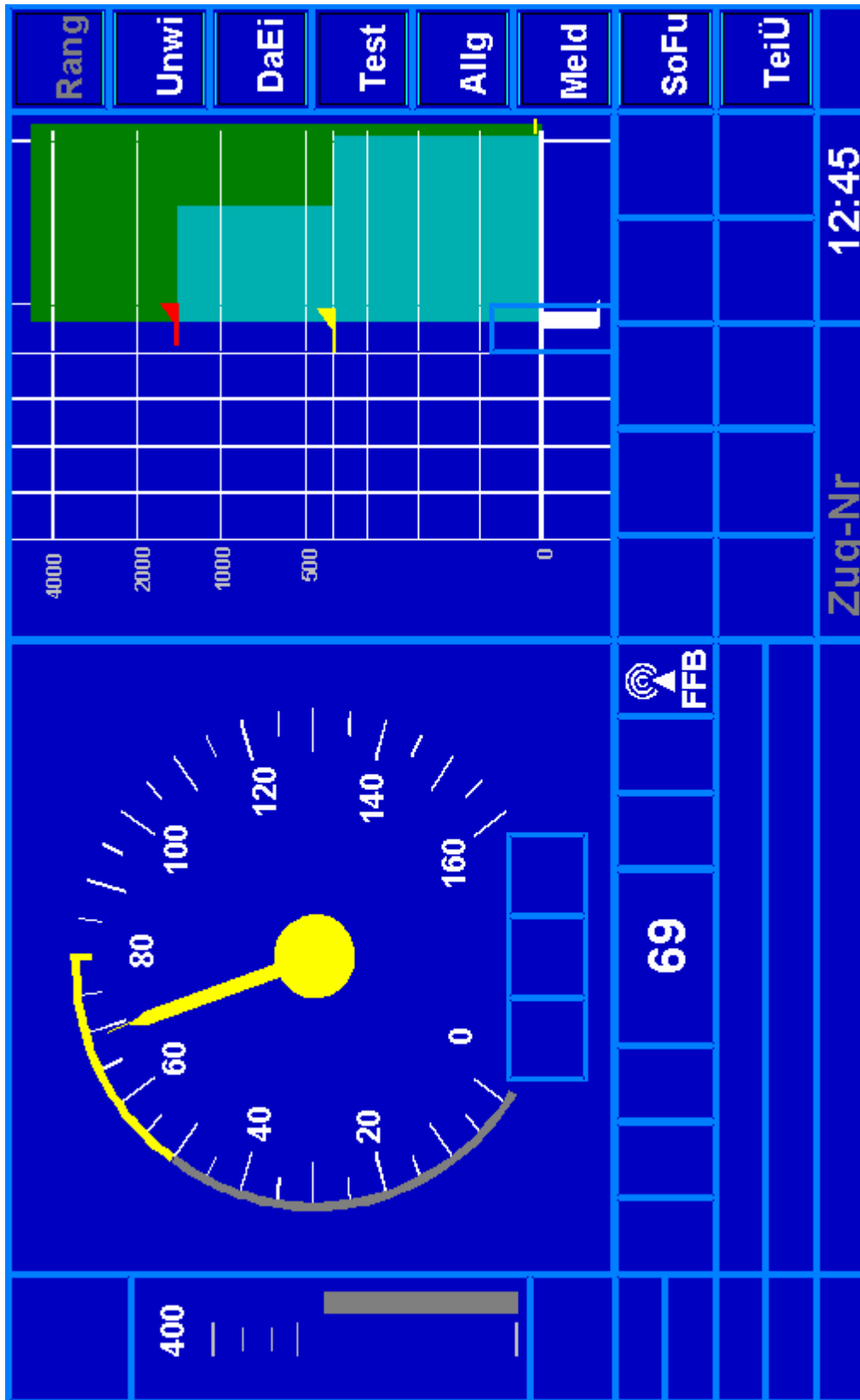
A tágabb értelemben vett rádió alapú üzem alkalmas a teljes vasúthálózat lefedésére is. A korábbi fejezetekben már említett, s a kiegészítésben fotókkal is illusztrált vonalak nem alkotják ugyan a helyi vasúthálózat gerincét, ám fontos szerepük van a rendszer megismertetésében. Az Európai Unió az ERTMS elgondolással az interoperabilitásra alapozva szintén támogatja a hasonló vonalak építését. Az ERTMS az azonos alapokkal, s a már megalkotott szabványokkal (Eurobalise, Euroradio, GSM-R, stb.) teremti meg az összhangot.

A rendszer igen bonyolult kommunikációra és berendezésekre épül, azonban a felhasználó ebből csupán egy könnyen kezelhető, modern és biztonságos üzemet ismer meg. A megrendelő számára pedig a költségmegtakarítás jelenti az előnyt. A többféle konfiguráció minden téren versenyképesé teszi, melyet csak növel a könnyű továbbfejleszhetőség.

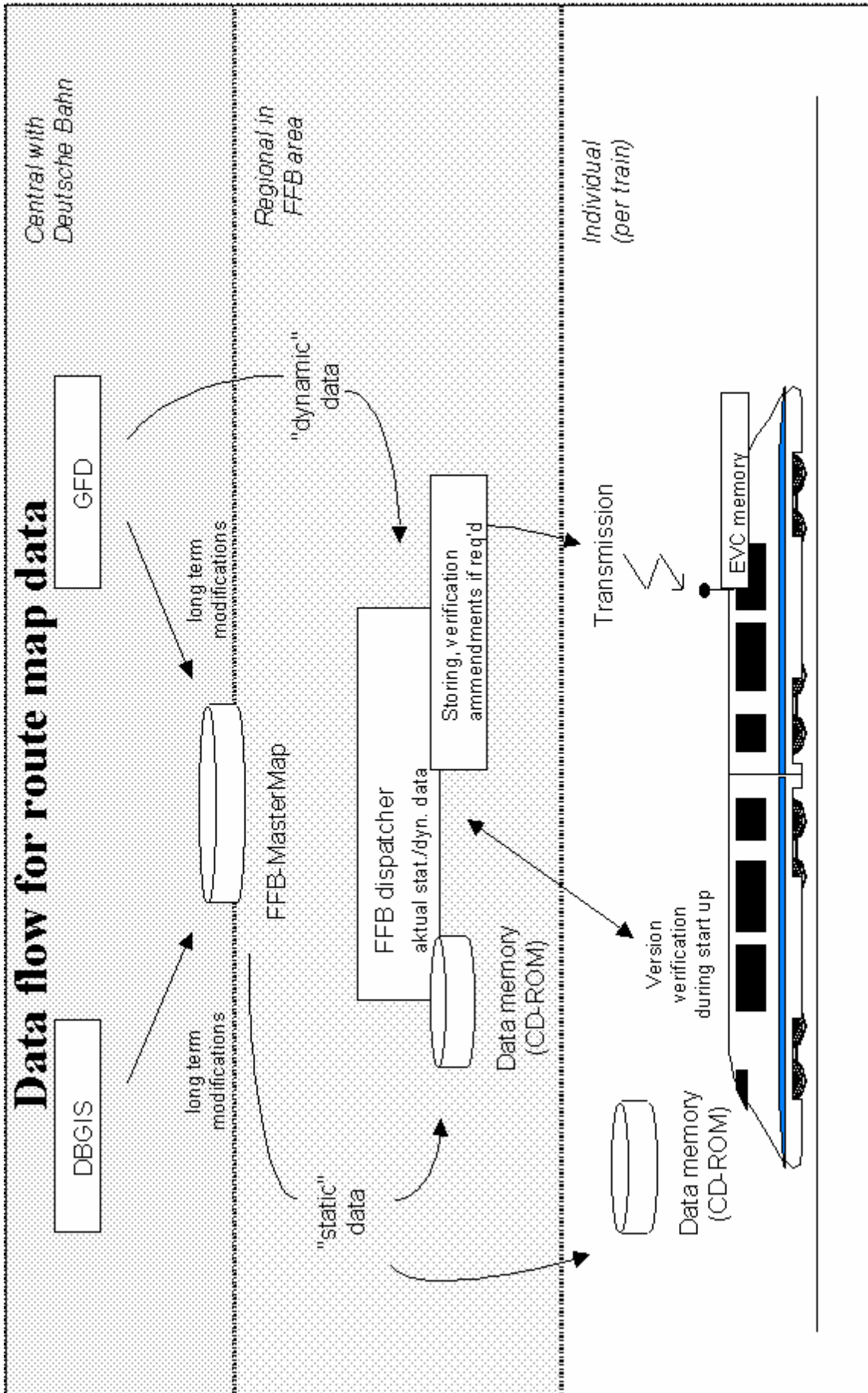
Hátrányként említhető az ismeretlensége, és a feltétlenül szükséges pálya- és járműrekonstrukció. E két utóbbi azonban sem költségben, sem munkában nem jelent komoly akadályt, s az előbb-utóbb szükségszerűen bekövetkező felújításokkor érdemes fontolóra venni a rádió alapú rendszerre való átállást.

Összességében tehát a rendszer mind gazdasági, mind társadalmi, mind technikai szempontból előnyös tulajdonságokkal bír, jövője éppen emiatt több mint biztató, s közeljövőbeli megjelenése Magyarországon is valószínűsíthető.

**Képek**  
(a dolgozat kiegészítő melléklete)



I. Tipikus ETCS képernyő



II. Pályatérkép - adatfolyam



III. Balízkok



IV. ERTMS üzem Svájcban



V. ADTranz irányítóközpont



VI. Esmeralda vonal, Chile



VII. La Loma-Santa  
Marta, Kolumbia



VIII. Kaiserslautern-  
Lauterecken, Németország



Köszönet konzulensemnek, **Dr. Parádi Ferencnek** segítő munkájáért.