

Nemzeti vonatbefolyásoló modul és az ETCS

© Székely Béla, Nagy Jenő,
Dolhay Márk, Vajda Sándor

Az egységes európai vonatbefolyásoló rendszer, az ETCS bevezetése, kizárólagossá válása az egyes vasúttársaságok vonalain várhatóan nagyon hosszú időt fog igénybe venni. Az ETCS-specifikációk ezért lehetőséget biztosítanak a nemzeti vonatbefolyásoló rendszerek és az ETCS együttműködésére. A nemzeti vonatbefolyásoló rendszerek általános megnevezésére az ETCS-specifikációk az STM (Special Transmitted Modul) rövidítést használják. Az ETCS-rendszerek hazai bevezetése során az AXON 6M Kft. az Alcatel Austria (ma Thales Group) megbízásából kifejlesztette az STM-HU modult, amelynek eredményes tesztjei alapján megkezdődött a sorozatgyártása, illetve az első példányok üzembe helyezése.

Koncepció

A fejlesztés első szakaszában megvizsgáltuk annak lehetőségét, hogy a vontató járművön jelenleg is üzemelő EVM-berendezés illeszthető-e az ETCS-rendszerhez. Ezt az irányt az alábbi okok miatt vetettük el.

Egy járművön két független rendszer működtetése, fenntartása költséges.

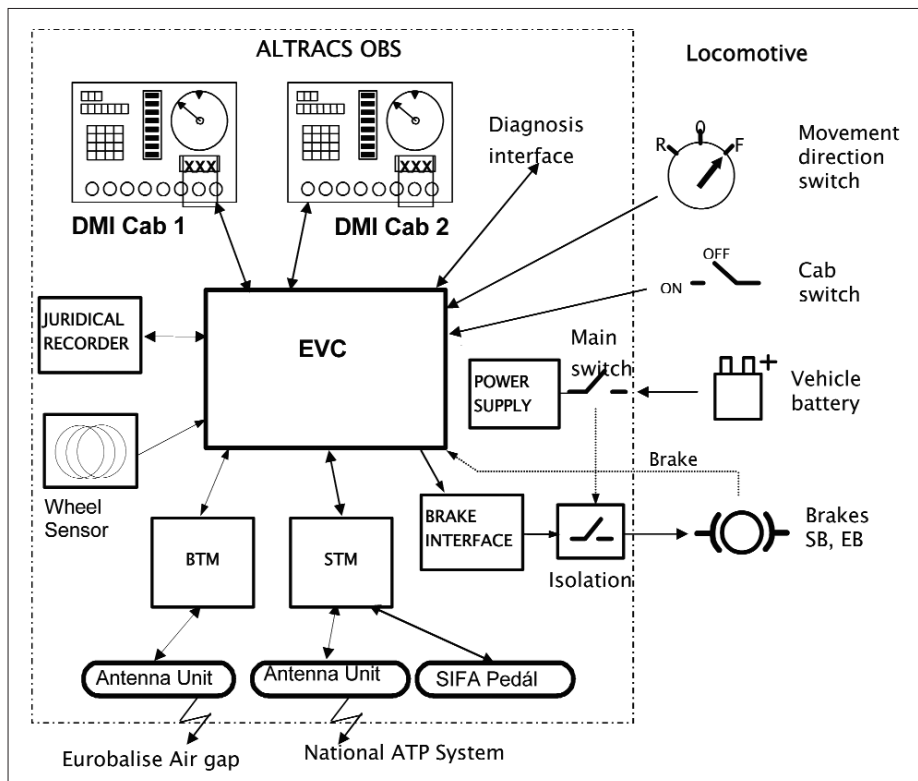
Az EVM-berendezés fizikai kimenetei nem biztonságigazoltak. Azokról biztonsági információt nyerni nem lehet, kommunikációs felület beépítése pedig olyan jelentős fejlesztést igényelt volna, amely összemérhető az STM-HU fejlesztési költségével.

A MÁV által megkövetelt STM infill és az STM kizárási funkciók megvalósítása az EVM vezérelhetőségét vagy komoly biztonsági aggályokat felvető kapcsolatrendszer kialakítását követeli meg.

Nemcsak azzal kell számolni, hogy idegen mozdonyok közlekednek a MÁV vonalain, hanem azzal is, hogy az STM-HU-val felszerelt mozdonyok is mehetnek külföldre. A környező országokban, bár más kódolási eljárással, de ugyancsak 75 Hz-es vonatbefolyásoló rendszerek üzemelnek. Ezen rendszerek beillesztése egy új STM-mel könnyen megvalósítható.

Műszaki és gazdaságossági elemzések után az ábrán látható struktúra mellett döntöttünk, és az STM-HU modult az 1. ábra szerint fejlesztettük ki.

Látható, hogy az STM-HU a fedélzeti rendszer az OBS (On Board System) szerkesztés része. A rendszerben a központi szerepet az EVC (European Vital Computer)



1. ábra: Az OBS-rendszer blokkvázlata

biztonsági számítógép játssza. Ez az egység a kerékérzékelők (Wheel Sensor) útján határozza meg a mozdony sebességét, a megtett út hosszát, és vezérli a fékeket (Break Interface). Az STM-HU modulhoz csak a 75 Hz-es vevőfej és a SIFA (éberségi pedál) kapcsolódik. A sebességi és útdatokat az OBS-től kapja, míg a kijelzést, illetve a fékvezérlést az OBS-rendszeren keresztül végzi.

Az STM-HU-ban keletkezett információkat is az OBS tárolja (Juridical Record).

Az OBS és az STM-HU közötti kommunikációs kapcsolat a rendszer belső buszában, az ETCS-specifikációknak megfelelő távirati rendszerrel kommunikál.

A fejlesztés valamennyi fázisában alapkövetelmény volt, hogy megfeleljünk a SUBSET-58 követelményrendszerének.

Az STM-HU felépítése

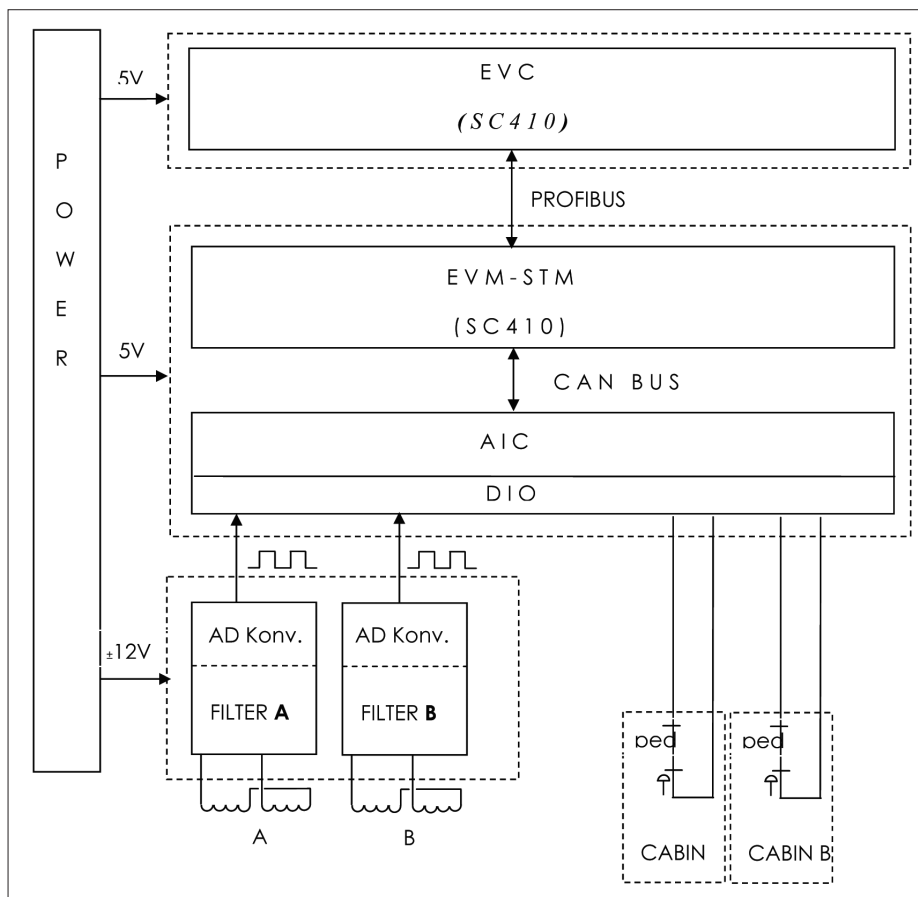
Az STM-HU felépítése a 2. ábrán látható.

Antenna (A, B)

Az STM-HU modulhoz önálló antenna (vevőfej) nem került kifejlesztésre. A szűrő kifejlesztésekor a jelenleg is üzemelő fejekeket illesztettük.

Szűrőerősítő

A vevőfej jeleit a Power Quatro által kifejlesztett szűrő, illetve erősítő dolgozza fel, és a kimenetén TTL-szintű burkológörbe (digitális formában) jelenik meg. A szűrő, illetve az analóg-digitális konverter paraméterezése, együttműködése a kódkiértékelés sarkalatos pontjának bizonyult. Egy analóg szűrőnek ugyanis vagy a meredeksége jó, vagy a felfutási, lefutási időtényezője. További zavaró tényező a hasznos jel és a zavarok jelszintjének önmagukhoz és egymáshoz viszonyított extrém ingadozása is. A kód kiértékelése szempontjából a jel, illetve a jelszűnet időtartama rendkívül fontos. Annak megállapítása, hogy egy impulzust mikor tekintünk érvényesnek, vagy egy jelszűnetet mikor tekintünk rövid vagy hosszú jelszűnetnek, biztonsági kérdés. Az impulzusok burkológörbéjét és időtényezőit és az impulzus/jelszűnet határértékeit tehát úgy kellett beállítani, hogy rövid szűnet hasznos jelelnyomás esetén se lehessen hosszabb, a hosszú szűnet pedig a legerősebb zavaró jel esetén se lehessen rövidebb, mint a specifikált leghosszabb jelszűnet. A szűrő nagy meredeksége tiszta hasznos jel esetén sem okozza



2. ábra: Az STM-HU blokkvázlata

a burkológörbe szélességének lényeges meghosszabbodását.

Így igazolhatóvá vált, hogy a legszélsőségesebb jel-zaj viszony esetén (pl. egyszás sínáramkör alállomási betáplálás közelében) is legfeljebb ütemvesztés fordulhat elő. Fontos tanulság azonban, hogy az úgynevezett „négy csillag” ütem nem értékelhető ki biztonságosan.

Az ütemek kiértékelés szempontjából fontos időtényezőinek megjelenítése a 4. ábrán látható.

Itt kell tisztelnünk Kilyénfalvi Béla kollégánknak, aki az első vonatbefolyásoló berendezésekhez a szűrőket megalkotta, és akinek elveit mi is felhasználtuk.

AIC-kártya

Az Alcatel Austria által standard kibemeneti eszköznek használt, önálló intelligenciával rendelkező modul, amelynek a kimenete open kollektoros, a bemenete pedig opto csatoló elem.

A modul a szűrőerősítőtől kapott impulzusokat értékeli ki, azaz megállapítja a sínjel kódtartalmát. A modulon futó program 5 ms-os ciklussal szkenneli a bemeneteit, méri az impulzusok, jelszűnetek szélességét és csak a kiértékelt ütem kódját küldi tovább az STM-HU logikai feladatait ellátó SC400-as számítógépnek.

Az ütem kiértékelésén kívül a modulnak feladata még az éberségi pedál működésvizsgálata is. A kártya rendelkezik azokkal a feltételekkel (IO portok), amelyekkel sebességet tud mérni, kijelzőt, féket tud vezérelni, azaz önálló EVM-ként tud funkcionálni, de ezek a funkciók az STM-HU-ban nincsenek applikálva.

Az AIC-kártya a belső CAN buszon kommunikál az SC400-as számítógéppel. A modulon futó, C nyelven biztonsági korlátozásokkal íródott alkalmazás PC-s környezetben linux operációs rendszer alatt fejleszthető, tesztelhető, de a végleges program fordítása és betöltése a TAS-platform (az AA biztonságigazolt operációs rendszere) feltételei szerint történik.

Az SC400-as számítógép

Az Alcatel Austria által általánosan használt számítógép, amely mind hardver, mint operációs rendszer tekintetében azonos az ETCS OBS berendezésben használtakkal. A kód kiértékelésén kívül ez a számítógép végzi el az STM-HU valamennyi feladatát.

Az SC400-as számítógép profi buszon kommunikál az EVC számítógéppel. A távirat tartalma, formája megfelel az ETCS-specifikációknak, azaz elméletileg bármely más OBS-rendszerhez csatlakoztatható.

Az EVC elsősorban sebesség- és útadatokat küld az STM-HU-nak, míg fordított irányban a megjelenítendő „sátorjelző” információk, felhívások és a fékek vezérlése történik.

Az SC400-as kártya programja standard C nyelven íródott, és a TAS-platform szabályai szerint lett fordítva és betöltve.

Az STM-HU funkciói

Egy OBS-rendszernek az ETCS-specifikációkban pontosan meghatározott üzemmódjai, biztonsági szintjei vannak, amelyek többek között meghatározzák az ember-gép felelősségi körét. A mi szempontunkból két működési szintet érdemes kiemelni. A teljes felügyeleti (FS) és az STM üzemmódot. A teljes felügyeleti üzemmódban a vonatok mozgását teljes felelősséggel az ETCS, illetve az OBS – beleértve az STM-HU-modult is – felügyeli. Ebben az üzemmódban az STM-HU valamennyi funkciója aktív, de alapvetően infill feladatokat lát el. STM üzemmódban a rendszer pálya menti ETCS-információt nem dolgoz fel, a vonat mozgását kizárólag az STM-HU modul szabályozza, de a sebesség-út információkat továbbra is az EVC szolgáltatja, ellátja a kijelző funkcióit és szükség esetén vezérli a fékeket.

Szintátmeneti prioritások

Az OBS-rendszer üzemmódjait a mozdonyvezető mellett a pálya menti – a balizatokból nyert – adatok határozzák meg. A szintátmeneti prioritásoknak – a pályaaladról kapott 41-es packetben – akkor lehet jelentősége, ha valamely oknál fogva a szintátmenet nem a tervezett módon valósul meg. Az ETCS-rendszerbe történő belépésnél az STM-nek kettes, míg kilépéskor egyes prioritása van.

Infill funkció

Az ETCS Level 1 közismert problémája, hogy pontszerű volta miatt egy megálljra vagy csökkentett sebességre utaló előjelző meghaladása után a célra fékezés akkor is megtörténik, ha időközben a céljelzőt szabadra vagy nagyobb sebességet engedélyező állásába vezérelték. Biztonsági szempontból pedig az aggályosabb, ha a továbbhaladást engedélyező jelzést az előjelző meghaladása után visszavették, hisz erről az OBS gépi úton nem kap információt. Ezen probléma kiküszöbölésére szolgál az úgynevezett infill funkció. A céljelző megváltozott színeképet ugyanis az STM-HU a folyamatos jelkiértékelés miatt érzékeli.

Az STM-HU jelző visszaesés esetén az EVM-specifikációknak megfelelő tartalmú táviratokat küld az EVC-nek, amely magas prioritással, a menetengedély tartalmától függetlenül vezérelheti a fékeket.

Felértékelés esetén, azaz ha a céljelző megváltozott jelzési képe magasabb sebességet engedélyez, az STM-HU módosítja a menetengedély végénél engedélyezett sebesség (V_LOA) értékét a kiértékelte ütemeknek megfelelően, ha a vonat a menetengedély utolsó szekciójában van. A vonatot a mozdonyvezető nyugtázása után gyorsíthat.

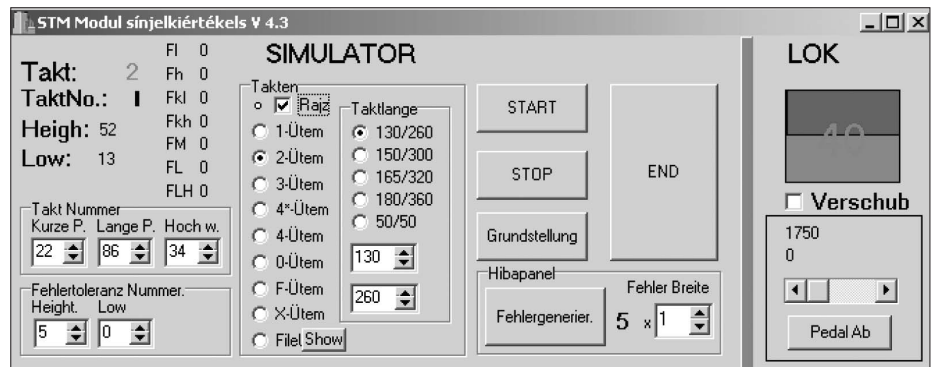
Az infill funkciók rendkívül kedvező tapasztalatai mellett meg kell említeni, hogy a vörös jelzőhöz közeledő vonat esetében az OBS-fékgörbe számítása – mivel az ETCS ismeri a pontos céltávolságot és a vonat adatait – kedvezőbb, mint az STM specifikációkból (harmadik éberségi felhívásig a fékvezeték nyomáscsökkenése vagy lassulási érték elérése) származó fékgörbe. A céltól ezért általában a 40 km/órától nullára fékezés fékútjánál nagyobb távolságban kell a mozdonyvezetőnek a 40 km/órás sebességet elérnie.

Infillkizárások

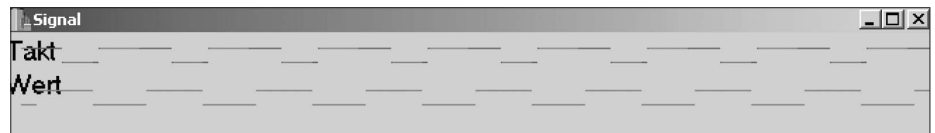
Tapasztalati tény, hogy azokon a helyeken, ahol a jelfeladásban valamilyen változás következik be, kódkiértékelési bizonytalanságok léphetnek fel. Különösen gyakori ez a jelenség úgynevezett váltott üzemi váltókörzetekben, ahol a kényszerfékezés is gyakori. Elemezve a jelenség gyakoriságát, a biztonsági kérdéseket, arra a következtetésre jutottunk, hogy az infill funkciót ezen körzetekben ki kell kapcsolni. Az ETCS-specifikációk a 44-es packet felhasználásával adnak erre lehetőséget. Infillkizárás esetén az ütemkiértékelés folyamatos, de a fedélzeti rendszer sem az STM-HU felértékeléséről, sem a leértékeléséről nem vesz tudomást. A leértékelési infillinformáció kizárása biztonsági kockázatot is hordoz magában (tényleges jelzővisszaesés kijelzését is kizárja), de álláspontunk szerint egy működési bizonytalanság nagyobb kockázatot jelent, mint az infillinformáció időbeli és térbeli rövid kizárása.

Éberség-ellenőrzés

Az STM-HU a kódváltástól és a megtett távolságtól függően éberségi felhívást küld az OBS-en keresztül, amelyet a mozdonyvezetőnek az éberségi pedál felengedésével és lenyomásával nyugtáznia kell. Ezt a funkciót FS módban sem kapcsoljuk ki. Ennek oka alapvetően az, hogy a folyamatosan érkező többszekciós menetengedély hossza a szokványos éberségi felhívási távolság többszöröse is lehet.



3. ábra: Az STM-HU tesztelőfelülete



4. ábra: Az STM-HU tesztelőfelülete

Pár szó a fejlesztésről, tesztelésről

Egy biztonsági rendszer fejlesztése általában nagyobb és gyakran érdekesebb feladat, mint maga az alapfunkció megvalósítása. Különösen fontos a jó fejlesztő, tesztelő környezet megteremtése olyan nagy eszközigény esetén, mint egy pályán mozgó mozdony. A valóság-hű környezet megteremtésén túl fontos követelmény, hogy a tesztelő eszköz ne igényelje a tesztelt rendszer megváltoztatását.

A szűrők tesztelésére hanggenerátorokat, egy különlegesen kialakított magnetofont használtunk, amellyel egy közlekedő mozdony vevőfejének sínjeleit rögzítettük.

A kódkiértékelésre a 3. és 4. ábrán látható tesztprogramot írtuk, amellyel a szűrőerősítő burkológörbét, illetve annak valamennyi torzulásait lehet szimulálni.

Az egyes modulok a PC-n történő tesztelés alatt ugyanazokon az interfészekon keresztül kommunikáltak egymással, mint a valóságban.

A jól felépített tesztkörnyezetenek köszönhetően sem az integrációs teszten, sem a próbailumban nem derült fény biztonsági hiányosságra.



5. ábra: Az STM-HU (fent) fejlesztő-tesztelő környezetben

National Zugbeeinflussungssystem und ETCS

Dieser Artikel befasst sich mit der Integration des 75 Hz-Zugbeeinflussungssystems der Ungarischen Staatsbahnen MÁV in der Bordanlage ETCS und Entwicklung von STM-HU.

National ATP system and ETCS

This article summarizes integration of 75 Hz coded train control system of Hungarian State Railway MÁV into the Onboard system of ETCS, and it shows the development of STM-HU.