

Biztonságkritikus rendszerek eltérő felhasználási célú berendezések alkalmazásával történő megvalósítási lehetőségeinek vizsgálati módszere

Dr. Szabó Géza*, Lövétei István Ferenc**, Cseuz Tamás***, Dr. Komócsin Zoltán****

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék,
1111 Budapest, Stoczek u. 2. (Tel: (1) 4631013; e-mail: szabo.geza@mail.bme.hu)

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék,
1111 Budapest, Stoczek u. 2. (Tel: (1) 4631013; e-mail: lovetei.istvan@mail.bme.hu)

*** FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt.,

1024 Budapest, Lövház u. 37, (Tel: (1) 3459712; e-mail: cseuz.tamas@fomterv.hu)

**** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék,
1111 Budapest, Stoczek u. 2. (Tel: (1) 4631013; e-mail: komocsin.zoltan@mail.bme.hu)

Abstract: A biztonságkritikus közlekedési folyamatokat irányító nagy biztonságú folyamatirányító berendezések általában valamilyen speciális célgépek, amelyeket egy adott feladat elvégzésére programoznak fel, és általában más – hasonlóan biztonsági célú – felhasználásuk csak jelentős fejlesztési ráfordítással lehetséges. Jelen cikk célja, hogy bemutassa, hogy bizonyos esetekben az ilyen célgépek módosítás nélkül alkalmasak lehetnek a – tervezettől eltérő biztonsági célú – felhasználásra is, a berendezés kínálta kötıtségek mellett. A cikkben a szerzők bemutatnak egy olyan modellezési eljárást, amely segítségével összeegyeztethető és együtt vizsgálható a kívánt és a rendelkezésre álló rendszer funkcionalitás, majd egy példán keresztül bemutatnak egy lehetséges alkalmazási területet. Ez az eljárás megkönnyítheti a későbbi fejlesztéseket, több esetben jelentős költségmegtakarítást is eredményezhet.

1. BEVEZETÉS

A közlekedési folyamatok irányításában résztvevő folyamatirányító rendszereknek kitüntetett szerepük van a biztonságos forgalomleboncolásban. Ezen rendszerek alkalmazása során nem engedhető meg az, hogy meghibásodásuk esetén a közlekedési rendszer biztonsága sérüljön, azaz baleset - személyi sérülés és/vagy anyagi kár – következzen be (vagy pontosabban nem engedhető meg adott - és igen szigorú - gyakorisághatárnál gyakrabban az ilyen esemény). Ezért a biztonságkritikus közlekedési folyamatok irányításában résztvevő rendszerekkel szemben összetett követelményeket kell felállítani, amelyeknek az a célja, hogy a rendszerek által felügyelt folyamatok (például egy vasúti pályaszakasz felügyelete, vagy egy jelzőlámpás csomópont irányítása) – az előírt biztonsági szinten – végrehajthatóan anélkül, hogy e rendszerek működése során káresemény következzen be. Ezeknek az irányítórendszerek a kifejlesztése bonyolult – szabványokon alapuló – fejlesztési folyamatot igényel, amely jelentős költségekkel is jár. A berendezések létrehozása és üzemeltetése életciklus modellben történik, azaz a berendezés felügyelete a koncepciótól kezdődik, és a termék leszerelésével, ártalmatlanításával ér véget. A fejlesztési folyamat időigényes, akár több évig elhúzódó folyamatot is jelenthet, ráadásul a fejlesztés nem ér véget a gyártás után, mert az

üzemeltetés során akár újabb funkciók, javítások is kerülhetnek a rendszerbe.

A folyamatirányító rendszerek biztonságigazolt, biztonságértékelt és tanúsított rendszerek, azaz a fejlesztési folyamatot és szabványoknak való megfelelést független szervezeteknek is ellenőrizniük kell, amely további költségnövekedést okoz. A technológia fejlődésével megjelentek a programozható rendszerek, amelyek sokkal szélesebb funkciócsoportot tudnak lefedni, mint a korábbi fix funkcionalitású rendszerek, ráadásul a gyártó egyszerűbben tudja a termékét a felhasználói igényeknek megfelelően módosítani. Ez a rugalmasság lehetőséget teremt egy, korábban, már biztonságigazolt termékeltérő célú felhasználására. Ez azt jelenti, hogy egy adott célú biztonságkritikus folyamatirányító rendszer alkalmas lehet egy hasonló –biztonsági célú – felhasználásra. Egy ilyen lehetőség pl. a következő: a közúti forgalomirányításban alkalmazott biztonságigazolt közúti forgalomirányító berendezés és rendszer más célú felhasználási területe lehet a városi közúti-vasúti (villamos) közlekedés, ahol bizonyos esetekben hasonló funkciócsoportokat kell megvalósítani. A funkciócsoportok hasonlósága mellett eltérések is vannak, ilyen például a járműérzékelő elemek különbözősége vagy a jelzési fogalmak és szekvenciák különbözősége. Ebben az esetben a közúti-vasúti járműérzékelők biztonsági célú járműérzékelők, amelyekkel szemben sokkal összetettebb követelményeket kell támasztani, mint egy közúti

közlekedésben használt hurokdetektorral szemben. Ezen különbség ellenére mindkét esetben a járműérzékelők fizikai bemenetként jelennek meg a folyamatirányító berendezésben, és az átvitt információ is hasonló, van jármű az adott ponton/szakaszon vagy nincs jármű az adott szakaszon. Ez a példa is azt mutatja, hogy érdemes lehet ilyen esetben megvizsgálni azt, hogy a funkciócsoportok hasonlósága és egyes elemek különbözősége mellett mennyire flexibilis az adott berendezés, és bizonyos esetekben használható-e más, eltérő célú felhasználásra. Fontos szempont, hogy a más célú alkalmazást az eredeti rendszer átalakítása nélkül, pusztán annak az adott biztonságorientált alkalmazásban megengedett konfigurálásával/átprogramozásával kívánjuk elérni, mert ebben az esetben nem merül fel a jelentős költségelemeket tartalmazó biztonsági fejlesztés, igazolás és újratanúsítás. Sok esetben a követelmények között lehetséges alternatívák és opcionális követelmények is szerepelnek (pl. fizikai megvalósítás milyensége) amely szintén elősegíti a gyártói alkalmazkodást.

A 2. fejezetben egy olyan módszert mutatunk be, amely egy modellezési eljárás segítségével összerendeli a jelenlegi berendezés és a más célú felhasználás esetén a kívánt rendszer- és berendezésmoделl, és célja megvizsgálni azt, hogy az adott alkalmazás mennyire illeszthető egy eltérő célú felhasználásra. A 3. fejezetben egy példán keresztül bemutatásra kerül egy lehetséges alkalmazási terület, majd a 4. fejezetben a továbblépési lehetőségeket is számba vesszük.

2. MODELLEZÉS

2.1. Általános rendszermodellek

A modellezés célja nem más, hogy egy rendszer egyszerűsített képét építsük el, amely magát a rendszer képes helyettesíteni és tartalmazza az adott elemzés szempontjából releváns információkat, de nem tartalmaz szükségtelen információkat. A modellezés során sok esetben folyamatmodellezés történik, amely egy több állapotú rendszer viselkedését írja le. Ilyen modellek pl. Petri háló (Petri 1977) vagy az UML (ISO 2012).

A folyamatmodellekkel szemben a strukturális modellek írják le a rendszer felépítését. Ilyen modell lehet pl. egy entitás modellezés (Számel, Szabó 2015), amely részletesen bemutatja egy adott berendezés kapcsolatait és belső viselkedését. A cikkben bemutatásra kerülő módszer egy strukturális modell, amely egy biztonságkritikus folyamatirányító berendezés felépítésén alapul.

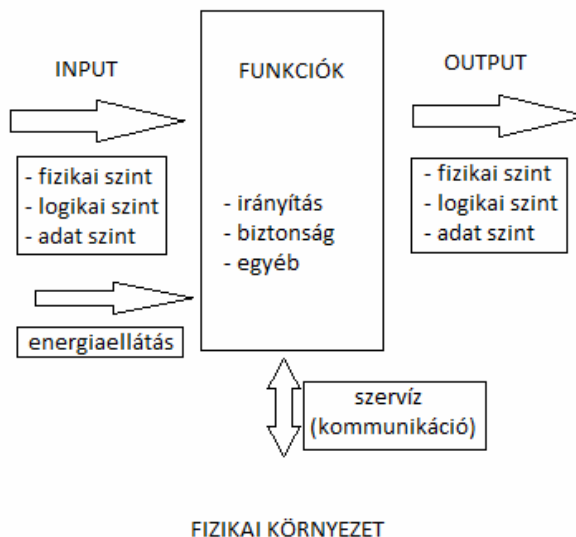
2.2. A rendszermodell felépítése

A berendezések/rendszerek modellezéséhez olyan modell kell létrehozni, amely alkalmas arra, hogy bemutassa az egyes funkciócsoportokat, és láthatóvá tegye a ki és bemeneti szinteket. Ezek mellett a modellnek alkalmasnak kell lennie arra, hogy egyrészt a jelenlegi meglévő berendezés, másrészt az eltérő felhasználás által specifikált berendezés modellezésére is alkalmas legyen. Ez azt jelenti, hogy a modellnek függetlennek kell lennie bármely gyártó és

alkalmazás specifikus tulajdonságtól. A létrehozott modellt (sémát) az 1. ábra mutatja be.

A modell létrehozásának kettős célja van. Egyrészt ezen keresztül bemutatatható a már rendelkezésre álló biztonsági célú folyamatirányító rendszer, másrészt ezen a modellen keresztül az eltérő célú felhasználású rendszer rendszerspecifikációja – követelménymodellje – is demonstrálható. Az eljárás célja az, hogy a fenti séma két modellre történő alkalmazása (berendezésmoделl és követelménymoделl) után azok egymással fedésbe legyenek hozhatóak.

A modell központi része mutatja be a berendezés által megvalósított funkciókat. A funkciók funkciócsoportokra oszthatóak, mely funkciócsoportok lehetnek irányítási funkciók (pl. vezérlés), biztonsági funkciók (pl. állapotfigyelés) és egyéb funkciók (pl. kényelmi funkciók). A funkciók a ma elterjedt elektronikus kiépítésben – meghatározott feltételek, kötöttségek és határok mellett – szabadon programozhatóak, amely lehetővé teszi a különböző felhasználói igényeknek való megfelelést. A modell szervíz célú ki- és bemenettel is rendelkezik, amely lehet kommunikációs kapcsolat más rendszerek felé, és/vagy diagnosztikai célú be- és kimenet, amelyen keresztül az eszköz akár helyben – megfelelő eszközökkel – lekérdezhető, diagnosztizálható. A rendszer saját energiaellátó résszel is rendelkezik, amely a többi bemenettől jól elkülöníthető.



1. ábra: Rendszermodell

A bementi oldalon érező jelek több szintre bonthatóak. A különböző perifériákról érkező jelek illesztéssel kerülnek a rendszerbe. A fizikai szint az érkező jel tényleges fizikai tulajdonságait írja le (például a megengedhető feszültség nagysága, vezetékátmérők nagysága stb.), amelyet a berendezés fizikailag fel tud dolgozni. A második szint a logikai szint, ami az érkező jeleket logikai információvá alakítja át. A harmadik szinten az adat (szekvencia) szintet

jelenti, amely a logikai információk egymás utáni szekvenciális sorrendjét jelenti.

A kimeneti oldalon – a bemeneti oldalhoz hasonlóan – három szint jelenik meg. A fizikai szint itt is konkrét fizikai kialakítást és megvalósítást takar. A kimenő jelek illesztése a kapcsolódó perifériához nem itt, hanem a perifériában valósul meg. Lehetnek olyan esetek is, amikor nincs szükség a kimenő jel illesztésére, mert az a perifériában közvetlenül is felhasználható. A jelek további átalakítására is van lehetőség a kapcsolódó eszközön, így a kimenetek rugalmasan felhasználhatóak, a legnagyobb korlátot a kimenetek száma jelenti. A kimeneti oldalon a kimenő jelek a funkciók által meghatározott logikai információt és adat információt továbbítják, amelyek szintén közvetve vagy közvetlenül használhatóak fel a csatlakozó perifériákban.

2.3. Adott, meglévő berendezés modellje

Egy meglévő berendezés belső, funkcionális kialakítása – meghatározott keretek és peremfeltételek mellett – szabadon konfigurálható, vagy akár programozható is. E mellett, egy meglévő berendezés már biztonságigazolt rendszer, adott biztonságintegritási szinttel (pl. SIL 3) rendelkezik. Ez magában foglalja a rendszer belső fizikai kialakítását, csatornák számát, és valamennyi olyan feltételt, amelyet az adott biztonságintegritási szint eléréséhez a berendezésnek garantálnia kell. Ez azt jelenti, hogy a belső rendszertulajdonságok alkalmasak lehetnek bármely más hasonló, vagy alacsonyabb biztonságintegritással működő rendszer számára. A funkciók egy adott megvalósításhoz már fel vannak programozva, de ezek – megfelelő eszközökkel – később módosíthatóak. Ilyen lehet akár egy jelzőlámpa ciklus megváltoztatása, vagy további jelzőfejek csatlakoztatása. Irányítási funkciói tipikusan a kimenetek vezérlési funkciói, amelyek az adott konfigurációhoz tartoznak. Biztonsági funkció lehet a kimenetekre a kivezérelt jelszintek figyelése, kimeneti csatornák együttfutásának ellenőrzése, irányítási szekvenciák figyelése, belső, véletlenszerű meghibásodások – egy hiba elv alapon történő – figyelése, és hibadetektálás után a rendszer fail-safe állapotba való juttatása. Egyéb funkciók, mint a hibajelzés, eseménynaplózás nem kapcsolódik szorosan a fő funkciókhoz, azonban a későbbi hibadetektálást, eseménykövetést segítik.

A berendezés bemeneti oldalán meg meghatározásra kerülnek azok a jelek, amelyeket az eszköz fel tud dolgozni. Lehetőség van a jelek illesztésére akár a küldő perifériánál, akár a berendezés és a periféria közé kapcsolt illesztővel. Kimenő jelek esetén is meghatározottak a jelparaméterek, illesztésük – szükség esetén – a bemenethez hasonlóan megtörténhet az adott perifériánál vagy egy közbenső illesztőn keresztül, de a kimenetek szekvenciája programozható.

Egy adott, konkrét megvalósítás esetén a funkciók programozhatósága (elektronikusan programozható eszközökkel) és az ehhez szorosan kötődő kimenetek rugalmasan alakíthatóak a felhasználói igények szerint, ezért ez a modell is megmutatja, hogy nem csak egy adott feladatra lehet alkalmas a már kvázi „polcrol levehető” eszközt.

2.4. Specifikáció alapján felépített modell

A specifikációt a megrendelő (leendő üzemeltető) állítja össze, és ez tartalmazza a megvalósítandó követelményeket, de optimális esetben nem írja elő, hogy azokat milyen módon kell tudni elérni. Például előírja, hogy jelzésként milyen színű fényeket kell egy adott szekvenciában aktiválni (jelzési fogalmak), de azt nem írja elő, hogyan kell e funkciót (akár programozás szintjén) megvalósítani. Hasonló alkalmazás estén a berendezés szempontjából programozás technikailag például mindegy, hogy egy zöld vagy egy sárga színű izzót vagy LED-et kell vezérelni, hiszen azok csak egy fizikai kimenetként jelentkeznek a berendezésen, és csak az adott periférián fog a színválasztás – amely pl. színszűrők alkalmazásával akár tetszőleges is lehet – megtörténni.

A specifikációból látható, hogy milyen adott belső funkciókat (irányítás, biztonság) kell teljesíteni a kívánt berendezésnek, de ezek konkrét megvalósítása a gyártó feladata, ezt a specifikáció nem tartalmazza. A bemenő és kimenő jelek száma adott, és e mellett a szükséges be- és kimenőjelek száma nem lépheti túl a berendezés által felkínált lehetőségek számát.

2.5. A módszer váza

A két modell segítségével az összehasonlítás módszere a következő:

- Követelménymodell szerkezetének felállítása,
- Specifikáció alapján:
 - Kimenetek meghatározása,
 - Bemenetek meghatározása,
 - Funkciók meghatározása,
- Követelménymodell pontos kitöltése,
- Általunk vizsgált berendezés specifikációjának vizsgálata,
- A berendezésmo­dell követelménymodellel történő összehasonlítás,
- Különbségek – hasonlóságok – megfelelés vizsgálata,
- Kiértékelés.

Az első három pont képezi a modell elméleti háttérét, a további pontok már berendezés specifikusak, azok egy adott, lehetséges biztonsági célú alkalmazás esetén vizsgálhatóak.

Az eltérő célú felhasználás specifikációjának pontos vizsgálatával tudjuk meghatározni a rendszer meglévő és elvárt bemeneteit, kimeneteit. Mivel a működést szabályozó specifikáció tetemes mennyiségű, így a vizsgálat során törekedni kell a lényeges részek kiemelésére és azok alapos elemzésére. A vizsgálat során csoportosítjuk az információkat

a szerint, hogy azok a rendszer be- vagy kimeneteire vonatkozó információt közölnek. Ilyen specifikáció lehet például a városi közúti - vasúti közlekedésben a BKV közúti vasúti feltétfüzete (BKV 2011), amely igény esetén az üzemeltetőtől beszerezhető.

A modellezés során szembevetendő, hogy a specifikáció nem definiálja a fizikai szintet, ezzel szemben a logikai és információs szintet igen. A berendezés a fizika szint megkötése mellett a logikai és információs szinteket konfigurálhatóan kezeli.

3. A MODELL ALKALMAZÁSA

3.1. Lehetséges eltérő célú alkalmazási terület

Egy biztonsági folyamatirányító rendszer eltérő célú felhasználása lehet egy ellenmenet- és utolérés-kizárás funkciócsoport megvalósítása közúti-vasúti rendszerben közúti forgalomirányító berendezéssel. Ez főleg olyan helyen lehet hasznos, ahol a közúti-vasúti funkció mellett a közúti folyamatirányító funkció is megjelenik, például egy jelzőlámpás csomóponton keresztülhaladó egyvágányú közúti vasúti vonal (például az építés alatt álló fonódó villamoshálózat Margit híd alatt épülő szakasza), de önmagában is célszerű lehet egy ellenmenet- és utolérés-kizárás vizsgálata. Azért érdemes vizsgálni itt ezt a lehetőséget, mert kisszámú be és kimenetre van szükség, e mellett a belső funkciók sem bonyolultak. Alapesetben egy önálló biztosítóberendezéssel kell a követelményjegyzékben meghatározott biztonsági és nem biztonsági funkciókat megvalósítani, amely elvárt biztonságintegritási szintje SIL 2. Amennyiben rendelkezésre áll egy biztonságigazolt közúti forgalomirányító berendezés, amely igazolt biztonságintegritási szintje általában SIL 3 (magasabb, mint az elvárt szint), akkor ez egy lehetséges alkalmazási területet jelenthet. A 2. ábra mutatja a közúti vasúti rész funkcionális felépítését.



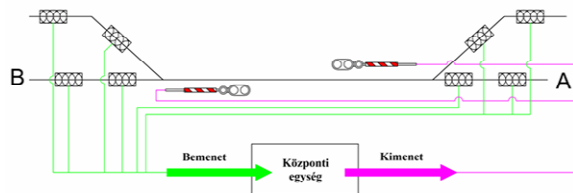
2. ábra: Ellenmenet és utolérés kizárás funkcionális felépítése

3.2. Specifikáció alapján felépített modell

A megvalósítandó irányítási funkció a jelzők vezérlése, amely zöld vagy vörös színű fénykivezélést jelent. Megvalósítandó biztonsági funkciók a jelzők fényeinek figyelése, ellenmenet kizárás, utolérés kizárás. Egyéb funkciók is megjelennek, mint a hívójelzés. A váltóvezérlés nem része a berendezésnek, egyirányú közlekedést feltételezve –a közúti-vasúti közlekedésben megszokott és elterjedt módon – a váltók gyök felől hasíthatóak, azaz a járművek mind A, mind B irányból csak egy féle vágányúton közlekedhetnek. A bemenő információk a járműérzékelő elemektől érkező foglaltsági információk, amely információk

feldolgozása és kiértékelése a berendezés feladata. (A bemenő jel illesztése a járműérzékelő elemekben vagy külön berendezésben is megvalósulhat.) A részletes funkcionális felépítést – a perifériák és a berendezés kapcsolatával együtt – a 3. ábra mutatja.

A bemenetek száma nyolc, de emellett a jelzők fényeinek figyelését is meg kell oldani, ami további szükséges bemeneteket jelenthet. A kimeneten hat fényforrás található. A kimenő jel illesztése – amennyiben szükséges – a fényforrásnál elvégezhető, a fényforrások színképe a helyszínen tetszőlegesen módosítható.



3. ábra: Ellenmenet és utolérés kizárás részletes funkcionális felépítése

A specifikáció részletesen leírja, milyen kimeneteket vár el a biztonsági célú folyamatirányító berendezéstől, de nem írja le, milyen bemeneteket kell felhasználni, csak azt várja el, hogy a bemenő információk járműérzékelő elemektől érkezzenek. A járműérzékelő elemek típusát nem határozza meg, lehet például tengelyszámláló, sínáramkör vagy felsővezetékre szerelt áramszedő érzékelő elem is. A specifikáció nem deklarálja azt sem, hogy a funkciókat hogyan kell megvalósítani, csak az várja el, hogy a kimeneteken a specifikáció által meghatározott szekvencia szerint lehessen a fényeket kivezélni. Ez azt jelenti, hogy a specifikáció által meghatározott sémán a kimeneti oldal jelenik meg fixen, a bemeneten a logikai és adat szint van jelen, a funkcionalitásban csak a funkciók leírása jelenik meg.

3.3. A berendezés tulajdonságai alapján felépített modell

Egy tetszőlegesen adott berendezés meghatározott számú be és kimenettel rendelkezik. A bemenő jelfizikailag meghatározott, de annak a logikai és adat tartalma nem. Nincs meghatározva az sem, hogy az információk milyen más perifériától kell, hogy származzanak. A kimeneteken csak a fizikai szint kerül leírásra, az, hogy a kimeneten milyen logikai és adatinformációk kerülhetnek továbbításra nincsenek meghatározva, és a csatlakozó perifériák is tetszőlegesen lehetnek (amennyiben az érkező jelet fel tudják dolgozni).

A berendezés belső funkcionális felépítése kötött, a programozás berendezés specifikusan – szabadon – lehetséges. A programnyelv deklarált, és elvárhat bizonyos szekvenciákat. A megvalósítandó kimeneti vezérlés a belső funkcionalitásból ered, ezért a kimeneten, a szabadon programozott funkcionalitás által meghatározott információk kerülnek továbbításra. A szerviz funkció – ma már minden

típusú berendezésben elvártan – megjelenik. A konkrét modell csak pontos gyártó és berendezéstípus alapján állítható fel.

3.4. Összefűzött modell

A két modell összehasonlítása után látható, hogy a specifikáció által megkövetelt követelmények teljesíthetők lehetnek a közúti forgalomirányító berendezéssel, hiszen a követelményeknek megfelelő kimenetek szabadon programozhatóak és a szükséges jelzési szekvenciák beprogramozhatóak lehetnek.

Egy jelzőlámpás forgalomirányító berendezés bemenetein képes pl. bejelentkező információk fogadására, így ezek a bemenetek alkalmasak lehetnek a járműérzékelő elemektől érkező információk fogadására. Ugyanakkor fontos további vizsgálati szempont, hogy a forgalomirányító berendezés milyen biztonsági szinten kezeli ezeket a bemeneteket. A kimeneteken az információk a további felhasználásnak megfelelően kiadhatók. A be- és kimenetek alacsony száma megfelelő arra, hogy egy ilyen közúti-vasúti funkció egy közúti biztonsági célú folyamatirányító berendezésben megjelenjen. A belső funkcionalitás megengedi azt, hogy a bemenetek alapján szükséges belső vezérlési és irányítási funkciók kialakíthatóak legyenek bizonyos programozási (projektálási) megkötések mellett. A logikai és adatszintű kimenetek a belső programozott funkcionalitással előállíthatóak, de logikai és adattartalmuk eltér az eredeti alkalmazási területtől.

A pontos vizsgálat egy tényleges berendezésen lefolytatható, így az adott berendezés belső felépítése fogja eldönteni, hogy programozás technikailag a kívánt funkciók megvalósíthatóak vagy sem. Az összefűzött modellen látszik az, hogy a követelménymodell a berendezés programozható részén vár el – az adott folyamatnak megfelelő – konkrét megoldásokat, és fordítva pedig látható, hogy a berendezésmodell azokon a részekén vár el konkrét megoldásokat, amelyeket a követelménymodell nem deklarál.

4. ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBLÉPÉS

A biztonságkritikus rendszerek eltérő célú felhasználása bizonyos esetekben lehetőséget teremt a fejlesztési folyamat gyorsítására, és a költségek csökkentésére. A hosszú és költséges fejlesztési idővel szemben egy - már

biztonságigazolt – berendezés alkalmazása jelentős idő és költségcsökkenést eredményezhet. A cikkben vázolt séma alapján felépíthető a kívánt rendszer és a meglévő berendezés modellje, és ezek összeillesztésével láthatóvá lehet tenni azt, hogy a berendezés egyáltalán alkalmas lehet-e egy eltérő biztonsági célú felhasználásra. Amennyiben látszólag nincs akadálya egy ilyen megvalósításnak, akkor érdemes lehet egy eltérő funkció megvalósítása egy adott berendezéssel.

A továbblépés mindig berendezésfüggő, azaz ezzel a módszerrel egy elvi lehetőségvizsgálat történik, a konkrét kialakítás egy fejlesztési folyamatban – tipikusan software fejlesztés – történhet meg. Bizonyos alkalmazások esetén, amelyek nem igényelnek bonyolult célberendezéseket (pl. biztosítóberendezés) érdemes megvizsgálni egy eltérő célú felhasználási lehetőséget. Ilyen lehet egy közúti – vasúti ellenmenet és utolérés kizárás, vagy egy csomóponton – alacsony sebességgel – keresztülhaladó vasútvonal irányítása.

Összességében megállapítható, hogy biztonságkritikus folyamatirányító berendezések eltérő célú felhasználása bizonyos esetekben célszerűbb lehet, mert gyorsítja a fejlesztési folyamatot, ami rendszer életciklus költség csökkenést eredményez.

HIVATKOZÁSOK

- Feltétfüzet közúti vasutak (villamosok) forgalomirányításához szükséges biztonságtechnikai elemek és berendezések számára*, azonosító: BKV-VILL-1.04 Budapest, 2011. február 2. Budapesti Közlekedési Zrt.
- Informationtechnology -- Object Management Group UnifiedModelingLanguage (OMG UML) -- Part 2: Superstructure*, ISO/IEC 19505-2:2012
- Petri, C.A. (1977). General net theory. In: *Computing System Design: Proc. of the Joint IBM University of Newcastle uponTyneSeminar*, Sep., 1976, pages 131-169. University of Newcastle uponTyne, 1977.
- Számel B., Szabó G. (2015) *Supportingsafety management systems of air trafficcontrollersbyanalyzinghuman-technicalinteractions*, In: Luca Podofillini, Bruno Sudret, Bozidar Stojadinovic, Enrico Zio, Wolfgang Kröger (szerk.) *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*: ESREL 2015. CRC Press, 2015. pp. 3119-3127.

